



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA.
FACULTAD DE ECONOMÍA

ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES
Y DESARROLLO SUSTENTABLE

**Valoración contingente del servicio ecosistémico
del agua en la Cuenca Cuitzmala, Jalisco**

**Las actividades agrícolas y su impacto en la calidad
de los recursos hídricos: El caso del Valle del
Carrizo, Sinaloa, México.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
Doctora en Economía

PRESENTA:

María Guadalupe Ibarra Ceceña

TUTOR PRINCIPAL:

Dra. Rosario Pérez Espejo
Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

MIEMBROS DEL JURADO:

Dr. Jaime Arturo Matus Gardea
Colegio de Postgraduados, COLPOS

Dr. Leonardo Tijerina Chávez
Colegio de Postgraduados, COLPOS

Dra. Ma. de Lourdes de la Isla de Bauer
Colegio de Postgraduados, COLPOS

M.C. José Luis Pablos Hach
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ITESM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., junio de 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mi

*madre. A María Fernanda, Juan Pedro y Diana Guadalupe, mis
adorados hijos. A mi esposo, por su apoyo incondicional y su
paciencia.*

*A una multitud de amigos, que gracias a su apoyo estoy trabajando
en materia de medio ambiente.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro Señor por darme la salud y la fortaleza para sacar adelante esta investigación, cuidar de mí y mi familia en los momentos de ausencia.

Mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas, organismos y entidades que, con su ayuda, han hecho posible la realización de esta tesis doctoral:

En primer lugar, a la Dra. Rosario Pérez Espejo, directora de este trabajo quien ha sabido dirigir la investigación y junto a éste proceso de formación ha sido una excelente amiga.

Al Dr. Jaime Matus Gardea, Dr. Leonardo Tijerina, Dra. Ma. de Lourdes de la Isla de Bauer, por su valiosa asesoría y observaciones que vinieron a enriquecer este trabajo, gracias.

Al M. en C. José Luis Pablos Hach que sin formar parte en un principio del comité de asesores me aclaró todas las dudas en la parte de las funciones de producción, gracias por su invaluable asesoría y por todos sus consejos y colaboración en el desarrollo de esta investigación.

A la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, por sus atenciones y apoyo a la distancia en todos los trámites correspondientes.

Al DR 076, la Junta Local de Sanidad Vegetal, Módulos de Riego del Valle del Carrizo y CENATRYD, por la valiosa información proporcionada para esta investigación.

Al Instituto Tecnológico de Sonora y en particular al Dr. Rodrigo González Enríquez por su apoyo en el análisis de las muestras de agua en el laboratorio del Centro de Investigación e Innovación en Biotecnología Agropecuaria y Ambiental (CIIBAA), gracias por todas las horas prestadas y por estar siempre dispuesto a ayudarme.

A toda la gente de la Universidad Autónoma Indígena de México que ha sabido apreciarme y motivarme para seguir adelante, Alma Mater e institución para la que trabajo, en su seno he aprendido mucho, pero ante todo, a valorar la enorme riqueza cultural de México.

A toda la gente del campo del Valle del Carrizo que se prestó tan amablemente a contestar el cuestionario.

Al M.C. Sergio Antonio Galaviz Acosta, por su apoyo en la fase de análisis estadístico de esta investigación. A todos ellos, gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
Descripción del problema.....	3
Objetivos de la investigación.....	4
Importancia de la investigación.....	5
Hipótesis.....	7
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	
1.1. Bases teóricas de la economía de la contaminación.....	8
1.1.1 Economía y ambiente.....	10
1.2 La contaminación como externalidad.....	11
1.2.1 Nivel óptimo de contaminación.....	20
1.2.2 Métodos intervencionistas: el enfoque de Pigou.....	21
1.2.3 Soluciones de mercado: el enfoque de Coase.....	24
1.2.4 Otros enfoques intervencionistas y de mercado.....	27
1.3 Iniciativas voluntarias.....	28
1.3.1 Programa campo limpio.....	30
1.4 Impuestos ambientales.....	32
1.5 Teoría de la producción.....	36
1.6 Función de producción.....	38
1.6.1 Función de producción Cobb – Douglas o modelo multiplicativo.....	39
1.6.2 Modelo teórico.....	41
1.6.3 Estudios realizados sobre la función de producción de Cobb – Douglas.....	41
CAPÍTULO II. USO DEL AGUA Y CONTAMINACIÓN AGRÍCOLA	
2.1 A nivel mundial.....	42

2.2 En México.....	45
2.3 Contaminación de aguas superficiales por fertilizantes.....	46
2.4 Contaminación de aguas superficiales por plaguicidas.....	47
2.5 Efectos ecológicos de los plaguicidas.....	49
2.6 Antecedentes de contaminación por agroquímicos.....	50
2.7 Políticas que inciden en la contaminación por agroquímicos.....	57
2.7.1 Procampo.....	58
2.7.2 Exención al impuesto al valor agregado (IVA) para agroquímicos.....	59
2.7.3Subsidios a la electricidad para bombeo agrícola.....	61
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 Método de investigación.....	64
3.1.1 Universo de estudio.....	66
3.1.2 Muestra.....	67
3.1.3 Muestreo de aguas superficiales.....	67
3.2 Descripción geográfica del espacio de estudio.....	69
3.2.1 Orografía, hidrografía y clima.....	72
3.2.2 Recursos naturales.....	73
3.2.3 Infraestructura física e hidráulica.....	74
3.2.4 Los sistemas de producción agrícola.....	74
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
4.1 Resultados del estudio socio-productivo-ambiental.....	76
4.2 Comparativo de medias de fertilizantes aplicados en el cultivo del maíz blanco con las recomendaciones del INIFAP.....	85
4.3 Medias de plaguicidas aplicados en el cultivo del maíz blanco como control de plagas....	88
4.4 Resultados de agroquímicos en las aguas superficiales del Valle del Carrizo.....	90
4.4.1 Fertilizantes.....	90
4.4.2 Plaguicidas.....	91
4.5 Modelación de la Función de producción.....	92
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	97
5.2 Recomendaciones.....	100
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	117
Anexo1. Encuesta socio-productiva.....	118

Anexo 2. Fotografías de la toma de muestras de agua superficial en el Valle del Carrizo.....	125
Anexo 3. Mapas del Valle del Carrizo	127
Anexo 4. Fotografías de desechos de envases vacíos de plaguicidas	129
Anexo 5. Límites máximos permisibles NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-127-SSA1-1994.....	133
Anexo 6. Estimación del costo de producción por hectárea de maíz.....	134
Anexo 7. Resultados del paquete econométrico JMP.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

<i>Figura</i>	<i>Pág.</i>
Figura 1. Determinación de la externalidad óptima o “contaminación óptima”.....	21
Figura 2. Reparación de la externalidad negativa por vía impositiva según Pigou.....	23
Figura 3. Reparación de la externalidad negativa por medio de la negociación de acuerdo con el enfoque de Coase.....	26
Figura 4. Plano General del DR 076	70
Figura 5. Ubicación geográfica del Valle del Carrizo.....	71
Figura 6. Gráfica de media de nitrógeno.....	86
Figura 7. Gráfica de media de fosforo.....	87
Figura 8. Gráfica de media de potasio.....	87
Figura 9. Gráfica de media de dimetoato.....	89
Figura 10. Gráfica de media de metamidofos.	89
Figura 11. Gráfica de media del glifosato.....	90
Cuadro	
Cuadro 1. Resultados del estudio para comprobar la eficacia del triple lavado.....	31
Cuadro 2. Puntos de ubicación de los contenedores del programa campo limpio en el Valle del Carrizo.....	32
Cuadro 3. Presas de abastecimiento de los cinco subsistemas de riego.....	62
Cuadro 4. Programación de cultivos.....	66
Cuadro 5. Superficie sembrada de maíz comparada con el segundo cultivo en importancia por módulo de riego.....	70
Cuadro 6. Puntos de muestreo en el Valle del Carrizo.....	75
Cuadro 7. Intervalo de edad en años.....	76
Cuadro 8. Sexo de los productores.....	77
Cuadro 9. Nivel de educación (Escolaridad)	77
Cuadro 10. Superficie sembrada.....	78
Cuadro 11. Sistemas de riego.....	78
Cuadro 12. Uso del apoyo del PROCAMPO.....	79
Cuadro 13. Rendimiento en toneladas por hectárea.....	79
Cuadro 14. Lugar de compra de los fertilizantes y plaguicidas.....	80
Cuadro 15. Plagas más comunes en el cultivo del maíz.....	80
Cuadro 16. Utilización del equipo de protección personal.....	81

Cuadro 17. Plaguicidas utilizados.....	82
Cuadro 18. Residuos de envases de plaguicidas.....	83
Cuadro 19. Estadísticas descriptivas.....	86
Cuadro 20. Comparación de medias de resultados obtenidos y recomendaciones de INIFAP	88
Cuadro 21. Estadísticas descriptivas de aplicación de plaguicidas	88
Cuadro 22. Resultados de laboratorio de residuos de nitrogenados en el agua.....	90
Cuadro 23. Resultados de laboratorio de residuos de plaguicidas en el agua	91
Cuadro 24. Resumen del modelo	93
Cuadro 25. Tabla del análisis de la varianza del modelo ajustado de Cobb-Douglas	94
Cuadro 26. Coeficientes de regresión del modelo ajustado de Cobb-Douglas para la variable dependiente rendimiento, con una muestra de 100 productores.....	94

RESUMEN

El presente trabajo inicia con una caracterización de los productores del DR 076 Valle del Carrizo, para conocer cuáles son los principales cultivos, sus prácticas agrícolas, los insumos agroquímicos que aplican y otras variables de interés. Posteriormente, a través de un muestreo de agua en diferentes puntos georeferenciados con GPS en dicho Valle, se determinan los tipos de residuos que persisten en el agua de los principales drenes y descargas al mar y así conocer el nivel de contaminación y el impacto de la actividad en la calidad del recurso hídrico.

Se trabajó con la función de producción Cobb-Douglas, que es una función empleada en el análisis económico para representar la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de los factores o insumos que se utilizan en su obtención. El presente trabajo realiza un análisis del modelo econométrico de la función de producción de Cobb-Douglas y su aplicación al cultivo de maíz blanco. La función de producción de Cobb-Douglas es no lineal en sus parámetros y a través de la transformación logarítmica se hace lineal. Para estimar los parámetros de la función se usó el método de regresión múltiple con los programas estadísticos MINITAB y JMP. En la estimación del modelo econométrico se utilizaron datos obtenidos a través de la encuesta socio-productiva-ambiental, aplicada a finales de 2007, incluyendo las variables: rendimiento, como el producto final obtenido y los principales agroquímicos, fertilizantes y plaguicidas, como insumos. Realizada la aplicación, para el cultivo del maíz en el ciclo otoño-invierno (O-I) 2007-2008, se obtuvieron rendimientos crecientes a escala, lo cual es de suma importancia, debido a la gran trascendencia que este sector significa para la economía del estado.

Palabras clave: *Contaminación, agroquímicos, rendimiento, factor insumos.*

SUMMARY

This paper indicates a characterization of the producers of Irrigation District 076, in the Carrizo Valley, in order to know the main crops, their agricultural practices, the agrochemical inputs they apply and other interest variables. Afterwards, through a water sampling in different GPS georeferenced points in the Valley, the persistent residues in the water of the main drainages and water discharges are determined, as well as the level of contamination and the impact of the activity in the quality of the water as a resource.

The function of production Cobb-Douglas was used, which is the function employed in the economic analysis to represent the relationship between the obtained product and the combination of factors that are used for its obtaining. This paper performs an econometric model analysis of the Cobb-Douglas production function and its application in white corn. The Cobb-Douglas production function is not linear in its parameters and it becomes linear through a logarithmic transformation. To estimate the parameters of the function, a multiple regression method was used with the help of the statistical software MINITAB and JMP. In the estimation of the econometric model, the data was obtained through a socio-productive-environmental poll, applied in late 2007, including the variables: performance, as well as the obtained final product and the main agrochemicals, for the growing of corn in the fall-winter (F-W) cycle 2007-2008, the performance to scale obtained grew, which is of vital importance, due to the big transcendence that this sector means for the economy of the state.

Key words: *Contamination, agrochemicals, performance, input factor*

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es un grave problema de alcance mundial. Cuando se especifican las fuentes de contaminación del agua, la agricultura ocupa, cada vez con mayor frecuencia, un lugar destacado.

En la actualidad, el empleo excesivo de agroquímicos que transporta la lluvia o el agua de riego, es un tipo de contaminación que ha empezado a cobrar una alta importancia ya que está provocando concentraciones elevadas de nitritos y nitratos en aguas superficiales y subterráneas (González, 1990), así como residuos de plaguicidas en aguas superficiales y descargas al mar.

La agricultura es el principal usuario de recursos de agua dulce, ya que utiliza un promedio mundial del 70 por ciento de todos los suministros hídricos superficiales (Ongley, 1997). Si se exceptúa el agua perdida mediante evapotranspiración, el agua utilizada en la agricultura se recicla de nuevo en forma de agua superficial y/o subterránea. No obstante, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas, así mismo por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío. Es víctima, porque usa aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que afectan los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas. La agricultura se desarrolla en una simbiosis de tierras y aguas, como se señala claramente en el documento de la Organización de las Naciones Unidas por la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1990a), "*... deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas deterioren la calidad del agua e impidan posteriores usos de ésta para otros fines*".

Uno de los factores más importantes en la contaminación agrícola, es el desconocimiento de los sectores involucrados directamente y de la población en general sobre la magnitud del problema, el cual se deberá tomar en cuenta en la elaboración de los programas de prevención. Debido a la multitud de factores que intervienen en esta situación, es necesaria la participación de distintos organismos y técnicos de diversos campos, con el fin de profundizar los conocimientos sobre el tema, así como elaborar nuevas prácticas

agrícolas beneficiosas.

Las concentraciones elevadas de fertilizantes y plaguicidas en las aguas subterráneas y superficiales, afectan a numerosos núcleos urbanos que las utilizan como fuente de agua potable para consumo doméstico. Además de los posibles efectos sobre la población, constituyen una grave amenaza a la calidad del agua por su carácter acumulativo.

El objetivo primordial de esta investigación es determinar la posibilidad de que los productores del Valle del Carrizo puedan internalizar los costos ambientales mediante la reducción del uso de plaguicidas y fertilizantes en el cultivo del maíz blanco, a través de la modelación de una función de producción tomando como variables a dichos insumos y obteniendo una función de costos. También se analiza los riesgos de contaminación por fertilizantes y plaguicidas que presentan las aguas superficiales del Valle del Carrizo, Sinaloa, ocasionados por las actividades agrícolas.

Se realiza un comparativo de medias de la aplicación de agroquímicos que permite determinar la cantidad promedio de sobreuso de los mismos y la cantidad económica de desperdicio, comparando los datos obtenidos con las dosis recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Con base en la función de producción Cobb-Douglas de la teoría neoclásica , se quiso demostrar su aplicación al caso práctico del cultivo del maíz blanco en el DR 076 076 Valle del Carrizo a partir de la información arrojada en el trabajo de campo en 1,757.5 hectáreas. Los elementos constitutivos del costo fueron los insumos fertilizantes y plaguicidas y las labores de aplicación al cultivo, información con la que se construyó la función de costos.

Se parte del supuesto de que el productor es racional y minimiza costos. Bajo este principio se formuló la función de costos de producción con sus componentes constitutivos y los aportes que cada elemento al costo total.

Descripción del problema

El deterioro de la calidad del agua asociado al uso de plaguicidas es uno de los mayores problemas de contaminación ambiental.. Se puede deber a alguna de las siguientes causas: deriva de pulverizaciones, lixiviación y percolación hacia napas freáticas, lavado de equipos y elementos de aplicación en fuentes de agua, mala eliminación de desechos de plaguicidas y envases, rotura de envases y accidentes con vuelco de productos hacia fuentes de agua (Boroukhovitch, 1992). La contaminación de suelos puede deberse a la aplicación directa de plaguicidas (herbicidas pre-emergentes), al escurrimiento de un pulverizado desde la planta hacia el suelo, a la deriva de las pulverizaciones y a la inadecuada eliminación de restos de pulverizaciones o de envases.

El sobreuso de agroquímicos utilizados en los cultivos constituye una de las principales causas de contaminación de los cuerpos de agua (Richters, 1995; PNUMA, 2001) y representa un problema ambiental importante (Boesten y Van der Pas, 2000) debido a su persistencia en el suelo, porque tardan años en degradarse (González e Illescas, 1987) y porque se transportan hacia las aguas subterráneas por medio de la lixiviación (Boesten y Van der Pas, 2000). Ello involucra efectos negativos en la salud humana causadas por acumulación de sólidos orgánicos, químicos tóxicos y metales pesados en el suelo, acuíferos y aguas superficiales (PNUMA, 2001).

El Distrito de Riego 076 (DR 076) Valle del Carrizo no es ajeno a la problemática de degradación de los recursos naturales, principalmente referida al uso y manejo de los cuerpos de agua. Así lo han expresado los moradores del lugar al priorizar este problema como uno de los principales que afecta ambiental, social y económicamente a la población en general.

Objetivo de la Investigación

Objetivo General:

Determinar la posibilidad de que los productores del Valle del Carrizo puedan internalizar los costos ambientales mediante la reducción del uso de plaguicidas y fertilizantes en el cultivo del maíz blanco, disminuyendo a su vez el daño ambiental.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar el uso de fertilizantes, plaguicidas y el contexto socioeconómico en que se desarrolla la producción;
2. Determinar y evaluar los niveles de contaminación por plaguicidas y fertilizantes en las aguas superficiales del DR 076 076 Valle del Carrizo, mediante los límites máximos permisibles (LMP) de la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996;
3. Identificar los costos involucrados en la aplicación de fertilizantes y plaguicidas;
4. Realizar un comparativo de medias de la aplicación de agroquímicos que permita determinar la cantidad promedio de sobreuso de los mismos y la cantidad económica de desperdicio, comparando los datos obtenidos con las dosis recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP);
5. Obtener la función de producción Cobb Douglas para el cultivo del maíz blanco en el Valle de Carrizo y,
6. Obtener la función de costos para el cultivo del maíz blanco en el Valle de Carrizo.

Importancia de la investigación

Para los actores locales es muy importante el problema de la calidad del agua. Por lo tanto, llevar a cabo estudios relacionados con este tema contribuiría a satisfacer la necesidad sentida por la población de asegurarse un acceso y suministro de agua para consumo humano, uso doméstico y recreativo, con los estándares mínimos requeridos que garanticen el bienestar de los pobladores y la sostenibilidad en la demanda actual y futura.

En el Valle del Carrizo la mayoría de los agricultores recurre a la modalidad de preparación de la tierra mediante quemas; todos aran la tierra utilizando tracción mecánica y aplican químicos en forma manual, mecánica y vía aérea.

Estas interacciones de aspectos biofísicos en el DR 076 constituyen factores de vulnerabilidad para las fuentes de aguas superficiales, de allí la importancia de realizar estudios utilizando herramientas que permitan identificar situaciones críticas, al tiempo de formular estrategias que contribuyan en la toma de las mejores decisiones para brindar soluciones en el corto, mediano y largo plazo en cuanto al manejo adecuado de los recursos naturales del DR 076 y más específicamente, respecto de la calidad de los cuerpos de aguas superficiales.

El estudio del medio físico del área regable y de sus interacciones con el manejo agronómico realizado permitirá establecer pautas que optimicen los insumos de producción minimizando los impactos medioambientales negativos, sin afectar el rendimiento y por ende las utilidades del productor, lo que constituye el objetivo final del estudio.

Los residuos de los agroquímicos y de los envases utilizados en su aplicación en una concentración de agricultura intensiva tan grande como la del Valle del Carrizo, debe considerar un planteamiento serio sobre su gestión para conseguir al menos dos cosas:

1. Mantener una calidad de vida digna en un medio ambiente razonablemente conservado y,
2. Posibilitar que el problema de contaminación no llegue a poner en peligro la propia actividad que genera esos residuos.

A pesar de existir el Programa de Campo Limpio en Sinaloa y un centro de confinamiento para envases vacíos de plaguicidas en el Valle del Carrizo, por falta de conciencia de los agricultores como de una política ambiental, los residuos de envases se arrojan en los predios y drenes, o bien se queman para lograr una aparente eliminación del problema.

Por lo tanto, se hace imprescindible mejorar el conocimiento del efecto o presencia de los plaguicidas en la calidad de las aguas superficiales en el Valle del Carrizo para predecir la evolución de dicha calidad, que permita orientar acciones y políticas para el manejo futuro de los plaguicidas, que garantice riesgos mínimos de contaminación, así como la sustentabilidad de la agricultura y de los recursos hídricos.

Los resultados de esta investigación podrían ayudar a que las autoridades competentes en materia agrícola, de agua, salud, economía y ecología, ejerzan mayor control preventivo y correctivo en áreas vulnerables a la contaminación, y sirva de herramienta para implementar, junto con los productores, una estrategia de desarrollo sostenible de las actividades productivas del Valle del Carrizo.

Asimismo, la sociedad, adquirirá mayor conciencia de los problemas que ocasionan los agroquímicos en el ambiente y la salud, y pueda actuar con mayor determinación frente a las autoridades, atrayendo su atención hacia las evidentes fuentes de contaminación en la zona.

Hipótesis

1. Existe una externalidad negativa en el Valle del Carrizo por el mal uso y abuso de agroquímicos, cuyo daño se puede reducir cambiando las prácticas agrícolas;
2. Las aguas superficiales utilizadas en el DR 076 Valle del Carrizo están contaminadas con residuos de fertilizantes (nitrogenados y fosforados) que rebasan los límites máximos permisibles de la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, así como por algunos componentes químicos de plaguicidas utilizados en la agricultura del Valle;
3. Se puede mostrar un excedente de los costos de aplicación de agroquímicos a través de un comparativo de medias entre los resultados de las aplicaciones y las recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), lo cual permite asegurar que se pueden disminuir los costos de producción y el daño ambiental ocasionado, al reducir las dosis empleadas;
4. La función de producción Cobb Douglas refleja que la producción de maíz está fundamentalmente basada en N y P, y;
5. La función de costos presenta un valor inferior, lo que significa que se está trabajando con un costo por encima del mínimo y se está sobreutilizando el factor insumos agroquímicos.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Bases teóricas de la economía de la contaminación

En la actualidad donde la globalización y la crisis económica ocupan los titulares de los medios de comunicación, parece haber una aparente falta de interés en la conservación del medio ambiente. En realidad no debería ser así, una verdadera integración económica debe ir a la par de la implementación de medidas regulatorias que no coarten la actividad económica y que contribuyan a un desarrollo sustentable, además de una gestión ambiental en donde se vea implicada la ciudadanía, no como grupo de presión, sino como personas partícipes al tomar decisiones con consecuencias ambientales (Martínez, 2007).

Es precisamente en este esquema general donde la economía ambiental y la economía ecológica buscan plantear vías favorables para la optimización de la explotación de recursos naturales y la reducción de la contaminación. La economía ambiental abarca el estudio de los problemas ambientales empleando la visión y las herramientas de la economía neoclásica.

Hace casi un siglo, grandes economistas desarrollaron un conjunto de conceptos necesarios para construir la actual disciplina Economía Ambiental. Martínez-Alier y Schlupmann (1991) refiriéndose a los antecedentes históricos de la misma mencionan a:

- Thomas R. Malthus fue uno de los primeros economistas en preocuparse por cuestiones relacionadas con los recursos naturales. Su bien conocida visión encierra un gran pesimismo al considerar que los límites de recursos a nivel planetario hacen que la capacidad de crecimiento de la producción alimentaria resulte inferior al crecimiento de la población;
- David Ricardo tuvo una visión pesimista sobre el papel de los recursos naturales, lo que le llevó a predecir un estado de equilibrio bastante poco atractivo; John S. Mill postuló que las disponibilidades limitadas de recursos naturales impondrían límites al crecimiento económico y Willian S. Jevons nos ha dejado como legado su famosa paradoja y el principio de equimarginalidad, que constituye el elemento básico de la economía de los recursos;

- Arthur C. Pigou introduce el 1919 la idea de externalidad negativa, que sirve de soporte teórico al concepto de contaminación. Puede decirse que las bases de la economía ambiental estuvieron hibernando en la obra de Pigou hasta que la sensibilización social hacia el deterioro del ambiente propició su despertar;
- Harold Hotelling publica un trabajo en 1931 donde recurriendo de manera implícita al principio de equimarginalidad de Jevons, establece un principio básico que indica cuando debe extraerse un recurso no renovable, mostrando asimismo el sendero óptimo de extracción.

Podemos decir que las ideas de Pigou y la particularización del principio de equimarginalidad jevoniano trasladado por Hotelling al campo de los recursos naturales, sirve de base a la constitución de la disciplina de economía ambiental (Manes, 2004).

En nuestros días, la preocupación generalizada por la situación de deterioro que presenta el medio ambiente ha provocado un resurgimiento de las teorías de la economía ambiental en muchos países.

La economía de los recursos naturales y la economía ambiental tienen como eje central el análisis económico de los recursos ambientales y la contaminación, y ambas establecen las bases teóricas que permiten optimizar el uso del ambiente, de los recursos naturales y resolver los problemas de contaminación (Romero, 1997).

Según Pearce y Turner (1995), la economía ambiental estudia cómo afectan las variaciones de tamaño de la economía (la escala del crecimiento económico) a las funciones del medio ambiente, por tanto tiende a ser más holística que la economía tradicional.

La economía ambiental tiene como una de sus características el hecho de que realiza un análisis del medio ambiente en términos económicos y cuantitativos, es decir, en función de precios, costos y beneficios monetarios. Entre los temas fundamentales de los que se ha ocupado la economía ambiental se destacan la problemática de las externalidades y la asignación de los recursos naturales entre las distintas generaciones.

También se propone valorar económicamente los recursos naturales, los impactos negativos en el entorno y la utilización de instrumentos económicos en su análisis.

1.1.1 Economía y ambiente

Tradicionalmente, la economía como disciplina no había integrado problemas ambientales a sus modelos porque, en general, se pensaba que el ambiente era un objeto de estudio de los biólogos y no de los economistas. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XX hubo un creciente interés de la economía por este tema y por el diseño de instrumentos económicos como posibles soluciones óptimas (Martínez, 2007).

La idea de proteger el medio ambiente es simple: conservar, aprovechar y preservar los recursos naturales en general, de tal manera que se permita “satisfacer las necesidades presentes, sin amenazar la capacidad de las generaciones futuras de abastecer sus propias necesidades”¹. De planearlo correctamente, se pueden utilizar los recursos de tal forma que se alcance un nivel óptimo de consumo en el tiempo, antes que depredarlos en un primer momento o simplemente dejar de consumirlos. Por ejemplo, se podrían reducir amenazas tales como el efecto invernadero o la reducción de la capa de ozono, sin necesidad de dejar de usar por completo los productos que los causan (Martínez, 2007).

Una de las formas de proteger el medio ambiente es a través de instrumentos -económicos o no económicos- en las actividades económicas que generan un impacto negativo en el ambiente. Lo que la economía propone es intervenir en el mercado, de tal manera que el agente contaminador considere el costo que le origina a la sociedad la contaminación que está produciendo.

Al lograr que dicho costo sea introducido por el agente en su proceso de toma de decisiones, cuando éste maximice sus beneficios, toda la sociedad se estará beneficiando, pues la contaminación será menor. Es decir, se estará logrando un eficiente uso de los recursos en el nivel social.

¹ Nuestro futuro común, Informe Bruntland. Comisión Mundial para el Ambiente y el Desarrollo, 1998.

Desde el punto de vista económico, la solución óptima no implica necesariamente un nivel de contaminación nulo; por el contrario, una economía en crecimiento va a producir ciertos niveles de contaminación; lo importante es que se usen mecanismos para minimizar esos efectos negativos y hacerlos sostenibles en el tiempo.

La economía plantea la existencia de un nivel "óptimo" de contaminación (asociado a un óptimo social de producción), que se alcanza en el punto en el cual el costo ambiental de producir un poco más no es justificado por el beneficio social que generaría este incremento en la producción. Dicho costo debe incluir todas las consecuencias negativas de dicha contaminación. El problema surge cuando el empresario no toma en cuenta los costos de la contaminación y no se alcanza el óptimo social.

Se dice que un agente ha internalizado los costos ambientales que genera cuando los toma en cuenta al momento de decidir cuánto producir o cuánto consumir de un determinado producto. Hay ocasiones en las que el óptimo social es alcanzado con una mínima intervención del Estado.

Entre los instrumentos más importantes para el control de la contaminación están los directos de comando y control (CC) y los instrumentos económicos (IE). Los primeros pueden ser normas, estándares, cuotas y licencias, entre otros. Los segundos se refieren a impuestos o subsidios y a la creación de mercados (Ulloa, 2004).

En general, para lograr el menor nivel de contaminación, la experiencia indica que es mejor una combinación de ambos tipos de instrumentos. La ventaja de los IE es que apuntan a generar un mercado, en donde el óptimo social se alcanza sin mayor intervención del Estado.

1.2 La contaminación como externalidad

Además de la manipulación del precio por agentes con poder de mercado, hay otras razones que impiden el funcionamiento de la competencia perfecta. En ocasiones una empresa tiene capacidad para hacer recaer sobre otra parte de los costos de su proceso productivo. Otras veces surgen dificultades para impedir que se beneficie de un bien el que no ha pagado por él; en ambas situaciones el derecho tiene un papel destacado en

la explicación del origen y en las posibles soluciones de los problemas (Martínez, 2007).

Se llaman externalidades (o economías externas) los costos, impuestos o beneficios conferidos a otros que no son tenidos en cuenta por la persona o institución que emprende la acción que los genera “La esencia de la cuestión es que una persona A, al efectuar algún servicio por el que es retribuida una segunda persona B, al mismo tiempo rinde servicios o perjuicios a otras personas (que no son productoras de aquello), de forma que el pago no puede ser exigido de las partes beneficiadas, ni indemnizadas las partes perjudicadas” (Pigou 1946). Si por ejemplo, los productores de aceite de girasol deciden aplicar a sus plantaciones un nuevo pesticida, tal vez conseguirán así una mayor producción, pero se pueden derivar de ello varios tipos de efectos externos. Por una parte habrá efectos pecuniarios sobre otras industrias si sus productos están relacionados; como sabemos, la mayor producción de aceite de girasol provocará la disminución de su precio y desplazamientos en los mercados de aceite de oliva y de patatas fritas, entre otros. Otras industrias sufrirán efectos tecnológicos, es decir, cambios en la estructura de costos; los nuevos plaguicidas serán arrastrados por la lluvia hasta los ríos próximos a las plantaciones de girasol, causando mortandad entre los peces; las piscifactorías instaladas en esos ríos verán muy reducida su producción por lo que aumentará su relación costes/producto. Puede haber también efectos externos tecnológicos positivos: las plantaciones de tomates próximas a las de girasol quedarán igualmente protegidas contra algunos insectos consiguiendo así un aumento de la producción sin necesidad de aumentar los factores (Martínez, 2007).

La valoración ambiental puede definirse como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir las expectativas de beneficios y costos derivados de algunas de las siguientes acciones: a) Uso de un activo ambiental, b) realización de una mejora ambiental y c) generación de un daño ambiental.

El valor económico asociado a un activo ambiental está formado por su valor de uso más los posibles valores de opción y de existencia. A esto se asocia el concepto excedente del consumidor de Dupuit-Marshall como la diferencia entre lo que el consumidor hubiera estado dispuesto a pagar por un determinado nivel de consumo, menos lo que realmente paga por dicho nivel de consumo (Romero, 1997).

También debemos anotar otros dos conceptos: la variación compensatoria que implica

medir el deseo de pagar una determinada cantidad de dinero para asegurarse un beneficio (mejora ambiental) o evitar una pérdida (daño ambiental), mientras que la variación equivalente implica medir el deseo de aceptar una determinada cantidad de dinero para tolerar una pérdida (daño ambiental) o renunciar a un beneficio (mejora ambiental).

El diseño de métodos que permitan valorar mejoras y daños ambientales se ha afectado con el problema de la no existencia de mercados para dichas mejoras y daños. Esta inexistencia de mercados está relacionada con la no asignación de derechos de propiedad. La mayoría de los recursos ambientales se utilizan en régimen de libre acceso; no hay una asignación clara de derechos de propiedad sobre el aire, la capa de ozono, las aguas internacionales o la atmósfera.

Lo anterior indica que es imposible que existan los incentivos precisos para que la explotación de estos activos se lleve a cabo utilizando la lógica económica que implica que, cuanto más escasos sean los recursos mayor será el precio que habría que pagar por su utilización, o la lógica que establece que, si el recurso tiene propietario éste tendrá en cuenta no sólo la tasa a la que puede explotarlo en el presente sino las tasas de explotación posible en períodos futuros, evitando así el hecho de consumirlo todo rápidamente.

Queda claro que la economía ambiental propone utilizar como instrumentos de acción política los denominados instrumentos económicos. Se recomienda actuar utilizando impuestos, precios, creando mercados o estableciendo derechos de propiedad que permitan los intercambios.

Los economistas ambientales preconizan estas soluciones no porque no haya imaginación o conocimientos para diseñar otras medidas, que las hay, sino porque está demostrado que cuando se actúa a través de los instrumentos de control económicos, se logran las mejoras ambientales incurriendo en costos mínimos.

Dos técnicas que se pueden utilizar para paliar la ausencia de mercado son:

- Directa: Se realiza a través de técnicas experimentales. Aquí se encuentra el método conocido por valoración contingente (Riera, 1992).
- Indirecta: Pretende estimar el valor del activo ambiental a través de comportamientos que se revelan en mercados reales. Aquí se encuentran los métodos de variables hedónicas y del costo del viaje.

El método que más se aplica es el de valoración contingente, cuya idea básica consiste en valorar los beneficios derivados de una mejora ambiental por la cantidad monetaria que los beneficiarios potenciales de dicha mejora estarán dispuestos a pagar por la misma, de manera análoga los costos derivados de un daño ambiental se valoran por la cantidad monetaria que los perjudicados potenciales aceptarían como compensación. La idea del método de las variables hedónicas consiste en determinar de qué manera el placer o dolor de consumir el activo ambiental, afecta el precio de una serie de bienes para los cuales existe mercado definido.

Johansson (1992) plantea que en el caso del método del costo del viaje, se utiliza la información relacionada con la cantidad de tiempo (costo de oportunidad) y de dinero (costo real) que una persona o familia emplea en visitar un espacio natural.

En los últimos años se ha planteado que los problemas que se presentan al aplicar los diferentes métodos de valoración ambiental podrían reducirse aproximándose a la teoría de la decisión multicriterio, al tratar los diferentes propósitos de un activo ambiental como objetivos.

Llanes (1999) plantea que la teoría de externalidades fue creada por Pigou en su obra Economía del Bienestar de 1920 y R. Coase en su libro El problema del Costo Social de (1960), aunque coincide en que la paternidad del concepto pertenece en su sentido estrecho a Marshall.

Pigou (1946), además planteó, como complemento de este concepto, el de deseconomías externas o externalidades negativas, y por último sostiene que la externalidad existe e implica un costo siempre que el agente económico que lo sufre no sea compensado por el agente que lo genera. Cuando existe una tal compensación, la externalidad desaparece, o, dicho en términos económicos, se produce una internalización de la misma.

Desde otro punto de vista podemos plantear las externalidades como costos o beneficios de una transacción económica que recaen sobre personas que no participan en la transacción, que son el resultado de la falta de derechos de propiedad (Martínez, 2007).

Cuando un proceso de contaminación afecta a personas, disminuyendo su bienestar actual o futuro en cuanto a ingresos, salud, tiempo libre, seguridad laboral, etc., esto es precisamente el costo. Es imposible que este costo lo paguen generaciones futuras. El problema es quien debe pagarlo. El costo es un beneficio perdido y como beneficio un costo evitado. Actualmente se relaciona el enfoque económico del desarrollo sustentable, como meta deseable a alcanzar por los países, con el análisis tradicional de externalidades, concepto que ya hemos abordado.

La corrección de externalidades ambientales es una condición necesaria para el desarrollo sustentable. En la medida que nuestras conductas incorporen los efectos sobre el medio ambiente lograremos compatibilizar actividad económica con protección ambiental, al menos desde la perspectiva de la generación presente.

Ahora bien, en la medida que las externalidades se corrijan solo desde la perspectiva de la generación presente, sin considerar adecuadamente el bienestar de las generaciones futuras, la corrección no va a ser suficiente para asegurar un desarrollo sustentable.

La diferencia entre efectos externos tecnológicos y pecuniarios reside en si hay o no modificación en el proceso productivo, en la cantidad de factores que es necesario aplicar para conseguir la misma producción final. Por ejemplo en el caso de las papas fritas, la cantidad de aceite necesaria por cada kilo de papas no se ha modificado, sólo su precio. Las piscifactorías, en cambio, requerirán más trabajo o más depuradoras para conseguir mantener su producción de truchas. También hay que considerar efectos tecnológicos externos los que provocan modificaciones en los procesos de consumo, los que requieren que el consumidor adquiera más bienes para obtener la misma utilidad.

Se llama costo externo al costo que tiene un proceso productivo sobre otros agentes económicos. El costo social es igual a la suma de los costos externos y los costos

internos, es, por tanto, el costo de un proceso productivo sobre toda la sociedad. El mercado genera una tendencia a que se iguale el precio de un producto al costo marginal de su producción y ese resultado es socialmente eficiente, un óptimo paretiano. En el caso de que haya efectos externos, la producción socialmente eficiente sería la que igualase el precio al costo marginal social; si no existe ninguna intervención externa al mercado, la producción será la que iguale el precio al costo marginal interno.

La consecuencia económica de los efectos externos es la disminución de la eficiencia en la asignación de recursos; la producción de bienes con efectos externos negativos será superior a la socialmente deseable y las producciones con efectos externos positivos serán insuficientes. Para que el sistema siguiera siendo eficiente, el precio de los bienes con procesos productivos contaminantes tendría que igualarse al costo marginal social, es decir, a la suma del costo marginal externo y el costo marginal privado (Martínez, 2007).

Todos los procesos de producción o de consumo que causan un impacto nocivo sobre el medio ambiente tienen efectos externos negativos sobre otros agentes productores o consumidores. La clasificación de esos efectos es larga:

- Destrucción del suelo mediante deposición de residuos o alteración de la cubierta vegetal provocando su erosión o empobrecimiento en nutrientes;
- Contaminación de aguas superficiales, subterráneas y marinas por focos industriales o urbanos;
- Contaminación atmosférica por industrias, calefacciones, vehículos, aerosoles;
- Emisiones de ruido y vibraciones de baja frecuencia, de calor o de radiaciones ionizantes;
- Contaminación biológica por provocar la proliferación de virus o bacterias o por la introducción de especies animales y vegetales exógenas que alteran las cadenas tróficas;
- Degradación del paisaje mediante urbanización incontrolada o modificación de parajes vírgenes (Martínez, 2007).

El objetivo, como se ha señalado, no es eliminar totalmente la contaminación sino reducirla, lo cual tiene un precio que será tanto más alto cuanto mayor pureza ambiental busquemos. Los procesos de filtración de emisiones y depuración de aguas residuales están sometidos también a las leyes de los rendimientos decrecientes que ya conocemos: eliminar el treinta por ciento de las emisiones contaminantes de una industria puede ser relativamente barato, pero llegar a eliminar el sesenta por ciento costará mucho más del doble.

La solución más obvia consiste en la internalización de costos: hacer que cada industria se encargue de la depuración o eliminación de sus propios residuos². Al repercutir el costo de la depuración directamente sobre el precio de sus productos se consigue satisfacer los dos criterios antes citados, el de equidad, porque pagarán sólo los que se benefician de esos productos, y el de eficiencia, porque al aumentar el precio disminuirá la demanda y por consiguiente la producción. Cuando la naturaleza del proceso productivo no permita la depuración podría establecerse un impuesto sobre contaminantes o tasa ecológica por igual cuantía al costo externo causado; el criterio de equidad requeriría en este caso que el impuesto detraído se destinase a indemnizar precisamente a los perjudicados.

Pero esas soluciones son muy difíciles de aplicar, se necesitaría un gran número de inspectores para revisar todas las industrias del país, técnicos que tendrían que dedicarse a estudiar los medios de reducir o depurar las emisiones, economistas que calculen los costos de la contaminación y el precio de su depuración y además es muy difícil descubrir quiénes son los damnificados y en qué cuantía.

En los países industrializados de occidente, el desarrollo y divulgación de una conciencia ética está creando una red ciudadana de inspección y denuncia que ha permitido hasta ahora la corrección de un gran número de situaciones extremas. La internacionalización del movimiento ecologista y sus espectaculares éxitos están consiguiendo de forma cada vez más generalizada la reducción de costos externos y su repercusión directa sobre los precios.

² Aplicar el principio "el que contamina paga" conocido por sus siglas en inglés PPP (Polluter Pays Principle).

Un posible método de disminución de emisiones de contaminantes consiste en emitir "Bonos de contaminación", que autorizan a las empresas que los poseen a contaminar el ambiente en una medida determinada. La mayor parte de los bonos se distribuyen de forma gratuita entre las empresas existentes, en proporción a sus necesidades según hayan sido acordadas por un comité de expertos. El resto de los bonos son subastados por si alguna empresa tiene planes de aumentar su producción y necesita contaminar más de lo previsto. Si una vez agotados todos los bonos en poder del estado, alguna empresa necesita contaminar en mayor cantidad de lo que sus bonos le permiten, podrá comprar bonos adicionales a otras empresas (Martínez, 2007).

La contaminación puede ser definida de diferentes modos, dependiendo de la disciplina que la trate. El ecólogo Odum (1986) definió la contaminación como un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, el suelo y el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana y la biodiversidad, los procesos industriales, las condiciones vitales del hombre y su acervo cultural, además de generar el deterioro y agotamiento de los recursos de la naturaleza.

Desde el punto de vista de la física, y en función de la segunda ley de la termodinámica, la contaminación se define como entropía o energía no aprovechable generada en cualquier proceso. Desde este punto de vista, la contaminación viene a ser un fenómeno casi ineludible, por lo que se busca optimizar los procesos de transformación de energía, para que el trabajo útil sea mayor y la energía disipada mínima (Coronado y Oropeza, 1998). Como contaminación se entiende, entonces, cualquier cambio o alteración que se genere sobre el ambiente físico o biológico, siendo particularmente grave cuando excede la capacidad de recuperación de los ecosistemas.

La definición económica de contaminación, por su parte, depende tanto del efecto físico de los residuos sobre el medio ambiente como de la reacción humana frente a ese efecto físico. El efecto físico puede ser biológico (cambio de especies o perjuicios a la salud), químico (el efecto de la lluvia ácida sobre las superficies de los edificios) o auditivo (ruido). La reacción humana muestra una expresión de disgusto, desagrado, desesperación, preocupación, ansiedad, etc., que han sido definidas en conjunto por varios autores como 'pérdida de bienestar' (Pearce, 1976, 1993; Azqueta, 1995, 2002; Pearce y Turner, 1995; Azqueta y Pérez, 1996).

Para tratar el significado económico de la contaminación se presenta el siguiente ejemplo: Una industria en la cabecera de una cuenca vierte residuos en el río provocando la falta de oxígeno en el agua; la reducción del oxígeno produce una pérdida de peces en el río, lo que genera pérdidas financieras a los pescadores río abajo. Si los pescadores no se ven compensados por su pérdida de ingresos y bienestar, la industria río arriba continuará sus actividades como si el daño producido corriente abajo no tuviera nada que ver con ellos. De ella se dice que genera un costo externo. Un costo externo también se conoce como una externalidad negativa o una deseconomía externa. Si se considera una situación en la que un agente económico generase un nivel positivo de bienestar para un tercero, tendríamos un caso de un beneficio externo, externalidad positiva o economía externa (Pearce y Turner, 1995; Azqueta, 2000).

Un costo externo o externalidad negativa existe cuando se dan las dos condiciones siguientes:

1) Una actividad de un agente económico provoca una pérdida de bienestar a otro agente, y 2) La pérdida de bienestar no está compensada. Esto es, las externalidades aparecen cuando el comportamiento de un agente cualquiera (consumidor o empresa), afecta el bienestar de otro (su función de producción, o su función de producción de utilidad), sin que este último haya elegido esta modificación, y sin que exista un precio o una contraprestación monetaria que lo compense (Azqueta, 2002). Si la pérdida de bienestar se acompaña de una compensación por parte del agente que causa la externalidad, se dice que el efecto se internaliza' (Pearce y Turner, 1995).

El concepto de externalidad tiene una larga tradición en economía. La primera aproximación a este concepto se debe a Marshall (Principles of Economics, 1890) quien introdujo la idea de las economías externas o externalidades positivas que conllevó el desarrollo industrial. Tres décadas después, su sucesor en la cátedra de economía de Cambridge, Pigou (1920), indicó que el concepto de externalidad es una moneda con dos caras. Una de las caras son las economías externas o efectos positivos en el sentido de Marshall, la otra cara son las deseconomías externas o externalidades negativas (Pigou, 1920).

La existencia de externalidades tiene un gran interés para el análisis económico aplicado. A este nivel, el concepto de efecto externo es asimismo muy importante, puede decirse que la contaminación o daño que genera la actividad económica al ambiente no es otra cosa, desde un punto de vista económico, que una externalidad negativa. Es decir, todo proceso de contaminación es una externalidad, aunque obviamente el enunciado opuesto no es cierto. En otras palabras, la contaminación se conceptualiza económicamente como una externalidad negativa generada por determinados procesos de producción en otros procesos (Romero, 1993, 1997).

1.2.1 Nivel óptimo de contaminación

A continuación se exponen los fundamentos del marco analítico utilizado en economía ambiental para determinar el nivel óptimo de contaminación producida por un agente generador de contaminación sobre otro agente que sufre la contaminación o externalidad. Para facilitar la exposición, se parte de la premisa que el agente contaminante comercializa los productos derivados de su actividad económica en mercados competitivos.

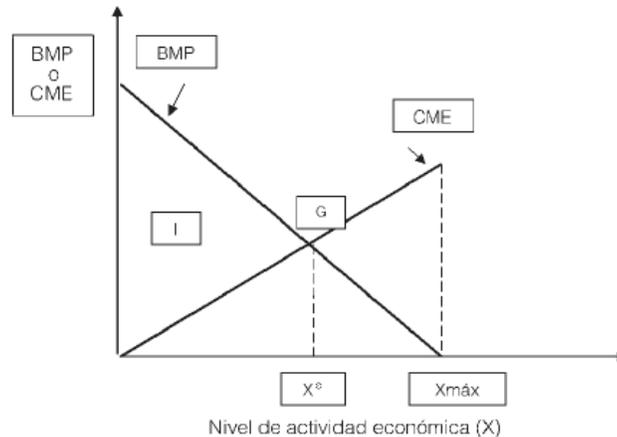
El análisis macroeconómico tradicional muestra que la empresa contaminante producirá hasta que su beneficio marginal sea cero, es decir, hasta que el precio o valor marginal del producto iguale al costo marginal. En la Figura I, la curva BMP representa la curva de beneficios marginales privados y el punto $X_{\text{máx}}$ de dicha figura representa el nivel de producción óptimo, que en lo sucesivo se denominará óptimo privado.

Al analizar el problema desde la óptica del agente que sufre la contaminación, puede observarse que conforme el agente que contamina va incrementando su producción, el agente económico que la sufre experimenta un costo marginal externo CME creciente.

El punto X_{max} representa el óptimo privado para el agente contaminante, mientras que el origen de coordenadas, o punto de nula actividad económica, representa el óptimo para el agente que sufre la contaminación. Cabe preguntarse cuál es el nivel de producción donde el beneficio social, o beneficio conjunto, es máximo. Aplicando el principio neoclásico de la equimarginalidad, o principio de Jevons, el óptimo social se producirá cuando el beneficio marginal de la empresa que contamina coincide con el costo marginal externo de la empresa que sufre la contaminación. Es decir, el óptimo social corresponde

al nivel de actividad económica X^* .

Figura 1. Determinación de la externalidad óptima o “contaminación óptima”



Fuente: Modificado de Romero (1993, 1997). BMP: beneficio marginal privado, CME: costo marginal externo, X^* : nivel óptimo de contaminación, $X_{máx}$: beneficio total máx.

Romero (1993, 1997) propone algunas interpretaciones interesantes a la Figura 1, una vez determinado el equilibrio social. Así, para la solución competitiva de producir $X_{máx}$ unidades, el beneficio social viene dado por el área I, es decir, por la diferencia entre las áreas encerradas por la curva BMP de beneficios marginales privados y la curva CME de costos marginales externos. Por otra parte, el área OGX^* , encerrada por la curva de costos marginales externos desde el nivel de producción cero hasta el nivel de producción socialmente óptimo (X^*), representa el nivel óptimo, para la sociedad en su conjunto, de la externalidad generada por la empresa contaminante. Una vez determinado que la externalidad óptima no es cero, sino la que corresponde al nivel de actividad económica X^* para el que el beneficio marginal privado iguala al costo marginal externo, la tarea siguiente consistirá en estudiar una serie de métodos que permitan alcanzar el comentado punto óptimo.

1.2.2 Métodos intervencionistas: el enfoque de Pigou

Una vez determinado el nivel socialmente óptimo de contaminación, el paso siguiente del análisis consistirá en presentar métodos que permitan alcanzar dicho óptimo. Resulta obvio que si no se realiza ningún tipo de intervención o de negociación entre las partes, el agente contaminante elevará su nivel de producción hasta el punto $X_{máx}$ en que su

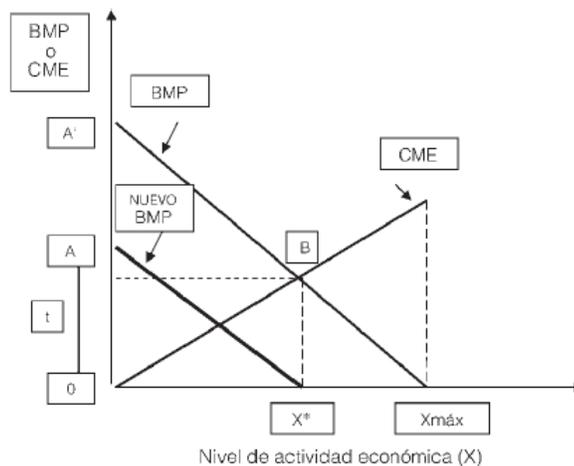
beneficio marginal se hace cero. El problema consiste en conseguir que el agente contaminante reduzca su actividad productiva del óptimo privado X_{\max} al óptimo social X^* .

Cronológicamente, el primer método propuesto en este sentido es de tipo intervencionista, consistente en gravar con un impuesto la actividad productiva del agente contaminante. Este tipo de método intervencionista aparece de una manera explícita y extensa en la literatura ambiental contemporánea, dentro de la idea general de que quien contamina paga, así como en ciertas aproximaciones ecologistas al tema, que proponen la asignación de un impuesto ecológico. Sin embargo, la vía impositiva fue propuesta y desarrollada analíticamente por Pigou en su texto clásico *Economics of Welfare* (1920). Por esta razón, en la mayor parte de los textos de economía ambiental este tipo de impuesto se denomina impuesto pigouviano.

Con objeto de facilitar el planteamiento, supondremos que el impuesto t es constante; es decir, no depende del volumen de producción. La introducción de tal tipo de impuesto hace que la ecuación que establece la condición de equilibrio marginal del agente contaminante se modifique como se muestra en la Figura 2. Si estableciésemos dicho impuesto sobre cada unidad del nivel de actividad que incrementase la contaminación e igualásemos este impuesto a t , se puede ver que tal impuesto haría que la curva BMP se desplazara hacia la izquierda (nuevo BMP).

De forma muy sencilla, t se tiene que pagar en cada nivel de actividad, de tal modo que el beneficio marginal neto se reduce en t . El contaminador aspirará ahora a maximizar los beneficios privados netos, sujetos al impuesto, y esto tiene lugar en X^* . Por tanto, el impuesto t es un impuesto óptimo, ya que logra el óptimo social en X^* . ¿Cómo se determina t ? En el óptimo, $t=CME$.

Figura 2. Reparación de la externalidad negativa por vía impositiva de acuerdo con el enfoque de Pigou.



Fuente: Modificado de Pearce y Turner (1995) y Romero (1993, 1997).

BMP: beneficio marginal privado, CME: costo marginal externo, X*: nivel óptimo de contaminación, Xmáx: beneficio total máximo, t: impuesto

Según Pearce y Turner (1995) el impuesto pigouviano óptimo se define como aquel igual al costo marginal externo (el daño causado por una unidad marginal de contaminación) en el nivel óptimo de contaminación. Una función de daño indica como varía el daño contaminante con el nivel de contaminación emitida y cuál es el valor monetario del daño. Entonces, debería ser posible relacionarlo con el nivel de actividad del contaminador. De hecho, es necesario seguir unos cuantos pasos hasta encontrar tales funciones de daño. La secuencia propuesta por los autores es:

- Actividad económica del contaminador
- Emisiones contaminantes
- Concentración de la contaminación en el medio ambiente
- Exposición a la contaminación

- Función del daño físico

- Valor monetario del daño.

Sin embargo, no sólo se necesita una buena parte de la función CME, sino que también hay que conocer BMP. Si el contaminador es una empresa, esto puede resultar muy difícil por la confidencialidad comercial de la información. De hecho, muchos economistas consideran que el gobierno, como autoridad impositiva que es, no está en buena posición para obtener esta información. Esta asimetría de la información entre el contaminador y el regulador a menudo se considera como una objeción a cualquier forma de intervención gubernamental. En la práctica, estas dificultades informativas pueden no ser abrumadoras. Podemos estar interesados en conocer la dirección adecuada de la variación de los niveles de contaminación, más que en alcanzar un óptimo teórico. Si es así, los gravámenes por contaminación seguramente son el instrumento adecuado para la acción reguladora.

1.2.3 Soluciones de mercado: el enfoque de Coase

Un enfoque alternativo al de Pigou para alcanzar el óptimo social o externalidad óptima es el de Coase. El punto de arranque del análisis es el conocido artículo titulado *The Problem of Social Cost* (Coase, 1960). La idea básica del autor consiste en demostrar que, si se cumplen determinadas condiciones no resulta necesario, ni tal vez conveniente, ningún tipo de intervención para alcanzar la externalidad óptima. Basta una correcta definición de los derechos de propiedad o derechos de uso del recurso ambiental para que la libre negociación entre el agente que genera la contaminación y el agente que la sufre conduzca al óptimo social.

Coase señaló un conjunto de proposiciones que, si se cumplen, no hacen necesaria ningún tipo de intervención para alcanzar el óptimo social. Las condiciones de Coase son las siguientes:

- a) Cada parte, es decir el agente que genera la contaminación y el agente que la sufre, tiene perfectamente definidos sus derechos de propiedad o derechos de uso; es decir, está perfectamente estipulado el derecho a contaminar o no el ambiente.

- b) La estructura de mercado para los productos que obtiene la empresa contaminante es competitiva. Posteriormente las ideas de Coase se han extendido a mercados

imperfectos.

c) Los costos operativos o transaccionales derivados de la realización de la negociación entre las dos partes son muy bajos. Estos costos tienen que ser menores que las ganancias que, como resultado de la negociación, obtiene el agente que tiene que cubrir los mencionados costos transaccionales.

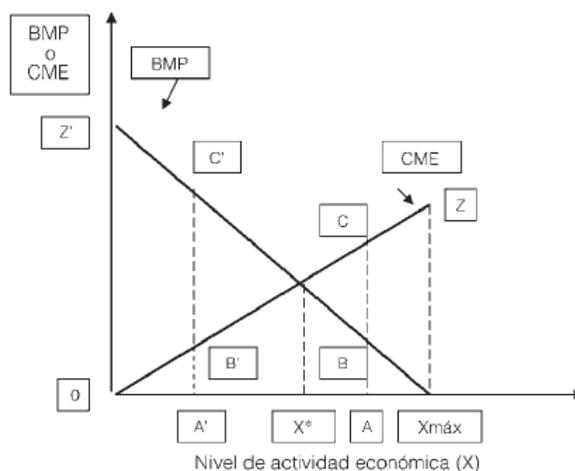
Si se supone que el derecho de uso del ambiente lo posee el agente contaminante, este agente elevará su producción hasta el óptimo privado X_{max} . Ahora bien, cabe preguntarse si un descenso del volumen de producción de X_{max} hasta, por ejemplo, el punto A de la Figura 3, supone necesariamente un empeoramiento de los intereses del agente contaminante. En principio, parece que sí, pues dicho descenso hace disminuir el beneficio total del agente contaminante en una cantidad igual al área ABX_{max} . Ahora bien, dicha reducción en el volumen de producción hace, por otra parte, disminuir el costo total externo o valor monetario de la externalidad en una cantidad igual al área $ACZX_{máx}$. Por otra parte, como la segunda área es claramente superior a la primera, en una cantidad igual a la dada por el área $BCZX_{máx}$, entonces en un proceso negociador las ganancias experimentadas por quien sufre la externalidad son más que suficientes para compensar al generador de la misma. Dicho con otras palabras, el descenso del volumen de producción de $X_{máx}$ a A es eficiente de acuerdo con Pareto (Robinson y Eatwell, 1976), pues las dos partes involucradas en la negociación pueden mejorar sus beneficios con respecto a los que obtenían en la situación inicial. Si se consideran ahora los efectos de un nuevo descenso de la producción, por ejemplo, del punto A al punto D, la conclusión será la misma. En efecto, el nuevo descenso de la producción genera una ganancia potencial que repartir vía negociación igual al área $EFCB$. Este hecho sucede hasta que el volumen de producción desciende al nivel X^* , que corresponde al óptimo social. Un descenso adicional generaría una pérdida conjunta, por lo que racionalmente no se producirá.

En el caso opuesto de que el derecho a usar el ambiente lo posea el agente que sufre la externalidad, es simétrico. En efecto, en esta situación el punto de partida sería el origen de las coordenadas, es decir, una producción nula que implica la inexistencia de externalidades.

En este contexto, un incremento de la producción de 0 a A' implica una ganancia potencial neta igual al área $OZ'C'B'$, por lo que dicho desplazamiento es eficiente según la

teoría de Pareto (Robinson y Eatwell, 1976). El incremento del beneficio privado (áreas $0Z'C'A'$) es más que suficiente para reparar la externalidad dada por el área $0B'A'$. Cualquier incremento adicional del volumen de producción, por ejemplo de A' a D' , tiene los mismos efectos. Este hecho sucede nuevamente hasta que el volumen de producción alcanza el que corresponde al óptimo social.

Fig. 3. Reparación de la externalidad negativa por medio de la negociación de acuerdo con el enfoque de Coase.



Fuente: Modificado de Pearce y Turner (1995) y Romero (1993, 1997)

BMP: beneficio marginal privado, CME: costo marginal externo, X^* : nivel óptimo de contaminación, $X_{máx}$: beneficio total máx

La idea fundamental del argumento de Coase es que, independientemente de quién posea los derechos de propiedad o de uso del ambiente, existe una especie de tendencia autónoma que lleva el volumen de producción de una manera automática al óptimo social. Con base en ello, tanto Coase como sus seguidores sostienen que no es necesario ningún tipo de intervención estatal para regular o reparar la externalidad; los mecanismos de mercado se encargarán de realizar esta tarea de una manera automática.

Las ideas de Coase no están exentas de críticas. Pearce (1976), en su texto *Environmental Economics*, apuntó irónicamente que las ideas de Coase podrían aplicarse para eliminar el crimen. También puede objetarse que en el argumento de Coase no se

introducen en absoluto los pesos o influencias sociales que poseen ambos agentes. Es de suponer que en muchas ocasiones los agentes contaminantes (grandes corporaciones) posean una influencia o peso negociador superior al que poseen los que sufren la externalidad, lo cual puede conducir a resultados ética y ambientalmente cuestionables. Por último, la perfecta definición de los derechos de propiedad no garantiza su cumplimiento (Romero, 1993, 1997).

1.2.4 Otros enfoques intervencionistas y de mercado

Otros enfoques propuestos con el propósito de alcanzar el nivel óptimo de contaminación o externalidad negativa son la fijación de normas ambientales, la fijación de subsidios para reducir la contaminación y la emisión de permisos de contaminación.

Los dos primeros procedimientos caen dentro de los sistemas intervencionistas de corte pigouviano, mientras que el tercero cae dentro de los enfoques de mercado basados en la negociación de tipo coasiano.

El primer procedimiento consiste en fijar una norma ambiental que establezca la cantidad máxima de contaminantes que se permite emitir al correspondiente agente contaminante. Uno de los problemas que conlleva la aplicación de este tipo de enfoque reside en la enorme dificultad de que la fijación de la norma conduzca a una solución eficiente. En efecto, hace falta que la norma ambiental que se establezca coincida con el óptimo social X^* para que dicha norma conduzca a una solución eficiente (Reyes *et al*, 2005).

La fijación de subsidios pretende estimular al agente contaminante a que invierta en equipos que permitan eliminar o reducir la contaminación. En la práctica, se asigna el subsidio a aquellas empresas que contaminan por debajo de un determinado nivel. Algunos autores han apuntado que este tipo de sistema puede alterar las condiciones de entrada y salida de empresas en una determinada industria, generando a mediano plazo un incremento de la cantidad total de contaminantes emitidos (Romero, 1993, 1997).

El concepto de los permisos de contaminación fue introducido por Dales (1968) en su libro "*Pollution, Property and Prices*". La idea de este enfoque consistió en emitir un número de

permisos igual al nivel óptimo de producción; estos permisos se pueden comprar y vender en un mercado establecido con tal fin. La curva de oferta de ese mercado es perfectamente inelástica y coincide con el nivel socialmente óptimo de producción X^* . La idea teórica de Dales se ha desarrollado considerablemente, existiendo hoy en día, principalmente en los EEUU, algunas experiencias en las que se aplica este procedimiento (Field, 1995).

1.3 Iniciativas voluntarias

Se están empleando diversos términos para describir las iniciativas voluntarias para la protección del medio ambiente, y así se habla de cartas medioambientales, principios medioambientales, orientaciones sobre el medio ambiente, códigos de prácticas medioambientales, códigos de ética medioambiental y compromiso medioambiental. Cada uno de ellos puede tener diversas implicaciones de carácter cultural, lingüístico, contextual, político y jurídico, y sus definiciones pueden incluso adoptar unos significados diferentes según sea el contexto. Incluso en un solo país, el mismo término puede tener distintos significados (PNUMA, 1998).

Más tarde, un suplemento a este informe del PNUMA afirmó que el término «iniciativas voluntarias» comprende las categorías siguientes:

- Los acuerdos voluntarios entre las industrias y el gobierno.
- Los programas voluntarios de las industrias.
- Las normas voluntarias, como las de la Organización Internacional de Normalización (ISO)
- Los códigos voluntarios de conducta, orientaciones, principios, declaraciones, políticas a seguir, etc.
- Un informe que compara las iniciativas voluntarias en Austria y el Reino Unido (Florian, 1997) enumera los siguientes tipos de programas voluntarios:
- Los acuerdos voluntarios (por ejemplo, los acuerdos sobre la reducción de

escapes y emanaciones en los Países Bajos).

- Las iniciativas voluntarias (por ejemplo, Conducta Responsable).

- Los compromisos voluntarios, como el Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales de la Unión Europea (EMAS).

Hay cierta discrepancia sobre si los «acuerdos voluntarios» son realmente voluntarios, puesto que pueden implicar compromisos jurídicos entre la industria y el gobierno.

En la práctica, las iniciativas voluntarias pueden ser desde unos acuerdos en los que las partes (generalmente las empresas o sus asociaciones) establezcan sus propios objetivos y se hagan a veces cargo de su propia supervisión e información, hasta unas iniciativas que alcancen un entendimiento entre un organismo sin fines lucrativos (por ejemplo, una instancia gubernamental, una asociación cívica o una organización no gubernamental) y otra parte con fines de lucro (una asociación industrial o cualquier otra empresa). La intención expresa de los dos tipos de iniciativa suele ser la misma: estimular a sus miembros para que mejoren voluntariamente en relación al medio ambiente o su eficacia general en materia de salud, seguridad y medio ambiente. Las premisas implícitas son que si se impulsa una evolución cultural a largo plazo en la administración de las empresas, se pueden conseguir acciones voluntarias más ambiciosas que ciertas reglamentaciones estatales por parte de las industrias (PNUMA, 1998). Una característica fundamental que todas estas iniciativas tienen en común, es que tratan de aprovechar las fuerzas del mercado para mejorar su eficacia y sus niveles de calidad.

Las normas voluntarias tienen varios campos de aplicación posible, uno de ellos es el de los sistemas de administración ambiental, que modifican la forma en que la planeación administrativa de los agentes se lleva a cabo, e incorpora explícitamente consideraciones ambientales en la operación cotidiana de las empresas y en la selección de técnicas. Otro campo de aplicación es la difusión de buenas prácticas tecnológicas, que pueden ser llevadas a cabo por las empresas para ahorrar recursos o evitar emisiones de contaminantes. Un tercer campo de aplicación es el de desarrollar métodos alternativos de medición con resultados equivalentes. Para México, en el nuevo esquema regulatorio, las normas voluntarias adquieren una importancia creciente al permitir flexibilizar (sin laxar) el esquema de comando y control, a la vez que induce a los agentes a tomar en

cuenta variables ambientales en su proceso de planeación y en su operación diaria. Constituyen así, un campo fértil, que ha tenido un desarrollo menor a lo deseable.

Shortle y Abler (2001) señalan que los problemas conceptuales del diseño de instrumentos económicos y regulaciones para el sector agropecuario y la oposición de los grupos de productores agrícolas a ser regulados, han propiciado que la autoridad ambiental opte por medidas de cumplimiento voluntario cuyos efectos en la calidad del agua, son cuestionables.

1.3.1 Programa campo limpio

"Campo Limpio" es una iniciativa voluntaria que consiste en la promoción de la recolección y triple lavado de envases usados de plaguicidas y su disposición en un centro de acopio temporal, del cual posteriormente se trasladan a empresas recicladoras especiales, con la finalidad de que los campos agrícolas estén libres de los contaminantes presentes en los envases de plaguicidas.

La base de este programa es la capacitación y divulgación de la protección contra los riesgos por el uso de plaguicidas, el uso del equipo de protección personal, el triple lavado de envases vacíos, la formación de capacitadores y otras actividades de divulgación: anuncios de radio y distribución de folletos y dípticos informativos en la materia.

Durante 2007, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) implementó un programa piloto en varios estados de la República, entre los que se incluye Sinaloa, para poner en marcha el programa "Campo Limpio", asumiendo la coordinación de los esfuerzos regionales interinstitucionales, a fin de promover y contribuir a la recolección de envases vacíos de plaguicidas, con la disminución consecuente de los riesgos a la salud humana y al ambiente

En el noroeste del país han contribuido de manera significativa a la instrumentación de este programa la Confederación de Asociaciones de Agricultores del Estado de Sinaloa (CAADES), la Asociación de Agricultores del Río de Culiacán (AARC) y la Asociación de Agricultores del Río Fuerte Sur (AARFS), en colaboración con las autoridades estatales correspondientes. Como se indica en el Cuadro 1, los resultados del triple lavado son muy alentadores, ya que eliminan prácticamente la totalidad del plaguicida remanente en los envases.

Cuadro 1. Resultados del estudio para comprobar la eficacia del triple lavado

Nombre	Presentación (lts)	Cont.	Ingrediente	ppm en	el ppm en	3er % del IA	del % eliminado en
		I.A. (%)					
Gesapim	1	40.8	Atrazina	408 000	40.8	0.0001	99.999
Decis 2.5 CE	1	2.5	Deltametrina	25 000	0.069	0.0001	99.999
Thiodan35 CE	1	33.5	Endosulfan	335 000	28	0.0001	99.999
Tamarón 600	1	48	Metamidofos	450 000	0.021	0	100
Paramethyl 72CE	1	72	Parathion metílico	720 000	28.15	0.0001	99.999
Faena	1	41	Glyphosate	410 000	0	0	100

Fuente: AMIFAC, 1998.

I.A.: Ingrediente activo ppm: Partes por millón

A la fecha se han acopiado y destruido por tratamiento térmico alrededor de 60 toneladas de envases sujetos al triple lavado y se explora la posibilidad de su reciclado para la conversión en madera plástica, ya que están constituidos principalmente por polietileno y PET (por las siglas en inglés de *Positron Emission Tomography*).

Se encuentra también en desarrollo el proyecto de una norma oficial mexicana que establecerá las especificaciones para el correcto manejo, acopio y disposición final de envases que contuvieron agroquímicos. Se estudia, además, la forma de disponer de otros tipos de envases de agroquímicos.

En el Valle del Carrizo se cuenta con dieciocho contenedores de este programa en diferentes puntos geográficos del DR 076 (Cuadro 2) pero es una realidad que los productores y aplicadores de agroquímicos no siempre entregan los envases vacíos, por lo que éstos quedan en los campos o son quemados o enterrados y otras veces los queman por fuera de los contenedores (Anexo 3 de fotografías) lo que nos muestra el mal funcionamiento del programa.

Cuadro 2. Puntos de ubicación de los contenedores del programa campo limpio en el Valle del Carrizo, Sinaloa.

Contenedor	Ubicación	Ejido	Contenedor	Ubicación	Ejido
1	Calle 7 y 100	Guillermo Chávez Talamantes	10	Calle 800 y 16	Poblado 6
2	Calle 7 y 600	Mártires de Sinaloa	11	Calle 2, entre 1000 y 1200	Agua Nueva
3	Calle 0 y Dren Carrizo	Josefa Ortiz de Domínguez	12	Calle 6 y 200	Jesús García
4	Carretera a Bacorehuis	Bacorehuis	13	Calle 400 y canal 23	Carranza y Reforma
5	Calle 800 y 0	Tepic	14	Calle 2 y 800	Jahuara
6	Calle 12 y 200	Chihuahuita	15	Canal norte y camino a Venadillo	Dolores Hidalgo
7	Calle 14	Chihuahuita	16	Frente a Ejido Emigdio Ruiz	Emigdio Ruiz
8	Calle 16	Sección Pequeña Propiedad	17	Calle a Microondas	Niños Héroes
9	Calle 600 y 14	Poblado 6	18	Crucero Vía Ferrocarril	Lázaro Cárdenas

Fuente: Elaboración propia con información de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo (JLSVVC). 2007

1.4 Impuestos ambientales

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) utiliza el término “impuesto ambiental” para referirse a cualquier impuesto cuya base se considere de especial relevancia para el medio ambiente. Teniendo en consideración, que el nombre o el propósito expreso de un impuesto no es un criterio suficiente para decidir si dicho impuesto es ambiental o no se pone énfasis, más bien, en los efectos ambientales potenciales del impuesto en cuestión.

Algunos impuestos ambientales que la OCDE incentiva son aquellos establecidos a vertidos, vinculados directamente a las cantidades medidas o estimadas de emisiones en el agua, aire, residuos sólidos y ruidos; impuestos indirectos a la fabricación de

productos nocivos como bolsas de plástico y beneficios fiscales en los impuestos directos sobre amortizaciones aceleradas en inversiones en tecnologías limpias.

Como podemos apreciar, ellos presentan ventajas frente a los enfoques meramente normativos porque:

- Llevan a la práctica efectivamente el principio de “quien contamina paga”.
- Proporcionan mayores incentivos a la innovación tecnológica, porque las normas sólo incentivan la instalación de las tecnologías necesarias para cumplir con ellas, pero si los impuestos se pagan por las emisiones que no se han reducido, se tiene un buen motivo para buscar innovaciones tecnológicas que permitan reducir aún más las emisiones.
- La teoría del doble dividendo sugiere que si los ingresos de los impuestos ambientales se utilizaran para reducir otros impuestos distorsionadores de la economía o las contribuciones a la seguridad social, se podría mejorar, además del medio ambiente (primer dividendo), el sistema tributario y, por ende, la economía (segundo dividendo).
- Reflejan precios correctos de productos y servicios, ya que tienen en cuenta los costos sociales producidos por la contaminación.

No obstante sus virtudes, se podría pensar que la no utilización de estos instrumentos es producto del desconocimiento de su efectividad, o de la ineficacia de las autoridades que deberían ponerlos en funcionamiento. Sin embargo, hay fundamentos relevantes que han impedido, y probablemente dificultarán su adopción en el mediano plazo, entre ellos:

- Su establecimiento requiere conocimiento técnico del legislador, asimismo debe existir viabilidad administrativa.
- Posturas de sectores políticos o empresariales, quienes ven un ataque hacia la esfera privada y a la libertad económica.
- Falta de aceptación por la poca conciencia ambiental social
- Falta de disponibilidad de datos exactos sobre sus resultados.

En este contexto, es donde corresponde analizar si estos impuestos son una vía para solucionar los problemas ambientales en México, teniendo siempre presente que el costo ambiental no es sólo más costo, sino un requisito necesario para el desarrollo sostenible, tal como señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) “los impuestos ambientales no contradicen el criterio de neutralidad, porque ésta no puede existir sino en ausencia de externalidades, para cuya corrección sirven estos impuestos” (Cayupi, 2008).

También es preciso reconocer que existe un equilibrio entre economía y protección ambiental, y que ambas ciencias deben tratarse en conjunto sin que prevalezca una sobre otra, es así, como las reformas tributarias ambientales desarrolladas en países de la OCDE han demostrado que estos instrumento son un medio ideal para emitir señales apropiadas al mercado, reducir distorsiones estructurales, internalizar las externalidades, mejorar la eficiencia de medidas existentes y reducir niveles de contaminación.

El desacoplamiento de impuestos y de exenciones fiscales dañinas para el medio ambiente consiste en sustituir estos apoyos por subsidios directos. Otorgar incentivos en efectivo en lugar de reducir precios permitiría que las señales económicas de los costos (privados y sociales) dirijan las decisiones de los agricultores sin reducir sus ingresos.

Dada esta problemática, los poderes públicos tienen ante sí el reto de diseñar e implementar los instrumentos necesarios para minimizar el impacto de la agricultura como principal fuente de contaminación difusa de las masas de aguas (Martínez y Albiac, 2004). En este sentido, en los últimos años se han puesto en marcha diferentes políticas a nivel de la Unión Europea (UE) con el propósito de corregir esta situación, tal y como apunta la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA). Entre estas políticas cabe destacar la Directiva de nitratos, que tiene como principal objetivo la reducción de la contaminación por nitratos de las masas de aguas procedentes de la agricultura, la nueva Política Agraria Común (PAC), que desde su reforma del año 1999 (Agenda 2000) supedita el pago de las ayudas a los agricultores al cumplimiento de una serie de condiciones medioambientales, y la Directiva Marco de Aguas (DMA), que exige implementar nuevos planes hidrológicos conducentes al “buen estado ecológico de las aguas”.

El estudio teórico de las políticas de control de contaminación por nitratos comenzó ya en la década de los ochenta, a partir de los trabajos de Griffin y Bromely (1982), Shortle y Dunn (1986) y Segerson (1988). Desde entonces, la comunidad científica ha seguido estudiando con intensidad esta problemática. Así, entre los trabajos más recientes en este ámbito cabe citar los de Martínez y Albiac (2006), Segerson y Wu (2006), Aftab *et al.* (2007), Seeman *et al.* (2007) y Suter *et al.* (2008). Como síntesis de todo este cuerpo de la literatura cabe destacar que las políticas destinadas a reducir el problema de la contaminación por nitratos de origen agrario puede instrumentarse de diversas formas, especialmente a través del uso de impuestos y/o subsidios, la fijación de cuotas de emisión y la aplicación de determinados instrumentos de mercado.

Muñoz y Ávila (2005) propusieron aplicar en México un impuesto ambiental a los plaguicidas con base en los niveles de toxicidad, lo cual cambiaría los precios relativos de los plaguicidas más problemáticos. Esto en base a la experiencia de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, que estableció un sistema de impuestos a los plaguicidas en Dinamarca, Suecia, Francia y Noruega con cierto nivel de diferenciación de acuerdo a su nivel de toxicidad.

En México el SAT(2014) establece un impuesto a los plaguicidas, en virtud de que en la actualidad existen prácticas agrícolas que utilizan diversos plaguicidas que tienen fuertes riesgos ambientales, incluyendo el agua y los alimentos, además de efectos graves en la salud de los habitantes. Las tasas del impuesto se establecen conforme a la categoría de peligro de toxicidad aguda; La aplicación de la tabla se sujetará a lo dispuesto a la Norma Oficial Mexicana “NOM-232-SSA1-2009.

También se gravan los servicios de comisión, mediación, agencia, representación, correduría, consignación y distribución, que se realicen con motivo de la enajenación de los plaguicidas.

Así se induce una transición hacia los productos y prácticas más sustentables y hacia una aplicación más eficiente de las opciones más perjudiciales para el medio ambiente y la salud.

1.5 Teoría de la producción

El término producción engloba los procesos que convierten o transforman un bien en otro diferente. Comprende todos los procesos que incrementan la adecuación de los bienes para satisfacer las necesidades humanas; es decir, el proceso económico de la producción exige que se mejore la capacidad de satisfacer la necesidad de bienes (Arzubi A, 2003).

Ello implica la combinación de los factores trabajo, capital y recursos naturales en una integración con el resto del sistema económico que le suministra materias primas, energía y diversos servicios; convirtiendo a estos últimos bienes, mediante procesos de transformación, en otros bienes de uso final.

La producción comprende diversas fases a través de las cuales los bienes o productos en proceso de elaboración, incorporan, progresivamente, las características que tendrán los bienes en el mercado. Se fundamenta en el trabajo humano dirigido hacia la atención de las necesidades económicas individuales y colectivas (Castro A.B. et al., 2004).

La empresa es la unidad económica donde se realiza el proceso productivo; en ella, los factores productivos son transformados en productos. Puede definirse como la unidad económica que compra los servicios de los factores de producción, los combina o transforma, produciendo bienes y servicios que vende a otras unidades económicas (Arzubi A, 2003; García M, 1996).

La empresa agropecuaria se define como una unidad de organización de la producción que genera bienes agrícolas, pecuarios o forestales destinados al mercado, tiene una dirección que asume la gestión y los riesgos de la actividad productiva y utiliza en todas sus parcelas algunos de los mismos medios de producción de uso durable y parte de la misma mano de obra (Alvarado P. et al., 2009) En este sentido, el presente trabajo considera a las unidades de producción agrícola como empresas.

Se define como producto los bienes o servicios obtenidos en un proceso productivo, se denominan genéricamente outputs o productos. Y como factor de producción los bienes y servicios que requiere la actividad durante el proceso de producción, reciben el nombre de insumos, inputs o factores productivos. La denominación recurso productivo se utiliza

cuando se hace referencia a la totalidad de bienes y servicios de una economía; y la denominación factor, insumo o input es utilizada cuando se hace referencia a la producción de un bien concreto (Arzubi A, 2003; Alvarado P *et al.*, 2009).

Los factores de la producción desde el punto de vista económico, están globalizados como trabajo, tierra y capital.

- El trabajo es considerado como la mano de obra, la cual se define en el presente trabajo como la actividad humana que concluye en una obra útil y se emplea en la producción (Folliet, 1958; Meléndez G.R *et al.*, 2007).

- Tierra. Este factor suele constituir el elemento más notable para identificar la unidad de producción, definir límites y apreciar su entorno. (Quevedo, 1993) Suele estar ligada a los problemas de escala o tamaño, siendo uno de los limitantes en las posibilidades de expansión de las empresas agropecuarias; constituyéndose en una restricción muy importante para establecer planes de mejoramiento del ingreso familiar.

- El capital es la inversión total disponible en la empresa agropecuaria. En el contexto del presente trabajo, el capital productivo está conformado por los bienes que componen la empresa y que ayudan a aumentar la productividad (Castle y Becker, 1958; Quevedo, 1993).

Como unidad económica, la empresa es una unidad de decisión, dichas decisiones deben referir tanto a aspectos productivos como a aspectos económicos.

Los aspectos productivos tienen que ver con:

- Elección adecuada de los factores de producción.
- Elección adecuada del método de producción.
- Elección de la cantidad de producto a obtener.

Los aspectos económicos se refieren a:

- La compra de los servicios de los factores de producción, que constituyen los

costos de la empresa.

- La venta del producto, que determinan los ingresos de la empresa.
- La diferencia entre ambos, que es el beneficio y que es lo que la empresa aspira a maximizar.

Las decisiones son influenciadas por el componente temporal; en el corto plazo existen factores fijos y hacia el largo plazo todos los factores tienden a ser variables, (Arzubi A, 2003) de tal manera que puede obtenerse una determinada producción con muchas combinaciones diferentes de insumos. La forma en que se combinan los factores para lograr el producto, es dada por la función de producción (Arzubi A, 2003).

1.6 Función de producción

El concepto de la función de producción se ha desarrollado en relación con problemas específicos de la teoría económica. La producción es un proceso físico mediante el cual los insumos se transforman en productos (Cramer J.S, 1973; Troncoso C.J.L., 2001). Así, la producción es el resultado de la combinación que el dueño de la unidad de producción haga de un determinado número de factores de producción, los más importantes: trabajo, tierra y capital. De la óptima combinación de los factores que haga el productor dependerá la ganancia o pérdida que pueda obtener (Díaz M.G, 1985).

Cramer (1973) define a la función de producción como “por una parte, una relación técnica entre cantidades de varios factores de producción o insumos y por otra la cantidad de producto o producción que generan”, mientras que Heady y Dillon (1961) lo conceptualizan como “un concepto en la ciencias físicas y biológicas, sin embargo, en gran parte desarrolladas y usadas por economistas”.

Troncoso (2001) por su parte, menciona que “una función de producción es una representación matemática de la relación física que existe entre los distintos factores de producción, y el o los productos obtenidos en este proceso”. La conceptualización de las funciones de producción se ha ampliado, inclusive fuera de la economía (Heady OE, Dillon J.L, 1961), ya que no se limita a las variaciones posibles dentro un proceso técnico de producción, sino que cubre toda la gama de métodos de producción concebibles (Cramer J.S, 1973).

El análisis de funciones de producción se ha usado en una amplia variedad de estudios económicos, en todos los sectores de la producción (Troncoso C.J.L, 2001). La función de producción permite determinar cuantitativamente cuál es la relación que existe en cada uno de los factores con respecto a la producción y al mismo tiempo, contar con un elemento matemático que cuantifique dicha relación.

1.6.1 Función de producción Cobb-Douglas o modelo multiplicativo

La función de producción agrícola relaciona matemáticamente la cantidad de producto obtenido con la cantidad de insumos utilizados, tanto en términos físicos como monetarios. Los trabajos empíricos sobre la función de producción agrícola se originan en un trabajo metodológico de Tintner (1944), en una aplicación de Tintner y Brownlee (1944) que fue seguido por un trabajo más completo de Heady (1946). Heady y Dillon (1961) revisaron y sintetizaron 32 estudios en varios países basados en datos de corte transversal a nivel de fincas. La evolución del análisis teórico y empírico de la función de producción agrícola ha sido resumida por Mundlak (2001). Uno de los asuntos analizados en la función de producción es el de los rendimientos a escala. La suma de las elasticidades de los insumos agrícolas se ha usado como una medida de los mismos. En la mayoría de los estudios, pero no en todos, no son significativamente diferentes de uno, indicando rendimientos constantes a escala.

En Colombia y Chile, se han hecho algunos intentos por construir funciones de producción a nivel microeconómico a partir de datos experimentales. Florez, *et al* (1978) presentaron una función de respuesta del trigo a la aplicación de fertilizantes con diferentes dosis de nitrógeno y fósforo en la sabana de Bogotá. Samper (1990), señala, sin embargo, que en Colombia se han hecho muy pocos estudios en el campo de la economía de la producción.

En este estudio se supone que la información proporcionada por los agricultores entrevistados es representativa de las condiciones de costos y producción que se presentan en dicha zona con respecto al cultivo del maíz,

a) Se presentan condiciones de competencia perfecta en el mercado de productos e insumos,

b) Se cumplen las suposiciones del análisis de regresión³

El modelo multiplicativo o de Cobb-Douglas, para la determinación de la función de producción, fue definido por Charles Cobb y Paul Douglas en 1928, correspondiendo a uno de los modelos para la estimación de las funciones de producción más comúnmente utilizados (Cramer, 1973; Arzubi A, 2003).

Para el estudio de los rendimientos a escala se utiliza una función de producción de tipo Cobb- Douglas de la forma:

$$Y = A X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_p^{\beta_p} \varepsilon$$

Dónde:

Y= rendimiento

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ = parámetros a estimar

X_i = costos incurridos en insumos de trabajo (agroquímicos), $1 \leq$

$i \leq p$. ε = error aleatorio cometido en cada observación.

Se ha usado esta forma funcional porque: a) es la de más amplio uso entre los economistas agrícolas para cualquier proceso de producción agrícola que implique la transformación de insumos en productos (Mundlak, 2001); b) la fácil interpretación de los parámetros estimados, los cuales se interpretan como elasticidades de la producción ante los insumos, cuando las variables se transforman en logaritmos.

3 Los supuestos de un modelo estadístico se refieren a una serie de condiciones que deben darse para garantizar la validez del modelo. Dichos supuestos son: linealidad, independencia de las observaciones, homocedasticidad, normalidad de los errores y no-colinealidad en las variables independientes.

La estimación de la función se hace utilizando el método de cuadrados mínimos ordinarios y para probar la validez conjunta del modelo se utiliza la técnica del análisis de la varianza y la individual de las estimaciones se recurre a la prueba t de Student.

1.6.2 Modelo teórico

La explicación de los costos por uso de agroquímicos en el cultivo del maíz blanco se basa en la teoría neoclásica de la función de producción tipo Cobb Douglas que relaciona la cantidad de insumos de fertilizantes y plaguicidas que se utilizan en la producción y permite calcular las cantidades máximas de producto que se pueden obtener con una cantidad dada de dichos insumos.

Matemáticamente se puede representar:

$$CT = F(K, L) = AK^aL^b$$

CT = Es el costo total.

K y L son los factores insumos y trabajo respectivamente, a y b son parámetros que indican la elasticidad con respecto a los dos factores, es decir el cambio que experimenta el costo total cuando cambian las unidades de los factores insumos de agroquímicos y trabajo.

1.6.3 Estudios realizados sobre la función de producción de Cobb-Douglas

Anido *et al.* (1996), presentan un análisis empírico de la producción de maíz en el estado Barinas, Venezuela, empleando la función econométrica de Cobb-Douglas. Bichara (1990), presenta información y aspectos relevante en cuanto a la utilización de esta función de producción. Castellanos (2004), realiza un estudio de la región confidencial para la obtención del óptimo económico de una función de producción de Cobb-Douglas bivariada, empleando la técnica de Wald descrita en Gallant (1987). Gujarati (2004), hace uso del modelo y realiza la estimación de los parámetros con información referente a la producción de Taiwán. Representando sus resultados a través del paquete estadístico SAS (2004). Mankiw (2004), hace referencia sobre algunas propiedades de la función de producción. Romo (1990), emplea a la función de producción de Cobb-Douglas en el estudio sobre la asignación óptima de los recursos en los viveros forestales del estado de México.

CAPÍTULO II. USO DEL AGUA Y CONTAMINACIÓN AGRÍCOLA

2.1 A nivel mundial

La agricultura constituye una de las actividades económicas más difundidas en el mundo, particularmente en las áreas rurales (Sandia *et al.* 1999). Sin embargo el impacto de ésta sobre el recurso hídrico reviste especial importancia. Ongley (1997), indica que la agricultura, a nivel mundial, utiliza el 70% de todos los suministros hídricos superficiales, lo cual representa el principal factor de degradación de éstos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química. Por ejemplo, en la mayor parte de los Estados Unidos, la principal fuente de contaminación no puntual es la agricultura, específicamente por el amplio uso de fertilizantes, aplicación de estiércol de ganado, plaguicidas y residuos de forrajes que son arrastrados por las lluvias (Wagner, 1996; Shilling y Libra, 2000). Estimaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), indican que el 55% de los ríos estudiados en los Estados Unidos han sido afectados por contaminación provocada por actividades agrícolas (citado por Wagner, 1996); algunos estudios establecen que existe una función lineal entre la relación de concentraciones de nitratos en aguas superficiales y el porcentaje de cultivos intensivos en la cuenca (Shilling y Libra, 2000).

La contaminación de fuentes superficiales debido a la agricultura está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos provocada por la entrada de sedimentos a los ambientes acuáticos (Ataroff y Sánchez, 2000; Plamondon *et al.* 1991; Mumeka, 1986; Wagner, 1996; Gerontidis *et al.* 2001; Liu *et al.* 2001 y Zhao *et al.* 2001). En este contexto, Ongley (1997), manifiesta que la contaminación por sedimentos posee dos dimensiones principales: (1) la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas, que causan niveles excesivos de turbidez en el agua receptora y repercusiones ecológicas y físicas y, (2) la dimensión química, consistente en la parte de sedimentos constituida por limo y arcillas (<63 µm); transmisora primaria de productos químicos absorbidos, especialmente fósforo, plaguicidas clorados y la mayor parte de los metales que son transportados por los sedimentos a los ambientes acuáticos. Como contaminantes físicos los sedimentos producen en el agua altos niveles de turbidez que limitan la penetración de la luz solar dificultando el proceso de fotosíntesis en algas y plantas acuáticas, disminuyendo la

producción de oxígeno, así estas mueren y provocan mayor demanda de oxígeno al descomponerse (Wagner, 1986).

También los sedimentos impiden el desove de peces al cubrir los lechos de grava. Asimismo, altos niveles de sedimentación en ríos alteran las características hidráulicas del cauce (Ongley, 1997).

Por otro lado, los sedimentos, como contaminantes químicos está en función de la carga química que transportan; en América del Norte y Europa el transporte de fósforo (P) se ha cuantificado hasta en un 90% del total del flujo de P de los ríos que puede estar asociado a sedimentos en suspensión (Ongley, 1997). De igual forma, muchos de los contaminantes persistentes, bioacumulados y tóxicos, están fuertemente asociados con sedimentos y en especial, con el carbono orgánico transportado como parte de la carga de sedimentos de los ríos.

La agricultura descarga en el agua de superficie y subterránea contaminantes de plaguicidas y fertilizantes químicos. Las prácticas agrícolas inadecuadas pueden producir erosión de los suelos y acumulación de sedimentos, y los sistemas ineficientes de riego pueden causar inundaciones y salinización. Además, el uso de aguas residuales y de agua contaminada de superficie o subterránea contamina las cosechas y transmite enfermedades a los consumidores y agricultores por igual (FAO, 1997).

Uno de los casos más trágicos de cómo las prácticas agrícolas deficientes pueden contaminar los recursos hídricos y producir problemas de salud conexos, puede encontrarse en la Cuenca del Mar de Aral en Asia Central. En esa región, cientos de miles de personas padecen de anemia y otras enfermedades debido al consumo de agua saturada de sales y mezclas de sustancias químicas procedentes de los campos de algodón (FAO, 1997).

Dada la necesidad de incrementar la producción de alimentos para una población mundial que está creciendo, existe el problema de asegurar que los métodos agrícolas no dañen la calidad del agua. Hasta el momento, las medidas de supervisión impuestas por organismos municipales y estatales en muchos países ricos y en desarrollo han detenido la contaminación puntual, pero ahora hace falta una estrategia que también detenga la

contaminación difusa del agua en la explotación agrícola.

Los agricultores tienen que darse cuenta de las repercusiones de su actividad en la calidad del agua río abajo; si están contaminando, entonces necesitan tomar medidas de prevención y una manera consiste en racionalizar el uso de insumos en su unidad de producción.

Está claro que resulta fundamental un marco jurídico que comprenda nuevas normas vigiladas por organismos de supervisión. Pero más que imponer medidas punitivas a los agricultores que no cumplan los reglamentos ambientales, se deben usar incentivos integrados que contribuyen a estimularlos para que vigilen la calidad del agua y adopten mejores prácticas, como ocurre en algunas partes de Europa.

Si se confirman las previsiones de las Naciones Unidas sobre el crecimiento de la población mundial para el año 2025, se requerirá una expansión de la producción de alimentos de entre 40-45 por ciento, aproximadamente. La agricultura de regadío, cuya superficie representa sólo el 17 por ciento de todas las tierras agrícolas y sin embargo produce el 36 por ciento de los alimentos mundiales, será un componente esencial de toda estrategia para aumentar el suministro mundial de alimentos (FAO, 1990b).

Además de los problemas de anegamiento, desertificación, salinización, erosión, etc., que repercuten en las superficies regadas, otro efecto ambiental grave es la degradación de la calidad de los recursos hídricos, aguas abajo, por efecto de las sales, productos agroquímicos y lixiviados tóxicos. "Sólo recientemente se ha reconocido que la salinización de los recursos hídricos es un fenómeno importante y de gran alcance, con efectos quizá todavía más graves para la sostenibilidad del riego que la misma salinización de los suelos. De hecho, sólo en los últimos años se ha hecho patente que los oligoelementos tóxicos, como selenio (Se), molibdeno (Mo) y el arsénico (As) en las aguas procedentes del drenaje agrícola, pueden provocar problemas de contaminación que representan una amenaza para la supervivencia del riego en algunos proyectos" (Letey *et al.*, citado en Rhoades, 1993).

2.2 En México

La mayor parte de la población y la actividad económica de México está concentrada en el centro y norte del país. La presión causada por la demanda de agua y una oferta relativamente escasa ha resultado en una explotación excesiva de los recursos acuíferos. Debido a que la agricultura es la principal consumidora de agua, es importante apoyar una cultura de conservación del agua mediante políticas que estimulen la preservación y uso eficiente del agua. La Ley de Aguas Nacionales señala que la administración, conservación y uso del agua deben estar gobernados por criterios ambientales racionales fundados en principios científicos sólidos.

Los programas para la conservación del agua están dirigidos tanto a la agricultura, que es donde se utiliza el agua, como a las cuencas hidrológicas forestales, que es donde se originan los recursos hídricos.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 en la Visión México 2030, expresaba una voluntad colectiva de cambio con el propósito de alcanzar el desarrollo humano sustentable. De los seis ejes políticos que destaca el documento, cuatro están relacionados con el agua: el desarrollo social y humano; la capacidad y la iniciativa; el apoyo al federalismo; y el desarrollo en armonía con la naturaleza. Reconoce, por lo tanto, el valor del agua como elemento estratégico para atender las necesidades básicas de la población y para impulsar el desarrollo de la actividad económica, previendo como requisito fundamental el cuidado y la preservación del medio ambiente. En el proceso de planificación, entidades no gubernamentales participan en la distribución del agua a través de 86 Distritos de Riego que abarcan una superficie de 3.499.478 hectáreas (SEGOB, 2007).

Con el fin de obtener una mayor productividad por unidad de superficie, los sistemas agrícolas han manifestado un paulatino aumento en la intensidad de explotación de los suelos. Esta situación ha traído consigo un aumento en el uso de agroquímicos, principalmente fertilizantes y plaguicidas, lo que sin duda ha afectado el medioambiente y aumentado los costos de producción, tanto privados como sociales. De hecho, actualmente es posible identificar una serie de problemas asociados a dichos sistemas de producción, entre los cuales se encuentran la presencia de diversos agroquímicos y residuos de plaguicidas por sobre lo normal, en aguas superficiales y subterráneas.

En México, los procesos de contaminación asociados a los sistemas de producción agrícola

no han sido investigados exhaustivamente, se han realizado muy pocos estudios para identificar y cuantificar la contaminación de las aguas.

2.3 Contaminación de aguas superficiales por fertilizantes

La contaminación de fuentes de agua por uso de fertilizantes ocurre de forma variada en tipos, cantidades y frecuencias. El nitrógeno (N), especialmente en forma de nitratos, es uno de los factores más importantes que degradan la calidad del agua; las pérdidas de nitratos desde áreas agrícolas son mayores que las ocurridas en ecosistemas naturales. (Gardi, 2001). Estimaciones realizadas por este autor, indican que entre el 8% y 11% del N total aplicado en la microcuenca del Río La Soledad en Honduras tenían como destino las fuentes superficiales de agua. Liere *et al.* (2002) encontraron que el promedio anual de pérdidas de nutrientes hacia los ríos desde áreas agrícolas significaban un 8% del total de N aplicado y 7% para el fósforo (P); mientras para Stalnacke y Bechmann (2002), estas pérdidas fueron un poco más altas, 20% en total. El nitrato se lixivia desde los campos cultivados y se mueve a poca profundidad subterráneamente hacia las fuentes superficiales (Shilling y Libra, 2000). Este movimiento de nitratos se reduce hasta en un 15% cuando se utilizan prácticas integradas de conservación de suelos (Hass *et al.* 2002).

Las fuentes de N pueden ser tanto orgánicas como inorgánicas. En el caso de productos orgánicos aplicados al suelo Sauer *et al.* (2000) observaron que después de un mes de aplicadas 4.5 ton/ha de gallinaza se produjo un significativo incremento de concentraciones de P y N en la escorrentía comparado con áreas no tratadas, siendo dos veces mayores estas concentraciones cuando se adiciona estiércol en esa misma proporción (Pote *et al.* 2001). De manera similar, al usar estiércol de ganado bovino como abono en la agricultura, una porción significativa de amonio pueden ser transportados a los cuerpos de agua; concentraciones elevadas de este compuesto se asocian usualmente al estiércol o a la escorrentía de fertilizantes desde los campos agrícolas (Chambers *et al.* 2002).

Aunque también se presenta de manera natural, el fósforo (P) es otro nutriente vinculado a las prácticas agrícolas y comúnmente fuente de contaminación de aguas superficiales. El movimiento de P es facilitado por la topografía y el flujo del agua a través del perfil del suelo. Las formas en que normalmente ocurre es mediante lixiviación cuando los componentes de fosfatos se convierten en formas solubles y/o mediante la separación de partículas conteniendo P y agregándose a partículas de suelo (McDowell *et al.* 2001; Fykse

et al. 2002). Hansen *et al.* (2000), observaron durante dos años que el transporte total de P fue alto cuando el suelo se sometió al sistema de arado de roturación profunda, en comparación con el sistema de labranza mínima. Por su parte Wang *et al.* (2002) documentaron que las altas tasas de transporte de nutrientes provenientes de parcelas donde se aplicó estiércol, se debió a una práctica intensiva de uso de arado para incorporarlo. De igual manera, Zhao *et al.* (2001) observaron que el 91% del P total fue arrastrado hacia fuentes de agua en la forma de sedimentos asociados a P particulado. Lo anterior sugiere que al no mezclarse adecuadamente el fertilizante con el suelo, el P soluble se adhiere a partículas de suelo más fácilmente debido a la absorción del P por parte del suelo y, consecuentemente, puede ser transportado hacia cuerpos de agua mediante la escorrentía (Zhao *et al.* 2001).

En cuanto a la cantidad del P sujeto a lixiviación, ésta dependerá de la cantidad de P aplicado al suelo; Sharpley y Moyer (2000) encontraron que las concentraciones de P inorgánico lixiviado entre el primer y quinto evento de precipitación fueron entre 75 y 34 mg/l, es decir, un 58% del P total aplicado en forma de estiércol de ganado. Es común, en muchos lugares del mundo que antes de la siembra se fertilice el suelo con gallinaza, no obstante, Sauer *et al.* (2000), determinaron diferencias significativas entre sitios tratados con desechos de aves y sitios no tratados, lo que refleja la contribución de la capa de gallinaza recién aplicada al suelo en cuanto a contaminación se refiere.

2.4 Contaminación de aguas superficiales por plaguicidas

Ongley (1997) define el término "plaguicida" como una palabra compuesta que comprende todos los productos químicos utilizados para destruir las plagas o controlarlas, sean estos herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y rodenticidas. A través de los años, la presencia de plaguicidas en aguas superficiales se ha puesto de manifiesto a partir de su empleo masivo en actividades agrícolas (Seoáñez, 1999). Altos niveles alcanzados en la proliferación de insectos, nemátodos y enfermedades fungosas, inducen a los productores agrícolas a utilizar cantidades considerables de plaguicidas (Oyuela, 1987), en la mayoría de los casos, sin atender recomendaciones técnicas en cuanto al tipo de producto, dosificación y cuando aplicar de acuerdo al tipo de cultivo y/o plaga a controlar (Sandia *et al.* 1999). Lo anterior es debido al temor de los agricultores que sus productos sean rechazados en el mercado por baja calidad (Pomerleau, 1998).

Conviene analizar la dinámica de los plaguicidas en las fuentes de aguas receptoras. Varios factores intervienen en el proceso de transporte de plaguicidas hacia cuerpos de aguas superficiales, entre ellos, las propiedades físicas y químicas de los compuestos, de las cuales, la persistencia y la movilidad son las más importantes (GEF, 2000). Lo anterior reviste importancia, pero también es cierto que las propiedades físicas del suelo, pendiente del terreno, tasa de precipitación y/o riego y el contenido de materia orgánica, son las que finalmente determinan el potencial de riesgo de transporte de los plaguicidas hacia las fuentes de agua (Brooks *et al.* 1991).

Rice *et al.* (2001), refieren que Wauchope en 1978 calculó una tasa de transporte de plaguicidas aproximada por escorrentía desde áreas agrícolas hacia cuerpos de aguas superficiales de un 5%, dependiendo de las condiciones de humedad y pendiente del terreno. Lo anterior tiene relación con la solubilidad del compuesto en el agua, determinado por el coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) en el cual un valor bajo de K_{ow} indica que es fácilmente soluble en el agua, mientras que los que tienen valores altos de K_{ow} se califican como “hidrofóbicos” y suelen estar asociados con partículas de suelos (Ongley, 1997).

La forma más frecuente de transporte de plaguicidas desde áreas agrícolas es por escorrentía; así lo indican experimentos de campo realizados por Louchart *et al.* (2001). Estos autores encontraron que más del 84% y 94% del peso anual de los herbicidas Diuron y Simazine, respectivamente, fueron removidos desde los campos por tan solo el 10% del volumen anual de escorrentía provocado por solo 4 tormentas. Obviamente, otros factores, como la pendiente, el tipo de cultivo y la forma de preparación del terreno, también influyen en las cantidades de plaguicidas arrastrados hacia las fuentes de agua (Gardi, 2001); por ejemplo, los cultivos de hortalizas, especialmente zanahoria y papas, presentan las peores condiciones hídricas desde el punto de vista de la erosión, con mínima interceptación y cobertura y máxima escorrentía (Ataroff y Sánchez, 2000).

Por otra parte, realizados para medir el arrastre de plaguicidas desde parcelas con y sin arar, demostraron que el desplazamiento de estos hacia cuerpos de agua depende de la capacidad de infiltración del suelo para poder absorber cantidades significativas de químicos (Louchart *et al.* 2001), por lo tanto, una reducción en los volúmenes de escorrentía reducirían la erosión del suelo junto con partículas y cargas de plaguicidas en fase de disolución (Rice *et al.* 2001).

Otra forma de transporte de plaguicidas hacia cuerpos de agua relacionada con la escorrentía son las zanjas o canales de drenaje agrícola (Brevé *et al.* 1996). Hunt *et al.* (1999) determinaron que éstas fueron la vía más frecuente de contaminación de fuentes de aguas superficiales. Los excedentes de agua por sobre riego o precipitación que contienen cantidades significativas de plaguicidas diluidos constituyen una fuente puntual de contaminación (Cessna *et al.* 2001).

2.5 Efectos ecológicos de los plaguicidas

La mayoría de los nuevos plaguicidas son cada vez menos tóxicos y persistentes para los seres humanos, sin embargo, las pruebas sobre niveles de toxicidad (DL-50) se basan en experimentos en ratas, por lo que no se toma en consideración el efecto en los organismos acuáticos, mucho más sensibles a los efectos tóxicos de estas sustancias (García, 1999). Los peces contaminados envenenan directamente a los humanos cuando los consumen (Wagner, 1996). Por eso, es de especial preocupación controlar el destino ambiental de los plaguicidas porque una vez que estos han sido liberados al ambiente, es difícil llegar a predecir las posibles alteraciones que puedan darse en ellos, especialmente cuando se degeneran produciendo metabolitos de mayor toxicidad que el compuesto original (Ongley 1997, García 1999). De una amplia gama de plaguicidas en el mercado, los organoclorados son los más tóxicos y persistentes, por lo que muchos países han prohibido el uso de este tipo de compuestos (Caliskan y Yerli 2000).

Los efectos ambientales suelen incrementarse cuando el uso de un plaguicida se intensifica debido a la resistencia genética de la plaga (Wagner, 1996), cuando éstas se vuelven más resistentes, es normal que se incrementen las dosificaciones y/o frecuencias en la aplicación.

Estudios realizados por Ramos *et al.* (1995) en la parte central de Honduras, demostraron que los agricultores poseen un conocimiento somero del tipo de plagas que atacan sus cultivos, sin embargo, las enfermedades causadas por hongos y bacterias no son diferenciadas (las denominan "hielo"), por lo que son tratadas con cualquier fungicida. El problema es que los plaguicidas en el agua rara vez permanecen como sustancias químicas puras, sino que se adhieren a las partículas de limo suspendidas o a materia orgánica que yace en los sedimentos del fondo, formando capas finas y persistentes en la

superficie o se concentran en los organismos de los seres vivos (Wagner, 1996).

Es de esta manera como muchos plaguicidas, principalmente organoclorados, permanecen en el ambiente por muchos años, lo que ha provocado que residuos de estos se hayan encontrado, en cuerpos de agua, suelos, sedimentos y organismos (Caliskan y Yerli 2000). Estudios realizados por dichos autores demostraron que se encontraron residuos de cinco plaguicidas organoclorados en muestras de cangrejos, mientras que siete plaguicidas organoclorados, entre ellos, DDT, Dieldrin, Aldrin y Endrin, se observaron en muestras de peces.

2.6 Antecedentes de contaminación por agroquímicos

En los Estados Unidos de America (EUA) la agricultura es considerada como una de las causas principales de contaminación de las aguas subterráneas. En 1992, 49 de 50 estados reconocieron en el nitrato el principal contaminante de las aguas subterráneas, seguido de cerca por los plaguicidas. En la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US- EPA, 1994) se llegaba a la conclusión de que *"más del 75 por ciento de los estados reconocían que las actividades agrícolas representaban una amenaza significativa para la calidad de las aguas subterráneas"*.

El Instituto de Salud Pública y el Ambiente de Holanda (RIVM) (1992), señala que la agricultura europea es causante del 60 por ciento del total del flujo fluvial de nitrógeno que llega al Mar del Norte y es responsable del 25 por ciento de la carga total de fósforo. El mismo informe señala que en la República Checa, la agricultura aporta el 48 por ciento de la contaminación del agua superficial. La FAO/CEPE (1991) indica que Holanda registra una contaminación sustancial de las aguas subterráneas por nitratos, en tanto Appelgren (1994)

observa que el 50 por ciento de los pozos poco profundos que abastecen de agua a más de un millón de residentes de Lituania, no son aptos para el consumo humano por la presencia de una gran variedad de contaminantes, entre ellos plaguicidas y compuestos nitrogenados.

Estudios en el ámbito internacional revelan la gravedad del problema. Un trabajo realizado por Hendin y Peake (1996) en Waimea, Nueva Zelanda, encontró que en un estuario de la región de Mapua, los niveles de contaminación encontrados, estaban ligados a liberaciones constantes de plaguicidas organoclorados. Otras investigaciones en el área constatan la

gravedad del problema; por ejemplo, en la India, Dua *et al.* (1996), reportaron niveles de DDT de 2.26 ppm en suelo y 0.18 ppm en el agua, en una zona aledaña a un centro poblado donde se controlaba la malaria.

Estudios realizados en Venezuela muestran que la contaminación producida por el uso de plaguicidas es alarmante; en una investigación llevada a cabo por Fernández *et al.*, (1982) se analizaron muestras de agua, arroz y suelos en el área de influencia del sistema de riego río Guárico y se encontraron trazas de DDT, Endrin y Dieldrin. En esta misma región, Silvestri (1995), detectó DDT en muestras de agua en el sistema de riego del río Guárico. También en esta zona se reportó contaminación del suelo con DDT en valores que oscilaban entre 0.1 y 247.9 ppm (Saume, 1992).

Por su parte, un estudio realizado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) y la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) en 1997, mostró la existencia de trazas de Heptacloro y DDE en concentraciones de 0.150 mg/l y 0.006 mg/l respectivamente, en el embalse Dos Cerritos que es la principal fuente de agua potable de la ciudad de Barquisimeto.

Otras investigaciones han arrojado resultados que revelan la estrecha relación que existe entre el uso inapropiado de agroquímicos, con la destrucción de ecosistemas naturales. En 1986 se detectó el envenenamiento de pichones de gavilán, babas y caimanes dentro del Hato Masaguaral, en el estado Guárico de Venezuela (Silvestri, 1992).

Otro estudio realizado en ese mismo estado, permitió constatar la muerte de aproximadamente del 50 por ciento de la población de peces, debido a intoxicación con plaguicidas (Vari, 1984).

Otro grupo de investigaciones revelan el efecto que han tenido los plaguicidas organoclorados en la salud humana: en 1995 se determinó que el 14 por ciento de los estudiantes de la Escuela Técnica Agrícola Ricardo Montilla en Acarigua, presentaban contaminación en sangre por plaguicidas organoclorados (Silvestri, 1995).

Investigaciones realizadas en el estado Lara, revelan un gran problema de salud pública producto del uso indiscriminado de plaguicidas. En 1998, investigaciones llevadas a cabo por la UCLA y el Centro de Toxicología del estado Lara, revelaron la presencia de altos niveles de plaguicidas en muestras de sangre de pobladores de la zona. Los productos encontrados fueron principalmente organoclorados destacándose el DDT como el principal

producto encontrado durante el estudio, y en menor porcentaje plaguicidas fosforados y carbamatos (Zambrano, 1999).

Quizás el hecho más grave corresponde a la presencia de malformaciones congénitas. En un estudio llevado a cabo en el Hospital General de Calabozo en Venezuela durante 8 años, se encontraron malformaciones genéticas en el 1.8 por ciento de los recién nacidos, destacándose picos máximos en 1987 (2.4%), en 1988 (2.8%) y en 1992 (2.46%) (Parra y De la Fuentes, 1995a).

Además de los casos de malformaciones, se han incrementado alarmantemente los casos de leucemia, lo cual es atribuido por muchos investigadores al uso irracional de plaguicidas (Parra y De la Fuentes, 1995b).

Según Burger *et al* (1995), en el Uruguay se atienden anualmente unas 8000 consultas por intoxicaciones, de las cuales 18 - 20 % corresponden a plaguicidas. Se registran desde daños leves (dolor de cabeza, malestar hepático y gástrico, somnolencia), hasta severas intoxicaciones. A su vez, la primera causa de muerte por tóxicos es por plaguicidas. Accidentes graves y frecuentes son en niños intoxicados por almacenamiento y manejo descuidado de envases de plaguicidas. En cuanto a la exposición laboral, las etapas del manejo de plaguicidas con mayor riesgo de absorción son el volcado o carga de recipientes, el mezclado y la aplicación. La carga física, el calor, los hábitos higiénicos del operador y el tipo de plaguicida y su formulación son a la vez factores que afectan la absorción de plaguicidas.

Los trabajadores que mezclan, cargan y aplican plaguicidas tienen mayor riesgo de intoxicación, porque manejan fórmulas concentradas.

Según Carvalho *et al*, (1998), en los países desarrollados se observa una tendencia en la reducción en el uso de los plaguicidas; no obstante éstos se siguen aplicando en forma intensiva en los países en desarrollo. Se ha estimado que sólo un 0.1 por ciento de la cantidad de plaguicidas aplicados llega a la plaga, mientras que el restante circula por el medio ambiente contaminando el suelo, agua y la biota; por lo tanto, se hace necesario caracterizar el destino final y la toxicidad no prevista de estos plaguicidas para evaluar con certeza el riesgo asociado a su uso.

Ongley (1997) define el término bioconcentración como la acumulación de plaguicidas solubles en grasa alojados en los tejidos grasos, como los tejidos comestibles de los peces y el tejido graso humano. Por su parte, la bioampliación la define como la concentración creciente de un producto químico a medida que la energía alimentaria se transforma dentro de la cadena trófica, es decir, en la medida que los organismos pequeños son devorados por los mayores, la concentración de plaguicidas y otros productos químicos se amplía de forma considerable en el tejido y otros órganos. Dua *et al.* (1996) también demostraron esto en un estudio de peces en estanques en La India, compararon los niveles de HCH y DDT en estanques con y sin peces. Los resultados fueron interesantes, en los estanques sin peces se encontró mayor cantidad de residuos de estos compuestos en el agua, mientras que en los estanques con peces se encontraron promedios de 5,066 y 10,847 veces concentraciones más altas de HCH y DDT respectivamente, comparados con las concentraciones en el agua.

García (1999), realizó un estudio para evaluar el impacto de paratión metílico y malatión en 3 ríos, Apatlaco, Yautepec y Cuautla, del Estado de Morelos y obtuvo resultados que demuestran que existe una acumulación de estos plaguicidas en sedimentos y organismos bentónicos, afectando la calidad del agua de los ríos estudiados. Existe un riesgo potencial para el consumidor, ya que se detectó paratión metílico en el arroz en parcela en concentraciones de 0.01 ppm y malatión con valores promedio de 0.033 ppm y paratión metílico en arroz empacado con niveles de 0.015 ppm.

Pacheco y Cabrera (1994), llevaron a cabo un estudio para conocer el impacto del uso de fertilizantes y plaguicidas en la calidad del agua subterránea del Estado de Yucatán. Se hizo un muestreo mensual durante un ciclo anual en 12 pozos de la región. Los resultados mostraron que en 4 pozos las concentraciones de nitratos y sulfatos excedían los límites máximos permitidos (22.15 y 250 mg/l respectivamente) establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Con los datos analizados estadísticamente, demostraron que la calidad del agua estaba siendo afectada por el uso de fertilizantes.

La Organización Panamericana de la Salud ha identificado varias cuencas de ríos en los que el uso de plaguicidas pudiera representar un problema. Se ha incluido la Cuenca del Río Lerma, que abastece una parte del agua potable de la Cd. de México y casi la totalidad del agua de Guadalajara, vía el Lago de Chapala.

Cámara (1994), hace referencia al impacto provocado por la agricultura bajo riego sobre la

calidad de las aguas en el Valle del Yaqui, Sonora; tales efectos se refieren a la fuerte salinidad de los sobrenadantes de riego, turbiedad, presencia de elementos nutritivos, plaguicidas y patógenos entre otros. Indicó que las modificaciones en la calidad del agua, resultan de la irrigación y drenaje de los campos cultivados, y de las recargas generadas hacia los mantos acuíferos, especialmente en lo que toca al transporte de sales, fertilizantes nitrogenados y plaguicidas.

González (1990), detectó lindano, dieldrín y endrín con sus isómeros respectivos en 6 de los 18 pozos que fueron monitoreados en el Valle del Yaqui, los cuales suministran de agua potable a comunidades rurales como: Quetchehueca y zona urbana 19 de Noviembre y en los Ejidos: 31 de Octubre, Mora Villalobos, Tesopobampo y Francisco Villa. La mayoría de los pozos en los que se detectaron los plaguicidas presentaron concentraciones que rebasan las normas mexicanas de calidad del agua para consumo humano.

De la misma manera, un estudio realizado en Veracruz México por Waliszewski *et al.* (1996), demostró que en jóvenes menores de 20 años de edad los niveles de contaminación con DDT eran altísimos, encontrándose entre 9 y 20 ppm.

López Carrillo, L, (1993) en un estudio sobre la exposición a plaguicidas organofosforados señala que los plaguicidas son productos tóxicos no selectivos, que atacan tanto a las especies nocivas como a las benéficas, así como especies superiores y al hombre.

En su libro, la investigadora explica que cuando los plaguicidas son aplicados en los campos de cultivo, el suelo recibe una gran cantidad de estos productos que pueden ser arrastrados por el agua y contaminar corrientes y embalses. Parte de estas sustancias químicas pueden incorporarse al aire y viajar a grandes distancias; otras son absorbidas por plantas que serán ingeridas por animales y por el hombre.

La población en general, expuesta por la contaminación de agua, aire y alimentos, constituye el grupo de bajo riesgo, mientras que las personas que manipulan directamente los plaguicidas

-jornaleros agrícolas y expendedores- forman el grupo de alto riesgo.

López Carrillo, menciona que los efectos tóxicos que producen los plaguicidas dependen del tipo de sustancia, de la vía de penetración al organismo (oral, dérmica o inhalación), de la intensidad de la dosis y de la duración de la exposición. Los efectos tóxicos agudos que se producen en períodos cortos son: nerviosismo, hiperexcitabilidad, parpadeo excesivo y

debilidad muscular, y cuando la dosis son intensas producen parálisis, convulsiones y hasta la muerte.

Cuando la exposición a plaguicidas es en bajas dosis y por períodos de tiempo prolongado, producen efectos de naturaleza citotóxica como mutagénesis y carcinogénesis, endocrinológicos (alteraciones en las glándulas de secreción), inmunológicos y sobre el metabolismo de las vitaminas.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, señala López Carrillo, L, (1993), los plaguicidas que se utilizaban en los cultivos eran elaborados con arsénico, azufre, estircnina, retenona y nicotina (los dos últimos de origen vegetal); pero al finalizar la guerra, estos compuestos fueron reemplazados por otros más efectivos y de menor precio, como el DDT. Con este último acontecimiento se inició la era de los plaguicidas químicos, y hoy existen más de 45 mil productos comerciales.

En Sinaloa, Galindo Reyes (1997) realizó una investigación, cuyos resultados arrojan signos de alerta: todos los ecosistemas acuáticos estudiados presentan importantes grados de contaminación que van desde la presencia de plaguicidas prohibidos y permitidos, hasta, en algunos casos, residuos de diesel, aceites y heces fecales.

De acuerdo con las pruebas de laboratorio, la contaminación no sólo se presenta en la superficie del agua, sino también en los segmentos y en el fondo de los sistemas estuarino-lagunares, a tal grado que en algunas bahías y esteros, productos pesqueros como el camarón y almejas registraron pequeñas cantidades de agroquímicos.

Galindo (1997) advierte que si estas sustancias se van acumulando en los organismos, con el paso del tiempo pueden representar un riesgo para la salud pública, ya que en las dos últimas décadas, los agroquímicos se han relacionado con problemas de cáncer, leucemia, atrofia testicular, lesiones cerebrales y malformaciones en la progenie o descendencia.

Hasta hoy, la investigación abarca las bahías de Ceuta (Elota), Ohuira (Ahome), Santa María (Angostura), Ensenada del Pabellón (Angostura), Laguna Huizache-Caimanero (Rosario), los esteros de Teacapán (Escuinapa) y Urías (Mazatlán) y los puertos de Topolobampo y Mazatlán.

De esta manera, se ha cubierto prácticamente toda la costa del estado de Sinaloa, desde Teacapán hasta Topolobampo, y en todos los ecosistemas Galindo ha encontrado residuos

de plaguicidas, tanto en el agua como en los segmentos y, en algunos casos, también en camarones y almejas (Galindo, 1992).

Está pendiente estudiar las Bahías de Jitzamuri y Agiabampo, que es donde descargan los drenes principales del Valle del Carrizo, pero observando el comportamiento de los otros lugares estudiados, es casi seguro que pase lo mismo. Si estas sustancias se encontraron en camarones y almejas, lo más probable es que los daños estén también en peces, otros moluscos y aves.

En su estudio de 1997, Galindo afirma que desde 1991 se aplican anualmente alrededor de 36 mil toneladas de plaguicidas en Sinaloa, lo que provoca, además de intoxicaciones graves en los trabajadores agrícolas, contaminación y daños a las poblaciones de organismos que comparten los ecosistemas, principalmente los estuarino-lagunares.

En teoría, la presencia de agroquímicos debería de ir disminuyendo, porque casi todos estos plaguicidas están prohibidos y no existen en el mercado; sin embargo, la detección reciente de estas sustancias en el agua indica que existe un mercado negro de plaguicidas. Entre los principales problemas de salud pública por contaminación de agroquímicos, Galindo Reyes (1997) enumera las intoxicaciones crónicas y agudas, tumores malignos, lesiones cerebrales, atrofia testicular, teratogénesis y muerte fetal.

Los grupos de la población más expuestos a estos riesgos son los trabajadores agrícolas, obreros de muelles y bodegas, pescadores y personas que viven en las zonas aledañas a la zona contaminada, así como el público consumidor de mariscos.

En todos los valles de Sinaloa, año con año, se presentan intoxicaciones y en algunos casos muerte de peones agrícolas que han estado en contacto con plaguicidas; es un problema no exclusivo de este estado, también se presenta en Nayarit, Sonora, Baja California y Chihuahua y Guanajuato.

A principios de los 90, aparecieron en Sinaloa enfermedades extrañas en el camarón cultivado. "Había problemas en las granjas camaroneras, hubo mortandades de camarones por enfermedades extrañas, crecimiento lento del crustáceo, poca resistencia a enfermedades, y la inquietud creció" (Galindo, 1999). De ahí surgió de nuevo, la necesidad de continuar con la investigación sobre la calidad del agua, pero ahora en la modalidad de un estudio sobre las condiciones de abastecimiento de las granjas acuícolas, en bahías,

esteros y mar.

El primer trabajo se realizó en la Bahía Santa María, y después en el estero de Teacapán, Bahía Ceuta, Laguna Huizache-Caimanero, Topolobampo y Ensenada de Pabellón. Desde un principio se detectó que había problemas de contaminación, básicamente por plaguicidas, lo cual no fue una gran sorpresa, porque Sinaloa es un estado inminentemente agrícola.

Se estudió la producción de camarón porque es el recurso pesquero más importante de la región y del país, el que genera la mayor cantidad de divisas por concepto de productos pesqueros y la especie pesquera más relevante por su participación en el valor de la producción estatal con un 77.3 por ciento, siguiéndole en importancia el atún con 3.4 por ciento y la mojarra en 1.1 por ciento. Estudios como éste no se han realizado en peces, moluscos y aves.

Galindo Reyes (1997) también participó en el diagnóstico sobre mortandad de delfines en las costas de Sinaloa, observando sustancias tóxicas de plaguicidas en uno de ellos.

Datos obtenidos por Galindo Reyes (1997) muestran que las cantidades de plaguicidas usados en la agricultura son del orden de 2.5 kilogramos por hectárea, volumen más elevado que en Estados Unidos (1.5 kg/ha) y Europa (1.9 kg/ha).

Por ello, actividades económicas importantes como la acuacultura y la agroexportación podrían estar comprometidas por la contaminación de aguas costeras, suelos agrícolas, agua de riego y de los alimentos, con los residuos de plaguicidas.

2.7 Políticas que inciden en la contaminación por agroquímicos

El subsidio al precio neto recibido por el productor al vender y el subsidio al precio pagado por insumos agrícolas son dos de los instrumentos que generan mayores distorsiones en el mercado y siguen siendo la principal herramienta de los apoyos al campo en México. Los programas de subsidios acoplados⁴:

4 Los subsidios acoplados están ligados a los precios de los productos o insumos lo que distorsiona gravemente las señales del mercado y genera incentivos a una mayor expansión de la actividad económica. Para el comercio es importante eliminar estos subsidios porque crean una pérdida en bienestar al dar señales erróneas del verdadero precio de la producción y por lo tanto, no se produce donde los costos reales son más bajos. Para el medio ambiente hay una pérdida porque se produce más y la presión sobre los recursos naturales es mayor.

Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) y el Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO). Además de estos dos programas, también causan importantes distorsiones en los mercados tres tipos de intervenciones gubernamentales:

1) la exención al impuesto al valor agregado (IVA) para fertilizantes, plaguicidas y otros agroquímicos, 2) el subsidio al diesel para uso agrícola, y 3) el subsidio implícito en las tarifas de electricidad para el bombeo de agua de riego.

Apoyos a la comercialización es un programa orientado a la producción de granos, y su efecto final es elevar los precios que reciben los productores, de manera tal que prácticamente equivalen a precios de garantía. Es por lo tanto una distorsión que aumenta el área plantada en granos por arriba del nivel óptimo de mercado, e indirectamente aumenta el uso de agua, agroquímicos y otros insumos.

2.7.1 Procampo

La única gran excepción a los subsidios acoplados es Procampo, el más claro ejemplo de reingeniería de subsidios en México. Procampo sustituyó a los precios de garantía, la protección comercial y la reducción de algunos subsidios a insumos con un pago por hectárea basado en la superficie cultivada de un periodo determinado. Este pago por hectárea no afecta los precios relativos de insumos y productos y así deja actuar más al mercado para determinar qué y cuánto se va a producir.

El programa no está perfectamente desacoplado, pero se acerca mucho. Uno de sus puntos más sólidos es que la selección para recibir apoyos, se basa en un padrón de beneficiarios elaborado a partir del área cultivada en granos básicos unos años antes del inicio del programa. Esto es un elemento clave de desacoplamiento, pues no da incentivos a que crezca el área bajo cultivo por efecto del programa. Sin embargo, en la práctica, el objetivo de mantener un padrón cerrado tuvo problemas de instrumentación.

El padrón inicial de Procampo fue hecho, hábilmente, sin anuncio previo. Esto evitó el peligro de ser invalidado totalmente por comportamiento estratégico. El problema surgió porque algunos agricultores al no saber si la encuesta se hacía con el fin de solicitar

documentación o cobrarles impuestos, dieron información sesgada a la baja sobre cuanta tierra sembrada tenían. Esto, aunado al oportunismo político posterior de recibir más subsidio una vez conocido que habría un pago por hectárea, creó presiones políticas para que el padrón se abriera de nuevo, lo que ocurrió en al menos dos ocasiones, para incluir predios que "deberían haber calificado" en la primera ocasión. Esta apertura del padrón es lo que está detrás del argumento de grupos ambientalistas que criticaron a Procampo por dar incentivos a una mayor deforestación para ampliar el área de cultivos calificables.

Procampo también nos presenta un punto muy importante para ilustrar cómo diferentes tipos de reglas desacopladas para subsidios pueden tener mayores o menores beneficios ambientales. En una de las primeras interpretaciones de las reglas del programa por parte de los funcionarios locales, era obligatorio para los productores seguir sembrando con granos básicos los predios inscritos para recibir los subsidios. Esto se corrigió incluyendo otros cultivos. El objetivo de las reglas era ayudar a la transición a los cultivos poco rentables con la apertura comercial. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, convenía también abrir la opción a que estos predios no se cultivaran: que entraran a descansos de mediano plazo para mantener la fertilidad del suelo, o que se les dejara regresar a bosques y selvas secundarias, importantes como elementos conectores en la estrategia de conservación de la biodiversidad.

A inicios de la presente administración, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) negociaron modificaciones a las reglas que derivaron el apartado llamado "Procampo Ecológico"⁵, donde se hicieron válidas las opciones de poner el terreno a reforestar, a recuperar suelo, o a descansar. Los únicos requerimientos son que esté en las zonas identificadas como frágiles ambientalmente por la SEMARNAT o por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), y que el "proyecto" esté avalado por las dependencias. En la medida que los costos de obtener esta validación oficial sean bajos, y que las áreas frágiles estuvieran ampliamente definidas, se estaría logrando un desacoplamiento ambientalmente efectivo.

5 Este programa al servicio de los agricultores se denomina Procampo Ecológico, y se hermana con la Secretaría de Medio Ambiente porque entre ambas dependencias se promoverá el desarrollo de la agricultura sustentable.

2.7.2 Extensión al impuesto al valor agregado (IVA) para agroquímicos

Particularmente preocupante para la contaminación ambiental difusa es la exención al IVA de los agroquímicos. En cualquier parte de una cuenca el consumo de agroquímicos, se concentra en la parte baja de los cuerpos de agua receptores. Ya sea que la cuenca desemboque al mar, lagos o lagunas, la concentración de fertilizantes puede exceder los

Parámetros de la demanda bioquímica de oxígeno de tal manera que bajará su productividad y su capacidad para ser hábitat de especies importantes para la biodiversidad. Por otra parte, la concentración temporal aguda o la bioacumulación de plaguicidas pueden causar graves problemas a la salud de las personas, así como dañar la salud de plantas y animales ligados a actividades agropecuarias o pesqueras o que sean de especies objeto de políticas de conservación.

Las intervenciones gubernamentales que reducen los precios relativos de los agroquímicos hacen que haya un consumo excesivo de los mismos. Excesivo, en el sentido de que el consumo es mayor al que sería determinado bajo las señales de un mercado sin distorsiones, y aún mayor al nivel socialmente óptimo que resulta de corregir al mercado para tomar en cuenta los costos ambientales de la contaminación puntual o difusa.

Para los productores, se da un mayor consumo de agroquímicos, pues al cambiar el precio relativo entre dos insumos que pueden ser utilizados para las mismas tareas, se minimizarán costos eligiendo una combinación que tenga más del insumo cuyo precio fue reducido. Tres ejemplos de esta sustitución son: a) en las tareas de deshierbe un productor puede sustituir con herbicidas el uso de mano de obra, b) un sustituto común de los fertilizantes sintéticos es dejar descansar la tierra durante uno o varios periodos; otro, es incorporar más fertilizantes orgánicos c) el uso de insecticidas se puede reducir utilizando métodos de control biológico, los cuales son intensivos en conocimiento técnico o tradicional. Esto permite ver que los agroquímicos pueden sustituir tanto a la mano de obra, como al capital (humano y físico) o al tiempo. Cuando los primeros reciben subsidios se reduce la demanda de sus sustitutos.

El efecto del desplazamiento de sus demandas puede tener implicaciones sociales importantes. Por ejemplo, al competir los agroquímicos con la mano de obra, se crea una

reducción de la demanda de esta última en las zonas rurales, algo no deseable cuando en términos de políticas públicas se identifica al desempleo rural como un problema. Y no sólo los jornaleros enfrentan una competencia desleal por parte de los agroquímicos subsidiados, también hay un sesgo en el mercado de productos. Los productores orgánicos podrían competir mejor en el mercado contra quienes usan agroquímicos, si estos últimos enfrentaran los costos reales de sus insumos, sin necesidad de depender exclusivamente de los consumidores ambientalmente conscientes.

El menor precio relativo de los agroquímicos también frena la adopción de nueva tecnología. La oferta actual de maquinaria y equipo contiene varios niveles de tecnología con mayor o menor eficiencia en la aplicación de agroquímicos. La eficiencia en la aplicación reduce la exposición de los trabajadores al agroquímico y así como la exposición de los vecinos y áreas naturales cercanas o conectadas ambientalmente al sitio de aplicación. El que más productores adquieran esta tecnología o les den mejor mantenimiento a sus equipos, depende directamente del precio del insumo que utilizan. Entre más alto sea el precio del insumo, más rentable y rápida será la tasa de adopción de la tecnología de menor impacto ambiental, y más rentable será darle mantenimiento al equipo con el que cuentan. Por una parte, para los productores hay ganancias monetarias si el nuevo equipo desperdicia menos agroquímicos; por otra, en términos ambientales, una menor cantidad del agroquímico aplicado va a dar a los ecosistemas circundantes o se infiltra a los acuíferos.

2.7.2 Subsidios a la electricidad para bombeo agrícola

En México existe un problema de sobreexplotación de los mantos acuíferos. Cerca de 100 de los 188 acuíferos, para los cuales la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) tiene resultados suficientemente sólidos sobre la disponibilidad de agua, están sobreexplotados. Esto significa que en ellos la extracción de agua es mayor a la recarga natural, lo que reduce continuamente el nivel del manto, lo que provoca a su vez, que se eleven continuamente los costos de bombeo para los agricultores y las ciudades. También, en algunas zonas vulnerables, la sobreexplotación puede cruzar un umbral, a partir del cual, el acuífero entero se vuelve inservible. Éste es el caso de la penetración de agua con alto contenido de sales en acuíferos de zonas costeras o la contaminación natural con otros minerales en acuíferos profundos.

La sobreexplotación de los acuíferos equivale, en términos prácticos, a estar sacando más dinero de una cuenta bancaria que lo que se invierte en ella. El resultado de no cambiar esta tendencia, es que la cuenta se agota. Las consecuencias para la sustentabilidad del desarrollo en México son graves: este patrón de sobreexplotación de los acervos de agua dulce amenaza la posibilidad de legar a las generaciones futuras la capacidad de satisfacer sus propias necesidades. Y no es que el problema de la sobreexplotación de los acuíferos en México provenga de una limitación natural de la que resulta imposible escapar. Tiene que ver con un problema de propiedad colectiva y una falla de gobierno. En México hay problemas para administrar sustentablemente el agua subterránea; problemas que son agravados por una política de subsidios a la extracción de agua a través de la tarifa eléctrica especial que se le aplica.

El instrumento para asignar agua subterránea en México es la figura de la concesión; quién la recibe puede utilizar sin costo una cantidad determinada de agua del acuífero. Esta cuota la fija la CONAGUA con base en estudios técnicos. El primer problema es que en acuíferos críticos, por falta de información y por presiones políticas locales, se han otorgado concesiones por volúmenes mucho mayores a los de recarga. A éste problema se le añade el que existan aprovechamientos sin registro y que hay problemas en la vigilancia y aplicación de sanciones a quienes extraen más allá de los límites fijados por la concesión. La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFD) fue reformada en 2002 para imponer un cobro de 10 centavos por cada m³ que se extraiga por arriba de la concesión, lo que da las herramientas necesarias para que la CONAGUA pueda hacer cumplir las concesiones, pero no sustituye el difícil esfuerzo de sancionar cuando esto conlleva costos políticos locales altos.

Además del subsidio implícito al no cobrar por el agua (pues el agua sí tiene un precio sombra entre usos alternativos), los agricultores pueden solicitar que se les aplique alguna de las tarifas eléctricas especiales para bombeo. Estas tarifas, identificadas con las claves 09 y 09- CU, son extremadamente bajas. La tarifa 09-CU, aplicada a quienes tienen concesión regularizada, sólo representa el 0.79% de la tarifa aplicada a los hogares en rangos similares de consumo, y el 0.76% de la tarifa aplicada a la industria y comercio en general. La tarifa 09, que beneficia a quienes extraen agua sin permiso, se aplica en bloques crecientes, pero ni aun en los consumos más altos llega a ser más del 1% del precio pagado por el resto de los ciudadanos y empresas. Este subsidio distorsionante

significa que los sectores secundario y terciario de la economía pagan más de 100 veces lo cobrado a la agricultura, aún cuando es la misma electricidad, producida a los mismos costos en las mismas instalaciones. En la medida en que la tarifa general está fijada por encima de su costo marginal de producción, se está forzando a la industria y los hogares a que le den subsidios cruzados a la agricultura, además del otorgado por el gobierno federal a CFE a partir de la recaudación general.

Las reformas de 2002, que crearon la tarifa eléctrica 09-CU, no sólo agravaron los incentivos al desperdicio económico del agua al reducir el precio real sino que le quitaron su naturaleza progresiva generada por la estructura en bloque. La estructura de la tarifa 09 incrementa el precio del kwh para los consumos mayores y focaliza el subsidio en los usuarios pequeños, pero la 09-CU tiene un cobro único (de ahí las siglas CU). Esto hace que tanto agricultores grandes como pequeños reciban el mismo subsidio.

El objetivo de una estructura de precios en bloque es ahorrar subsidios, canalizando más a los usuarios de menor tamaño, y menos a las grandes operaciones, por lo que son un elemento importante para focalizar los programas, característica que se perdió en este caso.

El problema de sustentabilidad que provocan los subsidios a la tarifa eléctrica para bombeo agrícola, puede ser evitado a través de una reingeniería que desacople al apoyo económico del propio precio del insumo. Por ejemplo, recibir una transferencia en efectivo proporcional al agua que tienen en concesión, financiada con la recaudación adicional proveniente de reducir el subsidio al precio de la electricidad. Con ese apoyo, pueden invertir en tecnologías de ahorro de agua, y en última instancia, si verdaderamente no hubiera oportunidades para hacer uso más eficiente de este líquido, pueden usar la transferencias para pagar los recibos de electricidad.

Los ahorros de agua de esta reingeniería de subsidios son importantes. Quienes pierden por el manejo no sostenible de los acuíferos no sólo son las futuras generaciones de usuarios del agua: al ritmo que se deterioran algunos acuíferos, como el de Querétaro y San Luis Potosí, serán los propios agricultores actuales los que enfrentarán las crisis de los acuíferos en menos de dos décadas. Esto es una prueba de que, al no ser sustentables, los apoyos acoplados pueden volverse contraproducentes para quienes se desea beneficiar.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método de investigación

La metodología que se utilizó para alcanzar algunos de los objetivos planteados es de carácter fundamentalmente descriptivo. La investigación descriptiva, según Briones (1990), señala tareas de indagación donde se describen las principales modalidades de formación, de estructuración o de cambio de un fenómeno. El problema central de la investigación descriptiva consiste en establecer criterios para seleccionar los elementos que serán descritos y recoger la información pertinente.

Para Hernández *et al.* (2006), los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos o comunidades sometidos a análisis. Científicamente, la investigación descriptiva selecciona una serie de variables que se miden independientemente, para así describir lo investigado.

Basándose en la aplicación de la encuesta autoadministrada como técnica para la recolección de datos, y siguiendo el análisis descriptivo, se seleccionaron las variables o características que son relevantes para la descripción del DR 076 mencionado y los productores, que se incluyen dentro de la caracterización del mismo.

El cuestionario para la encuesta a los productores contiene 80 preguntas (Anexo 1) que indagan sobre diversos aspectos socio productivos y ambientales, para evaluar el conocimiento básico sobre agroquímicos que tiene el productor y caracterizar a los mismos.

Para verificar si la encuesta propuesta era funcional, se procedió a realizar un “Pre-Test de la encuesta” a un grupo reducido de cinco productores, seleccionando uno por cada módulo de riego del universo de estudio.

El área que ocupa el cultivo del maíz blanco en el DR 076 Valle del Carrizo corresponde al 73.6% del total cultivado en dicho Valle como se muestra en el cuadro 3. Se hizo la selección teniendo en cuenta que: 1) es el cultivo predominante en la región, 2) los cinco módulos tienen el mismo clima y variaciones de altitud y 3) existe una tendencia semejante en cuanto a las prácticas agrícolas del maíz en todo el DR 076.

Cuadro 3. Superficie sembrada de maíz comparada con el segundo cultivo en importancia por módulo de riego.

A.U.P.A. MODULO DR 076 VC SIN AC	SUPERFICIE SEMBRADA (ha) CICLO 2007-2008	SUPERFICIE DE MAÍZ (ha)	% del total	SUPERFICIE DE TOMATILLO (TOMATE DE CASCARA) (ha)	% del total
MODULO 1	9,797.94	6,050.00	13.2	331	0.7
MODULO 2	7,510.67	6,830.70	14.9	362	0.8
MODULO 3	11,753.34	8,230.70	17.9	359	0.8
MODULO 4	10,330.60	6,247.73	13.6	454	1.0
MODULO 5	6,507.80	6,412.60	14.0	42.5	0.1
<i>TOTAL</i>	45,900.35	33,771.73	73.6%	1,548.50	3.4%

Fuente: elaboración propia con información de SAGARPA.

Las variables sociales que se utilizaron en el caso de los productores son: el sexo, la edad, nivel de escolaridad y otras. Algunas variables físicas y económicas consideradas son: la superficie de suelo, sistema de riego, patrón de cultivos, beneficios o apoyos, comercialización de los productos y otras. Dentro de las variables productivas que se analizaron se consideran, el rendimiento, origen de los insumos y productos, entre otras. Las variables ambientales que se analizaron entre otras fueron: tipos de plagas, equipos de protección personal en el manejo y aplicación de agroquímicos, tipos de plaguicidas y fertilizantes y la disposición a pagar por una mejora en la calidad ambiental en el Valle del Carrizo.

A través del método analítico se llevó a cabo la consulta y análisis de la información, extracción y recopilación de la información de interés en la literatura y elaboración del marco teórico. La recopilación de bibliografía, artículos en páginas electrónicas y en revistas sobre el área en estudio fue parte fundamental para la elaboración de este trabajo, encontrando un limitado acervo relacionado con el Valle del Carrizo

Con base en el método procedimental, existe una fase de preparación del trabajo que ayuda a definir el trabajo para su ejecución, para llevar a cabo la fase de muestreo de aguas y su posterior análisis en el laboratorio para la búsqueda de residuos de fertilizantes y plaguicidas en el agua.

Uno de los objetivos del presente trabajo es aplicar la función de producción de Cobb-Douglas al sector agrícola y en especial el cultivo del maíz blanco. Como variables para la aplicación del modelo se consideraron sólo los insumos agroquímicos. Dichas variables fueron obtenidas de diversas fuentes de información entre ellas la encuesta, la Asociación de Agricultores del Río Fuerte Sur (AARFS), los representantes y productores del DR 076 Valle del Carrizo, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo (JLSVVC).

Para la formalización del modelo Cobb Douglas se utilizó los paquetes econométricos minitab y JMP, con los que se llegó a la construcción de la función de producción.

Especificación del modelo

De manera particular se definieron siete variables, **y**: como el producto final (rendimiento o producción), **x** como los factores de insumos agroquímicos. La especificación de las variables empleadas en este modelo son las siguientes :

- a) **Variable dependiente (y)** rendimiento se definió como la producción total (toneladas por hectárea) del cultivo de maíz blanco.
- b) **Variables independientes (x)**: nitrógeno, fosforo, potasio, dimetoato, metamidofos y glifosato.

Estimación del modelo

Una vez especificado el modelo econométrico, la siguiente tarea consistió en la estimación (valores numéricos) de los parámetros del modelo a partir de los datos disponibles proporcionados por las series anteriormente mencionadas.

Para la estimación del modelo fue necesario partir de una función lineal en los parámetros. Dado que la función de producción de Cobb-Douglas es un modelo no lineal, no cumple con esta condición, por lo que fue necesario realizar un proceso de linealización. La transformación más usual es la de aplicar logaritmos a la función y así hacer que el modelo transformado sea lineal.

3.1.1 Universo de estudio

El universo se definió a partir del listado de permisos de siembra de cinco módulos de riego proporcionados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.

(SAGARPA), tomando en cuenta el total de la superficie sembrada de maíz que fue de 33,771.73 ha. para el ciclo otoño-invierno 2007-2008.

3.1.2 Muestra

Para calcular el tamaño de la muestra se tomó como base un diseño de muestreo estratificado y se fraccionó la muestra total (n) en cinco partes, una parte para cada módulo de riego para que hubiera un balance. Para determinar la muestra, se aplicó el criterio de "Estimación y determinación del tamaño de la muestra para poblaciones finitas" (Berenson y Levine, 1992).

La fórmula utilizada fue:

$$n = \frac{Z^2 p q N}{e^2 (N-1) + Z^2 p q}$$

Donde:

Z = nivel de confianza expresado en errores estándar (Z= 97.4%)

N = la población total a estudiar (33, 771.73 ha. de superficie sembrada de maíz) e = cantidad aceptable de error muestral o margen de error (e= 2.6%).

P= probabilidad de éxito (50%)

q= probabilidad de fracaso (50%)

Se obtuvo un valor de n= 1729.35 hectáreas y en total se encuestaron 1757.5 hectáreas en predios cuyas superficies fluctuaron entre 7.5 y 135 hectáreas. La muestra es representativa ya que rebasa ese valor.

Los coeficientes de las variables independientes x son las elasticidades parciales respecto de cada variable.

3.1.3 Muestreo de aguas superficiales

El muestreo se realizó el 17 y 18 de marzo de 2008 (Anexo 2). Las muestras se tomaron en 20 puntos del DR 076 Valle del Carrizo, 18 en los principales cruces de drenes colectores y calles principales del Valle y 2 descargas al mar como se muestra en el cuadro 4. Las muestras se entregaron al laboratorio el 24 de marzo donde permanecieron en refrigeración a la temperatura recomendada.

Los puntos específicos de muestreo fueron la calle 800, la calle 400 y la carretera Internacional México 15, una descarga al mar al norte del Distrito en la Bahía de Agiabampo y otro al sur en la Bahía de Jitzamuri donde descargan los drenes colectores del Carrizo y Barobampo respectivamente. Cada punto de muestreo se georeferenció (Cuadro 4).

El mapa topográfico del anexo 3 indica los puntos de muestreo, las comunidades aledañas y la ubicación de los contenedores para envases vacíos de plaguicidas del programa Campo Limpio. En el mismo anexo 3 se incluye el mapa satelital con la localización de los puntos de muestreo georeferenciados con sus respectivas coordenadas.

Cuadro 4. Puntos de muestreo en el Valle del Carrizo

PUNTO DE MUESTRE	LOCALIZACIÓN	PUNTO DE MUESTRE	LOCALIZACIÓN
1	Calle 800 y Dren Ej. Revolución Mex. 12705069E y 2911504N;	11	Calle 400 y Dren Col. Carranza y Reforma, 12700848E y 2911744N;
2	Calle 800 y Dren Ej. Palo Verde 12704907E y	12	Carr Int y Dren colector Carranza y Reforma, 12 696511E y 2911180N;
3	Calle 800 y Dren colector Jahuara 12703140E y	13	Carretera Int y Dren Colector Carrizo 12695208E y 2906064N; 5
4	Calle 800 y Dren Colector Metate 12701815E y 2010197N;	14	Carr Int y Dren Colector Jahuara. Puente SARH IV, 12 694894E y
5	Calle 800 y Dren Colector Balacachi 12699540E y	15	Carr Int y Dren Colector Metate. Puente SARH III, 12 694164E y
6	Calle 800 y Dren Colector Cerro Prieto 12700146E y 2891275N;	16	Carretera Intern y Dren C. Balacachi 12 694577E y
7	Calle 800 y Dren Colector Zapata 12700903E y 2894432N; 15 M	17	Carretera Internacional y Dren Colector Cerro Prieto. Puente SARH II 12 695021E y 2890204N; 7M
8	Calle 400 y Dren Colector Metate 12697240E y 2896766N; 13 M	18	Carretera Internacional y Dren Colector Barobampo. Puente SARH I 12 697070E y 2896766N; 13M

9	Calle 400 y Dren Colector Jahuara 12698705E y 2902805N; 9 M	19	Descarga Dren Colector Barobampo al mar (Bahía de Jitzamuri)
10	Calle 400 y Dren Colector Carrizo 12-699687E y 2906853N; 11 M	20	Descarga Dren Colector Carrizo al mar (Bahía de Agiabampo) 12 690348E y 2912597N; 3M

Fuente: elaboración propia. 2008

Para el monitoreo de las aguas superficiales de drenes y descargas al mar se siguieron los siguientes criterios:

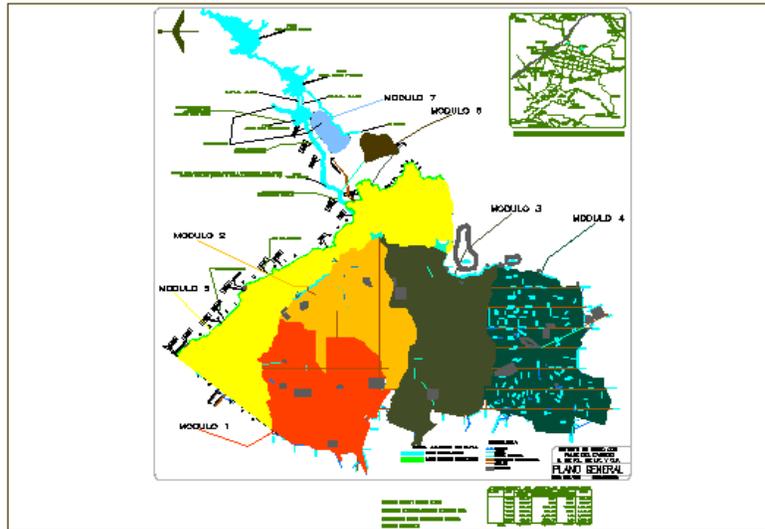
- a) Las técnicas de muestreo son recomendaciones de especialistas del British Geological Survey (BGS), las cuales coinciden con las propuestas por US-EPA que utiliza el Arizona Department of Environmental Quality de los Estados Unidos
- b) Las técnicas para el análisis de plaguicidas y fertilizantes fueron recomendadas por el Laboratorio de Exámenes Especiales de la Dirección de Investigación y Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Sonora, lugar donde se efectuaron los análisis. Para el análisis de plaguicidas se utilizó el método de Cromatografía de gases y para el análisis de fertilizantes el método NMX-AA-026-SCFI-2001 para N-Total; NMX-AA-029-SCFI-2001 para P-Total y, para nitratos y nitritos el método de brucina y reducción de cadmio.

3.2 Descripción geográfica del espacio de estudio

El DR 076 se creó mediante Acuerdo Presidencial del 8 de junio de 1965 y se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 30 de junio del mismo año. Se construyó a mediados de la década de los 60's e inició su operación en 1969 con una superficie regable de 45,900 hectáreas. El área dominada por las obras (área bruta) es de 47,000 ha. actualmente.

Predomina el cultivo del maíz y los cultivos hortícolas en los cuales se utilizan habitualmente fertilizantes, mayormente nitrogenados como la urea y plaguicidas, para obtener un buen rendimiento y para combatir las plagas de los cultivos. En la figura 4 se muestra el mapa del DR 076 con la distribución de los siete módulos de riego que conforman este Distrito.

Figura 4. Plano General del Distrito de Riego 076.



Fuente: S. R. L. 076, Valle del Carrizo, 2007.

El Valle del Carrizo forma parte de un sistema interconectado de gravedad que se abastece de tres presas de almacenamiento que benefician 5 diferentes subsistemas (Cuadro 5).

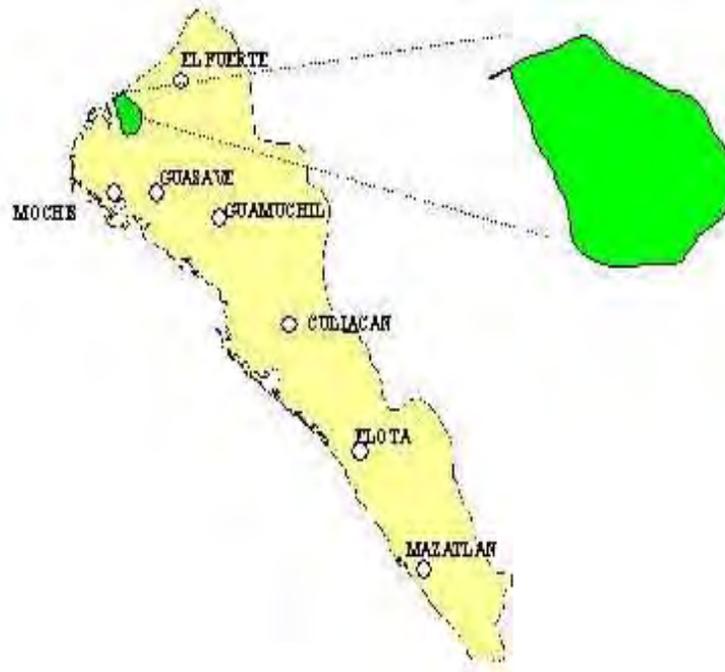
Cuadro 5. Presas de abastecimiento de los cinco subsistemas de riego.

PRESA	Almacenamiento útil (Millones m ³)	Nombre Sistema Riego	Superficie regable (ha) (⁶)
“Huites”	2,408	.	.
“Miguel Hidalgo”	2,818	DR.075 “V. del Fuerte” Sinaloa	228,441
		Sexta Unidad	4,590
“Josefa Ortiz de Dominguez”	488	DR. 076 “V. del Carrizo” Sinaloa	43,259
	.	Fuerte-Mayo (Sinaloa)	8,140
	.	Fuerte- Mayo (Sonora)	11,487
SUMA	5,714	.	295,917

Fuente: FAO, 2005.

El DR 076 está localizado en la parte norte del Estado de Sinaloa (Figura 5), abarca parte de los municipios de Ahome y El Fuerte, y se ubica entre las coordenadas 26° 05', 26° 22' latitud norte y 108° 53', 109° 00' de longitud oeste. Limita al norte con el Estado de Sonora, al sur con la Sierra Madre Occidental y al oeste con el Golfo de California.

Figura 5. Ubicación geográfica del Valle del Carrizo⁶.



Fuente: elaboración propia.

6 El área regable es generalmente menor que el área dominada topográficamente por las obras e igual o mayor que el agua actualmente regada, que depende de la disponibilidad de agua en las fuentes de abastecimiento. El área regable es por lo tanto un concepto que aparece en el proyecto del sistema de riego mientras que el área regada es lo que sucede realmente año con año y puede sufrir constantes variaciones

i. Orografía, hidrografía y clima

1. Orografía

El terreno en general es plano con presencia de serranías de poca elevación; al noroeste se encuentra la Sierra San Pablo o Balacachi que viene del Fuerte y al sudeste se encuentra la Sierra Navachiste que se prolonga hasta la Bahía de Topolobampo, teniendo su altitud más importante dentro del territorio municipal el Cerro de Visvi, frente a Higuera de Zaragoza. Esta serranía separa a las bahías de Navachiste y Ohuira y a las de Navachiste y San Ignacio. El desvanecimiento de la Sierra de Álamos determina la existencia de cerros aislados como el de Terome, Cocodrilo, Baturi, Memoria, Batequis, Tescuga y Oteme, que no sobrepasan los 300 metros sobre el nivel del mar.

2. Hidrografía

El río Fuerte es uno de los recursos hidrológicos más importantes de la vertiente del Pacífico Norte; su origen se localiza en la Sierra Tarahumara y penetra al municipio por su parte oriental recorriéndolo de noroeste a sudoeste, desde San Miguel Zapotitlán pasando por Higuera de Zaragoza para desembocar en el Golfo de California. El área de cuenca estimada por la anterior Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, es de 33 mil 590 kilómetros cuadrados y escurre un volumen de agua promedio de 4,838 millones de metros cúbicos.

3. Clima

Predomina el clima seco cálido apenas modificado por precipitaciones pluviales. Estudios establecieron una temperatura media anual de 33°C. Los últimos 28 años registran una temperatura mínima de 5°C y una máxima de 43°C, siendo los meses más calurosos de julio a octubre y las temperaturas más bajas registradas, de noviembre a febrero. En el período de referencia, la precipitación pluvial promedió 302.2 milímetros anuales, siendo los meses más lluviosos de julio a octubre. Los vientos dominantes de la región se orientan en dirección sudoeste con una velocidad aproximada de 1 metro por segundo. Existe una humedad relativa promedio del 65 al 75%.

ii. Recursos naturales

1. Flora

Por sus suelos es característica la proliferación de zacates bajos, arbustos, chaparrales y vegetación tropical como palmeras y mangles. Las plantas nativas son el álamo, vaínoro, ceiba, carrizo, guásima, huizache, guamúchil, macapule, mangle, tule, mezquite, vinorama, tabachín, pitahaya y otras. Entre las plantas aclimatadas podemos mencionar al tamarindo, arrayán, aguacate, mango, lima, limón, naranjo, toronja, laurel de la India y bugambilia entre otras.

2. Fauna

Entre sus mamíferos encontramos tlacuaches, jabalís, venado cola blanca, etc., así como iguanas, caimanes y tortugas. Entre las aves figuran el gorrión, la codorniz, palomas, guacamayas, carpintero, guajolote silvestre, etc. Existen una gran variedad de especies marinas como son la almeja, camarón, jaiba, langosta, calamar gigante, pargo, curvina, mojarra, robalo, cazón, atún, huachinango, sardina, sierra, jurel, baqueta, delfines, focas, ballenas, tiburón y lobos marinos entre las principales.

3. Suelos

Sus ricos suelos y litorales son los principales recursos naturales. Los suelos con abundante materia orgánica, permeables y con la característica especial de retener muy bien el agua son propicios para la actividad agrícola y ganadera. Cuentan con lagunas, bahías y costas que contienen una amplia variedad de ecosistemas con importantes recursos naturales como peces comestibles.

La mayor parte de los suelos del Valle del Carrizo son de tipo arcilloso (80%) aunque también existen migajones arcillo-arenosos (20%). El 91% de los suelos se considera “de primera clase”, 7% de “segunda clase” y 2% de “tercera clase”. En los suelos del Carrizo se recomienda la instalación de sistemas de drenaje subterráneo a nivel parcelario, pues en general existe una presencia moderada de sales. De igual forma se recomienda rotación de cultivos que propicien la incorporación de materia orgánica al perfil radicular con el objeto de mejorar su estructura.

iii. Infraestructura física e hidráulica

En la actualidad la superficie dominada por obra hidráulica es de 46,000 ha. y la superficie cultivada bajo riego es de 45,900.35 ha. La fuente de agua del DR 076 proviene en su totalidad de aguas superficiales de la presa Josefa Ortiz de Domínguez localizada a 29.0 km aguas arriba del punto de control de entrega de agua a la Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.), para su distribución a través de los canales principales.

La infraestructura del DR076 está integrada por la presa de almacenamiento Josefa Ortiz de Domínguez que tiene una capacidad total de 600 millones de m³, 105.4 km. de canales principales, 440.9 km. de drenes secundarios; cuenta con una red de 48.0 km. de caminos pavimentados, 150.4 km. de caminos revestidos y 2,200 km. de caminos de terrecería. Se cuenta con 2,241 estructuras de control. Para su operación, el DR076 se divide en 5 módulos de riego y 2 complementarios.

El volumen anual promedio de agua utilizado en el periodo 2003-2004 fue de 427.4 millones de metros cúbicos (Mm³), encontrándose variaciones como en el ciclo 2002-2003 cuando se extrajeron 121.7 Mm³, debido a que se presentó un periodo de sequía; en cambio, en 2004- 2005 fue de 627.8 Mm³ por exceso de lluvias en la parte alta de la sierra, por lo que las derivaciones de la presa Miguel Hidalgo y Costilla, ubicada a 5.2 km. aguas arriba de la presa Ortiz de Domínguez, hicieron captar más agua a dicha presa (CONAGUA, 2005).

iv. Los sistemas de producción agrícola

El DR 076 cuenta con una superficie de riego de 45,900.35 ha y en el ciclo otoño-invierno 2007-2008, al cierre de la expedición de permisos de siembra había 33,771.73 ha de maíz y el resto de trigo y hortalizas, en su mayoría tomate de cáscara.

En el inicio, casi toda la superficie del Valle se sembraba con la combinación de trigo en el invierno (de noviembre a mayo) y frijol soya en el verano (de mayo a octubre). Con el paso del tiempo las siembras se han diversificado con el cultivo de diferentes hortalizas y legumbres. En la programación del ciclo agrícola 2001-2002 y 2007-2008 se puede observar el aumento de la superficie sembrada de maíz y como se ha convertido en un monocultivo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Programación de cultivos.

CULTIVO	SUPERFICIE A SEMBRAR (Ha) CICLO O-I 2001-2002	SUPERFICIE A SEMBRAR (Ha) CICLO O-I 2007-2008
FRIJOL	700	233.53
GARBANZO	640	0
TOMATE	3,650	245.41
HORTALIZAS	647	5
MAÍZ	23,940	33,771.73
TRIGO	9,900	879.73
TOMATILLO	80	1,548.50
CALABAZA	50	331.28
CHILE	25	142.4
CEBOLLA	5	7.26
SORGO	0	3.0
PERENNES		
ALFALFA	110	61.79
FRUTALES	20	20
PASTOS	450	74.82

Fuente: S. R. L. 076, Valle del Carrizo. Este listado es del módulo de riego No. 02 el cual tiene mayor diversidad de cultivos.

Hasta 1993, las tierras de los ejidatarios les pertenecían a través de “concesiones” otorgadas por el Gobierno, transferibles por vía hereditaria pero imposible de transferir a otras personas por algún procedimiento de compra-venta. A partir de 1992, una reforma Constitucional permite que los ejidatarios puedan libremente arrendar o vender sus parcelas.. En la actualidad y para fines prácticos, el ejido ya se convirtió en una propiedad privada.

El tipo de infraestructura del Valle es típico de los sistemas de riego por gravedad; el caudal de diseño general, característico de los sistemas de riego mexicanos, es de 1 litro/ segundo/ha. También se cuenta con sistema de goteo y aspersión, pero en menor porcentaje.

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados del estudio socio-productivo-ambiental

La aplicación de la encuesta permitió entrar en contacto con la realidad del productor, que en la mayoría de los casos, es el que aplica los agroquímicos y se tuvo la posibilidad de ingresar al predio y observar las prácticas de manejo de agroquímicos.

La encuesta tuvo como objetivo describir los conocimientos, actitudes y prácticas que poseen los productores en la aplicación de agroquímicos en el cultivo del maíz blanco, tomando en cuenta también algunos otros parámetros de interés para el estudio.

Los resultados encontrados son:

A. Variables sociales para caracterizar a los productores: edad, sexo, escolaridad, entre otros.

a) **Edad:** los productores tienen entre 22 y 80 años, con un promedio de 54 años y moda de 45. La mayor frecuencia se encuentra en el intervalo de 58 a 68 años de edad con 29 productores, siguiendo de 47 a 57 años con 26 productores, 17% se encuentra entre los 36 a 46 años, 16% cuenta con más de 68 años y solo un 12% en el intervalo de 25 a 35 años (Cuadro 7).

Cuadro 7. Intervalo de edad en años

EDAD (años)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
25 a 35	12	12.0	12.0
36 a 46	17	17.0	29.0
47 a 57	26	26.0	55.0
58 a 68	29	29.0	84.0
69 o más	16	16.0	100
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

b) **Género:** a diferencia de los otros sectores, la actividad agrícola del estudio presenta una menor participación de la mujer, ya que 81% de los productores son del sexo masculino y 19% del sexo femenino (Cuadro 8).

Cuadro 8. Sexo de los productores

SEXO (GENERO)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Hombre (Masculino)	81	81.0	81.0
Mujer (Femenino)	19	19.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

c) **Escolaridad:** en esta zona agrícola, el nivel de educación de los productores es bajo, 15% no tenía ningún estudio, 34% tenían estudios de primaria, 21% de secundaria, 15% preparatoria y sólo 15% tenía estudios superiores técnicos y universitarios (Cuadro 9). En las zonas rurales no se cuenta con los medios de comunicación que faciliten que la gente complete sus estudios, porque se encuentran lejos de los centros urbanos, que son donde pueden cursar estudios superiores. Además el tipo de labor diaria sin horario definido y todo lo que implica económicamente estudiar lejos del hogar impiden asumir la educación sistemáticamente.

Cuadro 9. Nivel de educación (Escolaridad)

NIVEL DE EDUCACIÓN (Escolaridad)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Primaria	34	34.0	34.0
Secundaria	21	21.0	55.0
Preparatoria	15	15.0	70.0
Profesional técnico y universitarios	15	15.0	85.0
Sin escolaridad	15	15.0	100
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

B. Variables físicas y económicas: superficie de suelo, sistema de riego, beneficios o apoyos y otras.

a) **Superficie sembrada:** la media fue de 21.17 ha, la mayoría se encuentra en el intervalo de 10 a 25 ha. que corresponde al 72% de los productores, 3 productores están en el intervalo entre 26 y 41 ha., uno entre 42 a 57 ha., 8 con más de 58 ha. y 16 con menos de 10 ha. La moda fue de 10 ha (Cuadro 10).

Cuadro 10. Superficie sembrada

SUPERFICIE SEMBRADA (Ha.)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Menos de 10	16	16,0	16,0
10 a 25	72	72,0	88,0
26 a 41	3	3,0	91,0
42 a 57	1	1,0	92,0
58 o más	8	8,0	100,0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

b) **Sistema de riego:** el 77% de los productores utiliza el riego por gravedad, 19% por goteo y 4% por aspersión (Cuadro 11).

Cuadro 11. Sistema de riego.

SISTEMA DE RIEGO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Por gravedad	77	77,0	77,0
Por aspersión	4	4,0	81,0
Por goteo	19	19,0	100,0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

c) **Apoyo al campo:** el 30% de los productores utiliza PROCAMPO en el proceso de producción agrícola, 13% para cubrir necesidades familiares y el 57% para pago de deudas y/o créditos (Cuadro 12). El 100% de las personas entrevistadas recibe este apoyo.

Cuadro 12. Uso del apoyo del PROCAMPO.

USOS DE APOYOS PROCAMPO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Producción agrícola	30	30.0	30.0
Necesidades familiares	13	13.0	43.0
Pago de deudas y/o créditos	57	57.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

C. Variables productivas que se analizaron: rendimiento, origen de los insumos y productos, entre otras.

a) **Rendimiento:** el rendimiento oscila entre 8 y 13.5 ton. con un promedio de 10.4 ton./ha., la moda es de 11 ton. (Cuadro 13). Este rendimiento es muy bueno con respecto a la media estatal y regional, por eso prefieren el maíz a otros cultivos, ya que es de los más productivos.

Cuadro 13. Rendimiento en toneladas por hectárea

RENDIMIENTO (Ton.)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
8.0	8	8.0	8.0
9.0	15	15.0	23.0
9.5	8	8.0	31.0
10.0	20	20.0	51.0
10.5	4	4.0	55.0
11.0	24	24.0	79.0
11.5	3	3.0	82.0
12.0	11	11.0	93.0
13.0	6	6.0	99.0
13.5	1	1.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

b) **Origen de los insumos:** el 100% de los productores surten sus insumos en casas comercializadoras⁷ del Valle del Carrizo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Lugar de compra de los fertilizantes y plaguicidas

LUGAR DE COMPRA DE AGROQUÍMICOS	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Casas comercializadoras de la localidad	100	100.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

D. Variables ambientales: tipos de plagas, equipos de protección personal en el manejo y aplicación de agroquímicos, tipos de plaguicidas y fertilizantes, disposición a pagar y otras.

a) **Plagas comunes:** 77% de los productores opinó que las plagas más comunes en el cultivo del maíz son en primer lugar el gusano cogollero, en segundo la roya con 10%, el pulgón con 8%, la mosca pinta 7%, 6% el gusano elotero y 4% otras, entre las que se encuentran el carbón común (Cuadro 15).

Cuadro 15. Plagas más comunes en el cultivo del maíz.

SISTEMA DE RIEGO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Gusano cogollero	65	77.0	65.0
Pulgón	8	4.0	73.0
Gusano elotero	6	19.0	79.0
Roya o chahuixtle	10	10.0	89.0
Mosca pinta	7	7.0	96.0
Otras	4	4.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

⁷ Las principales casas comercializadoras de agroquímicos del Valle del Carrizo son: FERTILA, SEFERSA, QUIMAGRO, EL LASO, TAZ, ASOCIACIÓN LEGUMBRERA DEL VALLE DEL CARRIZO, UEPIC, ALFER, FERTILIZANTES TEPEYAC y PATRÓN.

b) Equipos de protección personal: 58% de los aplicadores de agroquímicos no utiliza equipo; del 14% que usa equipo sobresale el uso de guantes, en segundo lugar las gafas de seguridad y en tercero otros como cubre bocas y mandil; 28% de los aplicadores lo utiliza ocasionalmente argumentando las altas temperaturas (Cuadro 16).

En referencia a la nula o baja utilización de elementos de protección durante la manipulación de plaguicidas, los encuestados dieron diferentes explicaciones.

En primer lugar se menciona que es incómodo por el calor, que lo hacen con cuidado y que por motivos económicos no los utilizan.

Cuadro 16. Utilización del equipo de protección personal

EQUIPO DE PROTECCIÓN	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Si lo utilizan	14	14.0	14.0
No lo utilizan	58	58.0	72.0
Algunas veces lo utilizan	28	28.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

c) Plaguicidas utilizados: Los plaguicidas más utilizados en el cultivo del maíz son el dimetoato (insecticida organofosforado, Categoría Toxicológica III), clorotalonil (fungicida, Categoría Toxicológica IV), glifosato (herbicida, Categoría Toxicológica IV) y metamidofos (insecticida acaricida organofosforado, Categoría Toxicológica IB) principalmente. (Cuadro 17).

Cuadro 17. Plaguicidas utilizados

PLAGUICIDAS UTILIZADOS	Tipo	Categoría Toxicológica	Dosis promedio	Total de plaguicida aplicado Lt.
Dimetoato	Insecticida organofosforado	III	1.25	42,383.5
Clorotalonil	Fungicida	IV	1.54	52,008.5
Glifosato	Herbicida	IV	1.87	63,322.0
Metamidofos	Insecticida acaricida organofosforado	IB	1.85	62477.7

Fuente: Elaboración propia

d) **Fertilizantes usados:** en la superficie total de maíz en el ciclo O-I2007/08 de 33,771.73 ha. que representan el 76.6% de la superficie total del DR 076 , se utilizaron 12,397.7 ton de fertilizantes nitrogenados y 2,565.7 ton de fertilizantes fosforados, con una aplicación promedio de 367.1 kg./ha./ciclo de nitrógeno y 70.05 kg./ha./ciclo de fosforo.

e) **Desechos de envases:** 46% de los productores encuestados coloca los envases en los contenedores que se encuentran en puntos estratégicos del Valle, 22% los quema a cielo abierto, 17% los reúsa y 15% los arroja en los bordos de los canales de riego o directamente en los predios (Cuadro 18). A partir de este proceso de combustión se emiten a la atmósfera contaminantes orgánicos persistentes.

Los productores argumentan la necesidad de eliminar rápidamente los envases a fin de evitar el contacto de los mismos con personas.

Puede considerarse peligroso que los envases paren en los contenedores a cielo abierto porque se convierten en fuentes de contaminación del agua, suelo y aire que afectan sobre todo a las aves que forman parte de la fauna de la región. También pueden provocar intoxicación en aquellos que los manipulan, particularmente si se queman *in situ* dentro y fuera de los contenedores.

Cuadro 18. Residuos de envases de plaguicidas

ENVASES DE PLAGUICIDAS	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Confinarlos	46	46.0	46.0
Quemarlos	22	22.0	68.0
Rehusarlos	17	17.0	85.0
Tirarlos (abandonarlos en el predio)	15	15.0	100.0
Total	100	100	

Fuente: Elaboración propia

f) *Grado de correlación entre determinada sintomatología en la población afectada y el uso directo de agroquímicos.*

Aunque no puede confirmarse una correlación directa entre el deterioro en la salud de los productores, trabajadores agrícolas y sus familias, y la utilización de plaguicidas, es posible avizorar cierta relación entre dichas variables.

El deterioro en las condiciones de salud puede obedecer a múltiples variables: genéticas, alimentarias, ambientales, etc., de allí que esta multicausalidad impida hacer aseveraciones contundentes. En el desarrollo del trabajo de campo fue posible registrar, a partir de los comentarios de los entrevistados, que han aumentado mucho los casos de cáncer entre los pobladores y en sus propias familias. 60% dice haber presentado algún síntoma de enfermedad que se puede asociar al uso de agroquímicos y el 40% no ha presentado ninguno.

g) *Tipos de síntomas presentados:* los síntomas presentados son: 50% irritación de ojos, el 30% dolor de cabeza, 15% vómito y 5% otro.

h) *Emisiones tóxicas al ambiente derivadas del uso de agroquímicos y su posible incidencia en la salud.*

El trabajo permitió identificar numerosas fuentes de emisiones tóxicas al ambiente producto del manejo inadecuado de plaguicidas y sus envases, aunque no se pudo comprobar su influencia en la salud.

En cada una de las etapas las partículas tóxicas de los plaguicidas, tanto en su fase líquida como gaseosa, pueden alcanzar el aire, el suelo y las fuentes de agua. Aparece como

particularmente importante el desecho de líquidos remanentes y el lavado del equipo, ya que al realizarse en los cuerpos de agua como canales de riego o sus cercanías, pueden ser fuentes de contaminación para las familias residentes. Por otra parte, la eliminación inadecuada de envases, principalmente por la combustión a cielo abierto, constituye una gran fuente de contaminación del aire (Anexo 4).

j) Población vulnerable, de alto riesgo, y sobre la que se deberían aplicar acciones de prevención.

Para aplicar acciones de prevención es necesario conocer el grado de información que poseen los productores y trabajadores sobre la capacidad de los plaguicidas de producir daño para poder determinar la posibilidad de llevar a la práctica acciones concretas de prevención y protección. La percepción de que los plaguicidas no son peligrosos y que su toxicidad específica, y las condiciones sociales y ambientales de utilización pueden provocar daño, no es generalizada.

La mitad de los que aplican agroquímicos manifestaron conocer la peligrosidad, ya sea por la experiencia de uso como por otras fuentes de información. La otra mitad no sabe que causan daño.

La experiencia acumulada en años de trabajo en actividades agrícolas ha ido sentando las bases de una capacitación empírica, en la cual los errores son parte de ese aprendizaje.

En referencia a la información complementaria recibida sobre la toxicidad de los plaguicidas, 76,5% de los entrevistados manifestó haber recibido algún tipo de información.

Dadas las características tóxicas de los plaguicidas y como un conocimiento previo al del establecimiento de prácticas de manejo preventivas y utilización del equipo de protección, se hace necesario conocer las vías de su ingreso al organismo. Estos productos pueden ingresar por la piel, por las vías respiratorias, la boca y los ojos. Cada una de las vías de ingreso puede relacionarse con las características físicas y químicas propias de los diferentes principios activos.

j) Acerca de la dosis aplicada.

El 44% de los entrevistados de la zona se basan en la etiqueta para la dosis aplicada, el 21% siguen la recomendación de INIFAP y el 35% por decisión propia.

k) Prácticas preventivas.

La prevención comienza con la utilización del equipo de protección. Que sea tan bajo el porcentaje de los productores que lo utilice el recomendado, permite inferir una mala base. ¿Qué es una mala base?

El reemplazo de parte del equipo por sucedáneos de dudosa eficacia, pañuelos en la boca, capas construidas con bolsas de plástico, no suele brindar la protección esperada.

El uso del equipo se relaciona con las condiciones climáticas imperantes en el momento de la aplicación de los productos. Tanto la no utilización de equipo como su utilización parcial conllevan a una mayor exposición del aplicador respecto del producto tóxico. Mientras que el viento y en menor medida la lluvia pueden arrastrar las partículas hacia quien realiza la tarea, las elevadas temperatura pueden favorecer la evaporación de aquellos productos que poseen como característica química una baja tensión de vapor.

La humedad y temperatura elevadas determinan un menor uso de los elementos que pueden proteger al trabajador: guantes, máscaras, etc.

La aplicación de agroquímicos se realizó bajo dos modalidades a) equipos manuales denominados “mochilas” y, b) equipos mecánicos de arrastre y aérea. En los primeros la cercanía de los aplicadores al producto químico es mayor, pudiéndose producir intoxicaciones. En este caso el equipo se ajusta a la espalda del trabajador y es éste quien con sus manos da presión al equipo y dirige la “lanza” por cuyo extremo se proyecta el químico sobre el cultivo.

En el caso de las pulverizaciones, el aplicador organiza la tarea desde el tractor, regulando la presión del equipo, dirección de aplicación, etc. Si bien en este caso se presentan menos posibilidades de acercamiento al químico, también pueden surgir intoxicaciones ante desperfectos en el equipo de presión. En las fumigaciones aéreas no se tiene cuidado de que no se encuentre gente sin ningún equipo de protección ambiental realizando otras actividades en el predio.

4.2 Comparativo de medias de fertilizantes aplicados en el cultivo del maíz blanco con las recomendaciones del INIFAP.

En el Valle de El Carrizo en el ciclo 0-I 2007/08 para el cultivo de maíz blanco, la dosis promedio de fertilizantes aplicado rebasó las dosis recomendadas para la zona por el

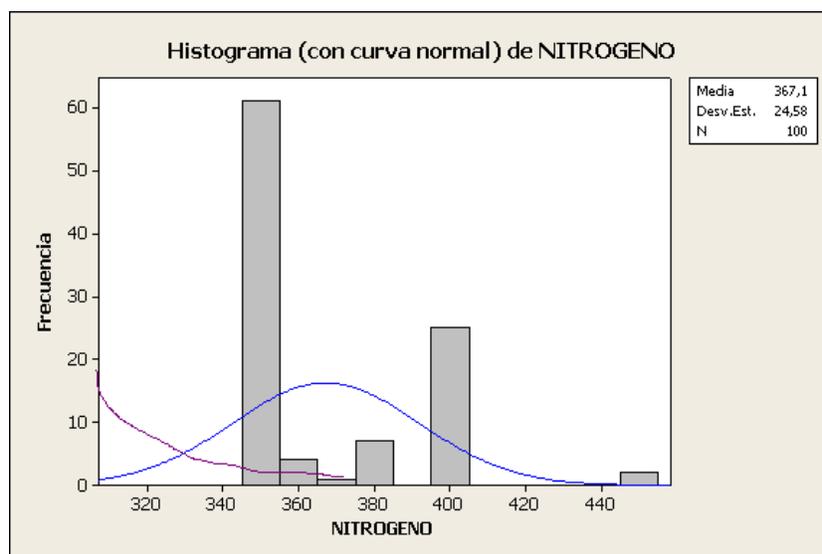
INIFAP ya que se aplicó 367.1 Kg. /ha de nitrógeno, es decir 46.8% más de lo recomendado que es de 250 Kg. /ha., 70.05 Kg. /ha de fósforo y 58.95 Kg. /ha de potasio, rebasando la recomendación de 50 Kg. /ha. para ambos (Cuadro 19).

Cuadro 19. Estadísticas descriptivas

Variable	Conteo	Media	Mediana	Desv.		Coef.		Suma	Mínimo	Máximo	Rango
				Est.	Varianza	Var					
Nitrogeno	100	367.1	350	24.58	604.13	6.70	36710.00	350.00	450.00	100	
Fosforo	100	70.05	80	19.26	370.96	27.49	7005.00	45.00	115.00	70.00	
Potasio	100	58.95	40	19.26	370.96	27.49	7005.00	45.00	115.00	70.00	

Fuente: Elaboración propia con datos arrojados por MINITAB

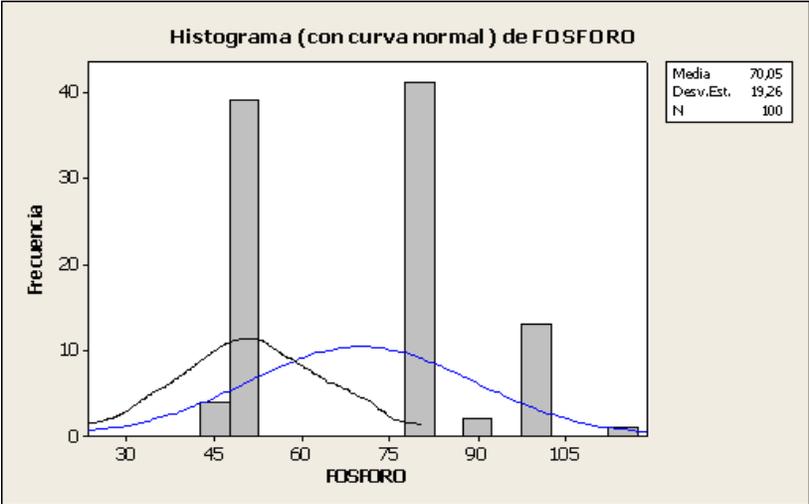
Figura 6. Gráfica de media de nitrógeno.



Fuente: MINITAB 15.0 con datos obtenidos de encuestas.

Para el fósforo la dosis promedio aplicada al maíz fue de 70.05 Kg. /ha, 40.1% más de lo recomendado que es de 50 Kg. /ha. Si se comparan las medias hay discrepancia entre la media del INIFAP y la obtenida en el análisis estadístico (Figura 7).

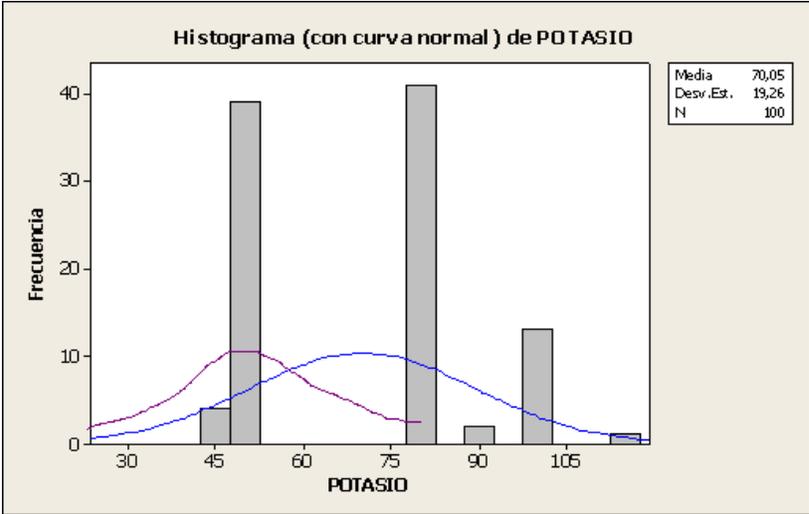
Figura 7. Gráfica de media de fosforo.



Fuente: MINITAB 15.0 con datos obtenidos de encuestas.

Para el potasio la dosis promedio aplicada al maíz fue también de 70.05 Kg. /ha , 40.1% más de lo recomendado que es de 50 Kg. /ha. La comparación de medias muestra discrepancias entre la del INIFAP y la obtenida en el análisis estadístico (Figura 8).

Figura 8. Gráfica de media de potasio.



Fuente: MINITAB 15.0 con datos obtenidos de encuestas.

Por lo tanto, si se cuantifica el excedente en kilogramos de cada uno de los insumos de fertilización en gasto, tenemos que se desperdicia \$1,112.45 por hectárea en nitrógeno, \$250.625 por hectárea en fosforo y \$108.27 por hectárea en potasio, haciendo un total de \$1,471.345 por hectárea en fertilizantes que se puede economizar, en promedio (Cuadro 20).

Cuadro 20. Comparación de medias de resultados obtenidos y recomendaciones de INIFAP.

VARIABLE	Media obtenida	Media INIFAP	Excedente Kg/ha.	Excedente %	CostoUnitario \$/Kg.	Desperdicio \$/ha.
Nitrógeno	367.1	250.0	117.1	46.8%	9.50	1112.45
Fosforo	70.05	50.0	20.05	40.1%	12.50	250.62
Potasio	70.05	50.0	20.05	40.1%	5.40	108.27
TOTAL						
\$1471.345 por hectárea.						

Fuente: Elaboración propia

4.3 Medias de plaguicidas aplicados en el cultivo del maíz blanco como control de plagas.

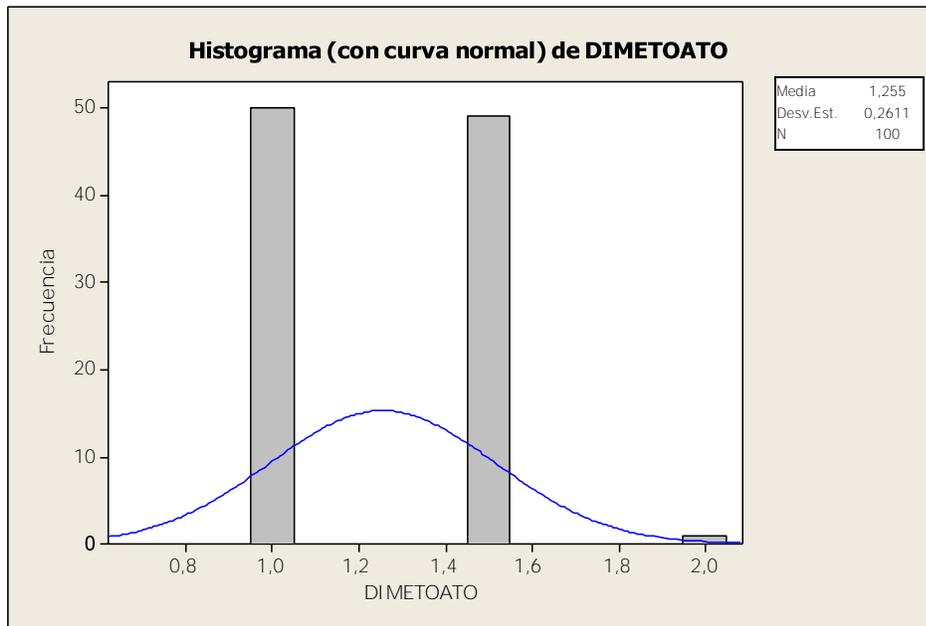
En el cuadro 21 se muestra los datos estadísticos como las medias respectivas de cada uno de los plaguicidas más utilizados en el cultivo del maíz blanco sin poder realizar un comparativo de medias, ya que no existen recomendaciones para las dosis aplicadas por parte del INIFAP.

Cuadro 21. Estadísticas descriptivas de aplicación de plaguicidas

Variable	Conteo	Media	Mediana	Desv.		Coef.		Suma	Mínimo	Máximo	Rango
				Est.	Varianza	Var					
Dimetoato	100	1.255	1.25	0.2611	0.0682	20.80	125.5	1.00	2.00	100	
Metamidofos	100	1.850	2.0	0.3371	0.1136	18.22	185.0	1.50	3.00	1.50	
Glifosato	100	1.875	2.0	0.3046	0.0928	16.25	187.50	1.50	2.50	1.50	

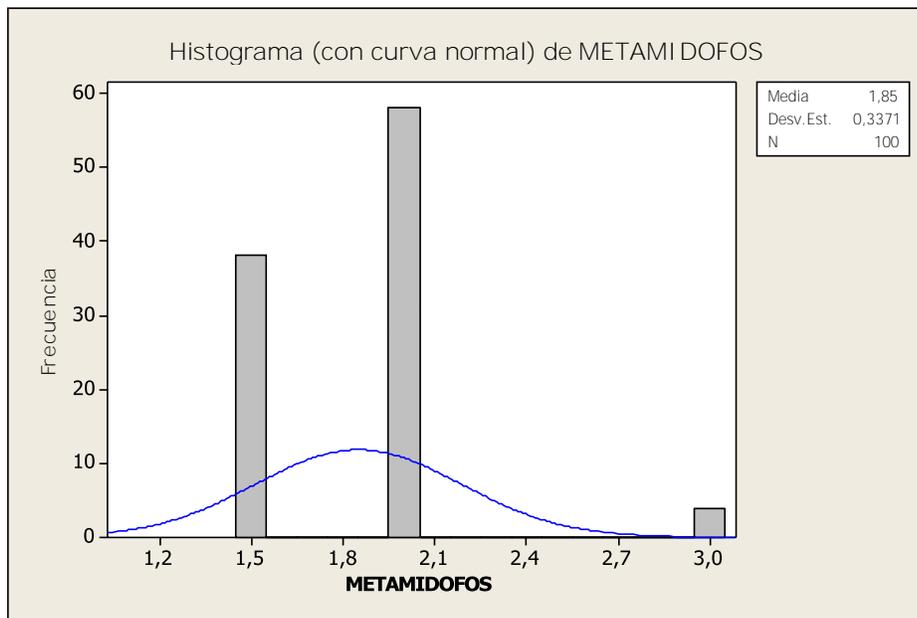
Fuente: Elaboración propia con datos arrojados por MINITAB

Figura 9. Gráfica de media de dimetoato.



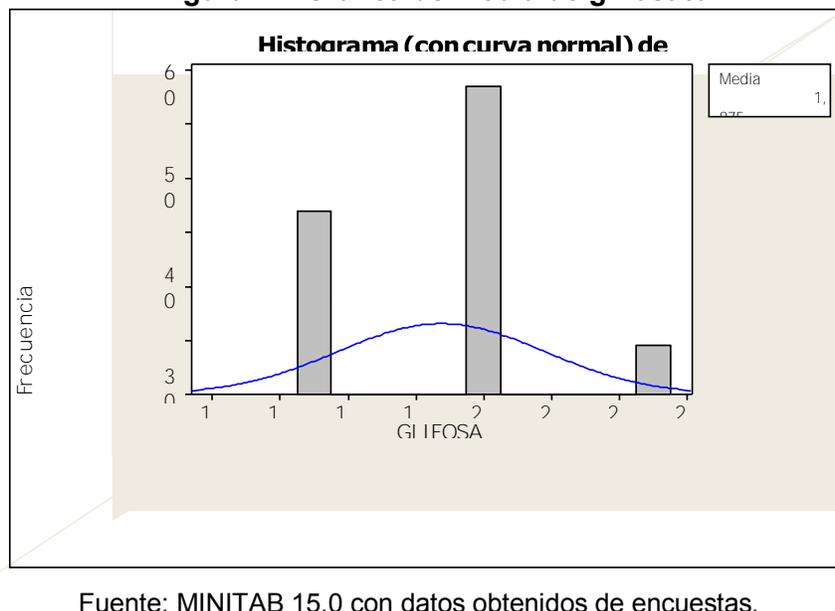
Fuente: MINITAB 15.0 con datos obtenidos de encuestas

Figura 10. Gráfica de media de metamidofos.



Fuente: MINITAB 15.0 con datos obtenidos de encuestas.

Figura 11. Gráfica de media de glifosato.



Fuente: MINITAB 15.0 con datos obtenidos de encuestas.

4.4 Resultados de agroquímicos en las aguas superficiales del Valle del Carrizo

4.4.1 Fertilizantes

Los resultados de laboratorio de residuos de nitrógeno total y fósforo total así como de nitratos y nitritos en el agua de drenes colectores del Valle del Carrizo, se compararon con los límites máximos permisibles (LMP) según la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Anexo 5), y se observa como todas las muestras rebasan la norma para los LMP de nitratos y 16 muestras la rebasan para los nitritos.

Cuadro 22. Resultados de laboratorio de residuos de nitrogenados en el agua

MUESTRA	mg/L					
	N-Total	P-Total	Nitratos N-NO3	Exceso de nitratos	Nitritos N-NO2	Exceso de nitritos
1	1,69	0,14	84,02	74,02	0,55	No excede
2	1,40	0,16	78,9	68,9	11,15	10,5
3	3,59	0,18	38,31	28,31	11,92	10,92
4	1,96	0,24	152,8	142,8	5,43	4,43
5	0,95	0,22	95,97	85,97	0	No excede
6	0,79	0,26	88,3	78,3	1,81	0,81
7	1,23	0,29	50,39	40,39	11,27	10,27
8	1,18	0,14	104,77	94,77	3,11	2,11

9	2, 47	0, 11	114,92	104,92	7,99	6,99
10	2, 86	0, 03	128,68	118,68	0	No excede
11	1, 80	0, 08	60,6	50,6	5,78	4,78
12	2, 52	0, 14	98,61	78,61	9,41	8,41
13	1, 85	0, 21	104,42	94,42	6,97	5,97
14	0, 84	0, 17	102,13	92,13	3,5	2,5
15	1, 23	0, 06	106,12	96,12	2,22	1,22
16	3, 7	0, 14	84,5	74,5	5,89	4,89
17	2, 64	0, 21	206,71	196,71	7,42	6,42
18	6, 27	0, 71	86,92	76,92	15,9	14,9
19	0, 51	0, 06	84,22	74,22	0,39	No excede
20	3, 13	0, 10	158,77	148,77	9,66	8,66

Fuente: elaboración propia con resultados del Centro de Servicios de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. (2008).

4.4.2 Plaguicidas

No pudieron buscarse residuos de los plaguicidas más usados en el cultivo del maíz como el metamidofos, dimetoato, clorotalonyl y glifosato en las muestras de agua, ya que la infraestructura de los laboratorios no permitió hacerlo por falta de reactivos y pruebas; sin embargo aparecieron residuos de otros plaguicidas persistentes como el dieldrin, clordano A, metoxicloro y malatión, que a pesar del paso de los años siguen apareciendo o tal vez se sigan vendiendo en el mercado negro, debido a que su venta ya está prohibida (Cuadro 23).

Cuadro 23. Resultados de laboratorio de residuos de plaguicidas en el agua

PLAGUICIDA	MUESTRA										
	1	2	8	9	10	12	14	17	18	19	20
	(mg/L)										
Dieldrin	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	4,15 X 10 ⁻⁵	2,44 X 10 ⁻⁵	N. D.
Clordano A	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	3,43 X 10 ⁻⁶	3,61 X 10 ⁻⁶	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Metoxicloro	4,31 X 10 ⁻⁵	1,07 X 10 ⁻⁵	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	1,35 X 10 ⁻⁵	N. D.	N. D.	1,87 X 10 ⁻⁵

Malatión	N. D.	N. D.	4,08 X 10 ⁻⁴	4,62 X 10 ⁻⁴	3,33 X 10 ⁻⁴	N. D.					
----------	-------	-------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: elaboración propia con resultados del Centro de Servicios de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. (2008). N.D. = No detectado. Las muestras que no se incluyen en la tabla son porque no se detectó ningún residuo.

4.5 Modelación de la función de producción

La función de producción permite simular los diferentes cambios que pueden presentarse en el uso de los insumos y en la producción para ver los cambios en el costo total.

La determinación de un costo mínimo está acompañada por un máximo en la función de producción, generándose aumentos en la producción cada vez que se utilizan unidades adicionales de factores de producción o cada vez que se aumenta la escala de producción, lo que permite simular una reducción de los agroquímicos que no afecte el rendimiento (Martínez, 2010).

El análisis de la función de producción para el caso específico de la producción de maíz blanco permite evidenciar la validez de la teoría, toda vez que en este manejo matemático están implícitos los conceptos econométricos.

El modelo teórico es:

$$Vp = \beta_0 + \beta_1N + \beta_2P + \beta_3K + \beta_4D + \beta_5 M + \beta_6G \quad (1)$$

Dónde:

Vp= rendimiento

(Ton/Ha) β = parámetros

N= nitrógeno

(Kg/Ha) P= fosforo

(Kg/Ha) K= potasio

(Kg/Ha) D=

dimetoato (Lt/Ha)

M= metamidofos

(Lt/Ha) G= glifosato

(Lt/Ha)

El modelo estimado de tipo Cobb-Douglas es:

$$Vp = \alpha N^{\beta_1} P^{\beta_2} K^{\beta_3} D^{\beta_4} M^{\beta_5} G^{\beta_6} \varepsilon \quad (2)$$

El modelo de Ec. 2 se linealiza mediante la transformación monótona de logaritmo natural (L). Aplicando la función logaritmo natural en ambos lados de Ec. 2, se obtiene: Formato

$$LVp = \alpha^* + \beta_1 LN + \beta_2 LP + \beta_3 LK + \beta_4 LD + \beta_5 LM + \beta_6 LG + u \quad (3)$$

Dónde:

$$\alpha^* = \log \alpha$$

$\alpha, \beta_1, \dots, \beta_6$ = Coeficientes de regresión de las variables independientes, parámetros del modelo a estimar.

Variable dependiente:

LVp= logaritmo del valor del rendimiento

Variables independientes:

LN = logaritmo del gasto en nitrógeno LP = logaritmo del gasto en fosforo LK = logaritmo del gasto en potasio LD = logaritmo del gasto en dimetoato

LM= logaritmo del gasto en metamidofos LG= logaritmo del gasto en glifosato

Una vez ajustado el modelo linealizado de Cobb-Douglas de la ecuación 3, los resultados se muestran en los cuadros 24 a 26.

Cuadro 24. Resumen del modelo

R cuadrado	.565138
R cuadrado corregida	.542007
Error típico de la estimación	.087379
Media de la respuesta	2.33264 3
Observaciones	100

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25. Tabla del análisis de la varianza del modelo ajustado de Cobb-Douglas

	Suma de	Grados de	Cuadrado medio	Fc	Sig.
Modelo de Regresión	0.9327157	5	0.186543	24.4321	.0001
Error	0.7177043	94	0.00763		
Total	1.6504200	99			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26. Coeficientes de regresión del modelo ajustado de Cobb-Douglas para la variable dependiente rendimiento, con una muestra de 100 productores.

	Valores de B estimados	Error estándar de Beta	Valor del estadístico Tc de Student de B	Sig.*
(Constante)	-1.5736	0.8560	-1.84	0.069
Nitrógeno	0.4473	0.1563	2.86	0.005
Fosforo	0.28181	0.03609	7.81	0.0001
Dimetoato	0.03059	0.04231	0.72	0.472
Metamidofos	0.08209	0.05196	1.58	0.118
Glifosato	0.03827	0.05383	0.71	0.479

*Nota: solo resultaron significativos N (nitrógeno) y P (fósforo) para un 0.0001

El factor * LOGPOTASIO está altamente correlacionado con otras variables X.

* LOGPOTASIO se ha eliminado de la ecuación.

La ecuación de regresión es:

$$\text{LOGRENDIM} = - 1.57 + 0.447 \text{ LOGNITRO} + 0.282 \text{ LOGFOSFORO} + 0.0306 \text{ LOGDIMETO A} + 0.0821 \text{ LOGMETAMI} + 0.0383 \text{ LOGGLIFOSA} \quad (4)$$

La función de producción exponencial es:

$$V_p = 0.208 * N^{0.447} P^{0.282} D^{0.0306} M^{0.0821} G^{0.0383} \quad (5)$$

Donde N es costo de nitrógeno; P es costo de fosforo; K es costo de potasio; D es costo de dimetoato; M es costo de metamidofos y G costo de glifosato.

La función lineal logarítmica es:

$$LV_{pi} = -1.57 + 0.447 * LN + 0.282 * LP + 0.0306 * LD + 0.0821 * LM + 0.0383 * LG$$

Durbin-Watson	Numero de observaciones.	AutoCorrelation
1.8994441	100	0.0416

$$S = 0.0873794 \quad R\text{-cuad.} = 56.5\% \quad R\text{-cuad. (ajustado)} = 54.2\%$$

Como se observa, estos cinco factores de producción explican alrededor del 57% de la variación del producto; los coeficientes individualmente son significativos al 1% para el costo de nitrógeno y fosforo.

No son significativos: potasio, metamidofos, dimetoato, glifosato y la constante. El estadístico F de significación conjunta de los parámetros indica que se rechaza la hipótesis de nulidad, esto es, todos son significativamente diferentes de cero (por el N y P). El estadístico Durbin- Watson (DW) de autocorrelación de los errores es cercano a dos, por lo que no se presentan problemas de correlación entre ellos; con un 95% de confianza se puede rechazar la hipótesis nula de que no hay correlación de primer orden (positiva o negativa), ya que se encuentra entre (-1,96, +1,96).

El método de estimación utilizado fue el de cuadrados mínimos con un coeficiente de determinación de 57% con una significancia de 0.0001, por convenio o arbitrariedad, se han establecido como valores de significación estadística aquellos valores de p por debajo de 0,05 ó 0,01 lo que quiere decir que las variables N y P utilizadas para explicar el costo son suficientes y por tanto el modelo es consistente.

La estimación de los datos por el método de los cuadrados mínimos presenta la siguiente función de costos para el cultivo del maíz:

$$CTa = C(1) * C(2)N^{\beta 1} * C(3)P^{\beta 2} * C(4)D^{\beta 3} * C(5)M^{\beta 4} * C(6)G^{\beta 5}$$

$$CTa = C(1) * C(2)N^{0.447} * C(3)P^{0.282} * C(4)D^{0.0306} * C(5)M^{0.0821} * C(6)G^{0.0383} \quad (6)$$

CTa: Indica el costo total de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) por hectárea.

C(1) = Intercepto que no tiene significado económico.

C(2)N= Costo del nitrógeno que se utiliza por hectárea, que es de \$9.50 el kilo por los 367.1 kg que aplican los productores por hectárea = \$3,487.45

C(3)P= Costo del fosforo que se utiliza por hectárea, que es de \$12.50 el kilo por los 70.05 kg que aplican los productores por hectárea = \$875.62

C(4)D= Costo del dimetoato que se utiliza por hectárea, que es de \$100.00 el litro por los 1.25 lt. que aplican los productores por hectárea = \$125.00

C(5)M= Costo del metamidofos que se utiliza por hectárea, que es de \$110.00 el litro por los 1.85 lt. que aplican los productores por hectárea = \$203.50

C(6)G= Costo del glifosato que se utiliza por hectárea, que es de \$218.00 el litro por los 1.87 lt. que aplican los productores por hectárea = \$407.66

En este paso se aplica el lema de Shepard (Shepard, R.W., 1970) en la ecuación inicial producto de la estimación lineal y luego se procede a remplazar en los diferentes precios de los factores de producción.

$$CTa = 0.208 * C(2)N^{0.447} * C(3)P^{0.282} * C(4)D^{0.0306} * C(5)M^{0.0821} * C(6)G^{0.0383}$$

Los exponenciales corresponden a los coeficientes estimados en la regresión de Ec. 5.

$$CTa = 0.208 * (\$3,487.45)^{0.447} (\$875.62)^{0.282} (\$125.00)^{0.0306} (\$203.50)^{0.0821} (\$407.66)^{0.0383}$$

Remplazando con los precios de cada uno de los factores de producción se llega al costo mínimo de producción.

CTa = \$121.58; este es el costo mínimo en agroquímicos por hectárea. Sin tomar en cuenta los costos de aplicación y maniobras.

Es necesario comentar que el costo promedio por hectárea de la aplicación de agroquímicos, según los costos de producción de la Asociación de Agricultores del Río Fuerte Sur (AARFS) para el ciclo O-I 2007-2008 (Anexo 6), fue de \$3,673.00, sin tomar en cuenta los costos de aplicación y maniobras. Sin embargo, la función de costos presenta un valor inferior, lo que significa que se está trabajando con un costo por encima del mínimo y se está sobreutilizando el factor insumos agroquímicos.

La determinación de un costo mínimo está acompañada por un máximo en la función de producción generándose aumentos en la producción cada vez que se utilizan unidades adicionales de factores de producción o cada vez que se aumenta la escala de producción.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se aplica una gran cantidad de fertilizantes y plaguicidas, lo que repercute en la calidad del agua residual del riego, lo cual es un riesgo para la salud de la población expuesta, ya que la mayoría de las poblaciones ejidales del Valle del Carrizo, utilizan el agua superficial de los canales de riego para uso doméstico, recreativo y en algunos casos para beber; resultando más vulnerables unas zonas que otras.

En el Valle de El Carrizo, Sinaloa, en el ciclo 0-I 2007/08, uno de los cultivos principales fue el maíz que se sembró en 33,771.73 ha que representan 73.6% de la superficie total. En este cultivo la dosis promedio de fertilizante nitrogenado aplicado fue de 367.1 Kg. /ha, es decir 46.8% más de lo que recomienda INIFAP para la zona que es de 250 Kg. /ha. Para el fósforo y el potasio la dosis promedio aplicada al maíz es de 70.05 Kg. /ha, un 40.1% más de lo recomendado por el INIFAP para la zona que es de 50 Kg. /ha. Por lo tanto se acepta la primera y segunda hipótesis.

El Valle del Carrizo se comporta como un sistema frágil, susceptible a daños al ecosistema provocados por la acción de los productores agrícolas con el uso excesivo de agroquímicos, especialmente de abonos nitrogenados.

Los hogares de las diferentes poblaciones del Valle del Carrizo y los centros de actividad humana, escuelas donde asisten niños y adolescentes, entidades de gobierno, organizaciones no gubernamentales, todas están rodeadas de cultivos. No existe ninguna norma en materia de aplicación de plaguicidas que regulen períodos mínimos de reingreso a áreas tratadas y distancia de aplicación a zonas urbanizadas.

En la Sindicatura de la Villa Gustavo Díaz Ordaz se concentran los lugares de expendios de plaguicidas, donde se expone directamente la población que circula cerca de ellos y , a los empleados de esos expendios que se exponen durante su jornada de 8 horas diarias, sin ningún tipo de protección.

También se observó que los trabajadores y ayudantes que aplican los agroquímicos en los campos de cultivo, no utilizan equipos adecuados de protección, a pesar de estar aplicando productos de la categoría 1b como el dimetoato.

Los resultados de este estudio sobre el análisis de agua de uso agrícola tienen un valor indicativo. Se encontraron valores de concentración elevados para los nitritos y nitratos, así como algunos plaguicidas que se utilizaban hace alrededor de 25 años en el cultivo del algodón y que todavía persisten como el dieldrin, clordano, metoxicloro y malatión.

La mayoría de los plaguicidas utilizados son productos que van de alta a leve toxicidad, pertenecientes a las clases IB, III y IV de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos). Sus compuestos son tóxicos tanto para el hombre como para la vida silvestre. A los volúmenes excesivos aplicados se agregan malas prácticas agrícolas –como las aplicaciones incorrectas o el abuso- lo que agrava el problema.

Los resultados obtenidos en este estudio sirven como base de datos para predecir escenarios futuros, así como también para poder formular estrategias de mejoramiento ambiental.

El estudio muestra que a pesar de que el productor tiende a ser racional termina sobreutilizando factores de producción, en este caso el factor capital, ya que sus costos por labores de fertilización y control de plagas es 26% de los costos de producción totales por hectárea y trabaja con costos por encima del mínimo, ya que aplica más de lo debido comprometiendo su eficiencia y competitividad, así como la sustentabilidad de la agricultura.

1. El agua residual utilizada en el sector agrícola, registra un elevado valor nutrimental, donde destacan altas concentraciones de nitrógeno.
2. Se utilizan volúmenes excesivos de fertilizantes nitrogenados inorgánicos (urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, además de los fertilizantes nitrógeno-fosforados, fosfato diamónico y fosfato monoamónico), que pueden contribuir a la contaminación del acuífero si no se utilizan apropiadamente.

3. Se ha confirmado la presencia de altas concentraciones de nitratos en los drenes agrícolas que se encuentran a cielo abierto y que pueden contribuir en la contaminación del agua freática somera.

4. El punto más vulnerable y que más incide en propiciar un alto riesgo de contaminación, lo presenta el hecho de que no se encuentra regulado el uso de nitrógeno como fuente de fertilización, es decir no existe ninguna restricción que evite a los productores, aplicar los volúmenes de fertilizantes que consideren necesarios.

La incorporación de diversas fuentes nitrogenadas al sistema agua-suelo, pone en riesgo a los acuíferos y consecuentemente se puede afectar la calidad del agua potable por nitratos, con posibilidades de ocasionar problemas de salud pública, si se excede la norma de 10 ppm que corresponde al límite máximo permisible (LMP) según la norma oficial mexicana NOM-127- SSA1-1994 (Anexo 5).

La función de producción y la función de costos demuestran que:

- 1) La producción de maíz está fundamentalmente basada en N y P.
- 2) El análisis de los coeficientes de regresión y elasticidades, tal como Cobb-Douglas lo hace con su modelo es:

$$CTa = 0.208 * C(2)N^{0.447} * C(3)P^{0.282} * C(4)D^{0.0306} * C(5)M^{0.0821} * C(6)G^{0.0383}$$

Si sumamos las elasticidades se obtiene:

$0.447 + 0.282 + 0.0306 + 0.0821 + 0.0383 = 0.88 < 1.0$ Esto significa que el proceso no se encuentra en equilibrio y esta sobreutilizada.

5.2 Recomendaciones

- Es necesario poner en marcha planes de difusión y sensibilización dirigidos a la población en general y a los residentes en áreas agrícolas en particular, sobre las características e impacto de los plaguicidas. A su vez deberán analizarse, discutirse e implementarse planes de capacitación adecuados a las condiciones reales de vida y trabajo. Estos planes deberían incluir la capacitación en producción orgánica.
- Sería conveniente profundizar las investigaciones sobre el impacto de los plaguicidas en la salud a partir de metodologías de tipo cualitativo, etnografía, historias de vida, otros.
- Dadas las deficiencias en el registro y notificación de las intoxicaciones, se requiere diseñar e implementar planes de capacitación destinados a los integrantes del sector salud, a fin de mejorar cualitativamente y cuantitativamente dichos registros. Solo a partir de registros confiables se podrá conocer la dimensión real de las intoxicaciones con plaguicidas y sus secuelas en la salud.
- Se requiere un cambio de política en el control del uso de plaguicidas para priorizar aspectos preventivos, sustituir plaguicidas altamente peligrosos y apoyar alternativas.
- Se debe incorporar el conocimiento y experiencia de control agroecológico de plagas, de organizaciones de productores campesinas, empresas que ofrecen sustitutos no químicos, controles agroecológicos, y la agricultura orgánica.
- Sería recomendable realizar estudios epidemiológicos a la población en riesgo dada su vinculación directa o indirecta con los agrotóxicos.
- Se debe prestar especial atención a los envases, desde los materiales que intervienen en su fabricación, hasta llevar a la práctica los planes de eliminación, en los cuales tomen parte productores, municipios y empresas. Los métodos de eliminación deben ser integrales, atendiendo a que los envases resultan tóxicos no sólo por su contenido, sino por el material con que se fabrican.

- La protección del medio ambiente y de los recursos hídricos está siendo reconocida como crítica en el mundo. Es por esta razón que en ecosistemas frágiles como el del Valle del Carrizo, las aplicaciones de plaguicidas deben ser controladas. Se recomienda el uso de plaguicidas con menor persistencia en suelos y bajo potencial de percolación, asociados a prácticas agrícolas que minimicen su efecto en suelo y agua.
- La capacitación de los agricultores respecto del manejo de las plagas, el daño y toxicidad que los agroquímicos poseen (no solo a los seres humanos sino también al medio ambiente). También la forma correcta de manejar estos compuestos, tanto en su manipulación como a la hora de aplicarlos a los cultivos, se hace necesaria para prevenir o minimizar posibles impactos sobre el medio ambiente y la salud de los agricultores.
- Aplicar el manejo integrado de plagas (MIP) y de malezas con el objeto de minimizar el uso de plaguicidas y fomentando el uso de plaguicidas biológicos o botánicos y el uso de control biológico.

En México, es necesario que los distintos sectores involucrados en el tema se coordinen para hacer propuestas y tomar acciones que a futuro puedan significar una reforma tributaria con miras a lograr una mejor calidad de vida protegiendo al medio ambiente.

Así, políticas ambientales nacionales irían a la par con el plano internacional al utilizar estos instrumentos no sólo para paliar la contaminación existente, sino como medida para evitar la eventual producción de daño ambiental.

Las decisiones que deben adoptarse en el sector de la agricultura para combatir la contaminación debida a fuentes agrícolas no puntuales pueden situarse en diversos planos. Sobre el terreno, las decisiones dependen de factores muy locales, como el tipo de cultivos y las técnicas de aprovechamiento de la tierra, en particular la utilización de fertilizantes y plaguicidas. Estas decisiones deben inspirarse en las prácticas más adecuadas de ordenamiento que permitan las circunstancias locales, y el objetivo debe ser multiplicar la rentabilidad económica de los agricultores sin olvidar la protección del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Abler, D.G., and J.S. Shortle**, (1991). "The Political Economy of Water Quality Protection from Agricultural Chemicals", *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*. 21(5): 53-60.
2. **Alvarado Pedro, Castignani Horacio, Caviglia Jorge, D'Angelo María L., Engler Patricia, Giorgetti Myriam, et al.** (2009). Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases Metodológicas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. No 11. Mayo, 2009.
3. **Appelgren B. G.** (1994). Agricultural and environmental legislation –Lithuania. TCP/LIT/2352, FAO, Rome.
4. **Arzubi Amilcar.** (2003). Análisis de Eficiencia sobre Explotaciones Lecheras de la Argentina. Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Departamento Economía Sociología y Política Agrarias. Tesis Doctoral.
5. **Ataroff, M; Sánchez, L.A.** (2000). Precipitación, intercepción y escorrentía en cuatro ambientes de la cuenca media del río El Valle, Estado Táchira, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 41(1):11-30.
6. **Azqueta D** (1995) Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw-Hill. España.
7. **Azqueta D** (2002) Introducción a la Economía Ambiental. McGraw- Hill. España.
8. **Azqueta D, Pérez L** (1996) Gestión de Espacios Naturales. La Demanda de Servicios Recreativos. McGraw-Hill. España.
9. **Baumol, W. Oates, W.** (1988). *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press. New York.
10. **Berenson, M. y Levine, D.** 1992. Estadística básica en administración. Conceptos y aplicaciones. México. Pretrice - Hall Hispanoamericano.
11. **Boesten, J.J.T.I; Van der Pas, L.J.T.** 2000. Movement of water, bromide and the pesticides ethoprophos and bentazone in a sandy soil: the vredepeel data set.

Agricultural Water Management.

12. **Boroukhovitch, M.** (1992). Plaguicidas y medio ambiente. En: Plaguicidas Agrícolas y su Impacto Ambiental. Serie Cuadernos. Fundación Prudencio Vázquez y Vega. Montevideo, Uruguay.
13. **Brevé, M; Skaggs, W; Gilliam, W.** (1996). Efectos del drenaje agrícola en la hidrología y calidad de aguas. *Aqua Internacional*, 5(12):17-20. García, J.E. 1999. Análisis preliminar del uso de plaguicidas en la Cuenca del Río Tempisque. *Acta Académica*. 25:51-62.
14. **Briones, Guillermo.** (1990). Métodos y Técnicas de Investigación para las Ciencias Sociales. Editorial Trillas. México.
15. **Brooks, K.N; Folliott, P.F; Gregersen, H.M; Thames, J.L.** (1991). Hidrology and the management of watersheds. Primera edición. Iowa, USA. Iowa State University Press/Ames. 392 p.
16. **Burger M.** (1995). Plaguicidas en: Patología Toxicológica. Ofi. p 175-179.
17. **Caliskan, M; Yerli, SV.** (2000). Organochlorine pesticide residues in aquatic organism from Koycegiz Lagoon system, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 121:1-9.
18. **Cámara, D.O.** (1994). Impacto de la Agricultura bajo riego sobre la calidad del agua: caso del Valle del Yaqui, Sonora. *Ingeniería Hidráulica en México*. 9(3):Septiembre-Diciembre.
19. **Carvalho, F. Zhong, N., Tavarez y Klaine S.** (1998). Rastreo de plaguicidas en los trópicos. Boletín del OEIA No 40.
20. **Castro Antonio Barros, Lessa Carlos Francisco.** (2004). Introducción a la Economía: un enfoque estructuralista. 56ª ed. Siglo XXI editores.
21. **Cayupi, Jessica** (2008). Espacio del Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile para debatir acerca de la actualidad ambiental chilena e internacional. <http://cdauch.blogspot.com/2008/03/impuestos-ambientales-en-chile-por.html>
22. **Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP).** (1999). Economía y ambiente. Área de Recursos Naturales y del Ambiente. Año I, No. 1. Perú. Puede leerse desde la página web:

<http://www.up.edu.pe/ciup/AERNA/anteriores/Boletin01.pdf>. Mayo 2008.

23. **CEPAL**, (1999). Servicios públicos y regulación. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
24. **Cessna, AJ; Elliott, JA; Tollefson, L, Nicholaichuk, W.** (2001). Herbicide and nutrient transport from an irrigation district into the south Saskatchewan River. *Journal Environmental of Quality*, 30:1796- 1807.
25. **Chambers, P; Guy, M; Grove, G; Kent, R; Roberts, E; Gagnon, C.** (2002). Nutrient losses from agriculture: effects on Canadian surface and ground waters. in, Steenvoorden, J; Claessen, F; Willems, J. eds. *Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society*. Oxfordshire, UK, International Association of Hidrological Sciences. 379-384.
26. **CICOPLAFEST**. (1995). Catálogo Oficial de Plaguicidas. SARH, SEDESOL, SSA, SECOFI. México.
27. **Coase, R.** (1960). Problem of Social Cost. *J. Law Econ.*
28. **Cochran, W.G.** (1992). Técnicas de muestreo. Ed. CECSA.
29. **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)**, (1991). El desarrollo sustentable: Transformación productiva, equidad y medio ambiente. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
30. **Coronado M, Oropeza R.** (1998). Manual de Prevención y Minimización de la Contaminación Industrial. Panorama. México. 183 p.
31. **Cramer J. S.** (1973). *Econometría empírica*. Fondo de cultura económica. México. D.F.
32. **Dales J** (1968) *Pollution, Property and Prices*. Toronto University Press. Canadá. 352 pp.
33. **Díaz Mayorga Guilén.** (1985). Influencia de las técnicas usadas por productores de plantas ornamentales de Xochimilco en su productividad. FMVZ- UNAM. Tesis de Maestría
34. **Dua, V.K., Pant, CS. y Sharma, VP.** (1996). Determination of level of HCH and DDT in soil, water, and whole blood from bioenvironmental and insecticide sprayed areas of malaria control. *Indian Journal Of Malariology*. India.

35. **E.D. Ongley**, (1997), Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. (Estudio FAO: Riego y Drenaje-55). *Económica* 12: 26-34 *Economics* 28(4): 989-1004 *Economics*. 28, 989-1004.
36. **EEA (European Environmental Agency)**. (2005). The European Environment State and Outlook. State of the environment report No 1. Copenhagen.
37. **Elliott, JA; Cessna, AJ; Nicholaichuk, W; Tollefson, LC**. (2000). Leaching rates and preferential flow of selected herbicides through tilled and untilled soil. *Journal Environment of Quality*, 29:1650-1656
38. **Environmental Protection Agency** (1984). Method 608 – Organochloride pesticides and PCBs. 40 CFR part. 136, 43321; Federal Register 49, n° 209.
39. **Escobar, G. y Berdegue, J**. (1990). Tipificación de sistemas de producción agrícola. Santiago, Chile. Gráfica Andes.
40. **Excélsior**. (2008). On line. Citado en http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=47&id_art=5962. Conectado al 15 de diciembre de 2008. Núm. 72
41. **Faber, Daniel**, (1998). The Struggle for Ecological Democracy and Environmental Justice. The Guilford Press: New York.
42. **FAO**. (1990a). Agua y desarrollo agrícola sostenible. Una estrategia para la aplicación del Plan de Acción de Mar del Plata para el decenio de 1990. FAO, Roma <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s03.htm>. Enero, 2007.
43. **FAO**. (1990b). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Departamento de desarrollo sostenible. <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s03.htm>. Enero, 2007.
44. **FAO**. (1997). Control de la contaminación del agua debida a la agricultura. Irrigation and Drainage Paper 55 ISBN 92-5-103875-9
45. **Fernandez, M., Saume, E. y Anzola, F**. (1982). Estudio preliminar sobre la contaminación por plaguicidas organoclorados en el sistema de riego Río Guárico y su zona de influencia. Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Maracay Venezuela.

46. **Field B.** (1995) *Economía Ambiental. Una Introducción.* McGraw-Hill. Colombia.
47. **Florez, V.; Acosta, J; y Navas, J.,** (1978). Análisis agroeconómico de la fertilización en cultivos, Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario, 267 p (boletín técnico 46)
48. **Florian Wegleitner:** *Responsible Care - ein Vergleich Zwischen Oesterreich und England* (Viena, Asociación de la Industria Química de Austria, 1997, sólo en alemán).
49. **Folliet Joseph.** (1958). *Iniciacion Económica y social.* Colección Saber para Actuar. Ed Humanismo. Buenos Aires, Argentina. En Quevedo C. Rafael Isidro. 1993. Metodología para el estudio de fincas. Aproximación multivariada. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Alcance 44. Diciembre 1993.
50. **Fykse, H; Lundekvam, H; Romstad, E.** (2002). Environment and agriculture: the dichotomy of erosion and weed control. in, Steenvoorden, J; Claessen, F; Willems, J. eds. *Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society.* Oxfordshire, UK, International Association of Hydrological Sciences. 29-33.
51. **Galindo Reyes, J.G., Fossato V.U., Villagrana Lizarraga, C., and Dolci F.** (1999). Pesticides in Water Sediments, and Shrimp from a Coastal Lagoon off the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*, 38 (9)837-841.
52. **Galindo Reyes, J.G.,** Medina Jasso A y Villagrana Lizárraga, C., (1997). Toxic effects of organochlorine pesticides on *Pennaeus vannamei* shrimps in Sinaloa, México. *Chemosphere*, 33 (3) pp 567-575 Gran Bretaña.
53. **Galindo Reyes, J.G., Villagrama Lizárraga, C., Guerrero Ibarra, M., Quezada Urenda L.,** (1992). Contaminación por plaguicidas en almejas y camarones, en dos ecosistemas costeros de Sinaloa, México. *Esc.Cienc. Mar. Univ. Autón Sinaloa, México. CIENC. MAR (Mazatlan)* 1(12) 1992 6-1 1.
54. **García M.A., Martos PJ, Rodríguez AJJ, Acero de la Cruz R, Schilder E, Galetto A.** (1996). Production function and maximum profit determination for extensive dairy farms in Argentina. *Archivos de zootecnia* vol 46 num. 173:9-19.
55. **García, J.E.** (1999). Análisis preliminar del uso de plaguicidas en la Cuenca del Río Tempisque. *Acta Académica.* 25:51-62.

56. **Gardi, C.** (2001). Land use, agronomic management and water quality in a small Northern Italian watershed. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 87:1-12.
57. **GEF (Global Environment Facility).** (2000). Reducción del escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe: Informe Nacional Colombia (en línea). Consultado el 14 de enero del 2008. Disponible en:
[www.cep.unep.org/pubs/meetingreports/GEF%20Panama/Docs/Colombia/informe%20Ofi nal_plaguicidas%20PNUMA.doc](http://www.cep.unep.org/pubs/meetingreports/GEF%20Panama/Docs/Colombia/informe%20Ofi%20nal_plaguicidas%20PNUMA.doc)
58. **Gerontidis, DV St; Kosmas, C; Detsis, B; Marathianou, M; Zafirious, T; Tsara, M.** (2001). The effect of moldboard plow on tillage erosion along a hillslope. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(2):147-152
59. **Gerontidis, DV St; Kosmas, C; Detsis, B; Marathianou, M; Zafirious, T; Tsara, M.** (2001). The effect of moldboard plow on tillage erosion along a hillslope. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(2):147-152
60. **González, A; Illescas, O.** (1987). Diagnóstico preliminar de los usos del suelo y sus impactos ambientales en la subcuenca del Lago Amatitlán. In *Simposium estudios recientes sobre la contaminación del Lago Amatitlán (1987, Guatemala, Guatemala)*. Guatemala. IGA-CATIE. p. 75-88.
61. **González, E. R.** (1990). Contaminación por plaguicidas en el acuifero del Valle del Yaqui, Sonora, México. Tesis de Maestría en Ingeniería en Administración de Recursos Hidráulicos. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora. 80 p.
62. **Griffin, R., Bromely, D.** (1982). "Agricultural runoff as a nonpoint externality: A theoretical development". *American Journal of Agricultural Economics* 64(3), 547-552
63. **Hansen, A. M.; A. León y L. Bravo** (1995). Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimentos de la cuenca Lerma-Chapala. *Ingeniería Hidráulica en México*. 10(3):55-57 sep.-dic.
64. **Hass, G; Berg, M; Kopke, U.** (2002). Nitrate leaching: comparing conventional, integrated and organic agricultural production systems. in, Steenvoorden, J; Claessen, F; Willems, J. eds. *Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society*. Oxfordshire, UK, International Association of Hidrological Sciences. 131-136.

65. **Heady EO, Dillon J.L.** (1961). Agricultural Producción functions. Iowa State University Press, Ames, Iowa. USA.
66. **Heady, E.O.** (1946). Production functions from a random sample of farm. Journal of Farm
67. **Heady, E.O. y Dillon J.L.** (1961). Agricultural Production Functions. Iowa State University Press. Ames. 1961. 667 p.
68. **Hendi, E.J y Peake, B.M.** (1996). Organochlorine pesticides in a dated sediment core from Mapua, Waiwea Inlet, New Zeland. MARINE POLLUTION BULLETIN. 32:10 751-754. New Zeland.
69. **Hernandez Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar.** (2006). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill, México.
70. **Holguin Quiñones, F. y Hayashi Martínez, L.** (1993). Estadística, elementos de Muestreo y Correlación. Ed. Diana. México. Holland, pp 4-85
71. **Hunt, JW; Anderson, BS; Phillips, BM; Tjeerdema, RS; Pucket, HM; Vlaming, Victor de.** (1999). Patterns of aquatic toxicity in an agriculturally dominated coastal watershed in California. Agriculture, Ecosystem and Environment, 75:75-91.
72. **Ignazi, J.C.** (1993). Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: the approach in France. En: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992. Water Report 1. FAO, Roma. Pág. 247-261.
73. **IMTA** (2000). Coordinación con CENATRYD. Diagnostico de la salinidad en el Distrito 076 Valle del Carrizo, Sinaloa
74. **J. Gallego-Ayala and J. A. Gómez-Limón.** (2009). Analysis of policy instruments for control of nitrate pollution in irrigated agriculture in Castilla y León. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentación (INIA). Spanish Journal of Agricultural Research 7(1), 24-40 Available online at www.inia.es/sjar ISSN: 1695-971-X. España.
75. **Jensen, R.** s.f. New tools to protect water quality (en línea). Consultado el 09 de

octubre de 2002. Disponible en: New Tools to Protect WaterQuality

76. **Johansson, P.O.** (1992). An introduction to modern welfare economics. Cambridge University Press. Cambridge.
77. **Levine, G.; Garcés-Restrepo, C.** (1999). El desempeño de los sistemas de riego y sus implicaciones para la agricultura mexicana, México, D.F, xvii, 37 p. (IWMI Serie Latinoamericana No. 11)
78. **Liere, L Van; Janse, J; Jeuken, M; Puijenbroek, P Van; Shoumans O; Hendricks, R; Roelsma, J; Jonkers, D.** (2002). Effect of nutrient loading on surface waters in polder Bergambacht, The Netherlands. in, Steenvoorden, J; Claessen, F; Willems, J. eds. Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society. Oxfordshire, UK, International Association of Hidrological Sciences. 213-218
79. **Liu, G; Lindstrom, M.J; Zhang, X; Li, Y; Zhang, J.** (2001). Conservation management effects on soil erosion reduction in the Sichuan basin, China. Journal of Soil and Water Conservation, 56(2):144-147.
80. **Llanes, J.** (1999). Políticas Económicas Ambientales: El caso Contaminación. Editorial Ciencias Sociales. La Habana.
81. **Loewy, RM.** (2000). Plaguicidas en aguas subterráneas del Alto Valle de Río Negro y Neuquen. Tesis Mag. Quem. Sc. Conahue, Argentina, Universidad Nacional del Conahue. 162 p. environmental policies". Water resources Research 40, W10501, doi: 1029/2004WR003102.
82. **López Carrillo, L,** (1993) Exposición a plaguicidas organofosforados / Exposition to organo-phosphate pesticides. Instituto Nacional de Salud Pública; 89 p. México, pp 15-25.
83. **Louchart, X; Voltz, M; Andrieux, P; Moussa, R.** (2001). Herbicida transport to surface at field and watershed scales in a mediterranean vineyard area. Journal Environmental of Quality, 30:982-991.
84. **Manes Suárez A. B.** (2004). Reflexiones teóricas acerca de la economía ambiental. Visto en: <http://www.monografias.com/trabajos28/economia-ambiental/economia-ambiental.shtml>. Consultado el 07 enero de 2010.
85. **Martínez Coll, J.C.** (2007). Manual básico de economía EMVI: La economía de

- mercado, virtudes e inconvenientes. EUMEDNET. ISBN-10: 84-689-9902-4. Málaga, España. <http://www.eumed.net/coursecon/9/Las%20externalidades.htm>. Enero 2007.
86. **Martínez, Y., Albiac, J.** (2004). "Agricultural pollution control under Spanish and European
 87. **Martínez, Y., Albiac, J.** (2006). "Nitrate pollution control under soil heterogeneity". *Land Use Policy* 23(4): 521-532.
 88. **Martínez-Alier, J.; Schlupmann, K.** (1991). *La ecología y la economía*. Fondo de Cultura Económica. México.
 89. **Mason, C.F.** (1984). *Biología de la Contaminación del agua dulce*. Editorial Alhambra S.A. México, D.F. p 153. México
 90. **McDowell, R; Sharpley, A; Folmar, G.** (2001). Phosphorus export from an agricultural watershed: linking source and transport mechanisms. *Journal Environmental of Quality*, 30:1587-1595.
 91. **Meléndez J.R.G. et al.** (2007). *Economía Agropecuaria*. Grupo Vanchri. México, DF.
 92. **Mumeka, A.** (1986). Effect of deforestation and subsistence agriculture on runoff of the Kafue River headwaters, Zambia. *Hidrological Science Journal*, 31:543-554.
 93. **Mundlak, J.** (2001). Production and Supply. En: *Handbook of agricultural economics*
 94. **Muñoz, Carlos y Ávila, Sara** (2005). "Los efectos de un impuesto ambiental a los plaguicidas en México" en *Gaceta Ecológica*, enero-marzo, Num. 074, pp. 43- 53. México.
 95. **Nathanson, Jerry A.** (1997), *Basic Environmental Technology*. Water Supply, Waste Management, and Pollution Control. Upper Saddle River: Prentice Hall.
 96. **Odum E.** (1986) *Fundamentos de Ecología*. Nueva Editorial. México.
 97. **Ongley, E.D.** (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Roma, Italia. Estudio FAO Riego y Drenaje 55, 1997. 116 p. organochlorine pesticides on *Pennaeus vannamei* shrimps in Sinaloa, México.
 98. **Organización Mundial de la Salud.** (1993). *Guías para la calidad del agua potable*. Volumen 1: Recomendaciones. (Segunda edición), OMS, Ginebra

99. **Oyuela, D.O.** (1987). Los sistemas de producción agrícola y la determinación de posibles fuentes de contaminación en la subcuenca del Río Guajire, cuenca Río Guacerique, Honduras. Tesis Mag. Sc.Turrialba, CR, CATIE. 187 p.
100. **Pacheco, J. y A. Cabrera** (1994). Efecto del uso de fertilizantes en la calidad del agua subterránea en el estado de Yucatán. Ingeniería Hidráulica en México. 11(3): 53-60. Enero-Abril 1996.
- 101.
102. **Parra, L. y De La Fuentes, C.** (1995a). Contaminación por plaguicidas en sangre y leche materna de recién nacidos. Departamento de pediatría del hospital general de Calabozo.Mimeo. Guárico Venezuela.
103. **Parra, L. y De La Fuentes, C.** (1995b). Agrotóxicos, efectos en la población infantil de Calabozo. Departamento de pediatría del hospital general de Calabozo.Mimeo. Guárico. Venezuela.
104. **Pearce, D.** (1976) Economía Ambiental. Fondo de Cultura Económica. México.
105. **Pearce, D.** (1985) Economía Ambiental. México, FCE
106. **Pearce, D** (1993) Economic Values and the Natural World. MIT Press. EEUU.
107. **Pearce, D.; Turner, R.** (1995). Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Traducción al español por Colegio de Economistas de Madrid .Editorial Celeste. España.
108. **Pérez Espejo, R. H.** (2008). Contaminación agrícola y políticas públicas en México. XI Jornadas de Economía Crítica en Gaceta Eco Cri. Vol. marzo. Bilbao
109. **Pigou A** (1920). The Economics of Welfare. McMillan. RU.
110. **Plamondon, A.P; Ruiz, R.A; Morales, C.M; González, M.C.** (1991). Influence of protection forest on soil and water conservation (Oxapampa, Peru). Forest Ecology and Management, 38:227-238.
111. **PNUMA** (1998). Voluntary Industry Codes of Conduct for the Environment (París, Industry and Environment Office), Informe Técnico Núm. 40, pág. 7.

112. **PNUMA** (1998). Voluntary initiatives for responsible entrepreneurship: A questions and answers guide (París, Industry and Environment Office). Publicaciones ICESI, 27. pp 9- 30.
113. **Pomerleau T.** (1998). Producción y comercialización de hortalizas orgánicas para el área metropolitana de Honduras. Proyecto de Apoyo a la Gestión Sostenible de los Recursos Naturales en Honduras (PAGS). Tegucigalpa M.D.C. 95 p.
114. **Pote, DH; Reed, BA; Daniel, TC; Nichols, DJ; Moore, PA; Edwards, DR; Formica, S.** (2001). Water-quality effects of infiltration rate and manure application rate for soils receiving swine manure. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(1):32-37.
115. **Quevedo C. Rafael Isidro.** (1993). Metodología para el estudio de fincas. Aproximación multivariada. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela*. Alcance 44. Diciembre 1993.
116. **Ramos, LD; Ferrary, M; Guerrero, LM; Toradellas, J; Zúniga, N; Nolasco, S.** (1995). Uso y manejo de plaguicidas en una zona agrícola, Lepaterique: estudio de campo y verificación analítica. Monografía 7-95. CESSCO-EPFL (Centro de Estudios y Control de Contaminantes-Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne). Tegucigalpa, Hond. 23 p.
117. **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.** Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994.
118. **Reyes Gil, Rosa E., Galván Rico, Luis E y Aguiar Serra, Mauricio.** El precio de la contaminación como herramienta económica e instrumento de política ambiental. *INCI*. [Online]. jul. 2005, vol.30, no.7 [citado 11 Enero 2009], p.436-441. Disponible en la [World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442005000700010&lng=es&nrm=iso>](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442005000700010&lng=es&nrm=iso). ISSN 0378-1844. Consultado 8 enero 2009.
119. **Rhoades, J.D.** (1993). Reducing salinization of soil and water by improving irrigation and drainage management. En: *Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities*. Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992. *Water Report 1*. FAO, Roma. pág. 291
120. **Ribaudo, Marc, Bissonnette Louise, Vazquez, Ismael, Argueta, Jorge, Cohen, Kari, Marta, Tim y Christensen Thomas** (2006) Políticas de manejo sostenible del

agua en la agricultura en relación con su medio ambiente: la experiencia de América del Norte”. www.iisd.org/pdf/2006/natres_tri_nat_water_policy_es.pdf. Mayo, 2008

121. **Rice, PJ; McConnell, LL; Heighton, LP; Sadeghi, AM; Isensee, AR; Teasdale, JR; Abdul-Baki, AA, Harman-Fetcho, A; Hapeman, CJ.** 2001. Runoff loss pesticide and soil: a comparison between vegetative mulch and plastic mulch in vegetable production systems. *Journal Environmental of Quality*, 30:1808-1821.
122. **Richters, E.J.** (1995). Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1995. 440 p.
123. **Riera, P.** (1992). Posibilidades y limitaciones del instrumental utilizado en la valoración de externalidades. España.
124. **Robinson J, Eatwell J.** (1976). Introducción a la Economía Moderna. Fondo De Cultura Económica. España. 431 pp.
125. **Romero C.** (1993) Economía Ambiental. Aspectos Básicos. *Revista de Occidente* 149: 25-39
126. **Romero C.** (1997). Economía de los Recursos Ambientales y Naturales. Alianza. España.
127. **SAGARPA** (1999), Documento de trabajo sobre los apoyos para la sequía en Sinaloa, 1999.
128. **Sandia, L.A; Cabeza, M; Arandia, J; Bianchi, G.** (1999). Riesgos sobre la salud asociados a las actividades agrícolas: un caso de estudio de la geografía rural. *Revista Geográfica Venezolana*, 40(2):281-295.
129. **Sauer, TJ; Daniel, TC; Nichols, DJ; West, CP; Moore, PA; Wheeler, GL.** (2000). Runoff water quality from poultry litter-treated pasture and forest sites. *Journal Environment Quality*, 29:515-521.
130. **Saume, S.R.** (1992). Introducción a la química y toxicología de insecticidas. Industria grafica Integral. Maracay. Venezuela
131. **Secretaria de Comercio y Fomento Industrial,** Norma Mexicana **.MX-AA-071-1981** “Análisis de agua- Determinación de plaguicidas órganoclorados Método de Cromatografía de gases”.

132. **Segerson** (1988). "Uncertainty and incentives for non-point pollution control". *Journal Environmental Economics and Management*. 15(1): 87-98.
133. **Segerson, K., Wu, J.** (2006). "Non point pollution control: inducing first-best outcomes through the use of threats". *Journal of Environmental Economics and Management* 51(2): 165-184.
134. **Semaan, J., Filchman, G., Scardigno, A., Steduto, P.** (2007). "Analysis of nitrate pollution policies in the irrigated agriculture of Apulia Region (Southern Italy): A bio-economic modelling approach". *Agricultural Systems* 94(2): 357-367.
135. **Semarnat- CNA Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales- Comisión Nacional del Agua** Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. Semarnat-CNA,
136. **SEMARNAT.** (1996). Norma Oficial Mexicana: NOM-001-ECOL-1996. Sría. Med. Amb. Rec. Nat. y Pesca. México. s/d pp.
137. **Seoáñez, M.** (1999). *Ingeniería del medioambiente aplicada al medio natural continental*. Segunda edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
138. **Sharpley, A; Moyer, B.** (2000). Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal Environmental of Quality*, 29:1462-1469.
139. **Shephard, R.W.** (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Pp. xi, 308.
140. **Shilling, KE; Libra, RD.** (2000). The relationship of nitrate concentrations in stream to row crop land use in Iowa. *Journal Environment Quality*, 29:1846-1851.
141. **Shortle J.S., Dunn J.W.** (1986). "The relative efficiency of agricultural source water pollution control policies". *American Journal of Agricultural Economics* 68(3): 668-677
142. **Shortle y Ables,** (2001). *Enviromental policies for agricultural pollution control*.
143. **Silvestri, R.** (1992). *Estudio de Biodiversidad del Hato Masaragual*. Guárico. Guárico. Venezuela.
144. **Silvestri, R.** (1995) *Análisis de Muestra de Sangre. De alumnos de la escuela agropecuaria Ricardo Montilla. Contaminación por plaguicidas en la población infantil de Calabozo*. Guárico. Venezuela.
145. **Stalnacke, P; Bechmann, M.** (2002). *Trends in nutrient runoff from agricultural basins*

- in Norway. in, Steenvoorden, J; Claessen, F; Willems, J. eds. Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society. Oxfordshire, UK, International Association of Hydrological Sciences. 267-271.
146. **Stephen, S. H. y S. L. Seager.** (1981). Contaminación del aire y del agua. Química Ambiental. Cap. 8 y 12. Editorial Blume. Barcelona, España. p. 210.
 147. **Suárez, L.** (1984). La contaminación. Editorial Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
 148. **Suter J.F., Vossler C.A., Poe G.L., Segreson K.** (2008). "Experiments on damage-based ambient taxes for nonpoint source polluters". American Journal of Agricultural Economics 90(1): 86-102.
 149. **Tintner, G. y O.H. Brownlee,** (1944). Production functions derived from farm records, University Press, Ames)
 150. **Troncoso C.J.L.** (2001). Estimation of the production function of Chilean irrigated vineyard farms. Agric.Tec. vol 61 n1 Chillán Jan. 2001
 151. **Ulloa V., Gisela.** (2004). Mecanismos de financiamiento para la gestión y el uso sostenible de los recursos naturales. <http://www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/economi.pdf>
 152. **Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.** (1997). Reportes de muestras de agua de la represa Dos cerritos. Tarabana.
 153. **US-EPA.** (1994). National Water Quality Inventory. Report to Congress. EPA-841-R-94-001. Office of Water, Washington, DC.
 154. **Vari, R.** (1984). Estudio de Plaguicidas en el Hato Masaragual. Smithsonian Institute. Guárico Venezuela.
 155. **Varian, Hal R.** (1992) Análisis microeconómico. Antonio Bosch.Vol. 1A Agricultural production, Gardner y Rausser, editors, editorial North. Barcelona.
 156. **Wagner, T.** (1996). Contaminación: causas y efectos. Primera edición. Mexico, D.F. Ediciones Garnika. 424 p.
 157. **Waliszewski, S. M., Pardo, S., Chantiri, P. y Aguirre, G.** 1996. Organochlorine pesticide body burden of young Mexican. FRESNIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN. 5: 5-6 357-360. Veracruz. México.
 158. **Wang, E; Harman, WL; Williams, JR; Sweeten, JM.** 2002. Profitability and nutrient

looses of alternative manure application strategies with conservation tillage. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(4):221-228

159. **Zambrano, J. 1999.** Los plaguicidas aumentan tasa de mortalidad en Quibor. El impulso. Diciembre 16. P C-1. Barquisimeto.
160. **Zhao, S.L; Gupta, SC; Huggins, D.R; Moncrief, JF.** (2001). Tillage and nutrient source effects on surface and subsurface water quality at corn planting. *Journal Environment of Quality*, 30:998-1008.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta socioproductiva

Caracterización de los productores del Valle del Carrizo,
Sinaloa.

Como parte de la investigación del DR 076 076 Valle del Carrizo, se aplican cuestionarios a los productores, que permitirán captar los datos requeridos con el propósito de conocer las prácticas agrícolas ejercidas por los mismos.

Es importante señalar que todos los datos que usted nos haga el favor de proporcionar tienen carácter confidencial y sólo servirán para los fines de este trabajo, por lo que agradecemos la honestidad y veracidad de sus respuestas.

Municipio: _____	Núm. Cuestionario: _____
Localidad: _____	Fecha: _____
Módulo: _____	Encuestador: _____
Localización del predio: _____	_____

I. IDENTIFICACIÓN DEL ENTREVISTADO

1. Nombre: _____
2. Edad: _____ (en años)
3. Usted es: (marque con X)
- a). Ejidatario _____ b). Pequeña Propiedad _____ c). Otro (especifique) _____
4. ¿Es usted el responsable de hacer trabajar las tierras? Si _____ No _____
5. ¿Cuál fue el último año cursado o grado aprobado? _____ Sólo sabe leer ()

II. UNIDAD DOMÉSTICA

6. ¿Cuántas personas dependen económicamente de usted? ____
7. ¿Cuántos familiares que viven con usted trabajan en su terreno? ____
8. ¿Contrata usted jornaleros?
- Si _____ ¿Cuántos contrató el último ciclo agrícola? _____ No _____
9. Además del cultivo en su terreno, ¿usted realiza otra(s) actividad(es) económica(s)? Si__ (pase a la pregunta 10)
No ____ (pase a la pregunta 12)

10. ¿Cuál (es)? _____
11. ¿De cuál actividad proviene el ingreso más importante para su familia?
a) De la agrícola _____
b) De otra actividad _____ (especifique)

III. ACCESO A LA TIERRA, RIEGO Y TECNOLOGÍA.

12. ¿En cuántas hectáreas de tierra produce? Total

	EJIDALES	PROPIEDAD PRIVADA
Propias		
Toma en Renta		

Da en renta		
Administra		
A medias		
Otra (especifique) _____		

13. ¿Cómo riega la superficie que produce? (en hectáreas)

Hectáreas por Gravedad	Hectáreas por Bombeo directo rio	Hectáreas por pozo			Hectáreas por gravedad y bombeo	Hectáreas por Temporal
		Oficial	Particular	Sociedad		

14. Actualmente combina: (**NOTA:** anotar fecha de adopción de tecnología en el cuadro correspondiente)

	Aspersión	Goteo	Tubería de compuerta	Otro (especifique)
Riego por gravedad con:				
Riego por pozo con:				

15. ¿Cómo considera el manejo del agua que hace en su(s) predio(s)? _____

16. ¿Qué trazo de riego emplea? a). Surcos _____

b). Curvas de nivel _____

c). Melgas _____

d). Otro _____ (especificar) _____

IV. PATRÓN DE CULTIVOS

17. ¿Cuáles eran sus principales cultivos hace 5 años? (Anote superficie)

CICLO OTOÑO-INVIERNO		CICLO PRIMAVERA-VERANO	
Cultivo	Hectáreas	Cultivo	Hectáreas

18. Actualmente ¿Qué superficie sembró en el pasado ciclo **Primavera-Verano** (07/07)?

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (Ton/ha)	Destino de la producción	Riego			
				Gravedad	Pozo	Bombeo directo	Gravedad y bombeo

19. Actualmente ¿Qué superficie sembró en el actual ciclo **Otoño-Invierno (07/08)**?

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (Ton/ha)	Destino de la producción	Riego			
				Gravedad	Pozo	Bombeo directo	Gravedad y bombeo

20. Para sus actividades agrícolas utiliza:

a). Tractor: Propio _____ Rentado _____ Prestado _____ b). Otro (especifique) _____

21. ¿Recibe apoyo de Procampo?

Si _____ ¿Para cuántas hectáreas? _____ (Pase a la pregunta 29)

No _____ ¿Por qué? _____

22. En caso de recibir Procampo ¿en qué o para qué destinó el apoyo? a). Producción agrícola _____

b). Necesidades familiares _____

c). Pago de deudas y/o créditos _____

d). Diversión personal _____

e). Otros (especifique) _____

23. Los recursos de Procampo, ¿llegan oportunamente? Si (pase a la pregunta 25)

No _____ ¿Por qué?

24. ¿Considera que esos recursos son suficientes para apoyar la producción agrícola?

Si _____ No _____

25. ¿Por qué?

26. De los siguientes programas estatales, ¿recibe usted algún beneficio y/o apoyo?

PROGRAMA	Señale con una X el apoyo que	Especifique en qué consiste el apoyo
Drenaje parcelario		
Nivelación de Tierras Agrícolas		
Alianza para el campo		
Cultivos de Alternativa		
Construcción y Rehabilitación de Infraestructura Hidroagrícola.		
Rehabilitación y Modernización de los		

Distritos de Riego		
Asistencia Técnica		
Transferencia de Tecnología		
Otro (Especifique)		

27. ¿Ya fue certificado su terreno con el PROCEDE? Sí _____ No _____

V. PROBLEMAS CON EL AGUA

28. ¿Cuáles son los tres principales problemas con el agua? (En orden de importancia)

A. _____

B. _____

C. _____

29. Desde su punto de vista, ¿quién y/o cómo se generó el problema principal?

30. Desde su punto de vista, ¿quién es el indicado para resolver el problema más importante?

31. ¿Sabe usted en qué se emplean las cuotas de agua?

Sí _____ ¿En qué? _____ No _____

32. ¿Está usted de acuerdo en que se emplee en esos fines?

Sí _____ No _____

Existe compra de agua: Sí _____ No _____ ¿Usted ha comprado o vendido agua? Sí _____ No _____

Existe compra de tierra: Sí _____ No _____ ¿Usted ha comprado o vendido tierra? Sí _____ No _____

VI. HISTORIA DE LA ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE RIEGO

34. Antes de la creación de los módulos de riego, ¿sabe usted quiénes ocupaban generalmente los puestos principales en la mesa directiva de los distritos de Riego?

a). Los grandes propietarios de la tierra _____ b). Un político de la zona _____

c). Los empresarios agrícolas _____ d). Los líderes de las organizaciones campesina _____

e). Comisariado ejidal _____ f). Otra respuesta _____

35. ¿Los jefes de distrito o módulo de riego decidían (o influían en la decisión) las cantidades

de agua que le correspondían a cada usuario? Sí _____ No _____

36. ¿En algún momento se les condicionó la entrega del agua a la realización de alguna actividad política (asistencia a mítines, votar por algún partido, etc.)? Sí _____ No _____

VII. ORGANIZACIÓN PARA EL RIEGO

37. Después de la transferencia del distrito, ¿ha mejorado el servicio de riego?

Sí _____ ¿En qué ha mejorado? _____ No _____

¿Por qué? _____

38. ¿Cómo considera que es la relación entre la directiva del módulo y los usuarios?

a). Muy buena _____ b). Buena _____ c). Regular _____ d). Mala _____ e). No existe _____

39. ¿Cómo considera que es la relación entre la asociación del módulo y la CONAGUA?

a). Muy buena _____ b). Buena _____ c). Regular _____ d). Mala _____ e). No existe _____

40. ¿Sabe qué es la Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL)? Si___(pase a la pregunta 41)
No _____ (pase a la pregunta 43)

41. ¿Conoce lo que hace la Sociedad de Responsabilidad Limitada? Sí_____(pase a la pregunta 56)
No_____(pase a la pregunta 57)

42. ¿Cómo se entera de lo que hace la SRL y la asociación del módulo?

VIII. PERSPECTIVAS

43. ¿Considera a la agricultura una actividad rentable? Si_____ No _____

44. ¿Por qué? _____

45. Considera que en el futuro la actividad agrícola, con respecto a la actualidad, será:
a) Igual _____ b) Mejor _____ c) Peor _____

46. ¿Qué se debe hacer para resolver los problemas con el agua de riego? _____

47. ¿Está usted satisfecho con la administración del distrito?

a) Mucho _____ b) Medianamente _____ c) Poco _____ d) Nada _____

48. ¿Cómo considera que se podrían resolver los problemas del agua?

49. ¿Conoce usted la existencia del Consejo de Cuenca Río Fuerte?

Sí _____ No _____

50. ¿Sabe para qué sirve un Consejo de Cuenca?

Si _____ ¿Para qué sirve? _____

No _____

51. ¿Conoce los COTAS? (Comités de Aguas Subterráneas o Comités de Aguas) Sí___(pase a la pregunta 52)
No _____ (pase a la pregunta 55)

52. ¿Para qué sirve?

53. ¿En su zona ya está funcionando el COTAS? Si _____ No _____

54. ¿Conoce a sus representantes? Si _____ No _____

55. ¿Cree usted que se podrá detener el abatimiento de los mantos acuíferos?

Sí _____ ¿Cómo? _____

No_¿Por qué? _____

56. ¿Qué va a pasar con el agua en el futuro?, en términos de:

Cantidad: Suficiente _____ Insuficiente _____ Igual _____

Calidad: De mejor calidad _____ De peor calidad _____ Igual _____

Precio: Más cara _____ Menos cara _____ Igual _____

IX. MANEJO DEL CULTIVO Y MEDIO AMBIENTE

57. ¿Cuál(es) variedad(es) siembra?: _____

58. ¿Dónde obtiene la semilla?: _____

59. ¿Cuáles son las plagas y enfermedades más importantes que atacan al cultivo?:

Enfermedad	Orden de Importancia	¿Forma de control?*
	()	
	()	
	()	
	()	
	()	

60. ¿Qué toma en cuenta antes de aplicar un plaguicida en su cultivo?:

- a) Edad _____ b) Estado del cultivo _____ c) Población de plagas en la planta _____
- d) Población de benéficos en el campo _____ e) Gravedad de la plaga en la planta _____
- f) Etapa del cultivo _____ g) Clima _____ h) Precios del cultivo en el mercado _____
- i) Otros factores _____

61. ¿Cuántas aplicaciones de plaguicidas realizó usted durante el último ciclo del cultivo?

Enfermedad	Nombre del producto que aplica para controlar la enfermedad	Dosis que aplica cantidad/ha	\$/kg o lt	Número de aplicaciones por año/ha

62. ¿Era normal?

Si _____ No _____

63. ¿Si no era normal, cuántas veces normalmente aplica?: _____ veces.

¿Por qué?: _____

64. ¿Cuántos productos normalmente utiliza en cada aplicación?: _____

65. Cuando tiene un problema con una plaga o enfermedad, usted normalmente consulta a:

- a) Propia experiencia _____ b) miembro de familia _____ c) otro agricultor _____ d) técnico de una institución _____ e) otro _____

66. ¿Todos los insectos que observa en su cultivo son plagas?:

Si _____ No _____

67. Si la respuesta es no, ¿Qué porcentaje de los insectos en general son plagas?:
%

68. ¿Conoce usted insectos y otros organismos que naturalmente matan a las plagas en el campo?:

Si _____ No _____

69. Si la respuesta es si, ¿cuáles son?:

70. ¿Por qué aplica esas dosis de agroquímicos?

- a) Recomendación de etiquetado _____ b) recomendación de INIFAP _____
c) estrategia propia _____ d) otro _____

71. ¿Usa equipo de protección para el manejo y aplicación de agroquímicos?

Si _____ No _____ Algunas veces _____

72. Cuales equipos de protección conoce y usa

- a) Mascarilla _____ b) traje especial _____ c) gafas _____ d) guantes _____ e) otro _____
¿Porque? _____

73. ¿Ha presentado algún síntoma de enfermedad que se pueda asociar al uso de agroquímicos?

Si _____ no _____

74. Que síntomas o enfermedad ha presentado

- a) Irritación de ojos _____ b) vértigo _____ c) vómito _____ d) dolor de cabeza _____ e) otro _____

75. ¿Estaría dispuesto a reducir las dosis aplicadas?

Si No _____ por qué _____
por qué _____

76. ¿Qué suele hacer con los envases?

- a) Confinarlos _____ b) quemarlos _____ c) rehusarlos _____ d) tirarlos _____ e) otro _____

77. ¿Cuáles son los principales problemas ambientales en la región?

<input type="checkbox"/> Contaminación del agua	<input type="checkbox"/> Erosión del suelo
<input type="checkbox"/> Contaminación del suelo	<input type="checkbox"/> Salinización
<input type="checkbox"/> Contaminación del aire	<input type="checkbox"/> Desastres naturales (heladas huracanes, etc.)
<input type="checkbox"/> Uso de tecnologías destructoras del medio ambiente	<input type="checkbox"/> Cambios climáticos
<input type="checkbox"/> Tiraderos de basura	<input type="checkbox"/> Otros (especifique):
<input type="checkbox"/> Deforestación	

78. ¿Estaría Ud. dispuesto a pagar alguna cantidad, incluso mínima, de dinero para apoyar la

conservación de la cuenca del río Fuerte?: Si _____ No _____

79. ¿Cuál sería la cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar al mes?

- a) 30 pesos _____ b) 60 pesos _____ c) 120 pesos _____ d) ninguna _____ (pase a la 80)

80. ¿Por qué motivo no está dispuesto a pagar?

- a) No le interesa _____ b) No le afecta _____ c) No tiene dinero _____ d) El gobierno debería pagar _____ Otra respuesta _____ Especifique _____

Gracias por su cooperación

Anexo 2. Fotografías de la toma de muestras de agua superficial en el Valle del Carrizo.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.

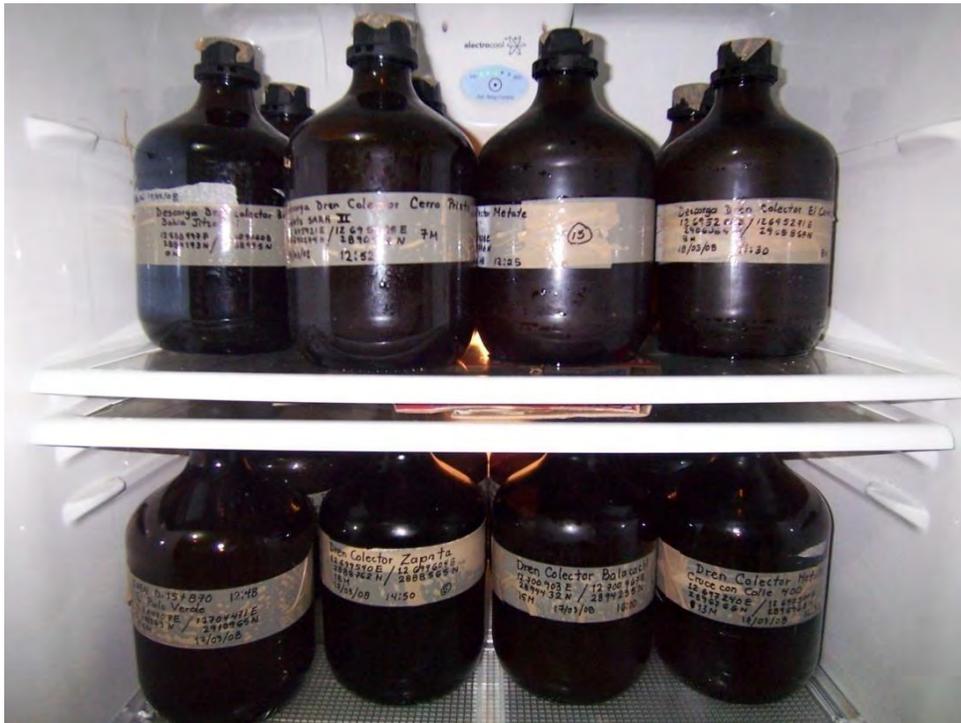
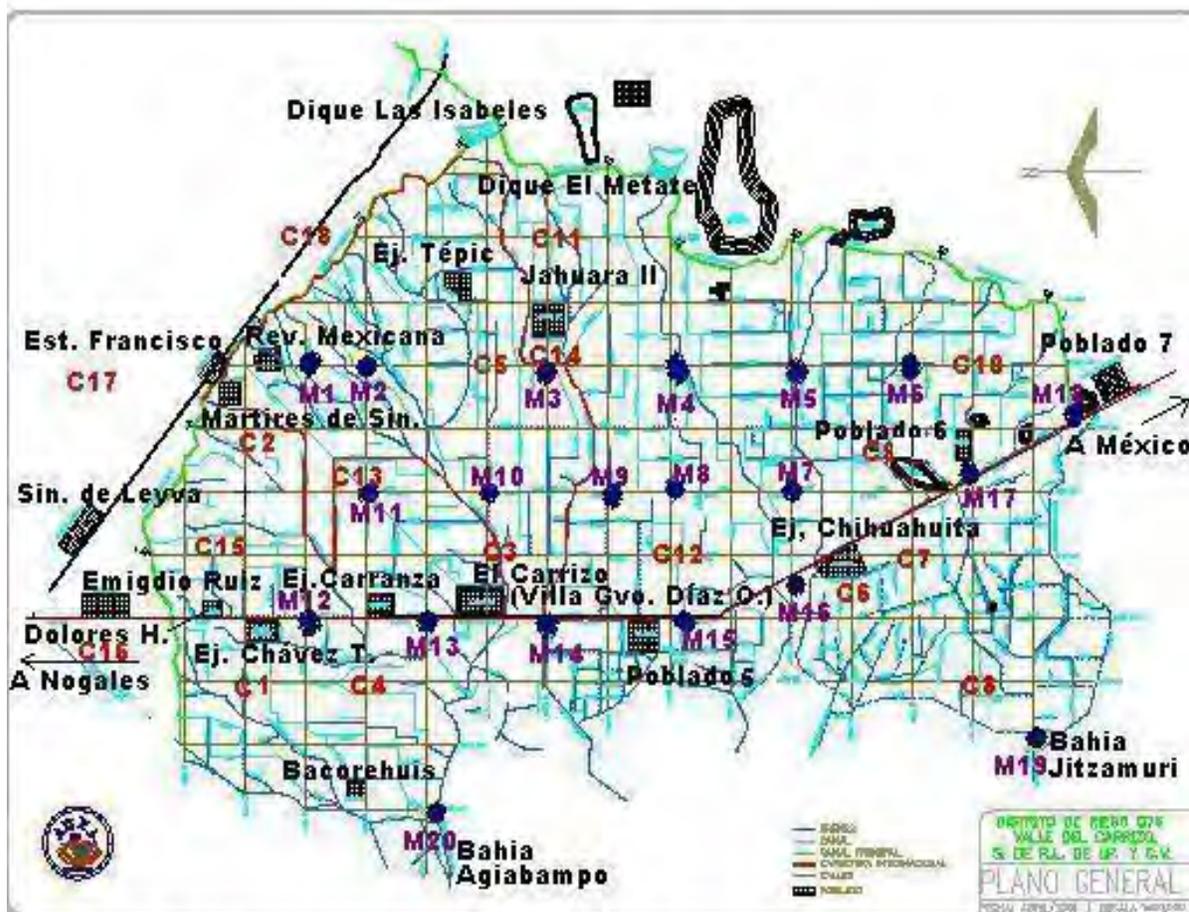


Foto de: María G. Ibarra C.

Anexo 3. Mapas del Valle del Carrizo

Mapa topográfico con los puntos de muestreo y localización de los contenedores del programa campo limpio. Localización de las poblaciones.



- Puntos de muestreo**
- C Contenedores**
- M Muestra**

Fuente: Elaboración propia con información del DR 076 076 y de la Junta local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo. 2008

Mapa satelital del Valle del Carrizo con las coordenadas UTM de los puntos de muestreo.



Fuente: Google Earth

Anexo 4. Fotografías de desechos de envases vacíos de plaguicidas



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.



Foto de: María G. Ibarra C.

Anexo 5. Límites máximos permisibles NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-127-SSA1- 1994

Niveles de nitrógeno y fósforo permisibles en estuarios de aguas costeras según la NOM-001-SEMARNAT-1996

PARÁMETROS mg/L	P.M (PROMEDIO DIARIO)	P.D (PROMEDIO MENSUAL)
Nitrógeno total	15,00	25,00
Fósforo total	5,00	10,00

Fuente: elaboración propia con información de la norma.

Niveles de nitratos y nitritos permisibles según la NOM-127-SSA1-1994

PARÁMETROS mg/L	LIMITE PERMISIBLE
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00

Fuente: elaboración propia con información de la norma.

**Anexo 6. Estimación de costo de producción por hectárea de
maíz ciclo otoño-invierno 2007/2008**

RENDIMIENTO PROMEDIO: 9.7 Ton/Ha.

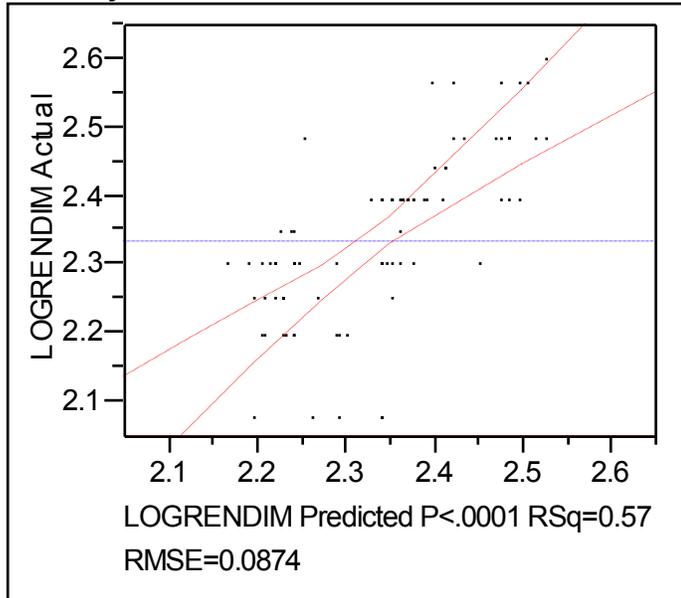
No.	CONCEPTO	C O S T O \$			
		TOTAL LABORES	PARCIAL		
			MAQ. PROPIA	MAQUILA	MAQ. PROP.
	<u>PREPARACION DE TIERRAS:</u>			<u>1647</u>	<u>468</u>
1	SUBSUELO	311	105		<u>2</u>
3	RASTREOS	531	174		
1	EMPAREJE	250	390		
1	MARCA PARA SIEMBRA	122	343		
1	CANALIZACION	61	176		
1	TUMBA DE CANALES	40	178		
1	ESCARIFICACION	122	587		
1	LIMPIA DE CANALES (1 JORNAL)	100	100		
1	RIEGO DE ASIENTO	110	110		
	<u>LABORES DE SIEMBRA:</u>			<u>2618</u>	<u>300</u>
1	SEMILLA (1)	2300	230		<u>6</u>
	SIEMBRA	184	572		
	TRATAMIENTO (2)	110	110		
	MANIOBRAS (3)	24	24		
1	SEMILLA (1)	2300	230		
	<u>LABORES DE FERTILIZACION:</u>			<u>3786</u>	<u>413</u>
	FERTILIZANTES (4)	3317	331		<u>4</u>
2	APLICACIONES	388	736		
	MANIOBRAS	81	81		
	<u>LABORES DE CULTIVO:</u>			<u>747</u>	<u>1321</u>
1	CULTIVO	148	1		
1	ABIERTA DE SURCOS	98	1		
1	CANALIZACION	61	1		
4	RIEGOS DE AUXILIO	440	4		
	<u>CONTROL DE PLAGAS:</u>			<u>526</u>	<u>806</u>
					134

	INSECTICIDAS (5)	356	356		
2	APLICACIONES	150	430		
	MANIOBRAS (0.10 JORN. POR HA.)	20	20		
	<u>LABORES DE COSECHA:</u>			<u>2478</u>	<u>2616</u>
	TRILLA	750	750		
	FLETES	1018	1018		
	TUMBA DE CANALES	40	178		
	SECADO	670	670		
	<u>GASTOS DIVERSOS:</u>			<u>4136</u>	<u>4136</u>
	SEGURO AGRICOLA	294	294		
	CUOTA DE AGUA	839	839		
	GASTOS DE ADMON. (6)	720	720		
	INTERESES S/ INVERSION (7)	1232	123		
	CUOTAS DIVERSAS (8)	243	243		
	IMPUESTO PREDIAL	223	223		
	IMPUESTOS DIVERSOS (9)	585	585		
				<u>MAQ.</u>	
				<u>PROPIA</u>	<u>MAQUILA</u>
	COSTO TOTAL X HA.: (SIN RENTA DE TIERRA)			15938	20701
	COSTO POR TONELADA:			1643	2134
	COSTO TOTAL X HA.: (CON RENTA DE TIERRA)			22688	27451
	COSTO POR TONELADA:			2339	2830

Fuente: Depto. de Estudios Económicos y Estadísticas. AARFS. Septiembre 2007.

Anexo 7. Resultados del paquete econométrico JMP

Response
LOGRENDIM
Whole Model
Actual by Predicted Plot



“Esta gráfica nos muestra, salvo unos casos, que el ajuste de los

datos es bueno”. Summary of Fit

RSquare	0.565138
RSquare Adj	0.542007
Root Mean Square Error	0.087379
Mean of Response	2.332643
Observations (or Sum Wgts)	100

Analysis of Variance

Source	D	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	0.9327157	0.186543	24.4321
Error	94	0.7177043	0.007635	Prob > F
C. Total	99	1.6504200		<.0001

Lack Of Fit

Source	D F	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	50	0.44942032	0.008988	1.4741
Pure Error	44	0.26828396	0.006097	Prob > F
Total Error	94	0.71770428		0.0960

Max RS
0.8374

Parameter Estimates

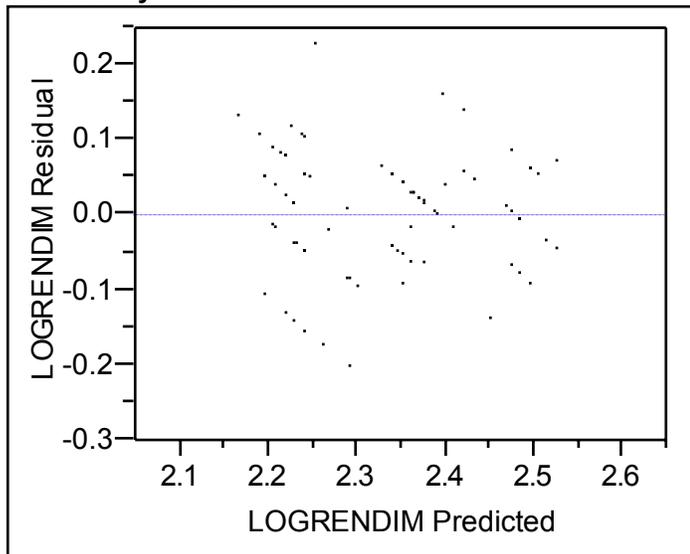
Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-1.573577	0.856043	-1.84	0.0692
LOGNITRO	0.4472745	0.156328	2.86	0.0052
LOGFOSFORO	0.2818127	0.036091	7.81	<.0001
LOGDIMETOATO	0.030587	0.042313	0.72	0.4716
LOGMETAMIDOFO	0.0820889	0.05196	1.58	0.1175
S				
LOGGLIFOSATO	0.0382691	0.053835	0.71	0.4789

“Que ln(intercepto) sea negativo dice que el antlog = $e(-1.5735) = .2073$ lo cual significa que si no hay insumos la producción es pequeña”.

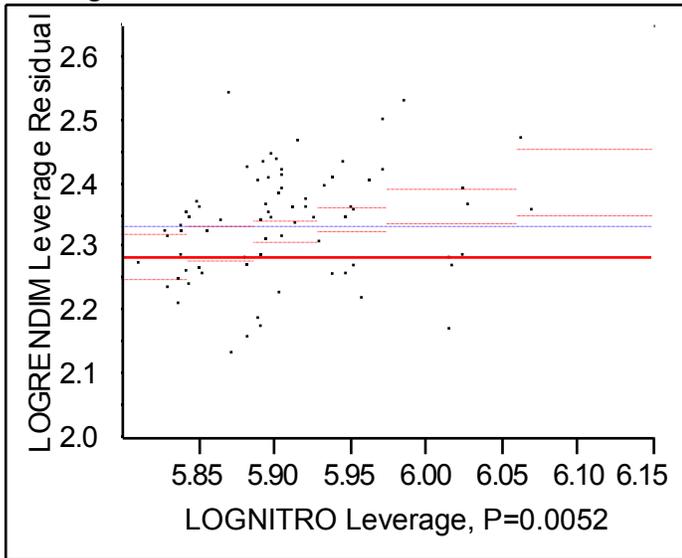
Effect Tests

Source	Np a	D F	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
LOGNITRO	1	1	0.06250190	8.1861	0.0052
LOGFOSFORO	1	1	0.46551371	60.9698	<.0001
LOGDIMETOATO	1	1	0.00398966	0.5225	0.4716
LOGMETAMIDOFO	1	1	0.01905664	2.4959	0.1175
S					
LOGGLIFOSATO	1	1	0.00385822	0.5053	0.4789

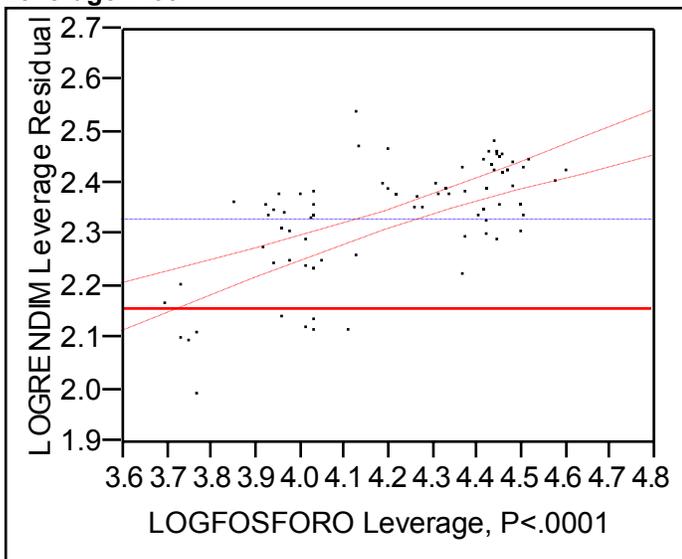
Residual by Predicted Plot



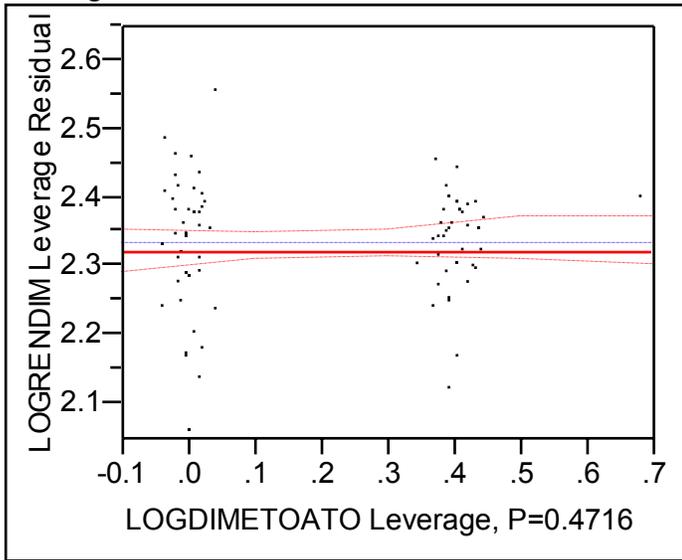
LOGNITRO
Leverage Plot



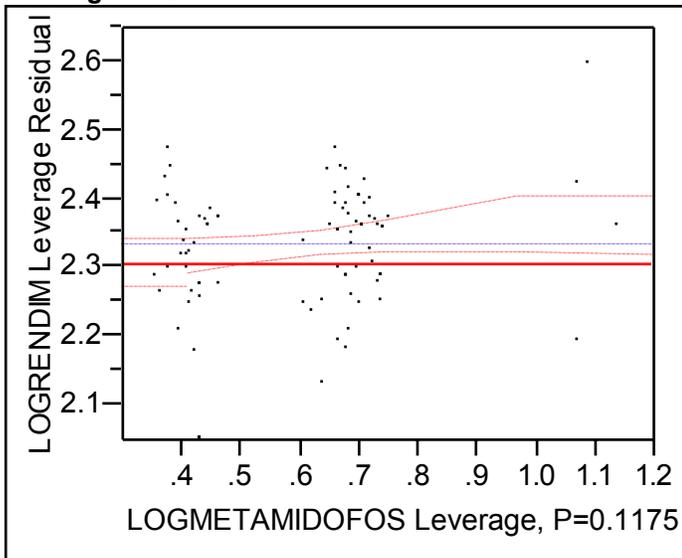
LOGFOSFORO
Leverage Plot



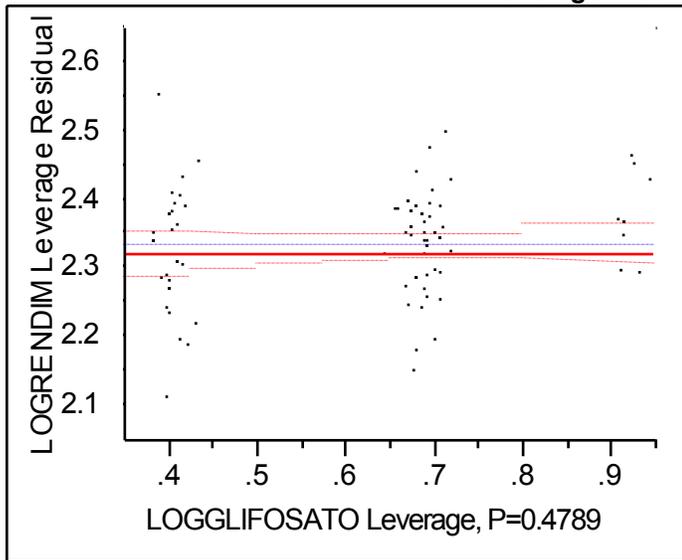
LOGDIMETOATO
Leverage Plot



LOGMETAMIDOFOS
Leverage Plot



**LOGGLIFOSATO
Leverage Plot**



“Para los tres plaguicidas todo indica que se usan dos niveles, bajo y alto”.

Correlation of Estimates

Corr	Intercept	LOGNITRO	LOGFOSFORO	LOGDIMETOATO	LOGMETAMIDOFOS	LOGGLIFOSATO
Intercept	1.0000	-0.986	0.3443	0.0636	0.0867	-0.046
LOGNITRO	-0.986	1.0000	-0.489	-0.074	-0.14	0.0157
LOGFOSFORO	0.3443	-0.489	1.0000	0.0422	0.1680	-0.037
LOGDIMETOATO	0.0636	-0.074	0.0422	1.0000	0.0396	-0.065
LOGMETAMIDOFOS	0.0867	-0.14	0.1680	0.0396	1.0000	-0.065
LOGGLIFOSATO	-0.046	0.0157	-0.037	-0.065	-0.065	1.0000

Durbin-Watson

Durbin-Watson	Number of Obs.	AutoCorrelation
1.8994441	100	0.0416