



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**ANÁLISIS DE LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS DE LA
ACTIVIDAD AGRÍCOLA CON AGUAS RESIDUALES EN
IXMIQUILPAN, HIDALGO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

ERIK RIOFRIO CORREA

Enero de 2014

Chapingo, Texcoco, Estado de México



**ANÁLISIS DE LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS DE LA
ACTIVIDAD AGRÍCOLA CON AGUAS RESIDUALES EN
IXMIQUILPAN, HIDALGO**

Tesis realizada por el Lic. Erik Riofrio Correa bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

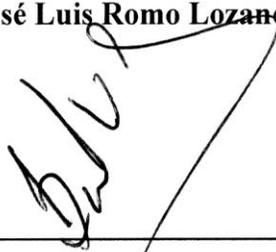
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

Director:



Dr. José Luis Romo Lozano

Codirector:



Dr. Saúl Ugalde Lezama

Asesor:



Dra. Amparo Borja de la Rosa

DEDICATORIA

Como dijo el físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés

Isaac Newton (1643-1727)

“Lo que sabemos es una gota, lo que ignoramos un inmenso océano. La admirable disposición y armonía del universo, no ha podido sino salir del plan de un ser omnisciente y omnipotente”

A ese ser dedico el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que me facilitó el financiamiento para realizar mi maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo por permitirme realizar mi maestría.

Agradezco enormemente a mi director, Dr. José Luis Romo Lozano quien además de guiarme en forma constante en el proceso de investigación desde el plano teórico y metodológico, me incentivó en los caminos de la investigación.

A todos los profesores de la Maestría en Ciencias Forestales y de la División de Ciencias Económico-Administrativas que me brindaron las herramientas necesarias para mi investigación.

A la población de los ejidos de El Maye, Panales y Dios Padre por su amabilidad y trato que hicieron posible la obtención de datos.

Finalmente, quisiera agradecer muy especialmente a mis padres Luis y Abigail, a mis hermanos Liz, Luis y Josue por su apoyo constante y a mis amigos que acompañaron directa o indirectamente este recorrido, que escucharon, comentaron, y alentaron la culminación de esta tesis.

¡Muchas gracias!

DATOS BIOGRÁFICOS

Erik Riofrio Correa nació el 2 de junio de 1985 en Santa María Amealco, municipio de Chapantongo, Hidalgo. Realizó sus estudios de nivel básico primaria y Telesecundaria en la misma localidad en que nació, los estudios medio superior los llevó a cabo en el Colegio de Bachilleres del municipio de Nopala de Villagrán, Hidalgo, en donde obtuvo el título de Técnico en Informática; los estudios de nivel superior los realizó en la Universidad Autónoma Chapingo, México, obteniendo el título de Licenciado en Economía Agrícola (Periodo 2005 a 2010). Finalmente en el periodo 2011 a 2013, cursó la Maestría en Ciencias Forestales, en la Universidad Autónoma Chapingo, México.

Desde enero de 2011 a mayo de 2011, trabajó como prestador de servicios profesionales con distintos grupos de productores del municipio de Texcoco, estado de México cuya función fue la formulación de proyectos y formación de cooperativas en los ejidos para acceder a programas gubernamentales.

**ANÁLISIS DE EXTERNALIDADES NEGATIVAS DE LA ACTIVIDAD
AGRÍCOLA CON AGUAS RESIDUALES EN IXMIQUILPAN, HIDALGO**
**NEGATIVE EXTERNALITIES ANALYSIS OF AGRICULTURAL ACTIVITY
WITH WASTEWATER IN IXMIQUILPAN, HIDALGO**

RESUMEN

Unas de las principales zonas de descarga de aguas residuales en México, son los distritos de riego 03 y 100 en el estado de Hidalgo, donde comúnmente estas aguas son empleadas en actividades agrícolas, como el cultivo de granos, cereales, hortalizas, entre otras. En el presente trabajo se identificaron y exploraron algunos costos externos implicados en el riego con aguas residuales no tratadas en una región del distrito de riego No. 100 mediante la identificación de enfermedades asociadas a metales pesados y otros patógenos presentes. También se caracterizó la producción de calabaza y lechuga para comparar el costo de producción con agua residual tratada. Se encontró una excesiva concentración de metales como Plomo y Níquel en los tejidos vegetales de ambos cultivos, el costo de evitar externalidades negativas por la vía de utilizar agua residual tratada fue de \$19,762.3 pesos para calabaza y \$21,600.00 pesos para lechuga por hectárea cultivada.

Palabras clave: aguas residuales, costos externos, metales pesados, calabaza, lechuga.

ABSTRACT

Two of the main areas of wastewater discharge in Mexico, are the irrigation districts 03 and 100 in the state of Hidalgo, where these waters are commonly employed in agricultural activities such as the cultivation of grains, cereals, vegetables, among others. In this paper, some external costs involved in irrigation with untreated wastewater in a region of the irrigation district No. 100 by identifying associated with heavy metals and other disease pathogens were identified and explored. Pumpkin and lettuce production was also characterized to compare the cost of production with treated wastewater. Excessive concentration of metals like Lead and Nickel in plant tissues of both crops was found, the cost of avoiding negative externalities by means of using treated wastewater was of \$ 19,762.3 pesos per pumpkin and \$ 21,600.00 pesos per lettuce per hectare.

Keywords: wastewater, external costs, heavy metals, pumpkin, lettuce.

TABLA DE CONTENIDO
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN 1

1.1 PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 <i>Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
1.3.2 <i>Objetivo particular.....</i>	<i>5</i>
1.4 HIPOTESIS.....	5

CAPITULO II. LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO6

2.1 MACROLOCALIZACIÓN	6
2.2 MICROLOCALIZACIÓN	7
2.3 OROGRAFÍA	8
2.4 HIDROGRAFÍA	8
2.4.1 <i>Rio tula</i>	<i>9</i>
2.5 CLIMA.....	9
2.6 FLORA.....	10
2.7 FAUNA.....	10
2.8 CLASIFICACIÓN Y USO DEL SUELO.....	10
2.9 GRUPOS ÉTNICOS.....	10
2.10 EDUCACIÓN	11
2.11 SALUD	11
2.12 SERVICIOS BÁSICOS	12
2.13 MEDIOS DE COMUNICACIÓN.....	12
2.14 ACTIVIDAD AGRÍCOLA	12
2.14.1 <i>Participación en la oferta nacional de Calabaza y Lechuga.....</i>	<i>15</i>
2.14.2 <i>Agricultura de riego</i>	<i>16</i>
2.14.3 <i>Distribución agrícola en el área de estudio</i>	<i>17</i>
2.15 GANADERÍA	18
2.16 PESCA.....	19
2.17 INDUSTRIA Y COMERCIO.....	19

CAPITULO III REVISION DE LITERATURA 19

3.1 EL AGUA EN EL MUNDO	19
3.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA EN MÉXICO.....	22
3.3 AGUAS RESIDUALES.....	30
3.4 AGUAS RESIDUALES EN MÉXICO	37
3.5 USO DE AGUAS RESIDUALES EN EL VALLE DEL MEZQUITAL.....	39
3.6 ESCENARIO EPIDEMIOLÓGICO DEL USO DE AGUAS RESIDUALES EN LA AGRICULTURA.....	41
3.7 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE CULTIVOS EN AGUAS RESIDUALES.....	45

CAPITULO IV. MARCO TEORICO 48

4.1 ECONOMÍA AMBIENTAL	48
4.2 ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	49
4.3 BIENES PÚBLICOS Y BIENES PRIVADOS	51
4.4 EXTERNALIDADES	51
4.5 MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA	56
4.5.1 <i>Método de valoración contingente</i>	<i>56</i>
4.5.2 <i>Método del costo de viaje</i>	<i>57</i>
4.5.3 <i>Método de las variables hedónicas.....</i>	<i>58</i>
4.5.4 <i>Método de los costos evitados o inducidos.....</i>	<i>59</i>
4.6 RELACIÓN BENEFICIO COSTO	61
4.7 MÉTODO DE MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO.....	63

CAPÍTULO V. MATERIALES Y MÉTODOS 64

5.1 MATERIALES	64
5.2 METODOLOGÍA.....	65
5.3 EVALUACIÓN DE COSTOS	66
5.3.1 <i>Tamaño de muestra</i>	<i>66</i>
5.4 EFECTOS EN LA SALUD POR CULTIVOS CONTAMINADOS.....	68

CAPITULO VI. RESULTADOS 69

6.1 IDENTIFICACIÓN DE EXTERNALIDADES	69
6.2 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN CON AGUAS RESIDUALES	70
6.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN CON AGUA TRATADA	76
6.4 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN CALABAZA Y LECHUGA	80
6.4.1 <i>Cultivo de Calabaza</i>	<i>80</i>
6.4.2 <i>Cultivo de Lechuga.....</i>	<i>83</i>
6.5 FRECUENCIA DE ENFERMEDADES ASOCIADAS A METALES PESADOS.....	85
6.5.1 <i>Enfermedad Renal Crónica</i>	<i>86</i>
6.5.2 <i>Tratamientos y costos promedio.....</i>	<i>88</i>
6.5.3 <i>Enfermedades Pulmonares</i>	<i>89</i>
6.6 ENFERMEDADES ASOCIADAS A OTROS PATÓGENOS PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES	91
6.6.1 <i>Costo de tratamiento de enfermedades asociadas con aguas residuales</i>	<i>94</i>
6.7 PONDERACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES	96

CAPITULO VII. CONCLUSIONES 98

CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES 99

CAPITULO VIII. LITERATURA CITADA 101

CAPITULO IX. ANEXOS 108

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. SUPERFICIES SEMBRADA Y COSECHADA POR TIPO DE CULTIVO, SEGÚN DISPONIBILIDAD DE AGUA, PARA EL MUNICIPIO DE IXMIQUILPAN HGO. AÑO AGRÍCOLA 2011.....	13
CUADRO 2. VOLUMEN Y VALOR DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA POR TIPO DE CULTIVO SEGÚN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA IXMIQUILPAN HGO. AÑO AGRÍCOLA 2011.....	14
CUADRO 3. RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y VALOR DE LA PRODUCCIÓN EN IXMIQUILPAN HIDALGO PARA EL AÑO 2009.....	15
CUADRO 4. UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON SUPERFICIE DE RIEGO SEGÚN FUENTE DEL AGUA UTILIZADA PARA IRRIGACIÓN DE LOS CULTIVOS IXMIQUILPAN HGO.....	16
CUADRO 5. UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON SUPERFICIE DE RIEGO SEGÚN CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA, PARA IXMIQUILPAN HIDALGO.....	17
CUADRO 6. DISTRIBUCIÓN AGRÍCOLA DE LOS NÚCLEOS AGRARIOS.....	18
CUADRO 7. REGIONES HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVAS (RHA 'S) DE MÉXICO...	24
CUADRO 8. USOS CONSUNTIVOS AGRUPADOS, SEGÚN ORIGEN DEL TIPO DE FUENTE DE EXTRACCIÓN, 2009.....	28
CUADRO 9. CIUDADES CON GRANDES SUPERFICIES AGRÍCOLAS IRRIGADAS CON AGUAS RESIDUALES.....	35
CUADRO 10. COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL.....	37
CUADRO 11. NUMERO DE ORGANISMOS TÍPICOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS RESIDUALES.....	41
CUADRO 12. ENFERMEDADES ASOCIADAS A ORGANISMOS CONTENIDOS EN AGUA RESIDUAL.....	42
CUADRO 13. ENFERMEDADES ASOCIADAS A PLOMO, NÍQUEL, CADMIO, CROMO, MOLIBDENO Y COBALTO.....	44
CUADRO 14. TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO.....	67
CUADRO 15. DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES DEL CULTIVO DE CALABAZA	71
CUADRO 16. DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES DEL CULTIVO DE CALABAZA	72

CUADRO 17. COSTOS DE PRODUCCIÓN PROMEDIO DEL CULTIVO DE CALABAZA (\$/HA), CON AGUAS RESIDUALES.....	73
CUADRO 18. COSTOS DE PRODUCCIÓN PROMEDIO DEL CULTIVO DE LECHUGA EN LOS DIFERENTES SITIOS DE MUESTREO (\$/HA), CON AGUAS RESIDUALES.....	74
CUADRO 19. ESTIMACIÓN DE GANACIAS.....	76
CUADRO 20. COSTO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	77
CUADRO 21. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA CON AGUA TRATADA PARA EL CULTIVO DE CALABAZA.....	78
CUADRO 22. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA CON AGUA TRATADA PARA EL CULTIVO DE LECHUGA.....	78
CUADRO. 23. GANANCIAS EN LOS CULTIVOS BAJO EL ESCENARIO DE PRODUCCIÓN CON AGUA TRATADA.....	79
CUADRO 24. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN TEJIDO VEGETAL, CALABAZA.....	82
CUADRO 25. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN TEJIDO VEGETAL, LECHUGA.....	84
CUADRO 26. CASOS DE ENFERMEDADES ASOCIADAS A METALES PESADOS EN EL ESTADO DE HIDALGO, 2011.....	86
CUADRO 27. ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN EL ESTADO DE HIDALGO, 2010.....	88
CUADRO 28. COSTO PROMEDIO POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA.....	88
CUADRO 29. COSTO ANUAL POR ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA PARA EL ESTADO DE HIDALGO, 2010.....	89
CUADRO 30. CONSULTAS Y DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES PULMONARES, HIDALGO, 2009.....	90
CUADRO 31. COSTO ANUAL DE DOS ENFERMEDADES PULMONARES PARA EL ESTADO DE HIDALGO, 2009.....	91
CUADRO 32. CASOS DE ENFERMEDAD PARA LA SEMANA 1 A 52 DEL 2012, EN LA UNIDAD 1001 IXMIQUILPAN, HGO. SSA.....	92
CUADRO 33 .CASOS DE ENFERMEDAD PARA LA SEMANA 1 A 35 DEL 2013, EN LA UNIDAD 1001 IXMIQUILPAN, HGO. SSA.....	93

CUADRO 34. COSTO DE TRATAMIENTO DE SÍNTOMAS ASOCIADOS AL CONTACTO CON AGUAS RESIDUALES.94

CUADRO 35. COSTO ANUAL POR ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS (EDA'S) EN EL MUNICIPIO DE IXMIQUILPAN, HIDALGO.95

CUADRO 36. COSTOS EXTERNOS POR HECTÁREA Y POR TONELADA.....95

CUADRO 37. COSTO POR HA DE EVITAR LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS DEL CULTIVO DE CALABACITA Y LECHUGA.96

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE IXMIQUILPAN, HIDALGO.....	6
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES PROGRESO, LA REFORMA Y EL MAYE	7
FIGURA 3. DISPONIBILIDAD PROMEDIO DE AGUA EN DIVERSOS PAÍSES (M ³ /HABITANTE/AÑO).....	20
FIGURA 4. PRINCIPALES RÍOS Y CUENCAS DE MÉXICO.....	23
FIGURA 5. MAPA DE LAS REGIONES HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVAS DE MÉXICO.....	25
FIGURA 6. VALORES MEDIOS ANUALES DE LOS COMPONENTES DEL CICLO HIDROLÓGICO DE MÉXICO (MILES DE MILLONES DE METROS CÚBICOS, KM ³)..	26
FIGURA 7. EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN CONCESIONADO PARA USOS CONSUNTIVOS POR TIPO DE FUENTE, 2001-2009	28
FIGURA 8. USO CONSUNTIVO POR RUBRO, 2009.	30
FIGURA 9. PRODUCCIÓN, RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL EN DIVERSOS PAÍSES PARA EL AÑO 2007 (KM ³ / AÑO).....	32
FIGURA 10. DIFERENCIAS ENTRE COSTO MARGINAL SOCIAL Y EL COSTO MARGINAL PRIVADO.....	53
FIGURA 11. EFECTOS DE EXTERNALIDADES POSITIVAS Y NEGATIVOS SOBRE LOS COSTOS MARGINALES SOCIALES Y PRIVADOS.....	55
FIGURA 12. IDENTIFICACIÓN DE EXTERNALIDADES.....	69
FIGURA 13. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AMBOS CULTIVOS, UTILIZANDO AGUAS RESIDUALES.	75
FIGURA 14 EFECTOS EN LOS COTOS AL CONSIDERAR EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL PARA A PRODUCCIÓN DE AMBOS CULTIVOS.....	79
FIGURA 15. GANANCIA COMPARATIVA DE PRODUCCIÓN CON AGUA RESIDUAL NO TRATADA Y AGUA RESIDUA TRATADA.....	80
FIGURA 16. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN TEJIDO VEGETAL CALABAZA.....	85
FIGURA 17. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN TEJIDO VEGETAL LECHUGA.....	85
FIGURA 18. CASOS DE INCIDENCIA DE ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA, 2010.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS USADAS

FAO:	Organización de las naciones unidas
FIRA:	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
CNA:	Comisión nacional del agua
EDA:	Enfermedad Diarreica aguda
EPOC:	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
ERC:	Enfermedad renal crónica
INEGI:	Instituto nacional de estadística y geografía
ISSSTE:	Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores del estado
IMSS:	Instituto mexicano del seguro social
SSAH:	Secretaria de salubridad y asistencia del estado de Hidalgo
RHA:	Regiones Hidrológico-Administrativa
DBO:	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
WHO:	Organización mundial de la salud
UNICEF:	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
COD:	Carbono orgánico disuelto
CMgP:	Costo marginal privado
CMgS:	Costo marginal social
MVC:	Método de valoración contingente
DAA:	Disposición a aceptar

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua en el mundo es limitada, sólo el 2.5% es agua dulce de esta solamente el 30% está disponible para el consumo humano (CNA, 2011), de la cual se emplea aproximadamente un 70% en actividades agrícolas (FAO. Aquastat, 2010; Auge, 2007). Ante la gran demanda de este recurso en la agricultura y la creciente escasez, el aprovechamiento de las aguas residuales ha sido una opción implementada desde hace unos 200 años (Millares de Imperial, 2003). Países como China y México están caracterizados por producir el mayor volumen de aguas residuales, para el caso de México el volumen de agua residual no tratada empleado en la agricultura es de alrededor de 4.33 km³ por año mientras que el volumen de agua residual tratada empleada en la agricultura es de 1.16 km³ al año (FAO, 2013). El principal origen de agua residual es la zona urbana de la ciudad de México, siendo Hidalgo el estado con la mayor superficie irrigada con estas aguas, aproximadamente 90 000 hectáreas seguido de Michoacán con 52 205 hectáreas de riego (FIRA, 1998).

Las zonas de riego se orientan en una mayor proporción a granos (58%) y en menor proporción a oleaginosas (10%), forrajes (9%), frutales (12%), hortalizas y cultivos industriales (14%) (*ibid*), unas de las regiones más destacadas por el uso de aguas residuales en la agricultura son los distritos de riego No. 03 y No. 100 ubicados en el Valle del Mezquital, Hidalgo, dichos distritos de riego han sido receptores de aguas residuales desde 1912 (Siebe y Cifuentes, 1995), con superficies de 45 215 hectáreas de riego en el distrito No. 03 y 33 604 hectáreas para el distrito No. 100 respectivamente (López, 2004). Los principales cultivos de estas zonas son maíz, alfalfa, cereales y

hortalizas, mismos que presentan un índice de contaminación por sustancias tóxicas como metales pesados transferidos principalmente por el uso de aguas residuales (Acosta, 2007).

En el presente estudio se busca caracterizar y analizar desde el enfoque económico los impactos positivos y negativos que se presentan en la actividad agrícola por el uso de aguas residuales en dos cultivos de importancia alimenticia *Lactuca sativa* y *Cucúrbita pepo*, en una región de Ixmiquilpan, Hidalgo perteneciente al distrito de riego No. 100.

1.1 Problemática

El valle del Mezquital es una de las regiones áridas de la república mexicana, la escasa precipitación y disponibilidad de agua genera la necesidad del uso de aguas residuales, principalmente en actividades agrícolas (Peña, 1997). Es considerada una de las regiones con mayor descarga de aguas residuales no tratadas desde 1912 (Siebe y Cifuentes, 1995). Debido al alto contenido de materia orgánica que acarrearán, han sido especialmente valoradas por los agricultores ya que mejora la calidad del suelo por su carga de nutrientes, lo que permite aumentar la productividad (SARH, 1994; CNA, 1995). Algunas posibilidades que ofrece la utilización de aguas residuales en el riego de los cultivos son: aumento del 20% de productos agrícolas frescos, ahorro del 10% de fertilizante y disminuye al 60% los gastos por concepto de transportación y otros insumos (Pérez y Hernández, 2007), sin embargo el uso de este recurso en la agricultura también ofrece desventajas como: la contaminación microbiológica de los productos, la bioacumulación de elementos tóxicos, la salinación e impermeabilización del suelo y el

desbalance de nutrientes en el suelo (Moscoso, 1995), es posible encontrar gran variedad de patógenos como bacterias, protozoos, helmintos, hongos y levaduras capaces de sobrevivir por periodos largos en el suelo o en las plantas (Marzochi, 1970), igualmente diversos metales pesados incluyendo Zn, Cu, Pb, Mn, Ni, Cr, Cd, dependiendo el tipo de actividades asociadas, la irrigación continua de tierras agrícolas con aguas residuales y las aguas residuales industriales pueden ser causa de la acumulación de metales pesados en el suelo y hortalizas (Singh *et al.*, 2004; Sharma *et al.*, 2007; Marshall *et al.*, 2007).

El uso de aguas residuales presenta riesgos toxicológicos a la salud, debido a la naturaleza de los compuestos químicos, siendo los productos agropecuarios los más expuestos (Esparza, 1998), el consumo de alimentos irrigados con aguas residuales generalmente tienen impactos en la salud manifestados en su mayoría en enfermedades diarreicas agudas (EDA's) entre la población expuesta (Cifuentes *et al.*, 1993).

1.2 Justificación

El uso de aguas residuales trae consigo además de oportunidades como incremento de la productividad en las actividades agrícolas problemas de contaminación por sustancias tóxicas (Chen *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2004).

Estos impactos se pueden minimizar implementando buenas prácticas de manejo (WHO, 2006). Uno de los países que ha sabido aprovechar al máximo sus aguas residuales es Israel, su objetivo primordial del tratamiento de aguas residuales no solamente tiene como fin proteger la salud pública, sino además se propone como objetivo la protección del ambiente y el reciclaje de las aguas residuales en la agricultura (Quipuzco, 2004).

La importancia de conocer y valorar la magnitud de los impactos positivos y negativos por el uso de este recurso, permite a los productores, consumidores, población en general y a los hacedores de política ambiental, tomar decisiones a fin de disminuir y/o eliminar los efectos negativos y maximizar aquellos que representan un beneficio a fin de estimular el desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un análisis económico de las externalidades negativas en la actividad agrícola con aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo

1.3.2 Objetivo particular

- Identificar las externalidades positivas y negativas del Rio Tula en el área de estudio
- Explorar el valor económico de algunas externalidades
- Estimar los costos en la producción agrícola con aguas tratadas y diferenciarlos de los costos con aguas residuales sin tratar.

1.4 Hipótesis

- La consideración de los costos externos derivados del cultivo con aguas residuales, afecta de manera sustancial los montos de las ganancias obtenidas y pudiera no justificar su ocurrencia en los campos agrícolas cultivados en Ixmiquilpan, Hidalgo.

CAPITULO II. LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Macrolocalización

Ixmiquilpan es uno de los 84 municipios del estado de Hidalgo, entre las coordenadas: 20°28'55"N, 99°13'05"O y una Altitud 2660 msnm el municipio, predominantemente llano y de colinas bajas, aunque con un 30% de su territorio enclavado en la Sierra Madre Oriental. Está enclavado en la región natural del Pánuco, dentro de la cuenca del río Moctezuma. Limita al norte con los municipios de Zimapán y Nicolás Flores, al este con Cardonal, al oeste con Tasquillo y Alfajayucan, al sur con Chilcuautla, San Salvador y Santiago Anaya (INEGI, 2006).



Figura 1. Mapa de Ixmiquilpan, Hidalgo

Fuente: <http://portalesmunicipales.campohidalguense.gob.mx/ixmiquilpan/>

2.2 Microlocalización

El área corresponde a tres comunidades pertenecientes al municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, las cuales son: La Reforma, localizada en las coordenadas $20^{\circ} 28' 28''$ latitud Norte y $99^{\circ} 13' 52''$ longitud oeste, a una altitud de 1780 msnm, la comunidad de El Maye localizada entre las coordenadas $20^{\circ} 27' 50''$ latitud norte y $99^{\circ} 13' 21''$ longitud oeste a una altitud de 1780 msnm y la comunidad de Barrio el progreso entre las coordenadas $20^{\circ} 29' 21''$ latitud norte, $99^{\circ} 13' 35''$ longitud oeste y una altitud de 1780 msnm, (INEGI, 2013).

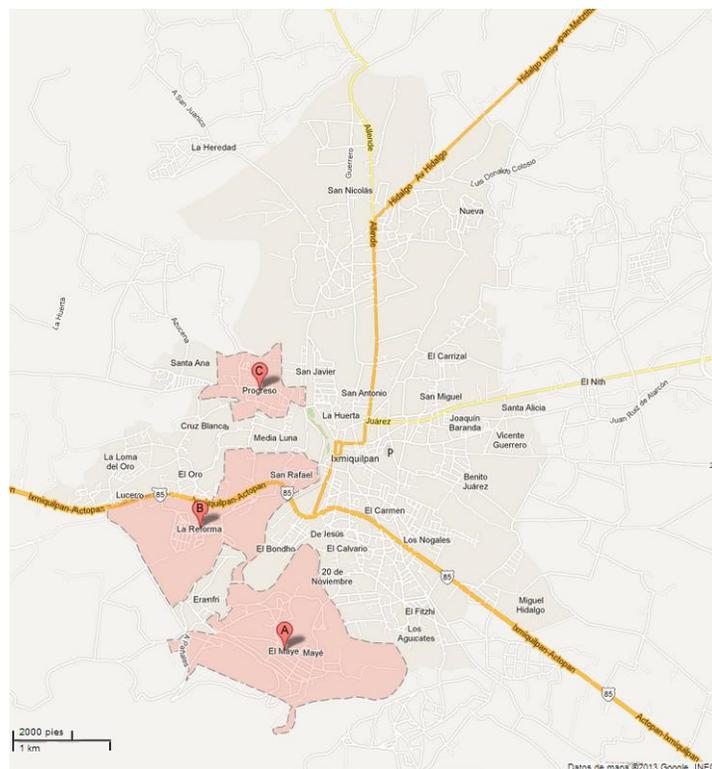


Figura 2. Localización de las comunidades Progreso, La Reforma y El Maye

Fuente: <https://maps.google.com.mx/?hl=es>

Dichas comunidades presentan un clima seco semicalido, la temperatura promedio para los meses de diciembre y enero que son los más fríos del año oscila entre los 14.5°C y durante los meses de mayo y junio que son las temperaturas más altas, en promedio de 21.4°C.

Los suelos de estas comunidades son: Vertizol y Feozem como principales, Feozem y rendzina de manera secundaria y Litosol como suelo terciario.

La superficie territorial de dicha área 21,783.36 kilómetros cuadrados, dichas comunidades pertenecen a los ejidos de Dios Padre con una superficie de 1547.292 Has, El Maye con una superficie de 626.688 Has y el ejido de Panales con 4.382 Has de superficie.

2.3 Orografía

Ixmiquilpan se encuentra localizado en el eje neovolcánico en un 70%, formado por llanuras y en menor proporción por lomeríos, el otro 30% se localiza en la Sierra Madre Oriental formada por sierra. Dentro de sus elevaciones principales se encuentran los cerros la Palma, Thito, la Muñeca, Xintza, Guadril, Temboo, Dexitzo (la Cruz) y Daxhie

2.4 Hidrografía

En lo que respecta a la hidrología del municipio, Ixmiquilpan se encuentra posicionado en la región del Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma, de la cual se derivan las subcuencas; del río Moctezuma, en la cual, el río Tula, río Actopan y el río Amajac, cubren 2.90%, 55.25%, 29.43% y 12.42% respectivamente.

2.4.1 Rio tula

El río Tula es una corriente de agua que corre por el estado de Hidalgo (centro de México). Toma su nombre de la ciudad de Tula de Allende, una de las principales poblaciones por las que atraviesa en su recorrido, cubre una superficie de 337.5 Km² y agrupa a 30 pétalos de captación. Aunque originalmente nacía en el Valle de Tula, desde la construcción del sistema de desagüe de la Cuenca de México que proviene de los túneles del drenaje profundo que desemboca a cielo abierto en Tequixquiac y continua su cauce por Apaxco, el río Tula recibe las aguas de los ríos del Valle de México que originalmente alimentaban a los lagos de Texcoco, Chalco, Xochimilco, Zumpango y Xaltocan, (Conagua, 2007).

2.5 Clima

El municipio presenta un clima semiseco templado en la mayor parte de la superficie municipal, que representa un 51.22%, además existe un clima seco semicálido en un 23.67% y templado subhúmedo con lluvias en verano de 21.58%. el restante tiene un clima semiseco-semicálido. La temperatura promedio para los meses de diciembre y enero que son los más fríos del año oscila entre los 14.5°C y durante los meses de mayo y junio que son las temperaturas más altas, registra un promedio de 21.4°C. La estación meteorológica de la ciudad de Ixmiquilpan tras 53 años de observación a estimado que la temperatura anual promedio en el municipio es de aproximadamente 18.5°C.

Con respecto a la precipitación anual en el municipio, el nivel promedio observado es de alrededor de los 363.8 mm. Según datos observados desde hace más de 50 años, siendo

los meses de junio y septiembre los de mayor precipitación y los de febrero y diciembre los de menor.

2.6 Flora

Este municipio dentro de sus recursos naturales con algunas especies como: pino, encino, sabino, pirul, mezquite, jacaranda y oyamel, así como árboles exóticos; aguacate, durazno, granada e higo, en su zona de bosque existe encino prieto, encino manzanilla y como matorral el garambullo, palma y nopal.

2.7 Fauna

La fauna perteneciente a éste municipio está compuesta de tejón, ardilla, tlacuache, onza, conejo, zorra, zorrillo, liebres, ratón de campo, serpientes y una gran variedad de insectos y reptiles.

2.8 Clasificación y Uso del Suelo

De acuerdo a la superficie que se utiliza para cada actividad su orden es el siguiente: pecuario en un 40%, 30% agrícola en donde cultiva maíz, frijol, alfalfa, diversas hortalizas y tomate rojo o jitomate entre otros; seguido por otros usos y finalmente el forestal.

2.9 Grupos Étnicos

Al año 2000 de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda del INEGI, el porcentaje de población de 5 años y más que habla lengua Indígena es del 44.6 %, con

respecto a la población total, las lenguas que más se practican son: Otomí, Náhuatl y Mixteco.

2.10 Educación

En el aspecto educativo, el municipio cuenta con educación preescolar, preescolar indígena, primaria, primaria indígena, capacitación para el trabajo, secundaria, bachillerato y superior.

En educación especial cuenta con un centro psicopedagógico, donde se atiende a niños con problemas de aprendizaje que cursen de segundo a sexto año.

La eficiencia terminal en los niveles de preescolar y primaria se dan en un promedio de 94.6 y 91.2 por ciento respectivamente, mientras que a nivel secundaria y bachillerato, solamente un 76.0% y 34.2% respectivamente.

Con relación a su infraestructura este municipio cuenta con 211 planteles, 3 bibliotecas, 42 laboratorios, 68 talleres y 724 anexos que comprenden dirección, cooperativas, bodegas, áreas administrativas, Intendencia, pórticos, etc.

2.11 Salud

El número de unidades médicas que se registran en el municipio de Ixmiquilpan son veintiuno; de las cuáles una pertenece al ISSSTE, cuatro al IMSS-SOL, quince a la SSAH y una a la CRM; cuenta además con quince casas auxiliares de salud.

2.12 Servicios Básicos

Este municipio presenta una buena disponibilidad de servicios sobre todo en agua potable y electricidad, en donde registra una cobertura por arriba del 88%, sin embargo, el servicio de drenaje es muy escaso; solamente se da en un 40%.

2.13 Medios de Comunicación

En cuanto a medios de comunicación existen 39 localidades que disfrutan de servicio telefónico, una oficina de telégrafos, cuarenta oficinas postales, señal de radio y televisión así como periódicos provenientes de la capital del Estado y de la ciudad de México.

2.14 Actividad agrícola

La agricultura en el municipio de Ixmiquilpan, se divide en riego y temporal, con un total de 6 804 unidades de producción con superficie agrícola, 5 308 de riego y 2230 de temporal, las cuales ocupan una superficie de 8 322 Ha. de riego y 3151 Ha de temporal. El régimen de tenencia de la tierra es principalmente propiedad privada con 18 492.04 Has, comunal 6 889.28 Has, ejidal 3 847.52 y pública 78.42, (INEGI, 2010).

Se cuenta con dos ciclos de producción, primavera-verano y otoño-invierno, el tipo de tracción es mayoritariamente mecanizada, después combinada, mecánica y animal y en su minoría tracción animal.

En el municipio de Ixmiquilpan se reporta una superficie de 7.58 Has de agricultura protegida con 36 invernaderos que reportan ventas, (INEGI, 2010).

Los cultivos están en función principalmente con la disponibilidad de agua, para el año agrícola 2009 las superficies fueron las descritas a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1. Superficies sembrada y cosechada por tipo de cultivo, según disponibilidad de agua, para el municipio de Ixmiquilpan Hgo. Año agrícola 2011.

CULTIVO		SUPERFICIE SEMBRADA (Ha)			SUPERFICIE COSECHADA (Ha)		
		TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL
Maíz grano	<i>Zea mays</i>	5650	3150	2500	5650	3150	2500
Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>	172	172	0	172	172	0
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	391	391	0	391	391	0
Tomate verde	<i>Physalis ixocarpa</i>	497	497	0	497	497	0
Alfalfa verde	<i>Medicago sativa</i>	6950	6950	0	6950	6950	0

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Delegación en el Estado. Subdelegación Agropecuaria, 2012.

Cabe señalar que el principal objetivo de la producción agrícola es la venta, principalmente dentro de la región, el valor de la producción está dado de acuerdo a la cantidad ofertada en el mercado, el volumen y valor de la producción para el año 2011 se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Volumen y valor de la producción agrícola por tipo de cultivo según la disponibilidad de agua para Ixmiquilpan Hgo. Año agrícola 2011.

CULTIVO	VOLUMEN (Toneladas)			VALOR (Miles de pesos)			
	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	
Maíz grano	<i>Zea mays</i>	26739	25043	1750	66983	62608	4375
Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>	1720	1720	0	7568	7568	0
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	5004.8	5004.8	0	20019.2	20019.2	0
Tomate verde	<i>Physalis ixocarpa</i>	3731	3731	0	16450	16450	0
Alfalfa verde	<i>Medicago sativa</i>	753797	753797	0	131914	131914	0

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Delegación en el Estado. Subdelegación Agropecuaria.

Los rendimientos para estos cultivos en el ciclo 2011, para el estado de Hidalgo fueron los siguientes: para Maíz de grano 2.8 Ton/ha, Calabacita 10 Ton/ha, Lechuga 12.8 Ton/ha, Tomate verde 8.9 Ton/ha y Alfalfa verde 103.58 Ton/ha lo que indica que para este año Ixmiquilpan supero el rendimiento promedio estatal en los cultivos de Maíz de grano y Alfalfa verde lo que puede apreciarse en el cuadro siguiente.

Cuadro 3. Rendimiento de la producción agrícola y valor de la producción en Ixmiquilpan Hidalgo para el año 2009.

CULTIVO		Rendimiento (Ton/Ha)	Valor de la producción (\$/ton)
Maíz grano	<i>Zea mays</i>	4.732566372	2505.067504
Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>	10	4400
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	12.8	4000
Tomate verde	<i>Physalis ixocarpa</i>	7.507042254	4409.005629
Alfalfa verde	<i>Medicago sativa</i>	108.46	174.9993699

Fuente: Elaboración propia con datos de Anuario estadístico 2012, INEGI.

2.14.1 Participación en la oferta nacional de Calabaza y Lechuga

El estado de Hidalgo tiene una participación del 6% de la producción nacional de calabaza y un 1% en la producción nacional de lechuga, para el año 2011 se registró un volumen de 21 359.55 toneladas del cultivo de calabaza (Siacon, 2012), mientras que para lechuga fueron 5 152 toneladas (SIAP, 2013).

Cabe mencionar que de ese 6% de participación a nivel estado, aproximadamente el 50% es producida bajo condiciones de aguas residuales, lo que equivale a un 3% en la participación nacional en la producción de calabaza (Censo agropecuario, 2011).

Para el caso de lechuga se registró que el 97% de la producción del estado de Hidalgo se lleva a cabo en el municipio de Ixmiquilpan con una producción de 5004 toneladas para

el año 2012 y el otro 3% se cultivan en los municipios de Tizayuca y Tulancingo (SIAP, 2013).

2.14.2 Agricultura de riego

El municipio de Ixmiquilpan tiene registradas 5 308 unidades de producción de riego, equivalente a 8 322 hectáreas, las principales fuentes de agua utilizadas son bordos u hoyas, pozos profundos, pozos a cielo abierto, río, manantial, presa y otras, sin embargo la mayoría de las unidades de producción emplean agua proveniente de río un 36% y presa un 47% como se puede apreciar en el cuadro siguiente.

Cuadro 4. Unidades de producción con superficie de riego según fuente del agua utilizada para irrigación de los cultivos Ixmiquilpan Hgo.

UNIDADES DE PRODUCCIÓN	FUENTE DEL AGUA PARA RIEGO						
	BORDO U HOYA DE AGUA	POZO PROFUNDO	POZO A CIELO ABIERTO	RÍO	MANANTIAL	PRESA	OTRA
5 308	2	4	8	1 978	804	2 599	128
	0.02%	0.04%	0.50%	36%	15%	47%	2%

Fuente: INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.

Así mismo el riego de esta zona está directamente en función de la calidad de agua que se emplea, y son aguas negras, blancas y tratadas, la mayoría del riego se utiliza aguas blancas seguidas de las demás, como se observa en el cuadro 5.

Cuadro 5. Unidades de producción con superficie de riego según calidad del agua utilizada, para Ixmiquilpan Hidalgo.

UNIDADES DE PRODUCCIÓN	CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA PARA RIEGO			
	NEGRA	TRATADA	BLANCA	NO SABE
5 308	1 507	19	3 813	172
	28%	0%	69%	3%

Fuente: INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.

Los sistemas de riego que se encuentran utilizando son: canales recubiertos en 2047 unidades de producción, 4 313 canales de tierra, 15 aspersión, uno microaspersión, seis goteo y 42 otros. (INEGI, 2007).

2.14.2 Distribución agrícola en el área de estudio

El Cuadro 6 muestra la superficie total del área de estudio es de 2178.362 para los tres núcleos agrarios; Dios Padre, El Maye y Panales, en la cual se encuentran 254.381 hectáreas de área parcelada, 1826.719 hectáreas de uso común y 96.89 hectáreas de asentamiento humano, (PHINA, 2012).

Cuadro 6. Distribución agrícola de los núcleos agrarios

Nombre del núcleo agrario	Superficie total del ejido (hectáreas)	Superficie total de área de uso común (hectáreas)	Superficie total de área parcelada (hectáreas)	Superficie total de área de asentamiento humano (hectáreas)	Total de posibles sujetos de derecho parcelario	Total de posibles sujetos de derecho con solar	Total de posibles sujetos de derecho	Total de parcelas
Dios Padre	1547.292	1450.987	55.351	40.59	172	175	242	233
El maye	626.688	375.446	195.312	55.93	151	413	484	264
Panales	4.382	0.286	3.718	0.378	9	9	9	10
TOTAL	2178.362	1826.719	254.381	96.898	332	597	735	507

Fuente: Padrón e Historial de *Núcleos Agrarios (PHINA)*, 2012.

2.15 Ganadería

El municipio de Ixmiquilpan, Hgo., tiene una existencia de 11 884 cabezas de bovinos, 10 267 porcinos, 85 959 aves de corral, 55 040 ovinos, 11 773 caprinos, 30 unidades de producción de miel de abeja, 278 ganado caballar, 26 mular, 70 asnal y 258 conejos, se tiene un volumen de producción de 1 762 ton de carne de bovino, 508 ton de porcino, 838 ton de ovino, 243 ton de caprino, 949 de aves y 18 ton de carne de guajolote por año, (Censo agropecuario, 2007).

De igual forma el sistema de producción genera otros productos como leche, huevo, lana y miel, el volumen de producción anual de leche de bovino es de 12 883 miles de litros, 103 toneladas de huevo, 73 toneladas de lana sucia y dos toneladas de miel, (INEGI, 2009).

2.16 Pesca

En este aspecto en Ixmiquilpan el volumen que se puede capturar se obtiene principalmente de estanques, las especies manejadas son dos: Mojarra tilapia y Camarón, con una producción anual de 6 355 kg y 200 kg respectivamente, con un valor de \$ 200 442 pesos para mojarra y \$ 40 000 pesos para Camarón (INEGI, 2010).

2.17 Industria y Comercio

El municipio dentro de sus unidades de comercio registra siete tiendas DICONSA, una cámara u organismo, un tianguis, un mercado público, un rastro, y establecimientos de alimentos y bebidas.

CAPITULO III REVISION DE LITERATURA

3.1 El agua en el mundo

La mayor parte de la superficie del planeta está cubierta por agua, el agua promedio disponible es de aproximadamente 1386 millones de km³, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5% es agua dulce correspondiente a 35 millones de km³, de esta solamente el 30% está disponible para consumo humano (CNA, 2011). La cantidad de agua dulce es limitada, sin embargo los ciclos naturales han contribuido a cambios en su distribución, ciclos como: congelación y descongelación, fluctuaciones en la precipitación, los patrones de escorrentías y los niveles de evapotranspiración (UNESCO, 2010). La mayor concentración de agua dulce se encuentra en los casquetes

polares 1.9%, el resto se encuentra distribuido en las aguas continentales 0.5% subterránea, 0.02% superficial, 0.01% en el suelo y 0.001% atmosférica (Auge, 2007).

Se estima que alrededor 70% del uso del agua se emplea en actividades agrícolas (FAO. Aquastat, 2010; Auge, 2007). Alrededor de 20% se emplea en la industria, el equivalente de un consumo de 130 m³/persona/año (FAO. Aquastat, 2010). Mientras que el consumo humano un promedio de 6% (Auge, 2007). Otro tipo de usos considerados usos no-consuntivos debido a la difícil cuantificación del recurso ya que el agua es utilizada pero no es removida son: La generación de energía eléctrica, transporte, pesca, vida silvestre, recreación (Ministry of Supply and Services Canadá, 1993; Valls, 1980). y aceptación de recursos (Ministry of Supply and Services Canadá, 1993). La figura siguiente muestra la disponibilidad de agua en algunos países del mundo.

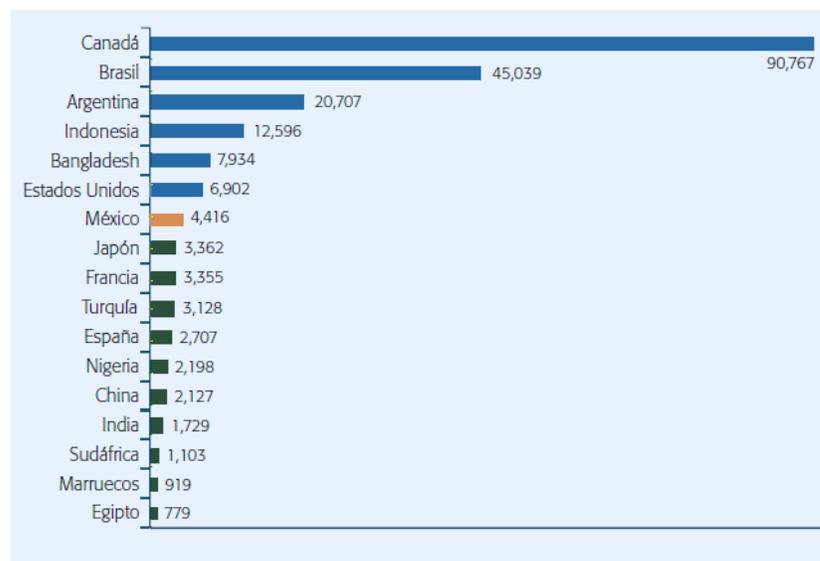


Figura 3. Disponibilidad promedio de agua en diversos países (m³/habitante/año).

Fuente: FAO. Information System on Water and Agriculture, Aquastat. Junio de 2007.

Existen disparidades entre las zonas urbanas y rurales en cuanto a la disponibilidad de agua para consumo humano, es decir agua potable, de acuerdo con Unicef, (2012) un 96 por ciento estimado de la población urbana alcanzó acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua en 2010, en comparación con 81 por ciento de la población rural. Esto significa que 653 millones de habitantes de zonas rurales carecían de fuentes de agua potable mejorada.

Del mismo modo, 80 por ciento de la población mundial población urbana tuvo conexiones de agua potable, en comparación con sólo el 29 por ciento de las personas en las zonas rurales (Unicef, 2012).

La disponibilidad de agua potable mejorada, es decir, aquellas que están protegidas contra la contaminación exterior, especialmente materia fecal, está relacionada con el nivel de desarrollo de cada país (CNA, 2011). Se estima que cuatro de cada 10 personas sin acceso a fuentes mejoradas de agua potable se encuentran en África subsahariana. Si bien la cobertura de fuentes mejoradas de agua potable de suministro es de 90 por ciento o más en América Latina y el Caribe, África del Norte y gran parte de Asia, que es sólo el 61 por ciento en el África subsahariana (Unicef, 2012).

El número de personas de las zonas rurales que utilizan agua de fuentes no mejoradas es cinco veces mayor que en las zonas urbanas. Ocho de cada 10 personas que viven en zonas urbanas tienen red de conexiones de agua en sus instalaciones, en comparación con sólo 3 de cada 10 personas en las zonas rurales (Ibíd.)

3.2 Disponibilidad de agua en México

México es un país que tiene una superficie territorial de 1 964 375 km², dividida en continental 1 959 248 km² e insular 5 127 km², se pueden encontrar alturas que van desde los cero a 5000 msnm, debido a que el clima se modifica con la altura ya que la temperatura disminuye 65 °C por cada 100 metros de altitud México cuenta con una longitud de línea costera de 11 122 km, 7828 km con el Océano Pacífico y 3 294 km con el Golfo de México y Mar Caribe (INEGI, 2008). Los ríos y arroyos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil kilómetros de longitud, por la longitud destacan los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta (CNA, 2012) las principales cuencas de México son: La cuenca del río Bravo con más de 457 mil km², 51% de su territorio se encuentra en Estados Unidos de Norteamérica y 49% en territorio mexicano, La Cuenca del río Colorado con un 99% en territorio de Estados Unidos de Norteamérica y sólo 1% en territorio mexicano (CEMDA, 2006). Ambas cuencas del río Bravo, Colorado y Tijuana se comparten conforme a lo indicado en el “Tratado de Aguas”, firmado en Washington, D.C. el 3 de febrero de 1944. En el caso del Río Colorado, el Tratado especifica que los Estados Unidos de América deberán entregar anualmente a México 1,850.2 millones de metros cúbicos (1.5 millones de acres pies por año) (CNA, 2012). Las Cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta colinda con Belice y Guatemala, considerados como los ríos más caudalosos del país, Las cuencas peninsulares Baja California y Yucatán, Las cuencas cerradas, una parte del territorio mexicano cuenta con cuencas endorreicas o cerradas y las Cuencas costeras en las vertientes del Pacífico y del Golfo de México

(CEMDA, 2006). En el siguiente mapa muestra los principales ríos de la república mexicana, así como sus cuencas hidrográficas.

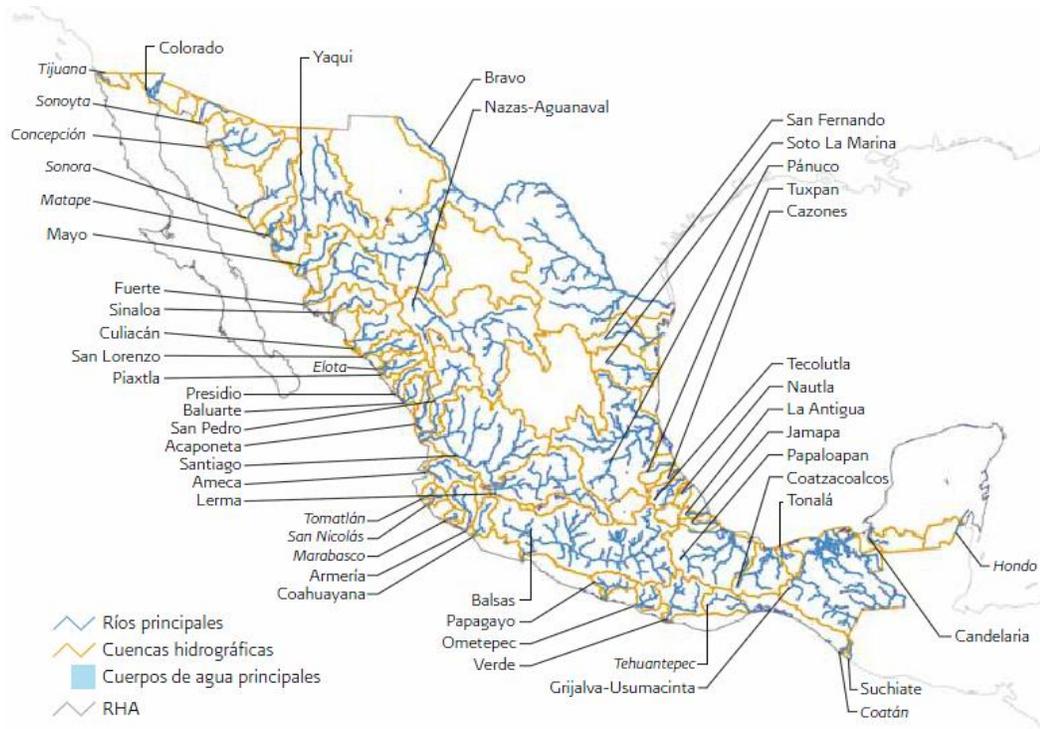


Figura 4. Principales ríos y cuencas de México

Nota: Los ríos con nombres en cursivas tienen un escurrimiento anual medio superficial menor a 1 km³.
 Fuente: Conagua. Subdirección General de Programación. 2010. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General Técnica. 2010.

A nivel mundial, el agua subterránea es más abundante que la que vemos en ríos y lagos superficiales. Se calcula que el agua dulce bajo tierra es 30% del total, que en ríos y lagos superficiales está sólo 0.03% y que el resto, 69.7%, se encuentra congelada en los polos y glaciares, el agua subterránea abastece a 75% de la población, dividido en 61% dirigido a la industria y 33% a la agricultura (CEMDA, 2006). Alrededor de 30.1 miles

de millones de m³/año al 2009 (CNA, 2012). Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de diciembre de 2001. Para el 31 de diciembre del 2009 se tenían 282 acuíferos con disponibilidad publicados en el DOF, y al 31 de diciembre del 2010 se habían añadido otros 121 (Atlas Digital del Agua México, 2012). Con la finalidad de administración y preservación de las aguas nacionales se dividió en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA) las cuales manejan las 1471 cuencas identificadas (INEGI, 2008; CNA, 2010) integradas en 37 regiones (CNA, 2012), las cuales se muestran en el cuadro 7 y figura 5.

Cuadro 7. Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA's) de México.

RHA	Superficie continental (km ²)	Agua renovable (hm ³ /año)	Población a diciembre de 2009	Aportación al PIB nacional (%)
I Península de Baja California	145 385	4 667	3 781 528	3.36
II Noroeste	205 218	8 499	2 615 193	2.44
III Pacífico Norte	152 013	25 630	3 959 757	3.10
IV Balsas	119 248	21 680	10 624 805	10.78
V Pacífico Sur	77 525	32 824	4 127 573	1.79
VI Río Bravo	379 552	12 163	10 982 077	14.29
VII Cuencas Centrales del Norte	202 562	7 898	4 186 376	2.59
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	190 367	34 533	20 974 080	14.29
IX Golfo Norte	127 166	25 564	4 968 766	6.87
X Golfo Centro	104 790	95 866	9 647 742	4.72
XI Frontera Sur	101 231	157 754	6 618 463	5.51
XII Península de Yucatán	137 753	29 645	4 064 141	9.55
XIII Aguas del Valle de México	16 438	3 513	21 422 957	20.72
Total	1 959 248	460 237	107 973 454	100.00

Fuente: Para la superficie continental: INEGI. *Marco Geoestadístico Municipal, versión 3.1.1.* 2008. Para el cálculo del agua renovable: Conagua. Subdirección General de Programación. 2010. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General Técnica. 2010. **INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2003-2008. Base 2003.**

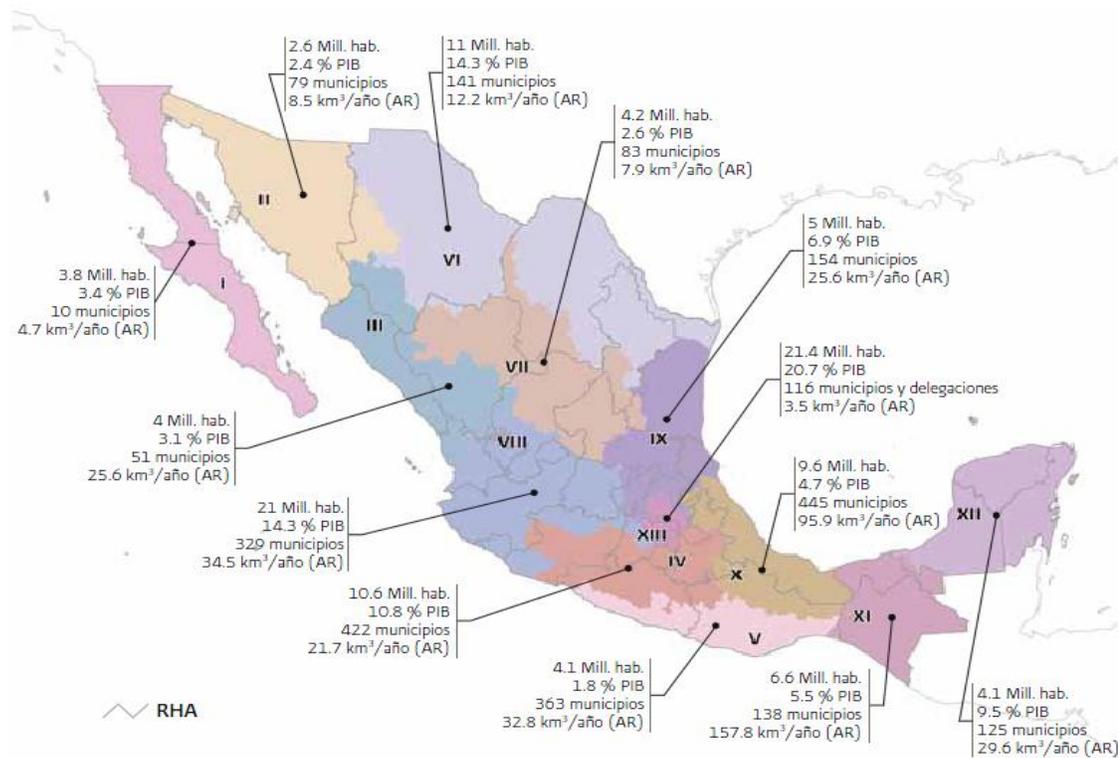


Figura 5. Mapa de las Regiones Hidrológico-Administrativas de México.

Fuente: Conagua. Subdirección General de Programación. 2010. Elaborado a partir de datos de: INEGI. *Censos Generales y Conteos*. INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2003-2008. Base 2003*. INEGI. *Marco Geoestadístico Municipal, Versión 3.1.1. Año 2008*.

Otro indicador de disponibilidad es la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones). Se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones, menos las exportaciones de agua a otras regiones, en el caso de México se utilizan los valores medios determinados a partir de los estudios disponibles (Gleick, 2002). México recibe 1 498 millones de metros cúbicos en forma de precipitación, de la cual se calcula que un 73.1% se

evapotranspira y regresa a la atmósfera, 22'1% se escurre por los ríos o arroyos y 4.8% se infiltra al subsuelo contribuyendo a la recarga de los acuíferos, además de las exportaciones e importaciones a los países vecinos se cuenta con 46 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable (CNA, 2012), la figura siguiente muestra los componentes y valores de acuerdo al cálculo de aguas renovables.

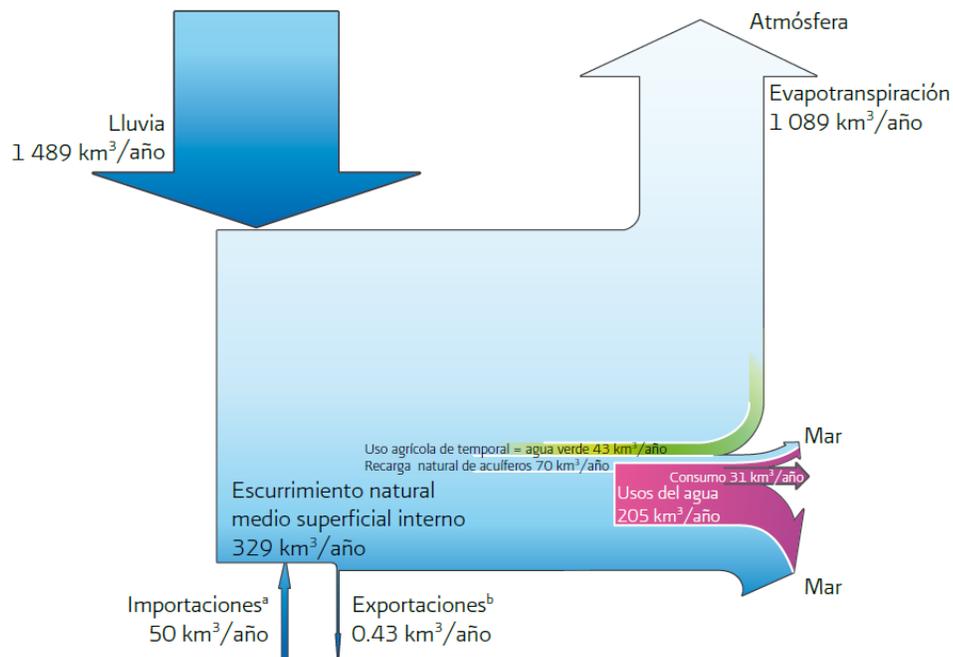


Figura 6. Valores medios anuales de los componentes del ciclo hidrológico de México (Miles de millones de metros cúbicos, km³)

Fuente: Conagua. Subdirección General de Programación. 2010. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General Técnica. CONAPO. *Proyecciones de la Población de México 2005-2050*. México, 2008.

Los usos del agua se pueden clasificar en dos: uso consuntivo, es aquel en el que se involucra la pérdida volumétrica de agua y uso no consuntivo, en el cual la cantidad de agua que se emplea no es removida, por lo que no involucra pérdidas del recurso

(CEMDA, 2006). el uso agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y la generación de energía eléctrica son rubros que se consideran dentro de los usos consuntivos excluyendo hidroelectricidad, y por último el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo (CEMDA, 2006; CNA, 2012). El 63% del agua utilizada para uso consuntivo proviene de de fuentes superficiales como ríos, arroyos y lagos, mientras que el 37% restante proviene de fuentes subterráneas, acuíferos, para el año 2006 el uso consuntivo fue de 77 321 millones de metros cúbicos de los cuales el 77% corresponde a uso agrícola, 14% uso público y 9% industria (CNA, 2007) en el año 2009 el volumen utilizado para uso consuntivo fue de 80.6 km³ y para uso no consuntivo fue de 164.6 km³ (CNA, 2102).

De algunos años a la fecha el uso de agua superficial se ha incrementado con respecto a las fuentes subterráneas para uso consuntivo principalmente como se puede observar en la Figura 7.

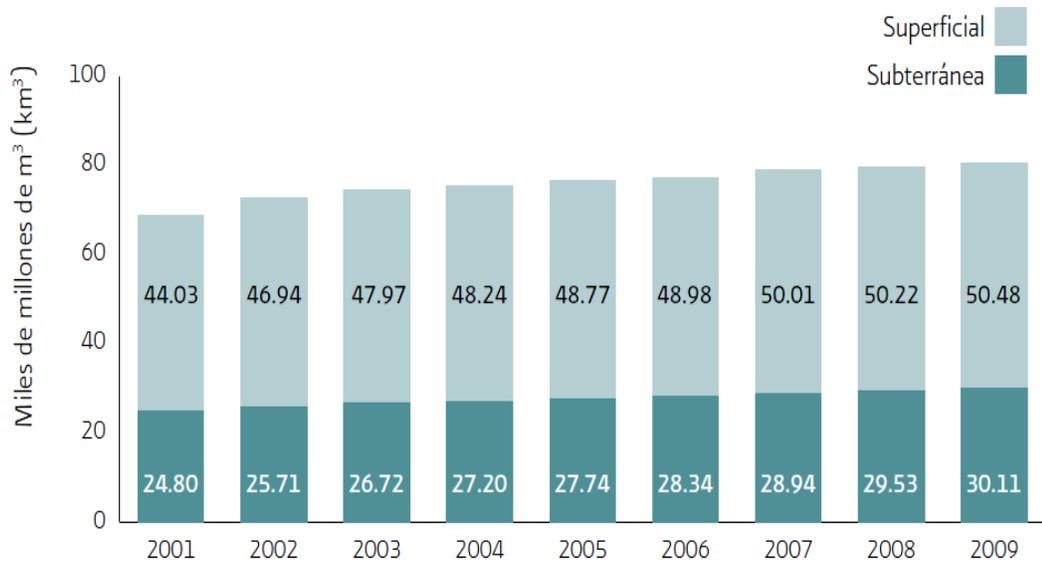


Figura 7. Evolución del volumen concesionado para usos consuntivos por tipo de fuente, 2001-2009

Fuente: CONAGUA. Subdirección General de Programación. 2010.

El volumen empleado para cada uno de los rubros también tiene que ver con la disponibilidad y el costo de extracción del recurso, los costos de utilización de agua superficial representan un ahorro en los procesos de producción, en el cuadro 8 y figura 8 se muestra el volumen concesionado para uso consuntivo según su origen de la fuente.

Cuadro 8. Usos consuntivos agrupados, según origen del tipo de fuente de extracción, 2009.

Uso	Origen		Volumen total (km ³)	Porcentaje extracción
	Superficial (km ³)	Subterráneo (km ³)		
Agrícola ^a	40.9	20.9	61.8	76.7
Abastecimiento público ^b	4.3	7.1	11.4	14.1
Industria autoabastecida ^c	1.6	1.7	3.3	4.1
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3.6	0.4	4.1	5.1
Total	50.5	30.1	80.6	100.0

Nota: 1 km³ = 1 000 hm³ = mil millones de m³.

Los datos corresponden a volúmenes concesionados al 31 de diciembre de 2009.

Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de cifras.

^a Incluye los rubros agrícola, pecuario, acuicultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA.

Incluye asimismo 1.30 km³ de agua correspondientes a Distritos de Riego pendientes de inscripción.

^b Incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.

^c Incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA.

Fuente: CONAGUA. Subdirección General de Administración del Agua. 2010.



Figura 8. Uso consuntivo por rubro, 2009.

Nota: La regionalización de los volúmenes se hizo con base en la ubicación de los aprovechamientos inscritos en el REPDA y no el lugar de adscripción de los títulos respectivos.

Fuente: Conagua. Subdirección General de Programación. 2010. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General de Administración del Agua. 2010.

3.3 Aguas residuales

Por agua residual se puede entender toda aquella agua utilizada después de haber sido empleada en algún proceso y que conserva su estado líquido, esta puede clasificarse en tres tipos debido a su procedencia; Agua residual doméstica, es aquella proveniente de viviendas o de edificaciones comerciales o institucionales; Agua residual industrial, vertimientos líquidos que provienen de actividades de manufactura o de procesamiento de recursos naturales y las Aguas residuales municipales, aquellos residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una comunidad, incluye aguas residuales

domesticas en su mayoría e industriales (Collazos, 2008). Dada la escasez de agua disponible y la necesidad de aprovecharla económicamente se ha incrementado el uso de aguas residuales (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 2002), se estima que desde hace aproximadamente doscientos años algunos países han utilizado estas principalmente en actividades agrícolas (Millares de Imperial, 2003). Atenas fue uno de los primeros en emplear aguas residuales en la agricultura, durante la segunda mitad del siglo XIX se dio la mayor proliferación de uso de aguas residuales en el suelo principalmente en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México y Polonia, la necesidad de optimización de los recursos hídricos se incrementó en el periodo de la postguerra lo que renovó el uso de esta práctica por países como África del Sur, Alemania Arabia Saudita, Argentina, Australia, Chile, China, Estados Unidos, India, Israel, Kuwait, México, Perú, Sudan y Túnez (Parreiras, 2005). La disponibilidad de aguas residuales en las zonas urbanas es abundante aún en épocas de sequía además del bajo costo, se estima que el 10% de los cultivos del mundo son regados con aguas residuales a menudo no tratadas (Scott *et al.*, 2004; WHO, 2006). En algunos países de África, América latina y Sudeste Asiático el riego con aguas residuales se hizo durante años sin ninguna planificación por parte de los productores principalmente los más pobres de las áreas urbanas y periurbanas (Mara y Carnicross, 1990; Bakker *et al.*, 2000). El 67% de agua residual es usada para riego en Israel, en India el 25% y en Sudáfrica 24%, se calcula que en América Latina se vierten alrededor de 400 m³/s, en superficies irrigadas, la mayoría de veces con aguas residuales no tratadas y más de la mitad de esta cantidad es generada en México (Post, 2006).

Para el año 2007 China representa el país con más agua residual producida, equivalente a 31.2 km³, seguido de México con un volumen de 7.41 km³, por año de la cual es

tratada un volumen de 17.89 km³ para China y 2.49 km³ para México (FAO, 2013). En la figura siguiente se puede apreciar el volumen de aguas residuales municipales para algunos países en el año 2007.

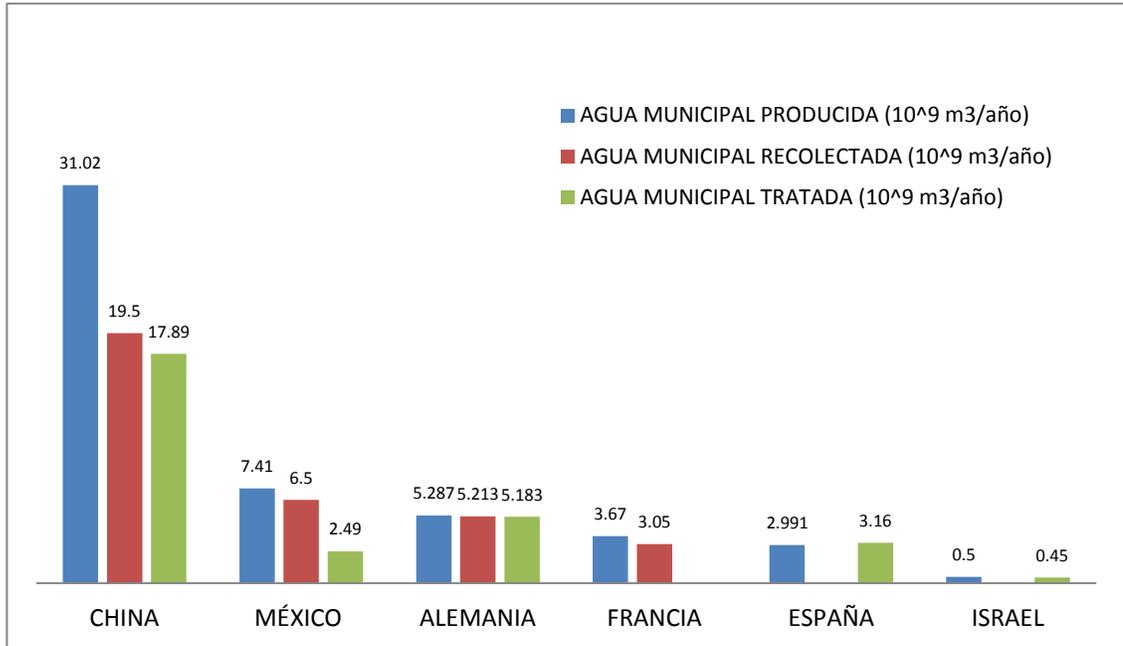


Figura 9. Producción, recolección y tratamiento de agua residual municipal en diversos países para el año 2007 (km³/ año).

Fuente: Elaboración propia con base en datos de: FAO. 2013. Base de datos AQUASTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sitio web accedido el [05/06/2013 17:21]

Los principales usos de las aguas residuales son diversos, éstos incluyen la irrigación de parques públicos, campos deportivos, áreas residenciales, campos de golf, entre otros mayoritariamente en el sector urbano. En el sector industrial se han empleado específicamente en los sistemas de refrigeración y en el agrícola, en la irrigación de cultivos, siendo este último el principal uso (Gutiérrez, 2003).

El uso de aguas residuales en la actividad agrícola presenta beneficios relacionados con la fertilización del suelo por el aporte de macronutrientes (N y P), materia orgánica y oligoelementos como Na y K, permitiendo reducir o eliminar la necesidad de fertilización (Hoek *et al.*, 2002, citados por Medeiros *et al.*, 2005).

Las aguas residuales se caracterizan por el contenido de elementos como: sólidos suspendidos, materia orgánica biodegradable, patógenos, nutrientes, material orgánico refractario, contaminantes peligrosos, metales pesados y sólidos inorgánicos disueltos (Metcalf *et al.*, 2003). En general las aguas residuales contienen sustancias benéficas (nutrientes) y tóxicas (metales pesados) que crean oportunidades y problemas para la producción agrícola respectivamente (Chen *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2004). Algunas de las ventajas y desventajas del riego con aguas residuales según Moscoso, (1995) son las siguientes:

Ventajas del riego con aguas residuales:

- Disponibilidad de agua permanente
- Aporte de gran cantidad de nutrientes
- Incremento del rendimiento de los cultivos
- Mejora de la calidad de los suelos (textura)
- Ampliación de la frontera agrícola

Desventajas:

- La contaminación microbiológica de los productos
- La bioacumulación de elementos tóxicos

- La salinación e impermeabilización del suelo
- El desbalance de nutrientes en el suelo

Algunos beneficios del riego con aguas residuales dentro de las unidades de producción, ha ayudado de diferentes mejoras como: incremento de alimento y recurso monetario en un 99%, gasto escolar 45%, salud 10%, y ropa 30% (Mantengu *et. al.*, 2007).

En 1987 China tenía la mayor superficie irrigada con aguas residuales 1 330 000 Has, equivalente a un 71% del total mundial, mientras que México alcanzo las 340 000 Has equivalente a 18.2% de la superficie irrigada en el mundo, el siguiente es India con 85,500 hectáreas. Hay países como Alemania o Estados Unidos (países desarrollados) con una superficie de 4,300 (0.23%) y 13,475 (0.72%) hectáreas, respectivamente (FIRA, 1998).

Varios indicadores de acuerdo con FAO, (1999) sobre el riego en las principales regiones del mundo nos dicen que hay países con un fuerte crecimiento en este rubro, como Canadá que de 350 mil hectáreas que tenía en 1961 pasó a 720 mil hectáreas, aumentando 2 veces; o el caso de Estados Unidos que pasa de 14 millones a 21 millones, aumentando 1.5 veces; México también ha tenido un crecimiento dinámico, al pasar de 3 millones de hectáreas de riego en 1961 a 6.5 millones, aumentando 2.1 veces.

Las zonas de riego se orientan en una mayor proporción a granos (58%) y en menor proporción a oleaginosas (10%), forrajes (9%), frutales (12%), hortalizas y cultivos industriales (14%). Los cultivos más relevantes en términos de superficie han sido: el maíz (21%), trigo (18%), sorgo (13%), cártamo y soya (3%), así como caña de azúcar (6%), que representan el 67% de áreas cultivadas bajo riego (FIRA, 1998).

El Cuadro 9 muestra las principales ciudades del mundo, así como la superficie a donde van dirigidas sus aguas residuales primordialmente para uso agrícola.

Cuadro 9. Ciudades con grandes superficies agrícolas irrigadas con aguas residuales

Región	Ciudad	País	Población (millones)	Área irrigada con aguas residuales (ha)	Numero de granjas
AS	Ahmedabad	India	2.88	33600	Sin datos
AS	Hanói	Vietnam	3.09	43778	658 300
AS	Hochiminh	Vietnam	5.55	75906	135 000
AS	Kathmandu	Nepal	0.67	5466	19 524
AS	Shijiazhuang	China	2.11	11000	107 000
AS	Zhengzhou	China	2.51	1650	25 000
LA	Ciudad de México /Valle del Mezquital	México	21.3	83060	73 632
LA	Santafé de Bogotá	Colombia	7.03	22000	3000
LA	Santiago	Chile	5.39	36500	7300

Fuente: Raschid-Sally, 2010.

El uso de aguas residuales en la agricultura sin duda ha contribuido al desarrollo de zonas principalmente áridas y semiáridas (Moscoso, 1995)

La regulación de la calidad de agua para irrigación es de importancia internacional debido a que los productos que crecen con aguas contaminadas pueden causar efectos en la salud, estos productos son cultivados en determinadas regiones, sin embargo debido al intercambio comercial se facilita la contaminación por patógenos en áreas donde es sabido no se encuentran (Beuchat, 1998). Para la regulación de productos libres de contaminantes la Organización Mundial de la Salud hace algunas recomendaciones

específicamente para el riego con aguas residuales, además de una caracterización de los riesgos a la salud asociados al uso de aguas residuales (WHO, 2006).

Es importante el monitoreo de la calidad del agua, la evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo mediante tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). La DBO_5 y la DQO son utilizados para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas La DBO_5 determina la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos, el aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales, el incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática (CNA, 2012).

En el siguiente cuadro se muestran los niveles permisibles de DBO₅ y DQO para las aguas residuales municipales (Gómez, 2002).

Cuadro 10. Composición del agua residual municipal

Parámetro	Rango de concentración (mg/L)
pH	6.5-7-5
Temperatura °C	20-22
DBO total (mg/L)	250-270
DQO total (mg/L)	500-530
Sólidos disueltos totales (mg/L)	700-800
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	450-500
Grasas y aceites (mg/L)	75-80
N-total (mg/L)	38-42
N-NH ₄ (mg/L)	23-26
N-orgánico (mg/L)	14-18
P-total (mg/L)	4-15
P-orgánico (mg/L)	3-10
P-inorgánico (mg/L)	3-10
Cloruros (mg/L)	30-100
Sulfatos (mg/L)	20-50
Alcalinidad CaCO ₃ (mg/L)	50-200
SAAM-detergentes (mg/L)	12-16
Coliformes totales NMP/100 ml	100 x 10 ⁷ -100 x 10 ⁸

Fuente: Gómez, B.A., 2002. Evaluación Económica del Impacto Ambiental de las Descargas de Aguas Residuales Municipales. Memorias de congreso, FEMISCA

3.4 Aguas residuales en México

México ocupa el segundo lugar en producir aguas residuales después de China (FAO, 2013), se generan alrededor de 200 m³/s de agua residual y se colectan 135 m³/s, de los cuales se tratan 43 m³/s de los cuales sólo 17 m³/s son tratados de forma adecuada (CNA, 1995). En 1997 el volumen tratado fue de 1.92 km³/año, para el año 2007 se recolectaron 6.5 km³/año y se trataron 2.49 km³/año, mientras que para el año 2010 el

volumen producido fue de 7.41 km³/año, el volumen recolectado fue de 6.59 km³/año y sólo 2.95 km³/año fueron tratados (FAO, 2013).

El principal uso de agua residual es para riego de superficies agrícolas, provenientes de aguas municipales principalmente, compuestas por domésticas e industriales, las domésticas principalmente recolectada de la red de alcantarillado, en cuanto a la industrial proviene de giros como Azúcar, Química, Petroquímica, Petrolera, Celulosa y Papel, Alimenticia y Metálica Básica; en estas, los contaminantes que destacan son los ácidos, las bases, las grasas, los aceites y los metales pesados (CNA, 1995).

El volumen de agua residual no tratada empleado en la agricultura para el año 2004 fue de 4.33 km³, mientras que el volumen de agua residual tratada empleada en la agricultura para el mismo año fue de 1.16 km³ (FAO, 2013). El principal origen de las aguas residuales proviene principalmente de la ciudad de México, con 90,000 hectáreas. Nuevamente encontramos una situación preocupante, y es que después de Hidalgo (26.2% del total nacional), es el estado de Michoacán el que sigue en orden de importancia con 52,205 hectáreas (15.2%), es decir este estado ocupa el segundo lugar a nivel nacional en utilizar aguas contaminadas para riego. Otros estados también representativos son Morelos con 42,797 (12.43%), Veracruz con 40,768 (11.8%) y Sonora con 25,523 hectáreas (7.4%). Estos 5 estados contabilizan el 73.3% del total de áreas regadas con aguas residuales (FIRA, 1998). Las zonas de riego se orientan en una mayor proporción a granos (58%) y en menor proporción a oleaginosas (10%), forrajes (9%), frutales (12%), hortalizas y cultivos industriales (14%). Los cultivos más relevantes en términos de superficie han sido: el maíz (21%), trigo (18%), sorgo (13%),

cártamo y soya (3%), así como caña de azúcar (6%), que representan el 67% de áreas cultivadas bajo riego (*Ibid*).

3.5 Uso de aguas residuales en el Valle del Mezquital

El valle del Mezquital está situado en el estado de Hidalgo con una altitud de 1700 y 2100 msnm, se divide en el Valle de Ixmiquilpan, situado entre los 1700/1 800 metros de altitud; al sur, el Valle de Actopan, levemente más bajo; al noroeste, una llanura que comprende la parte septentrional del municipio de Ixmiquilpan y el de El Cardonal sobre los 1 900 metros. Estos tres valles no son uniformes y comprenden otras plataformas en niveles ligeramente desiguales, separados por ondulaciones del terreno. El Valle del Mezquital abarca 28 municipios, entre los más importantes se encuentran Actopan, Alfajayucan, El Cardonal, Chilcuautla, Ixmiquilpan, Nicolás Flores, San Salvador, Santiago de Anaya, Tasquillo y Zimapán (CDI, 2009).

El Valle del Mezquital es una región semiárida su vegetación está formada por mezquites, huisaches, pirules y ahuehuetes en las orillas del río Tula; nogales en Tasquillo, biznagas, nopales, garambullos entre otras plantas de clima seco (Gobierno del estado de Hidalgo, 2012).

Es una de las regiones de México donde se vierte la mayor cantidad de agua residual aproximadamente desde hace 100 años (Jiménez, 2005; Siebe y Cifuentes, 1995). Principalmente proveniente de la ciudad de México y el área rural circundante del Valle del Mezquital teniendo las siguientes características: 1) el agua que se transfiere es agua completamente de desecho, sucia; 2) las aguas salen de la ciudad, y transfiere el líquido hacia la zona rural que lo utiliza en la agricultura para riego; 3) además, no existe

conflicto alguno entre las dos partes de la transferencia por la cantidad de agua desplazada (Paz, 1997). El volumen de agua descargada ha venido incrementándose continuamente alrededor de 85 000 Has son irrigadas y cultivadas principalmente con maíz y alfalfa (Siebe y cifuentes, 1995), distribuida en los distritos de riego No. 03 Tula, No. 100 Alfajayucan, y No. 88 Chiconautla), beneficiando a 73 372 unidades de producción (CNA, 2004).

El distrito de riego 03 Tula cuenta con una superficie delimitada de 52 270 Has de las cuales son irrigadas 45 215 has y 31 316 usuarios lo comprenden los municipios de Actopan, Tezontepec, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, El Arenal, Chilcuautila, Progreso, Progreso, Santiago de Anaya, Francisco I. Madero, Tepetitlan, Tetepango, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Tula, el distrito 100 Alfajayucan tiene una superficie regable de 33 604 Has y 19 823 usuarios y comprende los municipios de Chilcuautila, Alfajayucan, Tasquillo, Cardonal, Ixmiquilpan, Tezontepec de Aldama y San Salvador (López, 2004).

Los 495,000 habitantes del valle se dedican principalmente a actividades agrícolas, complementándose con la producción ganadera. Su estándar de vida es mayor que el de la población que no tiene acceso al uso del agua residual para el riego estas aguas residuales han recibido un tratamiento no convencional. Debido al inmenso tamaño del área de cultivo (83,000 ha en 1993-1994) y su antigüedad en la región (Romero, 1994), El agua residual cruda, parcialmente tratada o mezclada con agua de lluvia, es altamente valorada por los agricultores debido a que se mejora la calidad del suelo por su carga de nutrientes, lo que permite aumentar la productividad (SARH, 1994; CNA, 1995).

3.6 Escenario epidemiológico del uso de aguas residuales en la agricultura

En las aguas residuales es posible encontrar gran variedad de patógenos como bacterias, protozoos, helmintos, hongos y levaduras con mayor frecuencia se pueden encontrar agentes bióticos, algunos de estos organismos son capaces de sobrevivir por periodos largos en el suelo o en las plantas (Marzochi, 1970). En general, los agricultores riegan con aguas residuales tienen mayores tasas de infecciones por patógenos infecciosos como helmintos, más que los agricultores que usan agua dulce, pero hay excepciones (Trang *et al.*, 2006).

Cuadro 11. Numero de organismos típicos encontrados en las aguas residuales.

Organismo	Numero en Agua residual (per L)
Bacteria	
<i>Coliformes Termotolerantes</i>	10^8 - 10^{10}
<i>Campylobacter jejuni</i>	10 - 10^4
<i>Salmonella spp.</i>	1 - 10^5
<i>Shigella spp.</i>	10 - 10^4
<i>Vibrio cholerae</i>	10^2 - 10^5
Helmintos Intestinales	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	1 - 10^3
<i>Ancylostoma/Necator</i>	1 - 10^3
<i>Trichuris trichiura</i>	1 - 10^2
Protozoos	
<i>Cryptosporidium parvum</i>	1 - 10^4
<i>Entamoeba histolytica</i>	1 - 10^2
<i>Giardia intestinalis</i>	10^2 - 10^5
Virus	
<i>Enteric</i>	10^5 - 10^6
<i>Rotavirus</i>	10^2 - 10^5

Fuente: Yates *et. al.*, 1998; Oragui *et. al.*, 1987

Algunas enfermedades igualmente presentes en aguas residuales, atribuibles a diferentes patógenos como: virus, bacterias, protozoarios y helmintos de acuerdo con Who, 2006, son causantes de enfermedades gastrointestinales principalmente algunas de ellas se presentan en la siguiente tabla.

Cuadro 12. Enfermedades asociadas a organismos contenidos en agua residual.

ORGANISMO	ENFERMEDAD	ORGANISMO	ENFERMEDAD
Bacteria		Potozoos	
<i>Acinetobacter spp.</i>	Infecciones del tracto urinario Neumonía Bacteriemia Meningitis secundaria Infeccion de heridas	Balantidium coli	Balantidiasis
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Queratitis, Septicemia Meningitis	Entamoeba histolytica	Amibiasis
<i>Staphylococcus aureus</i>	Intoxicación alimentaria Infecciones nosocomiales Síndrome del choque tóxico	Giardia spp.	Giardiasis
<i>Yersinia spp.</i>	Gastroenteritis Plaga bubonica Gonorrea Tuberculosis Sífilis	Microsporidia	Microsporidiosis
Virus		Toxoplasma gondi	Toxoplasmosis
Adenovirus	Gastroenteritis , Faringitis Conjuntivitis, Uretritis	Helmintos	
Astrovirus	Gastroenteritis	Dracunculus medinensis	Dracunculiasis
Calicivirus	Gastroenteritis	Faciola spp.	Fasciolosis
Enterovirus	Meningoencefalitis Poliomeilitis Fiebre aftosa		
Virus de hepatitis A	Hepatitis A		
Virus de hepatitis B	Hepatitis B		
Virus de hepatitis E	Hepatitis E		
Rotavirus y orthoreovirus	Gastroenteritis		

Fuente: WHO, 2006.

Las enfermedades pueden ser divididas en transmisibles (calidad microbiológica) las más comunes propagadas por el consumo de alimentos irrigados con aguas residuales: la fiebre tifoidea, el cólera, (Peña, 1997; Gumbo, 2005), la hepatitis infecciosa y la amibiasis; y no transmisibles (componentes químicos) enfermedades por contacto con el agua contaminada, tales como sarna, disentería, cólera y tracoma; las que se ocasionan por contacto con organismos criados en el agua, como la esquistosomiasis; y las que se originan por medio de insectos que se crían en el agua como la malaria y el dengue (Peña, 1997)

Las aguas residuales de origen industrial presentan un riesgo toxicológico potencial debido a la naturaleza de los compuestos químicos (Esparza, 1998; Singh *et al.*, 2009). En los países en vías de desarrollo, es posible encontrar sustancias químicas tóxicas como metales pesados en aguas residuales domésticas (Esparza, 1993). Las aguas residuales pueden contener diversos metales pesados incluyendo Zn, Cu, Pb, Mn, Ni, Cr, Cd, dependiendo el tipo de actividades asociadas, la irrigación continua de tierras agrícolas con aguas residuales y las aguas residuales industriales pueden causar la acumulación de metales pesados en el suelo y hortalizas (Singh *et al.*, 2004; Sharma *et al.*, 2007; Marshall *et al.*, 2007). La acumulación de metales pesados en las plantas depende de las especies de plantas, y la eficiencia de absorción (Rattan *et al.*, 2005). La ingesta de alimentos contaminados con metales pesados puede acarrear problemas tales como la disminución de defensas, retraso del crecimiento intrauterino, problemas de comportamiento psico-social con discapacidades asociadas a la desnutrición y alta prevalencia de cáncer superior (Scott, *et al.*, 1996; Manu *et al.*, 2008). Debido a la naturaleza no biodegradable y persistente, los metales pesados son acumulados en los

órganos vitales del cuerpo humano, como los riñones, los huesos y el hígado y se asocian a trastornos en la salud (Duruibe et al., 2007).

El siguiente cuadro muestra las enfermedades asociadas a algunos elementos presentes en aguas residuales

Cuadro 13. Enfermedades asociadas a Plomo, Níquel, Cadmio, Cromo, Molibdeno y Cobalto.

ELEMENTO	ENFERMEDADES ASOCIADAS	ELEMENTO	ENFERMEDADES ASOCIADAS
<u>PLOMO (Pb)</u> (Public Health Service, Centers for Diseases Control, 2008)	Fatiga e insomnio Falta de apetito Dolores de cabeza Falta de memoria o concentración Pérdida de coordinación Irritabilidad Dolores de músculos Dolores de huesos Dolores de abdomen Gota Anemia Infecciones frecuentes Hipertensión Cáncer de riñón Estreñimiento	<u>1NÍQUEL (Ni)</u> (ATSDR, 2004)	Elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. Enfermedades y mareos después de la exposición al gas de níquel. Embolia de pulmón. Fallos respiratorios. Defectos de nacimiento. Asma y bronquitis crónica. Reacciones alérgicas como son erupciones cutáneas, mayormente de las joyas. Desórdenes del corazón.
<u>COBALTO (Co)</u> (ATSDR, 2004)	Vómitos y náuseas Problemas de Visión Problemas de Corazón Daño del Tiroides	<u>MOLIBDENO (Mo)</u> (Texas Department of State Health Services Environmental and Injury Epidemiology & Toxicology Group, 2012)	Hiperuricemia La toxicidad de molibdeno es relacionada a la cantidad de cobre acumulado en el cuerpo. Si alguien no tiene una cantidad adecuada de cobre en sus cuerpos, la persona podría estar en más riesgo a la toxicidad de molibdeno.
<u>CROMO (Cr)</u> (Galbao, 1987)	Gastroenteritis aguda de tipo químico y colapso Hepatitis aguda Nefritis e insuficiencia renal agudas Dermatitis alérgica eczematosa Ulceras dérmicas Conjuntivitis crónica Rinofaringitis crónica Laringitis crónica Bronconeumopatias (bronquitis crónica, bronquitis asmática, fibrosis pulmonar tipo Hamman-Rich) Cáncer pulmonar Gastroenteritis crónica irritativa	<u>CADMIO (Cd)</u> (Goyer, 2001)	Hipertensión Enfermedades vasculares Bronquitis Infertilidad Cáncer de próstata Fatiga Dolores de huesos Dolores de músculos Anemia Dolor lumbar Arteriosclerosis Problemas de riñones, asociados a pérdida de minerales, aminoácidos y proteínas en la orina Náuseas

Fuente: Elaboración propia con datos de: (Public Health Service, Centers for Diseases Control, 2008); (ATSDR, 2004); (Galbao, 1987); (ATSDR, 2004); (Goyer, 2001); (Texas Department of State Health Services Environmental and Injury Epidemiology & Toxicology Group, 2012)

De acuerdo con WHO y UNICEF, (2000) el uso de aguas residuales en la agricultura presenta un alto riesgo real de transmisión de nematodos intestinales e infecciones bacterianas, especialmente a los consumidores de productos y trabajadores agrícolas, sin embargo son limitadas las pruebas de que la salud de las personas que viven cerca de los campos de regadío de aguas residuales sean afectadas.

3.7 Estudios realizados sobre cultivos en aguas residuales

Jiménez (2005), explica las regulaciones así como la tecnología necesaria para el uso y tratamiento eficiente de aguas residuales en el riego agrícola, en dicha investigación se ilustra al Valle del Mezquital como el área con mayor experiencia en el uso de aguas residuales, caracterizando los impactos como son las enfermedades, la acumulación de metales pesados en el suelo, salinización y la no intencional recarga de acuíferos, así como un análisis de la tecnología desarrollada APT (tratamiento primario avanzado), que consiste en un proceso de coagulación- floculación junto con una alta tasa de sedimentación. Se concluye que con una regulación apropiada y tecnología de tratamiento es posible tener un enfoque de ganar-ganar para la reutilización segura de aguas residuales en la agricultura a un precio accesible.

Cifuentes et. al., (1993), evaluó el impacto del riego agrícola con aguas resídales en los distritos de riego 03 Tula y 100 Alfajayucán, en dicho estudio se recabo información en las viviendas de familias campesinas, de las cuales se clasifico el grado de exposición alta, intermedia y baja en relación al contacto con agua residual, se encontró que el riesgo de infección por *Áscaris lumbricoides* en la población infantil, es mayor en los grupos de exposición alta e intermedia.

Siebe (1993), estudió las tendencias de acumulación de metales pesados en pedosecuencias representativas que llevan diferente tiempo bajo riego. Así como la disponibilidad de metales pesados para los principales cultivos (alfalfa y maíz) comparando parcelas que han sido irrigadas por largo tiempo con agua residual con superficies no regadas con aguas residuales o de temporal, se encontró que los metales introducidos a través del riego tienden a acumularse en la capa arable de los suelos mostrando después de 80 años concentraciones 3 a 6 veces mayores que en sitios con cultivo de temporal, pero sin llegar aún a niveles críticos, Cd, Pb y Zn tuvieron una disponibilidad moderada, no obstante su inclinación a incrementarse conforme aumentan los años de riego, siendo el Cd el más disponible.

Herre et. al., (2004), evaluó el efecto del riego aguas residuales en la calidad de la materia orgánica del suelo y la cantidad Cu y Cd extraíbles, se evaluó un tratamiento para ver si el agua afecta la lixiviación de ambos metales y el carbono orgánico disuelto (COD) en suelos regados por más de 90 años, con aguas residuales no tratadas.

El estudio de campo muestra que el riego a largo plazo aumenta la fracción de carbono mineralizable y DOC, el Cu extraíble con agua y concentraciones de Cd también aumentan y se correlacionan con DOC, la columna de las soluciones de lixiviación de Cu también se correlacionan con DOC, las concentraciones de Cd se correlacionan con la suma de cationes, y las concentraciones de cloruro de DOC.

Un estudio de la CNA, presenta una panorámica general de la situación de la actividad agrícola del Valle del Mezquital, con respecto a las aguas residuales y sus efectos

asociados a la contaminación del medio ambiente como a la salud humana, dicho estudio aborda la posibilidad que tienen los habitantes para la construcción de plantas de tratamiento, principalmente en el canal del desagüe del área metropolitana, de ahí que se concluye que la capacidad que tienen según estudios realizados, el reusó de las aguas residuales que contengan menor cantidad de contaminantes no requiere gran inversiones ni mucho menos personal calificado, la solución recae en lograr lagunas de estabilización y presas de retención para contrarrestar el problema, (CNA, 2002).

Una investigación realizada en los municipios de Actopan-Ixmiquilpan acerca de la caracterización fisiológica y de extracciones selectivas de metales trazas, tóxicos y no biodegradables así como presencia de metaloide arsénico en los suelos irrigados con aguas residuales de la zona, realizada mediante determinaciones de texturas de suelo, materia orgánica, pH, entre otras, principalmente. En general se encontró una relación directa de los tiempos de irrigación con los contenidos de materia orgánica y una acumulación de Pb y Cr principalmente, que logran ocasionar problemas a más largo plazo por contaminación, (Prieto *et. al.*, 2007).

En el trabajo de Vázquez y colaboradores sobre, niveles permisibles de acumulación de cadmio, níquel y plomo en suelos del Valle del Mezquital, Hidalgo, se aborda una aproximación de los valores de acumulación de los metales antes mencionados en suelos, la metodología empleada fue la solución de un modelo que relaciona el limite permisible de acumulación de variables como dosis de ingestión diaria de metales, tipo de metales transferidos hacia los alimentos en áreas contaminadas y no contaminadas. El intervalo de límite permisible de acumulación de cadmio en el suelo sin antecedentes de contaminación fue de 25.1 a 66.5 kg ha⁻¹; en contraste, en suelos contaminados, el

intervalo propuesto como límite permisible fue de 7.5 a 14.6 kg ha⁻¹, el cual es restrictivo y comparable con el propuesto en Europa para regular el depósito de cadmio en el suelo. La concentración máxima permisible para plomo fue de 3.7 a 21.3 kg ha⁻¹, intervalo que incluye a suelos contaminados con Pb. Los datos para plomo indican que el modelo produce valores restrictivos en comparación con los de normas que regulan a este metal en el suelo. La concentración máxima permisible para el Ni en suelos con antecedentes de contaminación fue de 307 a 1324 kg ha⁻¹, (Vázquez *et. al.*, 2005).

CAPITULO IV. MARCO TEORICO

4.1 Economía ambiental

La economía ambiental trata fundamentalmente la forma de cómo la economía neoclásica incorpora el medio ambiente en su objeto de análisis, se basa, en los conceptos y supuestos básicos de la teoría económica neoclásica, que concentra el análisis sobre la escasez, y donde los bienes son valorados según su abundancia, de tal manera que cuando se trata de bienes escasos, éstos son considerados bienes económicos, mientras que cuando son bienes abundantes, no son económicos.

En una economía, el medio ambiente puede ser visto como un activo compuesto que provee de varios servicios. Es un activo muy especial, puesto que sirve de apoyo vital para la existencia humana. El medio ambiente proporciona a la economía materia prima, las cuales son transformadas en productos para el consumidor mediante el proceso de producción (Tietenberg, 2006).

El medio ambiente también provee servicios directamente al consumidor. Por ejemplo un río que se usa como medio para la pesca es uno de los beneficios que se obtiene de él. Cualquier proceso o actividad económica comienza con la extracción/ captura de recursos naturales y finaliza con la emisión, el vertido o el depósito de residuos en el medio ambiente.

En este sentido la economía del medio ambiente aborda temas relacionados con la función del medio ambiente como receptor y asimilador de residuos, es decir, como sustentador de ciertos procesos bióticos, abióticos de recuperación, regeneración de subproductos derivados de los procesos de producción y consumo (Labandeira, *et al.*, 2007).

4.2 Economía de los recursos naturales

Los recursos naturales se clasifican de acuerdo al tiempo que lleva su regeneración en recursos no renovables y recursos renovables. Los recursos no renovables están presentes en la naturaleza en cantidades fijas, de formas que el consumo de los mismos en un período implica que habrá menos disponible para períodos futuros. A su vez, los recursos naturales no renovables pueden ser no recuperables y recursos recuperables. Un recurso no recuperable se da cuando la utilización de una unidad del recurso implica su completa destrucción, abarcando su regeneración en períodos de tiempo muy amplios desde la perspectiva humana. Ejemplos de este tipo son los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). Se le llama recurso recuperable cuando el uso del recurso implica su destrucción completa en la forma actual, pero es recuperable en un

futuro más o menos inmediato por el medio de un proceso industrial de reciclaje. Por ejemplo, minerales como el hierro, el cobre, la plata, etcétera.

Los recursos renovables se caracterizan porque su uso produce también el agotamiento o destrucción de la unidad consumida, pero se produce la regeneración automática del mismo según un mecanismo de producción de base biológica. Ejemplos de este tipo de recursos son las pesquerías, los bosques, las praderas, etcétera. Evidentemente, una explotación que supera la capacidad de regeneración o renovación biológica del recurso (sobreexplotación) lo convierte inmediatamente en no renovable y, en casos extremos, en no recuperable.

Finalmente, para los recursos ambientales, su uso no implica su agotamiento o bien, en caso de agotarse, su velocidad de reproducción o regeneración es muy rápida. Para estos recursos el mecanismo de reproducción es de tipo físico (no biológico). Ejemplos de este tipo de recursos son el agua, el aire, el paisaje, etcétera, pero también el medio como depósito y asimilador natural de residuos.

Análogamente a lo que ocurría con los recursos renovables, un uso excesivo o irracional de los recursos ambientales, superando su tasa de regeneración natural o capacidad de asimilación, puede amenazar la supervivencia del propio recurso incluso hasta convertirlo en no recuperable, o de muy difícil recuperación.

Ejemplos de este tipo de amenazas irreversibles son las pérdidas de la capa superficial del suelo por erosión, el agujero de la capa de ozono, la contaminación de algunos mares interiores, la sobreexplotación o contaminación de acuíferos, etcétera (Labandeira, *et al.*, 2007).

4.3 Bienes públicos y bienes privados

Un bien privado es un bien o servicio del que cada unidad es consumida solamente por un individuo, un bien privado tiene dos características importantes: la rivalidad el consumo de una persona solo puede realizarse a costas del de otra persona. La segunda característica es la de ser excluible, es decir una vez que se posee dicho bien o servicio este puede excluir a los demás consumidores de su uso, (Parkin, 1993).

Un bien público, es un bien o servicio del que cada unidad puede ser consumida por todo el mundo y del que nadie puede ser excluido, los bienes públicos por el contrario de los bienes privados carecen de rivalidad, el consumo que hace una persona no reduce la cantidad disponible para otra persona, (Parkin, 1993).

4.4 Externalidades

Una externalidad se define como el costo o beneficio indirecto derivado de un proceso de producción o consumo que es asumido por productores o consumidores terciarios, normalmente los productores no los toman en cuenta en la toma de decisiones sobre las tasas de producción. Un costo a terceros es aquel que se impone a las personas que no se encuentran implicadas directamente en las transacciones económicas, es decir compradores y vendedores, (Field, 1995).

Así pues la esencia de una externalidad involucra: a) una interdependencia entre dos o más agentes económicos; y b) el hecho de que no se fija ningún precio a tal interdependencia, dicha interdependencia puede existir entre consumidores, entre productores o entre productores y consumidores.

La existencia de externalidades implica que no es posible alcanzar el óptimo de Pareto a menos que el mecanismo de precios contenga un ajuste de corrección de externalidades, la equivalencia de los productos marginales bajo condiciones de competencia perfecta maximizan los beneficios de los agentes económicos.

En otras palabras, el óptimo de Pareto requerirá la equivalencia de los productos marginales sociales, pero el estado competitivo solo logra la equivalencia de los productos marginales privados. Por lo tanto las externalidades involucran una situación no óptima, si la externalidad es negativa, la producción de la actividad “ofensiva” será demasiado grande. Si la externalidad es positiva, la producción será demasiado pequeña.

Los efectos de una externalidad se pueden ilustrar mediante un diagrama de producción de una empresa bajo condiciones de competencia perfecta. Dado que la eficiencia social de las tasas de producción debe tomar en cuenta los dos tipos de costos; es decir los costos privados y los costos externos generados por dicho proceso de producción, (Field, 1995).

$$\text{Costos sociales} = \text{costos privados} + \text{costos (ambientales) externos}$$

En la figura 10, donde X representa la cantidad de bienes o servicios demandados, D representa la curva de demanda y P.C. es el precio del bien o servicio.

La curva CMgP mide el costo marginal privado. La curva CMgS mide el costo marginal social y aparece por encima del costo CMgP porque se supone que existe una externalidad negativa (el producto marginal social es menor que el producto marginal privado: por lo tanto, el costo marginal social es mayor que el costo marginal privado).

Se observa que la producción óptima se encuentra en X_s , no en X_p que es solución del máximo beneficio privado.

El área sombreada del diagrama muestra la cantidad de externalidad indeseable. A veces se le llama a esta área la externalidad “relevante de Pareto”, implica que en X_s existe una pérdida para la empresa, la que podría medirse por el área $abcd$, (Pearce,1985).

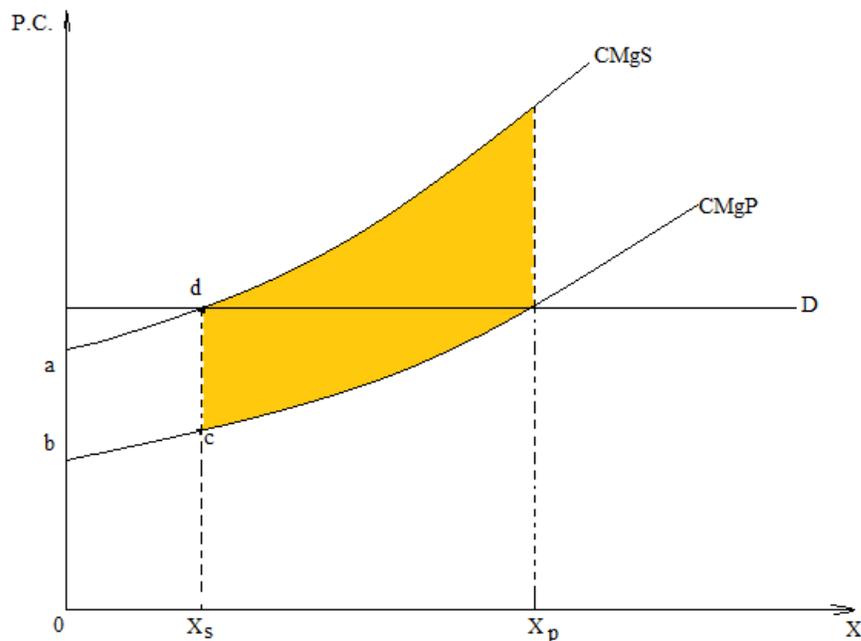


Figura 10. Diferencias entre Costo Marginal Social y el Costo Marginal Privado

Fuente: Pearce, 1985

Existen externalidades que causan efectos positivos, por ejemplo, cuando un agricultor decide plantar árboles en la ronda de las quebradas que pasan por su predio o cuando decide utilizar sus residuos para reciclar nutrientes y enriquecer el suelo. Por otro lado están las externalidades negativas, estas se relacionan comúnmente con los problemas ambientales, pues son externalidades evidentes, un ejemplo de estas son los efectos de la

contaminación del agua que afecta a las poblaciones que harán uso de ésta río abajo, si es por contaminación del aire la externalidad la generan las fábricas y los efectos de esto sufren la población expuestas, toda contaminación genera costos a terceros, costos de tratamiento de agua, gastos en actividades de prevención y cuidado de la salud para la población afectada, (Uribe, 2003).

La Figura 11 muestra el comportamiento económico de una externalidad negativa y una positiva, su análisis se basa en las curvas de costos marginales sociales y privados asociadas a los daños ambientales. El análisis es sencillo, cuando el costo marginal social del daño ambiental es mayor que el privado, entonces se presenta una externalidad negativa y si por el contrario el costo marginal privado es mayor que el social, la externalidad es positiva. Una de las soluciones a las externalidades negativas son los impuestos, el valor de estos se calcula con base en estas dos curvas y la del costo marginal de reducción, panel b de la Figura 11.

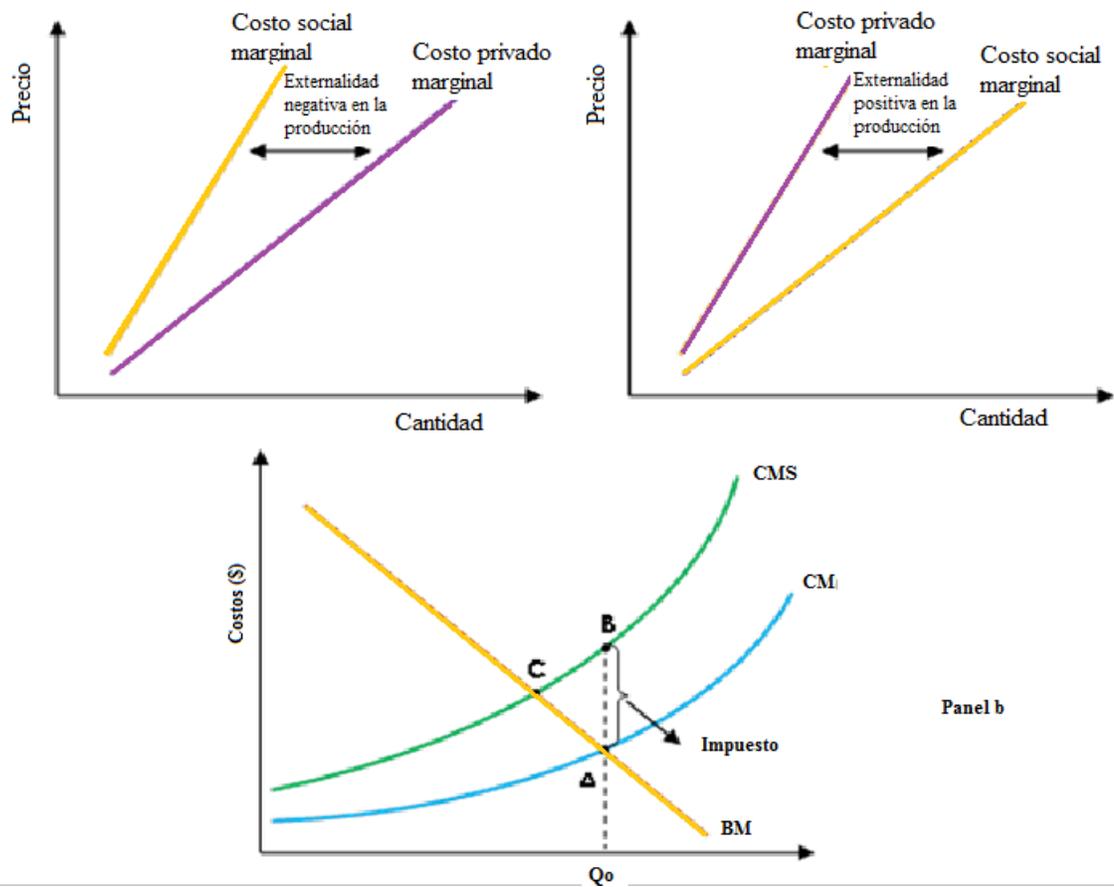


Figura 11. Efectos de externalidades positivas y negativos sobre los costos marginales sociales y privados

Fuente: Pearce, 1985

4.5 Métodos de valoración económica

La necesidad de contar con estimaciones monetarias del valor de los recursos naturales y de los beneficios o costos asociados a cambios en sus condiciones surge por un lado, para la adecuada evaluación de proyectos de inversión y las correspondientes evaluaciones de impacto ambiental que hoy deben realizarse especialmente con aquellos proyectos que hacen uso intensivo de la base de recursos naturales o generan impactos ambientales importantes. La consideración de los temas ambientales hace que las decisiones de inversión tomen en cuenta importantes aspectos que afectan la calidad de vida y el bienestar económico, otorgándole, de esta manera, mayor robustez a estos criterios como indicadores de eficiencia económica en la asignación de recursos.

Por otro lado, el uso inadecuado de la base de bienes y servicios ambientales y su creciente degradación es el resultado de la actividad de miles de individuos actuando descentralizadamente en diversos puntos del país y haciendo uso de diversos recursos. Las interconexiones dentro de los ecosistemas (bosques, cuencas, estuarios, bahías, etc.) y las relaciones intersectoriales implican que estas acciones tienen importantes efectos colaterales agregados (externalidades) no internalizados por los agentes emisores y tampoco considerados aún en el cálculo de los costos totales de producción e intercambio a nivel sectorial y nacional (CBM, 2002).

4.5.1 Método de valoración contingente

Los MVC se fundamentan en recoger información sobre o que estarían dispuestos a pagar distintos grupos de individuos por el beneficio que supone el disfrute de un bien natural, en este caso un recurso hídrico y/o, lo que estarían dispuesto a recibir a modo de

compensación (DAA) por tolerar la pérdida o disfrute de dicho bien. Lo que se busca son las valoraciones personales de los encuestados frente al crecimiento o la reducción de la cantidad de un bien dado, un contingente, en un mercado hipotético (Azqueta, 1994).

En esencia, el MVC es un modelo probabilístico; es decir, consiste en simular por medio de encuestas y escenarios hipotéticos un conjunto de bienes para los que no existe mercado donde transarse. A partir de este método se calcula la probabilidad de obtener una respuesta positiva o negativa a una pregunta sobre la disponibilidad de pago por obtener una mejora ambiental o la disposición a aceptar una compensación por una pérdida ambiental, la cual depende tanto de los atributos socioeconómicos del entrevistado, como de los atributos de calidad y cantidad del bien ambiental que se ofrece.

La disposición total a pagar por alguna cantidad de un bien, es la sumatoria de las disposiciones a pagar de cada una de las unidades. Entonces, el total de la disposición a pagar es el área bajo de la curva de demanda continua. La disposición total a pagar es un concepto que se usa para determinar los beneficios totales (Tietenberg, 2006).

4.5.2 Método del costo de viaje

Los modelos de valoración de recursos naturales llamados del costo del viaje tienen su fundamento en la extensión de la teoría de la demanda del consumidor. En dicha teoría se presta especial atención al valor del tiempo. Consiste en utilizar 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, como por ejemplo, un lago, un río o bosque (Azqueta, 1994).

Los métodos de costo del viaje (en los que los costos de desplazamiento se toman como sustitutos de los precios de mercado de las visitas) se han aplicado a los casos en que las zonas húmedas naturales proporcionan servicios recreativos. El método está basado en un modelo de elección del consumidor en el que se persigue el objetivo de maximizar la utilidad sujeto a una o varias restricciones. Se puede tener diversas versiones del modelo dependiendo de las restricciones y variables consideradas en el proceso de elección, por ejemplo, producción de los consumidores, costo hedónico, parámetro variable, elección discreta, pero el elemento común es la consideración del costo de viaje como una variable que permite aproximar el costo de visitar los espacios naturales. El objetivo es medir el excedente del consumidor resultante de cambios cuantitativos o cualitativos en las variables ambientales, referidas a lugares que son objeto de visitas recreativas.

4.5.3 Método de las variables hedónicas

El método de los precios hedónicos es otra aproximación indirecta al beneficio de los bienes ambientales, que al igual que el método de costo de viaje, también está basado en el supuesto de complementariedad débil entre los bienes de mercado y sus características, entre las que se incluyen el precio y otros atributos cualitativos como los parámetros ambientales. El precio es una variable que refleja las características incorporadas en los bienes, y de ahí su calificación hedónico, pues son las propias características que dan placer a los individuos las que explican el precio de mercado.

Este método consiste en determinar en qué manera el placer de consumir el activo ambiental (agua) afecta al precio de una serie de bienes para los que existe un mercado perfectamente definido (por ejemplo, el mercado de las viviendas). Se pretende

determinar la relación que existe entre el valor de los bienes con mercado (vivienda) con las variables hedónicas (proximidad de un lago ó río). Una vez establecida esta relación, se determina el deseo marginal de pagar por el disfrute del lago, y a partir del mismo, se determina el deseo total de pagar como subrogado de la valoración monetaria de la correspondiente mejora (Caballer y Guadalajara, 1998).

4.5.4 Método de los costos evitados o inducidos

Este método, a diferencia de los anteriores, utiliza precios de mercado: sea los precios del bien ambiental analizado (si existen), o los precios de algunos bienes relacionados directamente o indirectamente con el bien en cuestión. El cambio en el bienestar de los individuos se mide a través de los excedentes del consumidor y del productor.

Como ya se había mencionado, el excedente del consumidor es el área que queda entre la curva de demanda de una persona por un bien cualquiera (su disposición a pagar por él) y la línea del precio del mismo, la diferencia, en términos intuitivos, entre lo que la persona estaría dispuesta a pagar por cada cantidad consumida de un bien, como máximo, y lo que realmente paga (CBM, 2002).

Este método utiliza precios de mercado: sea los precios del bien ambiental analizado (si existen), o los precios de algunos bienes relacionados directamente o indirectamente con el bien en cuestión. El cambio en el bienestar de los individuos se mide a través de los excedentes del consumidor y del productor El excedente el consumidor es el área que queda entre la curva de demanda de una persona por un bien cualquiera (su disposición a pagar por él) y la línea del precio del mismo, la diferencia, en términos intuitivos, entre

lo que la persona estaría dispuesta a pagar por cada cantidad consumida de un bien, como máximo, y lo que realmente paga.

El excedente del productor es el área entre la curva de precio y la curva de la oferta. Es la diferencia, en términos intuitivos, entre lo que el productor estaría dispuesto a aceptar por cada unidad producida de un bien, como mínimo y lo que

realmente recibe. La idea de esta metodología es que, al invertir en medidas defensivas o de mitigación (costos preventivos), mejorará la calidad ambiental Q , generando así mayores beneficios para la sociedad.

En términos reales, esto significa

1. Un incremento en la calidad ambiental: incremento en la calidad del bien ambiental (por ejemplo agua potable).
2. Un incremento en la cantidad del bien: Esto implica mayor cantidad del bien a menores precios.
3. El incremento de la oferta generará mayor consumo del bien analizado.
4. Los beneficios sociales se reflejan en el aumento de los excedentes del consumidor y del productor. $EC_f = EC_i + \Delta EC$; $EP_f = EP_i + \Delta EP$, donde:

EC_f : excedente del consumidor final

EC_i : excedente del consumidor inicial

ΔEC : variación en excedente del consumidor

EP_f : excedente del productor final

EP_i : excedente del productor inicial

ΔEP : variación en excedente del productor

Esta técnica permite evaluar los efectos positivos de la inversión pública en obras de conservación, medidas preventivas contra desastres naturales, campañas para manejo de

recursos o problemáticas ambientales como incendios, entre otros. Se puede observar el efecto directo que ha tenido la inversión sobre los bienes analizados o los efectos indirectos sobre bienes relacionados con el principal bien analizado pero que garantizan su sostenibilidad.

Finalmente, cuanto más efectos positivos logren identificarse (costos evitados), mayor será el beneficio social generado por la inversión en prevención. Sin embargo, existen algunas desventajas en esta metodología, justamente relacionadas con la estimación de los beneficios no tangibles. Es difícil estimar los beneficios económicos y sociales y determinar cómo se reparten entre el excedente del consumidor y el excedente del productor.

Cuando ocurren cambios en la calidad ambiental, los productores toman medidas defensivas (ej.: cambio a cultivos más resistentes), lo que dificulta medir si el aumento de la calidad ambiental y la cantidad del bien se deben únicamente a las medidas preventivas adoptadas.

4.6 Relación Beneficio Costo

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyectos mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas.

Es el cociente que resulta de dividir la sumatoria del valor actualizado de la corriente de beneficio entre la sumatoria del valor actualizado de la corriente de costos, a una tasa de actualización previamente determinada, tal como se señala a continuación:

Su fórmula matemática es:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^T B_t(1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^T C_t(1+r)^{-t}}$$

Donde:

BT: Beneficios totales

CT: Costos totales

r: Tasa de actualización

T: Número de periodos

El criterio formal de selección a través de éste indicador es aceptar todos los proyectos cuya B/C sea igual o mayor a uno.

$B/C > 1$, significa que la relación es positiva por lo tanto el proyecto es rentable

$B/C < 1$, significa que la relación es negativa por lo tanto el proyecto no es rentable

$B/C = 1$, significa que el proyecto es indeterminado

4.7 Método de muestreo aleatorio estratificado

Trata de obviar las dificultades que presentan los otros métodos de muestreo ya que simplifican los procesos y suelen reducir el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica (se puede estratificar, por ejemplo, según la profesión, el municipio de residencia, el sexo, el estado civil, etc.). Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple o el estratificado para elegir los elementos concretos que formarán parte de la muestra. En ocasiones las dificultades que plantean son demasiado grandes, pues exige un conocimiento detallado de la población. (Tamaño geográfico, sexos, edades,...).

La distribución de la muestra en función de los diferentes estratos se denomina afijación, y puede ser de diferentes tipos:

Afijación Simple: A cada estrato le corresponde igual número de elementos muestrales.

Afijación Proporcional: La distribución se hace de acuerdo con el peso (tamaño) de la población en cada estrato.

Afijación Óptima: Se tiene en cuenta la previsible dispersión de los resultados, de modo que se considera la proporción y la desviación típica. Tiene poca aplicación ya que no se suele conocer la desviación.

Asignación proporcional: $n_I = nW_I$ donde $W_I = \frac{N_i}{N}$ $\forall_i = 1, 2, \dots, h$

Tamaño de muestra para estimar una media de la población usando un diseño MAE con asignación proporcional.

$$n \geq \begin{cases} n_0 = \left(\frac{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{d_0} \right)^2 \sum_{i=1}^h W_i S_i^2 & \text{si } \frac{n_0}{N} \leq 0.05 \\ n' = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} & \text{si } \frac{n_0}{N} > 0.05 \end{cases}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población total

Z = número de unidades de desviación estándar en la distribución normal, que producirá el grado deseado de confianza, en este caso se usó un nivel de confianza de 95%, por lo que Z = 1.96.

S= Corresponde la varianza.

CAPÍTULO V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

El material empleado para la realización de este documento de tesis fueron encuestas estructuradas (Anexo 1) y programas computacionales como Microsoft Excel 2007.

5.2 Metodología

El área de estudio fue delimitada, a tres núcleos agrarios: Dios Padre, localizado en las coordenadas 20° 28' 28" latitud Norte y 99° 13' 52" longitud oeste, a una altitud de 1780 msnm, la comunidad de El Maye localizada entre las coordenadas 20° 27' 50" latitud norte y 99° 13' 21" longitud oeste a una altitud de 1780 msnm y la comunidad de Panales entre las coordenadas 20° 29' 21" latitud norte, 99° 13' 35" longitud oeste y una altitud de 1780 msnm, (INEGI, 2013). Localizados en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. En dicha área fueron efectuadas visitas de campo durante las cuales se tomaron fotografías y se recabaron datos generales, como coordenadas y altitud, de igual manera se identificaron las áreas cultivadas con *Cucurbita pepo* y *Lactuca sativa* var. *Capitata*. De estas áreas cultivadas sólo se seleccionaron aquellas irrigadas con aguas residuales y se tomaron muestras de tejido vegetal de ambos cultivos.

Las muestras denominadas CALABAZA 1 y LECHUGA 1 fueron colectadas de parcelas ubicadas en el ejido de Panales en las coordenadas 20° 29' 21" latitud norte, 99° 13' 35" longitud oeste, dichas parcelas emplean aguas residuales no tratadas, se estima que el riego con estas aguas se ha practicado por unos 90 años aproximadamente. Para la muestra CALABAZA 1 se seleccionaron varios frutos del tamaño considerado ideal para su venta. El caso de la muestra LECHUGA 1 se cortaron varias lechugas y se cortaron algunas hojas de cada una.

Las muestras CALABAZA 2 y LECHUGA 2 se colectaron de una región en el ejido de El Maye entre las coordenadas 20° 27' 50" latitud norte y 99° 13' 21" longitud oeste en dicha región el agua empleada es residual no tratada, y la antigüedad del riego es

aproximadamente de 80 años. La forma de selección de la muestra de tejido fue igual que las anteriores.

Las muestras CALABAZA 3 y LECHUGA 3 a diferencia de las anteriores fueron obtenidas bajo la misma dinámica de colecta, pero en una región considerada regada con agua limpia proveniente de manantiales, dicha región ubicada en el ejido de Dios Padre entre las coordenadas 20° 28' 28" latitud Norte y 99° 13' 52" longitud oeste.

Las muestras de tejido vegetal fueron llevadas al laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo para hacer identificación de elementos contaminantes como: Plomo, Cadmio, Níquel, Molibdeno, Cobalto y Cromo.

5.3 Evaluación de costos

Los costos de producción de ambos cultivos fueron obtenidos mediante la aplicación de encuestas estructuradas (Anexo 1) a una muestra de la población total de productores con derechos de propiedad.

5.3.1 Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra en los tres diferentes núcleos agrarios se aplicó la encuesta a una muestra piloto de cada núcleo para ambos cultivos; calabaza y lechuga de acuerdo al número de productores de cada uno, para el núcleo agrario Panales fue de 103 productores de calabaza y 68 productores de lechuga, la muestra piloto fue de cinco encuestas para calabaza y cinco para lechuga.

En el núcleo agrario El Maye el número de productores fue de 90 productores de calabaza y 60 productores de lechuga, la muestra piloto fue de cinco encuestas para calabaza y cuatro para lechuga.

Para el núcleo agrario Dios Padre el número de productores fue de cinco productores de calabaza y 4 productores de lechuga la muestra piloto fue de dos encuestas para calabaza y dos para lechuga.

A partir de la muestra piloto se determinó la varianza con respecto a los costos totales de producción de los cultivos y se calculó el tamaño de muestra para cada uno de los núcleos agrarios. Los tamaños de muestra para cada uno de los tres núcleos agrarios respecto a los cultivos de calabaza y lechuga fueron obtenidos aplicando el método descrito en la sección de marco teórico (Sección 4.7), los tamaños de muestra se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Tamaño de muestra para cada estrato.

CULTIVO	ESTRATOS	POBLACION	MUESTRA PILOTO	TAMAÑO DE MUESTRA OBTENIDO	% DE LA POBLACIÓN
CALABACITA	PANALES	103.2	5	18	17.4
	EL MAYE	90.6	5	15	16.5
	PROGRESO	5.4	2	1	18.5
LECHUGA	PANALES	68.8	5	7	10.1
	EL MAYE	60.4	4	7	11.5
	PROGRESO	3.6	2	1	27.7
TOTAL			23	49	

Fuente: Elaboración propia.

La encuesta se diseñó con base a las actividades y prácticas agrícolas que se llevan a cabo en la región de estudio, estas actividades incluyen: preparación del terreno, siembra o plantación, fertilización, labores culturales, riego, control de plagas y enfermedades y cosecha. Cada una fue caracterizada por la forma en que la realizan así como por el tipo de tecnología empleada. La encuesta fue aplicada a los productores de ambos cultivos de manera aleatoria.

Para comparar los diferenciales de producción entre los cultivos en aguas residuales y aguas tratadas se consideró la información contenida en el paquete tecnológico y las labores de los cultivos en la región de estudio. Únicamente se empleó para calcular el costo de fertilización y riego, ya que son los que presentaron diferencias en producción con agua tratada. En la producción en agua tratada aumentan los costos de fertilización dado que aumenta la cantidad requerida por el cultivo, estos se determinaron según la cantidad promedio de fertilizante recomendada para la región.

Se calcularon los costos de producción de los cultivos asumiendo el costo promedio de uso de aguas residuales tratadas, los costos van desde \$1.48 a \$5.00 por metro cubico según Escalante (2003), para México, el costo empleado fue de \$ 3.00/ m³.

5.4 Efectos en la salud por cultivos contaminados

Para considerar los efectos en la salud de los cultivos contaminados se recabó información sobre las enfermedades presentes en la región en los últimos dos años, la cual incluyó la frecuencia, rango de edad, tratamiento y costo aproximado de dicho tratamiento.

CAPITULO VI. RESULTADOS

6.1 Identificación de externalidades

Como resultado de los recorridos y observación directa en la zona de estudio fueron identificadas las externalidades de la actividad agrícola, agrupadas de acuerdo a su interacción con el entorno económico, físico ambiental y social.



Figura 12. Identificación de externalidades

Fuente: Elaboración propia con base en visitas de campo

6.2 Análisis de la Producción con Aguas Residuales

De acuerdo con la encuesta aplicada para los tres ejidos Panales, El Maye y Dios Padre, se recabaron datos de producción de los dos cultivos: Calabaza y Lechuga, estos datos fueron analizados a nivel hectárea. De igual manera se describió cada una de las labores culturales para cada cultivo. En el cultivo de calabaza las labores culturales que fueron tomadas en cuenta se describen en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Descripción de las labores del cultivo de calabaza

ACTIVIDAD O LABOR	DESCRIPCIÓN
PREPARACION DEL TERRENO	Incluye todas las actividades que los productores realizan antes de la siembra, deshierbe, nivelado, desempedrado, entre otros.
Limpia de terrenos	Se realiza, de forma manual o bien la superficie se emplea como rastrojo para el ganado, en ocasiones no se lleva a cabo esta actividad.
Barbecho	Esta actividad se lleva a cabo mediante tracción mecánica
Rastreo	Esta actividad se lleva a cabo mediante tracción mecánica
SIEMBRA O PLANTACIÓN	
Adquisición de semilla o planta	La semilla se adquiere en su mayoría en las casas de semillas de la región, la cantidad aproximada es de 3 kg por Ha
Siembra	La siembra se realiza mediante tracción mecánica con ayuda de uno o dos sembradores.
FERTILIZACIÓN	
Adquisición de fertilizante	En la región debido al alto contenido de materia orgánica presente en el agua de riego, las cantidades que se aplican de fertilizante son muy pocas o incluso nulas.
Aplicación de fertilizante	Se emplean unos cinco jornales en la aplicación y esta se hace en forma manual.
LABORES CULTURALES	
Escarda o cultivo	La labor de escarda consiste en proporcionarle tierra a la planta y se lleva a cabo a los 15 días de nacida la planta esta puede ser por tracción mecánica o animal.
Deshierbe manual	El deshierbe se lleva a cabo de manera manual y se emplean de 3 a 5 jornales
Adquisición de herbicidas	Los herbicidas se adquieren en las tiendas de fertilizantes y semillas, se utilizan solamente aquellos de control químico.
Aplicación de herbicidas	Se emplean de 1 a 2 jornales por hectárea para la aplicación de herbicida, esta actividad se hace mediante el uso de bombas de aspersión.
RIEGO Y DRENAJE	
costo de agua	Las cuotas por el uso de agua para riego están establecidas, por el comité regulador del recurso de la zona.
Riegos	Los riegos se hacen aproximadamente cada mes, siendo un total de tres riegos por ciclo del cultivo.
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	
Adquisición de insecticida y fungicida	El control de plagas es en su mayoría con productos químicos, los cuales se adquieren en las tiendas de insumos agrícolas, para el cultivo se emplea 1.5lt/Ha/ 2 y se realizan dos aplicaciones por ciclo del cultivo.
Aplicación de insecticida y fungicida	Se emplea de uno a dos jornales y se hace con bombas de aspersión.
COSECHA	
Cosecha	La cosecha se realiza manualmente se ocupan alrededor de 40 jornales por hectárea, esta actividad tiene una duración de 15 días en promedio.
Acarreo	Para el acarreo se utiliza un camión el cual transporta la cosecha del área de producción al punto de venta

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada.

Asimismo se describieron cada una de las actividades y labores que se practican en el cultivo de calabaza para la zona de estudio, las cuales se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Descripción de las labores del cultivo de calabaza

ACTIVIDAD O LABOR	DESCRIPCIÓN
PREPARACIÓN DEL TERRENO	Incluye todas las actividades que los productores realizan antes de la siembra, limpia de terreno, nivelado, desempedrado, etc.
Limpia de terrenos	Se realiza, de forma manual o bien la superficie se emplea como rastrojo para el ganado, en ocasiones no se lleva a cabo esta actividad.
Barbecho	Esta actividad se lleva a cabo mediante tracción mecánica
Rastrojo	Esta actividad se lleva a cabo mediante tracción mecánica
SIEMBRA O PLANTACIÓN	
Adquisición de semilla o planta	La semilla se adquiere en su mayoría en las casas de semillas de la región, la cantidad aproximada es de 100 gramos por Ha,
Producción en almacigo	La siembra se realiza en almacigos, en charolas de unicel para posteriormente trasplantar la plántula en el terreno destinado.
Trasplante	Se realiza de forma manual llevando las plántulas a la superficie del cultivo, y se ocupan aproximadamente diez jornales.
FERTILIZACIÓN	
Adquisición de fertilizante	En la región debido al alto contenido de materia orgánica presente en el agua de riego, las cantidades que se aplican de fertilizante son muy pocas, en general se ocupa un fertilizante desarrollador de la planta después del trasplante.
Aplicación de fertilizante	Se emplean de cuatro a cinco jornales por hectárea en la aplicación y esta se hace en forma manual.
LABORES CULTURALES	
Escarda o cultivo	La labor de escarda consiste en proporcionarle tierra a la planta y se lleva a cabo a los 15 días de haberla trasplantado esta se hace con tracción animal.
Deshierbe manual	El deshierbe se lleva a cabo de manera manual y se emplean de 3 a 5 jornales
Adquisición de herbicidas	Los herbicidas se adquieren en las tiendas de fertilizantes y semillas, se utilizan solamente aquellos de control químico.
Aplicación de herbicidas	Se emplean de 1 a 2 jornales por hectárea para la aplicación de herbicida, esta actividad se hace mediante el uso de bombas de aspersión.
RIEGO Y DRENAJE	
costo de agua	Las cuotas por el uso de agua para riego están establecidas, por el comité regulador del recurso de la zona.
Riegos	Se aplican cuatro riegos durante el ciclo del cultivo.
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	
Adquisición de insecticida y fungicida	El control de plagas es en su mayoría con productos químicos, los cuales se adquieren en las tiendas de insumos agrícolas, para el cultivo se emplea 1.5lt/Ha/ 2 y se realizan dos aplicaciones por ciclo del cultivo.
Aplicación de insecticida y fungicida	Se emplea de uno a dos jornales y se hace con bombas de aspersión.
COSECHA	
Cosecha	La cosecha se realiza manualmente se ocupan de 15 a 20 jornales por hectárea, y se realiza en un solo día.
Acarreo	Para el acarreo se utiliza un camión el cual transporta la cosecha del área de producción al punto de venta

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada.

Los costos de producción para las actividades consideradas en el cultivo fueron muy similares entre los tres sitios seleccionados debido a la cercanía, los rendimientos de

producción coinciden con lo señalado en Siacon, (2011), 10 Ton/ha para calabaza y 12.8 Ton/Ha para lechuga.

Los Cuadros 17 y 18 muestran los costos de producción y promedio para las actividades de los cultivos analizados en los tres núcleos agrarios.

Cuadro 17. Costos de producción promedio del cultivo de calabaza (\$/ha), con aguas residuales.

ACTIVIDAD O LABOR	SITIOS DE MUESTREO			PROMEDIO
	PANALES	EL MAYE	DIOS PADRE	
PREPARACION DEL TERRENO	\$1 178.95	\$1 173.53	\$1 250.00	\$1 200.82
SIEMBRA O PLANTACIÓN	\$1 475.26	\$1 443.53	\$1 440.00	\$1 452.93
FERTILIZACIÓN	\$1 675.00	\$1 006.5	\$1 000.00	\$1 227.16
LABORES CULTURALES	\$1 830.53	\$1 783.53	\$1 700.00	\$1 771.35
RIEGO Y DRENAJE	\$1 036.84	\$1 017.65	\$900.00	\$984.82
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	\$1 096.32	\$1 065.29	\$1 060.00	\$1 073.86
COSECHA	\$19 910.53	\$19 929.41	\$20 000.00	\$19 946.64
COSTO TOTAL	\$28 203.42	\$27 419.44	\$27 350.00	\$27 657.62

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de encuesta.

Los costos de producción del cultivo de calabaza también son muy similares para los tres sitios de muestreo, las variaciones más significativas se encuentran en las actividades correspondientes a fertilización y riego, los ejidos El Maye y Dios Padre tienen los costos de producción más bajos de producción.

La cosecha es la actividad que constituye la mayor parte de los costos, esto se debe a que para realizarla se ocupa gran cantidad de mano de obra durante un tiempo de al menos

15 días, tiempo en el que el fruto es cortado para llevarlo directamente a los centros de comercio, así mismo se emplea un vehículo en el cual es transportado el producto.

Cuadro 18. Costos de producción promedio del cultivo de lechuga en los diferentes sitios de muestreo (\$/Ha), con aguas residuales.

ACTIVIDAD O LABOR	SITIOS DE MUESTREO			
	PANALES	EL MAYE	DIOS PADRE	PROMEDIO
PREPARACION DEL TERRENO	\$1 242.86	\$1 178.57	\$1 150.00	\$1 190.47
SIEMBRA O PLANTACIÓN	\$3 478.57	\$3 621.43	\$3 350.00	\$3 483.33
FERTILIZACIÓN	\$1 114.29	\$1 071.43	\$1 050.00	\$1 078.57
LABORES CULTURALES	\$2 200.00	\$2 135.71	\$2 200.00	\$2 178.57
RIEGO Y DRENAJE	\$914.29	\$904.29	\$700.00	\$839.52
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	\$2 128.57	\$2 042.86	\$1 900.00	\$2 023.80
COSECHA	\$4 628.57	\$4 542.86	\$5 000.00	\$4 723.80
COSTO TOTAL	\$15 707.14	\$15 497.14	\$15 350.00	\$15 518.09

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de encuesta

Los costos de producción para el cultivo de lechuga mantienen una cercanía en los tres sitios seleccionados, en la actividad de riego y drenaje se presentan los costos más bajos de la producción, esto ya que la cuota de riego es relativamente baja de apenas \$25 pesos por riego y se hacen cuatro riegos por ciclo del cultivo ocupando de uno a dos jornales.

Por otra parte, al igual que en el caso de la calabacita, el costo más elevado corresponde a la cosecha del cultivo o corte, se emplean al menos 15 jornales, esta se realiza en un día y es necesario el uso de un vehículo para el transporte del producto hacia los centros de acopio. La Figura 13 muestra los costos promedio generales para ambos cultivos en aguas residuales.

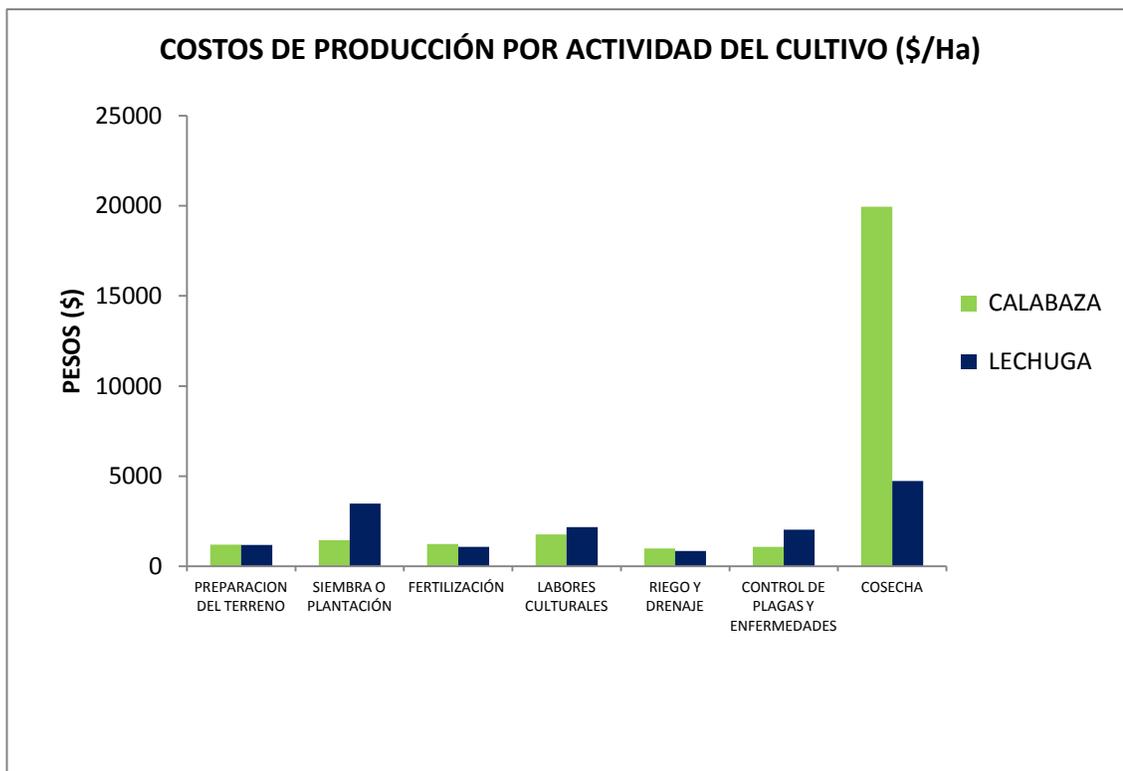


Figura 13. Costos de producción de ambos cultivos, utilizando aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de encuesta

De acuerdo con a la información capturada en la encuesta, las unidades de producción de ambos cultivos en aguas residuales no tratadas presentron a siguiente producción: para el caso del cultivo de calabaza, el rendimiento promedio fue de 10 toneladas por hectárea y para el cultivo de lechuga se encontró una producción de 12.8 toneladas por hectárea en promedio. A partir de la información se determinó el margen de ganacia considerando los precios existentes en el mercado. Los resultados se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Estimación de ganancias.

Cultivo	Precio (\$/Ton)	Costo Total de Producción (\$/Ton)	Ganancia por tonelada (\$/Ton)	Ganancia por hectárea (\$/Ha)
Calabaza	\$4,400.00	\$2 765.76	\$1 634.23	\$ 16 342.38
Lechuga	\$4,000.00	\$1 212.35	\$2 787.64	\$ 35 681.90

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

De acuerdo con las estimaciones presentadas en el cuadro anterior, la ganancia por tonelada producida equivale a la diferencia entre el precio por tonelada y el costo total de su producción de a misma, la cual se estima es de \$1,634.23 por tonelada de calabaza y \$2,787.64 por tonelada de lechuga.

6.3 Estimación de costos de producción con agua tratada

Con el objeto de analizar la diferencia de costos de los cultivos que se analizan, se estimó el costo de agua tratada. Con base en la información obtenida en la encuesta, se determinó que la cantidad de agua empleada para la producción de los cultivos es de 458.3 m³ para calabaza y 390.625 m³ para lechuga en promedio por hectárea (López, 2004 e Inifap, 2011).

De acuerdo con los estudios desarrollados por Escalante (2007), quien presenta un análisis de la situación del reúso y el potencial del agua tratada en México mediante información recopilada en algunas plantas de tratamiento de aguas residuales de la zona centro y norte de la republica Mexicana, se consideró que el costo de tratamiento de agua residual es de \$3.00 por metro cúbico.

Con esta información se determinó que la inclusión de los costos por concepto de agua tratada quedan como se muestran en el cuadro 20. El costo de tratamiento de agua residual por una tonelada de calabaza producida es de \$ 1 374.90 y \$ 1 171.88 por tonelada de lechuga.

Cuadro 20. Costo de tratamiento de agua residual

Cultivo	Requerimiento de agua por Tonelada (m³/Ton)	Costo de tratamiento de un m³ de agua residual (\$/m³)	Costo de tratamiento por Tonelada (\$/Ton)	Costo de tratamiento por hectárea (\$/Ha).
Calabaza	458.3	\$3.00	\$1,374.90	\$ 13 749.00
Lechuga	390.62	\$3.00	\$1,171.88	\$15 000.06

Fuente: Elaboración propia con base datos de encuesta.

Para el análisis de la producción en agua tratada, además de considerar el costo por el tratamiento de agua residual, se incluyeron costos de fertilización debido a que el tratamiento de agua residual implica una disminución de la materia orgánica, por lo tanto se incrementa la demanda de nutrientes por el cultivo. Para este cálculo se consideró lo recomendado en los paquetes tecnológicos como dosis de fertilización elaborados por Sagarpa, (2001). Para el cultivo de calabaza se emplea una dosis de 160-60-00 por hectárea, lo que equivale a 347.82kg de Nitrógeno y 130.43kg de Fosfato Diamónico. De acuerdo con los precios establecidos en el Sistema nacional de información e integración de mercados, el precio del Nitrógeno promedio para los años 2012-2013 es de \$7.5 por kg y \$10.00 por kg de Fosfato Diamónico.

Para el cultivo de lechuga la fertilización establecida es de un promedio de 450 kg de Fosfato Diamónico (18-46-00) por hectárea, a un precio promedio de \$10.00 por

kilogramo. Además se consideraron seis jornales para la aplicación del fertilizante, con un salario de \$200.00 por jornal. Las modificaciones en la estructura de costos de producción se muestran en los Cuadros 21, 22 y Figura 13.

Cuadro 21. Costos de producción por hectárea con agua tratada para el cultivo de calabaza.

ACTIVIDAD	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA
PREPARACION DEL		
TERRENO	\$1 200.8	\$1 200.8
SIEMBRA O PLANTACIÓN	\$1 452.9	\$1 452.9
FERTILIZACIÓN	\$1 227.2	\$5 113.3
LABORES CULTURALES	\$1 771.4	\$1 771.4
RIEGO	\$984.8	\$14 649.0
CONTROL DE PLAGAS Y		
ENFERMEDADES	\$1 073.9	\$1 073.9
COSECHA	\$19 946.6	\$19 946.6
TOTAL	\$27 657.6	\$45 207.9

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

Cuadro 22. Costos de producción por hectárea con agua tratada para el cultivo de lechuga.

ACTIVIDAD O LABOR	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA
PREPARACION DEL		
TERRENO	\$1 190.5	\$1 190.5
SIEMBRA O PLANTACIÓN	\$3 483.3	\$3 483.3
FERTILIZACIÓN	\$1 078.6	\$5 700.0
LABORES CULTURALES	\$2 178.6	\$2 178.6
RIEGO	\$839.5	\$15 900.0
CONTROL DE PLAGAS Y		
ENFERMEDADES	\$2 023.8	\$2 023.8
COSECHA	\$4 723.8	\$4 723.8
TOTAL	\$15 518.1	\$35 200.0

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

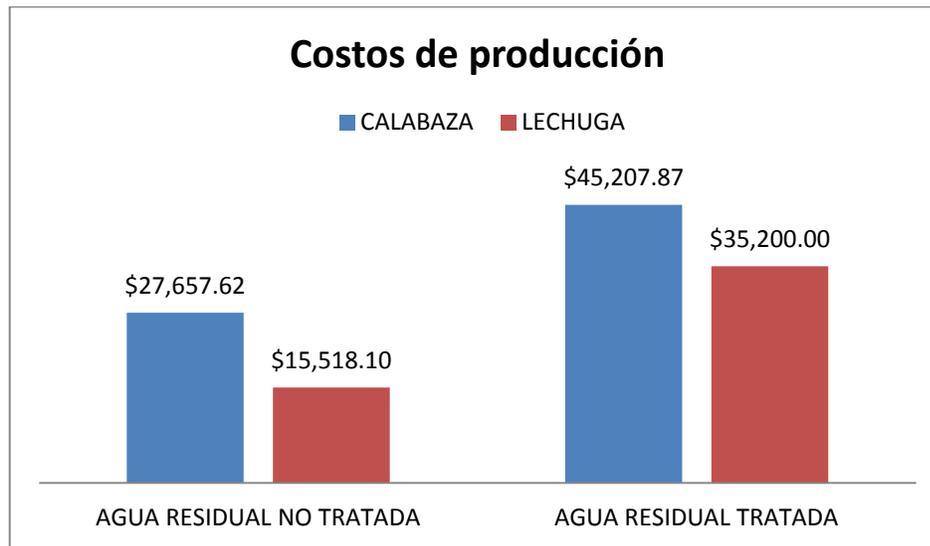


Figura 14 Efectos en los costos al considerar el tratamiento del agua residual para a producción de ambos cultivos.

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

El escenario de producción con agua tratada, como ya se dijo, impacta principalmente los costos de agua tratada y fertilización. Asimismo, las ganancias se ven afectadas como se muestra en el Cuadro 23 y Figura 15.

Cuadro. 23. Ganancias en los cultivos bajo el escenario de producción con agua tratada

CULTIVO	INGRESO (\$/Ha)	COSTO (\$/Ha)		GANANCIA (\$/Ha)	
		AGUA RESIDUAL No Tratada	AGUA RESIDUAL Tratada	AGUA RESIDUAL No Tratada	AGUA RESIDUAL Tratada
Calabaza	\$44,000	\$27,657.62	\$45,207.87	\$16,342.38	-\$1,207.87
Lechuga	\$51,200	\$15,518.10	\$35,200.00	\$35,681.90	\$16,000.00

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

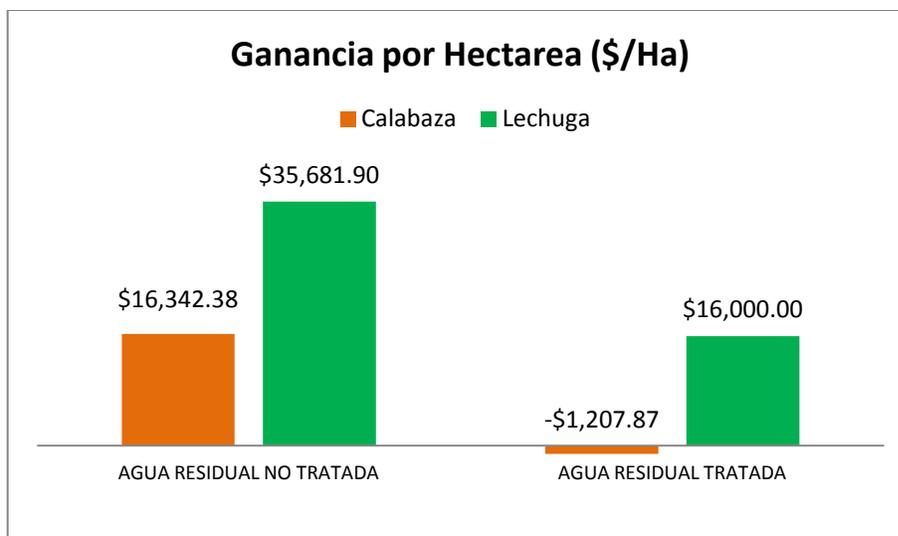


Figura 15. Ganancia comparativa de producción con agua residual no tratada y agua residual tratada.

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

Como podemos observar, el cambio de la producción con aguas residuales a producción con aguas residuales tratadas, implica un cambio sustantivo en la estructura de costos y, consecuentemente, en los montos de las ganancias. En el caso del cultivo de lechuga, la ganancia se reduce en un 55%; para el caso de la calabacita, la ganancia se hace negativa.

6.4 Concentración de metales pesados en Calabaza y Lechuga

6.4.1 Cultivo de Calabaza

De acuerdo a los niveles óptimos permisibles reportados por Kabata-Pendias (2000), usados como referentes en los análisis de laboratorios, los resultados obtenidos en los análisis de las muestras colectadas para el presente trabajo indican que para el caso del

plomo, Cadmio, Níquel, Cobalto y Molibdeno se rebasan dichos niveles permisibles, notándose que las concentraciones encontradas de Plomo y Níquel son las más altas.

Para el caso de la muestra uno (CALABAZA 1), la concentración de Plomo fue de 94 mg/kg, considerado como nivel toxico excesivo. En cuanto al Cromo, Cadmio, Níquel, Cobalto y Molibdeno los niveles fueron considerados como niveles altos pero no tan excesivos, como se puede apreciar en el cuadro 24.

En relación a la muestra dos (CALABAZA 2) los niveles encontrados fueron superiores a los encontrados en la muestra uno. La concentración de Plomo fue de 163.83 mg/kg, 25.33mg/kg para Cadmio y 59.83 mg/kg para Níquel, se considera que estos tres, por su concentración, son excesivamente tóxicos. Para los metales Cromo, Cobalto y Molibdeno las concentraciones fueron mayores a los niveles óptimos permisibles, pero aún consideradas de concentración alta y no excesiva.

La diferencia de la concentración entre las muestras 1 y 2 puede atribuirse a que la muestra dos fue colectada de una superficie con un mayor tiempo de irrigación que el de la muestra 1.

En la muestra tres (CALABAZA 3) correspondiente a un área irrigada con agua considerada como limpia extraída de un pozo profundo, únicamente se encontró presencia de Níquel en niveles por encima de lo permisible.

Cuadro 24. Concentración de metales pesados en tejido vegetal, Calabaza.

MUESTRA	Plomo	Cromo	Cadmio	Níquel	Cobalto	Molibdeno
	Mg/Kg	Mg/Kg	Mg/Kg	Mg/Kg	Mg/Kg	Mg/Kg
CALABACITA 1¹	94	7.4	6.4	49.6	14.9	5.3
CALABACITA 2²	163.83	28	25.33	59.83	17.35	19.88
CALABACITA 3³	0	0	0	19.83	0	0

^{1,2} Muestras de tejido vegetal tomadas en cultivos irrigados con aguas residuales

³ Muestra de tejido vegetal tomada en cultivos irrigados con agua limpia.

Los números en rojo representan concentraciones excesivas, de acuerdo con Kabata-Pendias, (2000).

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de muestras de tejido vegetal, laboratorio de suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

La Figura 16 muestra los niveles de concentración para ambas muestras, haciendo una comparación con lo establecido por Kabata-Pendias, (2000), de acuerdo a los niveles permisibles de concentración en hortalizas.

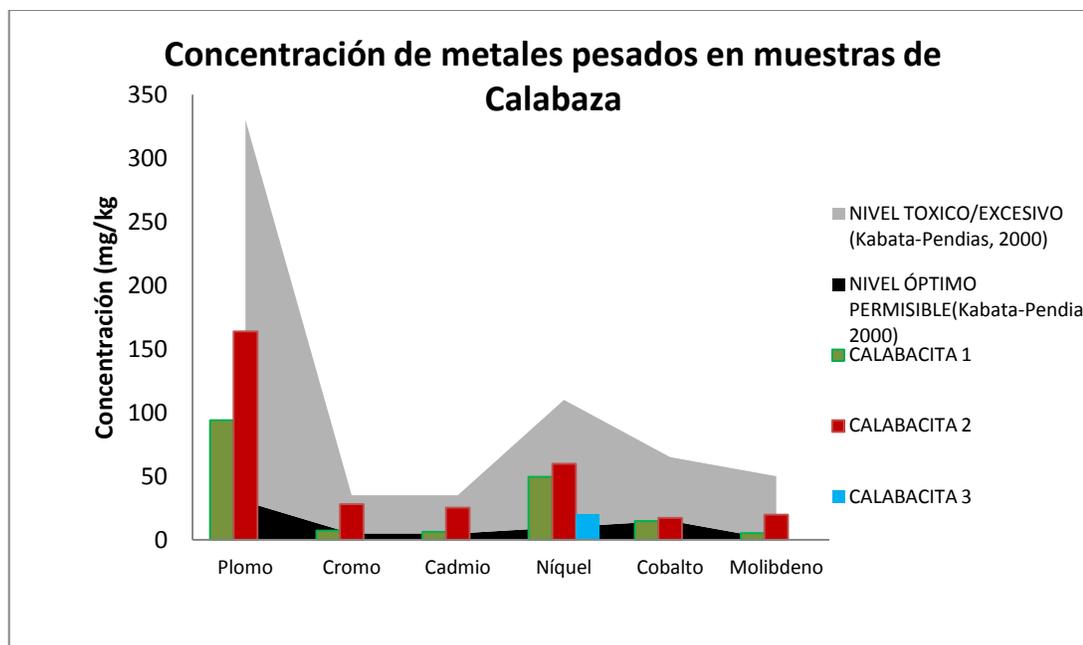


Figura 16. Concentración de metales pesados en tejido vegetal de las muestras de Calabaza.

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de muestras de tejido vegetal, laboratorio de suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

6.4.2 Cultivo de Lechuga

Los resultados arrojados en los análisis de determinación de metales pesados en el tejido vegetal de la muestra de lechuga, indican niveles por encima del nivel óptimo permisible para los metales: Plomo, Cromo, Cadmio, Níquel, Cobalto y Molibdeno, de acuerdo con Kabata-Pendias, 2000. De éstos, los que presentan los niveles más altos de concentración en ambos cultivos son el Plomo y en Níquel.

Se determinó que la muestra uno (LECHUGA 1) tuvo un nivel de concentración en Plomo de 114.5 mg/kg, considerada como tóxico excesiva. La concentración de Níquel fue considerada como alta excesiva y su nivel fue de 49.4 mg/kg. Para el Molibdeno se encontró una concentración considerada como alta de de 54.6 mg/kg, mientras que para

los metales pesados como Cromo, Cadmio y Cobalto los niveles encontrados fueron considerados como altos no excesivos (Cuadro 25).

En la muestra dos (LECHUGA 2) las concentraciones más altas fueron las de Plomo (91 mg/kg) y Níquel (59.6 mg/kg) considerada como ambas como excesivas.

La muestra tres (LECHUGA 3) se obtuvo de una superficie regada con agua limpia proveniente de un manantial de la misma región, el nivel de contaminantes fue de cero, a excepción de Níquel que fue encontrado en niveles por encima de las cantidades permisibles. Los niveles de los demás elementos: Cromo, Cadmio, Cobalto, y Molibdeno se encuentran en un nivel alto no excesivo (Cuadro 25).

Cuadro 25. Concentración de metales pesados en tejido vegetal, Lechuga

MUESTRA	Plomo Mg/Kg	Cromo Mg/Kg	Cadmio Mg/Kg	Níquel Mg/Kg	Cobalto Mg/Kg	Molibdeno Mg/Kg
LECHUGA 1¹	114.5	8.4	9.8	49.4	7.4	54.6
LECHUGA 2²	91	16.5	5.7	59.6	6.9	17.4
LECHUGA 3³	0	0	0	16.82	0	0

^{1,2} Muestras de tejido vegetal tomadas en cultivos irrigados con aguas residuales

³ Muestra de tejido vegetal tomada en cultivos irrigados con agua limpia.

Los números en rojo representan concentraciones excesivas, Kabata-Pendias, (2000)

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de muestras de tejido vegetal, laboratorio de suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

La Figura 17 muestra los niveles de concentración encontrados en las tres muestras de calabacita, haciendo una comparación con los óptimos permisibles establecidos por Kabata-Pendias, 2000.

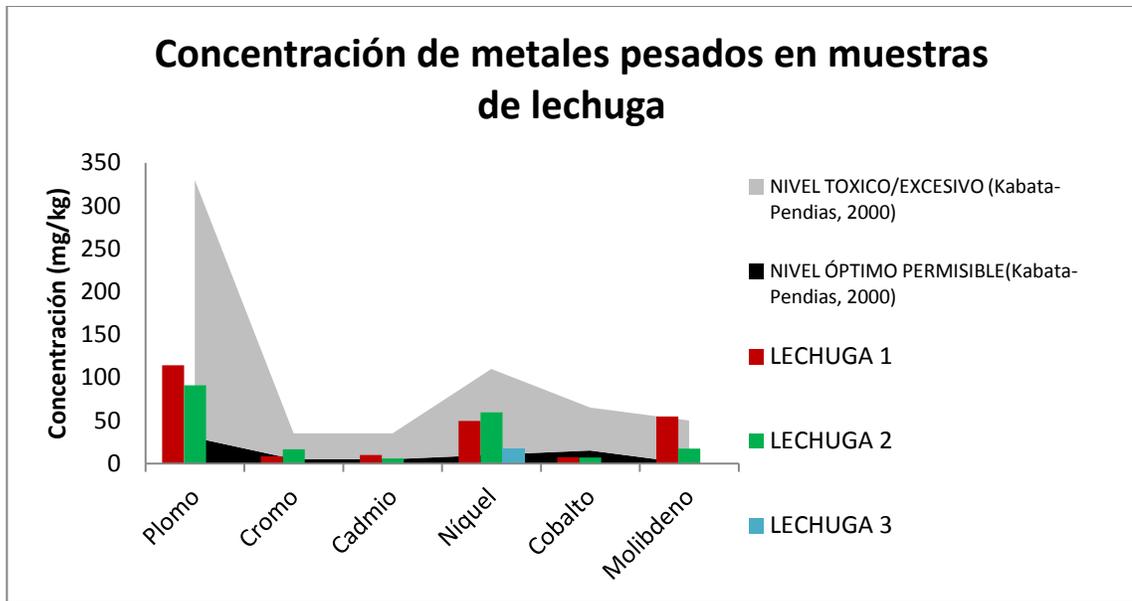


Figura 17. Concentración de metales pesados en tejido vegetal, Lechuga

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de muestras de tejido vegetal, laboratorio de suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

6.5 Frecuencia de enfermedades asociadas a metales pesados

Una vez identificados los niveles de metales pesados en las muestras analizadas, se procedió a revisar los reportes existentes sobre las enfermedades asociadas. Los elementos con mayor concentración identificados en las muestras de ambos cultivos fueron Níquel y Plomo. Algunas las enfermedades asociadas a éstos fueron: Cáncer de riñón asociada al Plomo y enfermedades pulmonares entre ellas cáncer de pulmón asociada a Níquel, éstas consideradas de mayor importancia médica en relación a las demás. Las enfermedades más importantes y sus frecuencias en el Estado de Hidalgo se incluyen en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Casos de enfermedades asociadas a metales pesados en el estado de Hidalgo, 2011.

Metales Pesados	Enfermedad	Número de Casos	Posición de acuerdo a su frecuencia
Cromo	Conjuntivitis	48212	6
Plomo, Cadmio	Hipertensión Arterial	8962	11
Níquel	Asma y Estado Asmático	6421	15
Plomo, Cadmio	Enfermedad renal crónica (2010)	3193	ND
Níquel, Cobalto, Plomo	Enf. Isquémicas del Corazón	702	ND
Cromo, Níquel	Enf. Pulmonares (2009)	83	ND

ND: Información No Disponible

Fuente: SUIVE/DGE/Secretaría de Salud/Estados Unidos Mexicanos-2011

6.5.1 Enfermedad Renal Crónica

La enfermedad renal crónica está relacionada directamente con la hipertensión y la diabetes, esta se puede clasificar en dos: la enfermedad renal crónica (ERC) y la enfermedad renal crónica terminal (ERCT). La ERC es el resultado de una pérdida progresiva de la estructura renal con disminución del filtrado glomerular secundaria a diversos procesos etiológicos, y evoluciona desde alteraciones bioquímicas hasta un síndrome clínico con repercusión multiorgánica llamado uremia. ERCT, ocurre cuando es necesario recurrir a una terapia de remplazo renal para preservar la vida del paciente. Sin embargo, no todos los pacientes progresan hasta la etapa final: datos recientes han mostrado que los pacientes con ERC tienen 5 a 10 veces más probabilidades de morir antes de alcanzar la etapa terminal.

El estado de México y DF presentan la mayor incidencia en enfermedades renales crónicas para el año 2010 como se puede ver en la Figura 18.

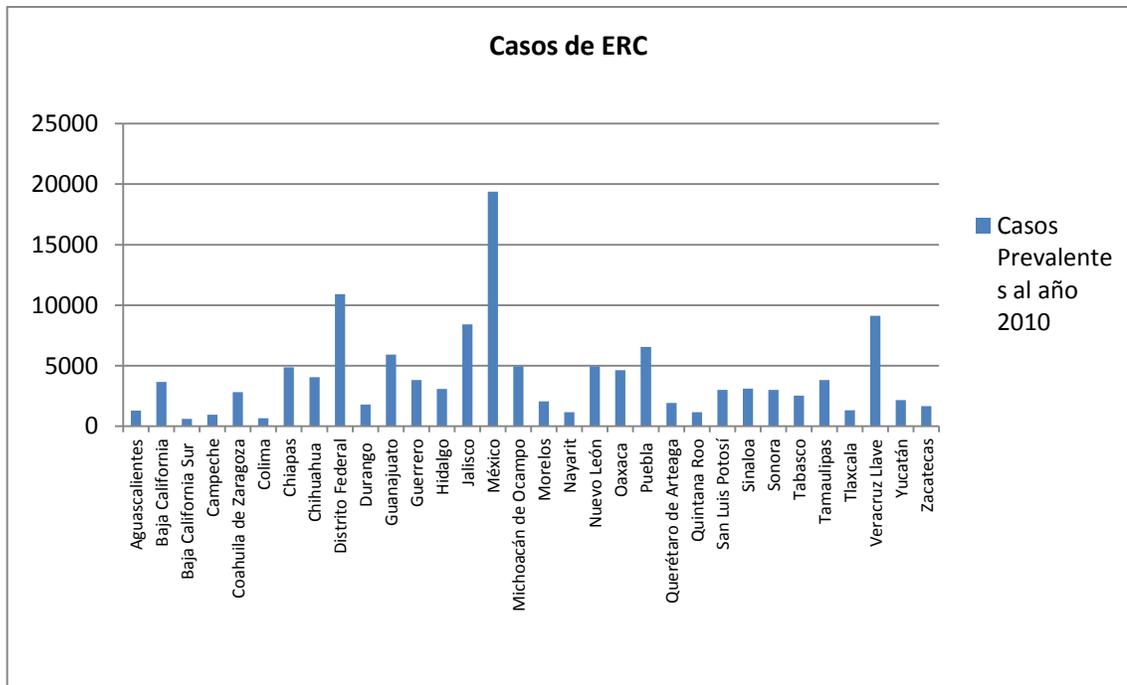


Figura 18. Casos de incidencia de enfermedad renal crónica, 2010.

Fuente: SUIVE/DGE/Secretaría de Salud/Estados Unidos Mexicanos-2010.

Para el año 2010 en el estado de Hidalgo se tuvo una incidencia de 3193 casos de enfermedad renal crónica, la mayoría de estos casos se presentaron en personas mayores de 45 años, el cuadro siguiente muestra el número de casos, así como las muertes por ERC. Algunas consideradas de mayor importancia se incluyen en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Enfermedad Renal Crónica en el estado de Hidalgo, 2010

	EDADES					Total
	0-19	20-44	45-64	64-74	75+	
Casos prevalentes	164	913	1445	486	185	3193
Muertes por enfermedad renal crónica	8	109	406	279	184	986
Duración promedio (años)	12.4	7	3.3	1.6	0.9	5.04

Fuente: López-Cervantes M. et. al., 2010

6.5.2 Tratamientos y costos promedio

De acuerdo con López (2010), en México existen dos tipos de tratamiento para la ERC los cuales varían en costo dependiendo el tipo de institución a la que se refiera, ya sea sector público o privado como se muestra en el Cuadro 29.

Cuadro 28. Costo promedio por tratamiento de enfermedad renal crónica.

Tratamiento	Sector publico	Sector privado
Hemodiálisis con fistula (Trat. 1)	\$ 746.03	\$ 1007.03
Hemodiálisis con Catéter central (Trat. 2)	\$ 1164.04	\$ 1077.75

Fuente: López-Cervantes M. et. al., 2010

Con respecto a la información anterior y el nivel de incidencia de casos por enfermedad renal crónica se estimaron los siguientes costos de enfermedad para el año 2010 en el estado de Hidalgo.

Cuadro 29. Costo anual por enfermedad renal crónica para el estado de Hidalgo, 2010.

Casos por ERC	Sector Publico		Sector Privado	
	Trat. 1 (\$)	Trat. 2 (\$)	Trat.1 (\$)	Trat.2 (\$)
3193	\$2 382 073.79	\$3 716 779.72	\$3 215 446.79	\$3 441 255.75

Fuente: Elaboración propia con base en datos tomados de López-Cervantes M. et. al., 2010

El costo anual de tratamiento de enfermedad renal crónica van desde \$ 2 382 073.79 hasta \$ 3 441 255.75 por año dependiendo el sector y el tipo de tratamiento.

6.5.3 Enfermedades Pulmonares

El término enfermedad pulmonar se refiere a muchos trastornos que afectan los pulmones, tales como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, infecciones como gripe, neumonía y tuberculosis, cáncer de pulmón y muchos otros problemas respiratorios. Según INEGI (2011), las principales causas de enfermedades pulmonares son: Tabaquismo 90%, Exposición ocupacional 8% y por contaminación 2%. Los estados de la República más afectados son: Baja California Sur Sinaloa, Sonora, Nuevo León, Baja California, Tamaulipas, Nayarit y Chihuahua (Ruiz-Godoy, 2007).La incidencia de enfermedades pulmonares en el estado de Hidalgo se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 30. Consultas y diagnóstico de enfermedades pulmonares, Hidalgo, 2009

DIAGNOSTICO	CASOS
ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA	27
ASMA, NO ESPECIFICADO	12
BRONQUITIS CRONICA NO ESPECIFICADA	10
OTRAS ENFERMEDADES ESPECIFICADAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	6
OTRAS ENFERMEDADES PULMONARES INTERSTICALES CON FIBROSIS	5
NEUMONITIS DEBIDA A HIPERSENSIBILIDAD A POLVO ORGANICO	2
LINFADENOPATIA PERIFERICA TUBERCULOSA	2
TUMOR MALIGNO DE LA MAMA	1
TUMOR DE COMPORTAMIENTO INCIERTO O DESCONOCIDO DEL MEDIASTINO	1
ENFERMEDAD PULMONAR DEL CORAZÓN NO ESPECIFICADA	2
INSUFICIENCIA CARDIACA, NO ESPECIFICADA	1
FARINGITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	1
NEUMONIA, NO ESPECIFICADA	1
ENFERMEDAD PULMONAR INTERSTICAL	1
SINDROME SECO	1
TOTAL	73

Fuente: Secretaria de Salud, 2010.

De acuerdo con los casos presentes para enfermedades pulmonares, se seleccionaron dos de mayor importancia: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y Tumores malignos de pulmón, esta última considerada como cáncer pulmonar, los costos de tratamiento de cada una de ellas fueron tomados de Reynales-Shigematsu y colaboradores 2006, donde calcula los costos promedio anuales de tratamiento de enfermedades en México.

Según lo anterior el costo promedio de enfermedad pulmonar obstructiva crónica es de \$99 669.00 por año y \$ 148 837. 00 para cáncer pulmonar. Con esta información se calcularon los costos anuales para el estado de Hidalgo de estas dos enfermedades como se muestra en el cuadro 31.

Cuadro 31. Costo anual de dos enfermedades pulmonares para el estado de Hidalgo, 2009.

Enfermedad	Costo unitario promedio anual (\$)	Casos presentes	Costo Anual (\$)
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	\$ 99 669	27	\$ 2 691 063
Cáncer de Pulmón (Tumores malignos de pulmón)	\$ 148 837	2	\$ 297 674
TOTAL	\$ 248 506	29	\$ 2 988 737

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Salud, 2010.

Los costos por Enfermedad pulmonar obstructiva crónica para el año 2009, son de \$ 2 691 063.00 en promedio, mientras que para Cáncer de Pulmón el costo fue de \$ 297 674.00 en promedio.

6.6 Enfermedades asociadas a otros patógenos presentes en aguas residuales

Los principales casos de enfermedades en la región de Ixmiquilpan que se presentan en el Cuadros 32 y 33 corresponden a información proporcionada por la unidad general de epidemiología de la Secretaria de salud, jurisdicción número seis del estado de Hidalgo. Estos casos fueron atendidos por síntomas asociados al contagio por algún tipo de contacto con aguas residuales y fueron proporcionados para la unidad 1001 de Ixmiquilpan, Hgo., para el año 2012 y las primeras 35 semanas del año 2013.

Cuadro 32. Casos de enfermedad para la semana 1 a 52 del 2012, en la unidad 1001 Ixmiquilpan, Hgo. SSA

Enfermedades asociadas	Sexo	Grupos de edades											Total		
		menos de 1	01 a 04	05 a 09	10 a 14	15 a 19	20 a 24	25 a 44	45 a 49	50 a 59	60 a 64	65 y mas	HOMBRES	MUJERES	
Amebiasis															
Intestinal	M		1	1	1		1	1		1				6	
	F		1	1	2	1		4		1		1			11
Fiebre Tifoidea A01.0	M						2						2		
	F							2						2	
Infecciones Intestinales por otros	M	3	10	6	4	3		2	1	2			31		
	F	3	16		4	4	2	9	2	5	1	2		48	
Shigelosis A03	M		1										1		
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
Paratifoidea y otras salmonelosis	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
	F		1					1		1				3	
TOTAL		6	30	8	11	8	5	19	3	10	1	3	40	64	
SUMA													104		

FUENTE: Sistema Nacional de Salud, dirección general de epidemiología, Jurisdicción 06 Ixmiquilpan Hidalgo, unidad 1001 Ixmiquilpan, 2013

Cuadro 33 .Casos de enfermedad para la semana 1 a 35 del 2013, en la unidad 1001 Ixmiquilpan, Hgo. SSA

Enfermedades asociadas	Sexo	Grupos de edades										Total			
		menos de 1	01 a 04	05 a 09	10 a 14	15 a 19	20 a 24	25 a 44	45 a 49	50 a 59	60 a 64	65 y mas	HOMBRES	MUJERES	
Amebiasis															
Intestinal	M	5	14	7	4			4					1	35	
	F		6	4	4	1	4	7		1	1				28
Fiebre Tifoidea A01.0	M							1						1	
	F							1							1
Infecciones Intestinales por otros	M	7	19	3	6		1	11		1	1			49	
	F	5	13	3	3	0	5	11	3	2	3				48
Giardiasis A07.1	M			1										1	
	F														0
Intoxicación alimentaria Bacteriana	M													0	
	F								1						1
TOTAL		17	52	18	17	1	10	35	4	4	5	1	86	78	164

FUENTE: Sistema Nacional de Salud, dirección general de epidemiología, Jurisdicción 06 Ixmiquilpan Hidalgo, unidad 1001 Ixmiquilpan, 2013.

Las enfermedades asociadas a las aguas residuales son atribuibles a problemas gastrointestinales. Las más frecuentes son Amebiasis intestinal e infecciones intestinales. Éstas son más frecuentes en población de edad menor a 15 años, lo cual concuerda con lo señalado por Cifuentes et. al. (1992). El riesgo de infecciones intestinales es también por la presencia de organismos como: *Ascaris lumbricoides* y *Entamoeba histolytica*.

6.6.1 Costo de tratamiento de enfermedades asociadas con aguas residuales

Información proporcionada por la unidad de salud 1001 de Ixmiquilpan, Hidalgo, señala que los costos por tratamiento de enfermedades asociadas al contacto con aguas residuales, que son las más relacionadas con los contaminantes analizados, van desde \$50.00 a \$400.00 para tratamientos de uno a tres días de duración como se presenta en el cuadro 34.

Cuadro 34. Costo de tratamiento de síntomas asociados al contacto con aguas residuales.

SINTOMA	TRATAMIENTO	COSTO PROMEDIO
Respiratorias superiores	Sintomático (virales) Antibiótico (Bacterianas)	\$100 a \$250
Enfermedades diarreicas agudas (EDA's)	Antiespasmódicos Sintomáticos Antibióticos Electrolitos	\$ 150 a \$400
Infecciones en vías urinarias	Antibiótico	\$100 a \$150
Dermatitis de contacto	Antifungico tópico	\$ 50 a \$100

FUENTE: Sistema Nacional de Salud, dirección general de epidemiología, Jurisdicción 06 Ixmiquilpan Hidalgo, unidad 1001 Ixmiquilpan, 2013

Parte de los costos externos del uso de riego con aguas residuales están representados por el costo promedio por tratamiento de enfermedades asociadas a las aguas residuales por el número de casos al año, el número de casos de enfermedades principalmente EDA's promedio es de 134 casos por año a un costo promedio de \$ 36 850.0.

Con ésta información se obtuvo el costo promedio por año en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo, (cuadro 35).

Cuadro 35. Costo anual por enfermedades diarreicas agudas (EDA's) en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo.

SINTOMA	COSTO DE TRATAMIENTO PROMEDIO	CASOS POR AÑO			COSTO POR AÑO (\$)		
		2012	2013	PROMEDIO	2012	2013	PROMEDIO
Enfermedades diarreicas agudas (EDA's)	\$ 275.00	104	164	134	\$28 600	\$45 100	\$36 850

Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Salud, dirección general de epidemiología, Jurisdicción 06 Ixmiquilpan Hidalgo, unidad 1001 Ixmiquilpan, 2013.

Los costos externos por enfermedades asociadas estan dados para el área total de riego, dicha zona no esta limitada a los cultivos de calabaza y lechuga, de acuerdo a las superficies cultivadas por estos dos se obtuvieron los siguientes costos externos por tonelada y por hectárea.

Cuadro 36. Costos externos por hectárea y por tonelada.

Cultivo	Superficie cultivada (Hectáreas)	Rendimiento (Toneladas)	Costo de enfermedades al año (\$)	Costo externo por Hectárea (\$/Ha)	Costo externo por Tonelada (\$/Ton)
Calabaza	54.972	549.726	\$ 36 850	\$ 670.33	\$ 67.03
Lechuga	140.814	1802.429	\$ 36 850	\$ 261.69	\$ 20.44

Fuente: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la SSA y obtenida de la encuesta.

6.7 Ponderación de las externalidades

Las principales externalidades negativas identificadas en el cultivo de calabaza y lechuga con aguas residuales se derivan primordialmente de las enfermedades ocasionadas por los metales pesados que permanecen en los productos cosechados, así como la exposición a agentes patógenos siempre presentes en aguas residuales.

Aun cuando en este ejercicio no se ha podido establecer con precisión los datos completos sobre las frecuencias y costos de enfermedades que estos productos ocasionan, si se puede establecer algunos umbrales que den luz para opinar sobre la conveniencia o no de actividades como la que aquí se ha analizado.

De este modo, se tiene identificado el monto por hectárea que el productor tendría que agregar a su estructura de costos para mínimamente evitar las principales externalidades que su actividad ocasiona. En este caso, se refiere al costo que le implicaría al productor cambiar el uso de aguas residuales por el uso de aguas residuales tratadas (incluyendo el costo adicional de fertilizantes). En este sentido, para el caso de la calabaza, ese umbral es de \$19,762.3 y \$21,600 para el caso de la lechuga (Cuadro 37).

Cuadro 37. Costo por ha de evitar las externalidades negativas del cultivo de calabacita y lechuga.

Cultivo	Costo Agua tratada (\$/Ha)	Costo de fertilización (\$/Ha)	Total
Calabacita	14,649.0	5,113.3	19,762.3
Lechuga	15,900.0	5,700.0	21,600.0

Fuente: Elaboración propia con base a datos de encuesta.

Es decir, si una hectárea produciendo en condiciones de aguas residuales es capaz de generar un costo externo superior a los costos aludidos en el Cuadro 37, significa entonces que socialmente no es conveniente que continúe su operación. A la sociedad le saldría más barato pagar el diferencial del costo por producir con agua residual tratada, en lugar de que se continúe produciendo con agua residual no tratada. O, en un escenario más realista, convendría aplicar alguna política pública con el objetivo de desincentivar dicha actividad productiva y buscar alternativas distintas.

Hay que añadir que el umbral que se ha mencionado es ciertamente subcotado ya que se conoce con certidumbre una amplia lista de otras externalidades negativas, por ejemplo, la contaminación de acuíferos, ríos, suelos, etc., solo por mencionar algunas de ellas. De este modo, no resulta descabellado hipotetizar que la magnitud de los beneficios obtenidos por la actividad agrícola con aguas residuales, es mucho menor que la magnitud de los daños ocasionados a terceros (i.e. costos externos). Para la verificación de esto último, se requiere ampliar la información necesaria, cosa que rebasa los objetivos planteados en el presente trabajo y que será motivo de futuras tareas de investigación.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

1. En el análisis económico realizado de los dos cultivos haciendo uso de aguas residuales, se observa que reportan un margen de ganancia considerable: \$16,342.4 pesos en el caso de la calabaza y \$35,681.9 en el cultivo de la lechuga. Sin embargo, las externalidades negativas en ese primer ejercicio no están consideradas.
2. El costo, por hectárea, de agua residual tratada para su uso en la agricultura es de \$3.00 por metro cúbico. Bajo el escenario de cambiar el cultivo usando agua residual al uso de agua residual tratada impacta sustancialmente la estructura de los costos y ganancias de ambos cultivos. En el caso de la calabacita la ganancia se hace negativa, mientras que en el caso de la lechuga la ganancia se reduce sustancialmente (55%).
3. En el análisis de materiales pesados, los niveles de concentración encontrados superan los estándares establecidos, sobresaliendo el caso del Plomo y Níquel, cuyas concentraciones se califican como excesivamente tóxicas.
4. Las enfermedades más frecuentes, entre las asociadas a la exposición de estos metales, sobresale la enfermedad renal crónica y enfermedades pulmonares, cuyos costos de atención parcial se encuentran alrededor de \$1,000 para enfermedad renal crónica y alrededor de 100, 000 para enfermedades pulmonares.

5. Existe otro conjunto de enfermedades asociadas a los patógenos presentes en aguas residuales. La mayor parte de éstas son de carácter diarreico y el costo de su atención es en promedio de \$275.00. La frecuencia presente en el Municipio de Ixmiquilpan, Hgo, es superior a los 164 casos.

CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES

Existen niveles excesivos de contaminantes de origen industrial en los productos agrícolas de la región, se requiere llevar un monitoreo constante de la calidad del agua, ya sea por parte de los productores o bien por los organismos gubernamentales encargados, con el fin de tomar las medidas adecuadas para reducir y/o eliminar los impactos ambientales negativos generados por el uso de aguas residuales no tratadas.

Deben realizarse estudios específicos de las regiones irrigadas con aguas residuales en donde se profundice en la relación que existe entre la concentración de contaminantes en los cultivos y la capacidad de transmisión a los seres vivos. De igual forma identificar los casos de enfermedades directamente relacionados a éstas.

La propuesta del presente trabajo es caracterizar los costos externos en la producción, así como explorar el escenario de producción mediante el uso de aguas residuales tratadas, sin embargo no existe suficiente información sobre algunas diferencias no consideradas en este estudio tales como: rendimientos de producción, plagas y enfermedades,

propiedades físicas y químicas del suelo, por mencionar algunas, es importante generar esta información a fin de conocer con mayor certeza los efectos generados.

También es importante conocer los niveles de acumulación de contaminantes y otros agentes con respecto a la antigüedad del riego, asociándolos al tipo de suelo y al tipo de cultivo.

CAPITULO IX. LITERATURA CITADA

1. Auge M., 2007. Agua fuente de vida. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas. Buenos aires, Argentina. 25p.
2. Manu, K. Bala, R. Shwta, R. Anchal, K. Barinder, M. Neeraj, Heavy metals accumulation in vegetables irrigated with water from different sources, Food Chem. 11 (2008) 811–815.
3. Azqueta, O.D. 1994. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw-Hill. España.
4. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2004. Reseña Toxicológica del Cobalto (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. Texas Department of State Health Services Environmental and Injury Epidemiology & Toxicology Group 1100 West 49th Street, MC1964 Austin, Texas 78756 Phone (800) 588-1248...03-2012
5. Agency for Toxic Substance and Disease Registry, Toxicological Profile for Cadmium, U.S. Department of Health and Humans Services, Public Health Service, Centers for Diseases Control, Atlanta, GA. 2008.
6. Bartolome C and Alosoroff, S. (1987).Irrigation reuse of pounds effluents in developing countries. Waste Science and technology; 19 (12): 289-297,1987.
7. Beuchat LR. 1998. Food Safety Issues: Surface Decontamination of Fruits and Vegetables Eaten Raw: a Review. Food Safety Unit, WHO: Geneva.

8. Bakker, N., M. Dubbeling, U. Gundel, S. Koschella y H. de Zeeuw. (2000). Growing cities. Growing food, urban agriculture on the policy agenda. DSE, Alemania. 3 p.
9. Chen, Y., Wang, C., Wang, Z., 2005. Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. *Environment International* 31, 778e783.
10. Corredor biológico mesoamericano, 2002. Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales, Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM. Managua, Nicaragua. 76 p.
11. Collazos C.J., 2008. Tratamiento de aguas residuales. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ingeniería. Disponible en:[http://www.ing.unal.edu.co/catedra/drs_diaz_collazos/GENERALIDADES.pdf\(05/06/2013\)](http://www.ing.unal.edu.co/catedra/drs_diaz_collazos/GENERALIDADES.pdf(05/06/2013))
12. Centro Mexicano de Derecho ambiental A.C., 2006. El agua en M é x i c o : lo que todas y todos debemos saber. Primera Ed. 2006. Disponible en: http://www.conaii.org.mx/Documentos/El_Agua_en_Mexico.pdf
13. Caballer M, V y N. Guadalajara. 1998. Valoración Económica del Agua de Riego. Ediciones Mundi-Prensa. México.
14. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2009. Otomíes del Valle del Mezquital - Hñä hñü. Jueves, 22 de Octubre de 2009 . sitio web accedido el (15/09/2012)
15. Comisión Nacional del Agua, 2011. Estadísticas del agua en México, edición 2011. Disponible en:<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF> (12/04/2013).
16. Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.D.C., Egwurugwu, J.N., 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *Int. J. Phys. Sci.* 2 (5), 112–118.
17. D. Scott, J.M. Keoghan, B.E. Allen, Native and low input grasses a New Zealand high country perspective, *N. Z. J. Agric. Res.* 39 (1996) 499–512.

18. Esparza, (1993). Riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura (Aspectos toxicológicos). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) Lima Peru
19. Esparza, 1998. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente.Lima, Peru.
20. FAO. 2013. Base de datos AQUASTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sitio web accedido el [05/06/2013 17:21]
21. FAO. Information System on Water and Agriculture, Aquastat. 2008. Consultado en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es> (4/10/2013).
22. FIRA, 1998. La modernización del riego. Base de una agricultura competitiva y sustentable. *Boletín Informativo*, Núm. 303, Volumen XXXI.
23. Gómez, B.A., 2002. Evaluación Económica Del Impacto Ambiental De Las Descargas De Aguas ResidualesMunicipales. Memorias de congreso, FEMISCA
24. Gobierno del estado de Hidalgo, 2012. Regiones naturales/ Valle del Mezquital. Sitio web accedido 04/05/2012. Disponible en http://www.hidalgo.gob.mx/estado/valle_mezquital.html
25. Gutierrez, J. 2003. Reuso de agua y nutrientes. Centro de informacion, gestion y educacion ambiental (Cigea). En: www.medioambiente.cu/revistama/articulo41.htm; consulta: septiembre de 2013.
26. Gleick P. H., Burns W. C.G., Chalecki E. L., Cohen M., Cushing K. C., Mann A., Reyes R., Wolff G. H., & Wong A., 2002.. *The biennial report on freshwater resources. The World's Water 2002-2003*. Washington, DC: Island Press, 2002. 334 p.

27. Goyer RA, Clarksom WT. Toxic effects of metals. En: Klaassen CD editor. Casarett and Doull's Toxicology. The basic Science of poisons. New York: McGraw-Hill, 2001;811-67

28. Instituto nacional de estadística y geografía, 2008. México de un vistazo 2008. ISBN 978-970-13-5132-1, 33 p. : il. + 1 mapa pleg. col. J.I. Oragui, T.P. Curtis, S.A. Silva and D.D. Mara, Removal of excreted bacteria and viruses in deep waste stabilization ponds in northeast Brazil. Wat. Sci. Technol., 19 (Rio) (1987) 569–573.

29. Luis A C Galvao y German Corey, centro panamericano y salud ,Organización Panamericana de la salud, Organización mundial de la Salud, Metepec Mex, 1987.

30. López B., 2004. Ampliación del sistema de riego en el Valle del Mezquital con aguas subterráneas. Tesis de Ingeniería, Instituto Politecnico Nacional, México, Distrito Federal.

31. Leon, G.; Moscoso, J., 1995. Estrategias para el uso de Efluentes de Lagunas de estabilización en América Latina- El modelo de la Acuicultura en Lima, Perú. Tercera conferencia Internacional de Especialistas sobre tecnología y sus aplicaciones de Lagunas de estabilización Asociación Internacional de Calidad del Agua (IAQW) 27-31 marzo Joao Pessoa, Brasil. 10p.

32. Labandeira, X., C. Leon y M. X. Vázquez. 2007. Economía Ambiental. Pearson educación, S.A., Madrid, España.

33. Moscoso, 1995. Aspectos técnicos de la agricultura con aguas residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) Lima Peru,

34. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de producción más limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. Centro de Información, Divulgación y Educación Ambiental. Cuba. 2002.

35. Mara, D. y S. Carnicross. 1990. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Organizacion Mundial de la Salud (OMS), Ginebra.

36. Metcalf y Eddy. 2003. Waste engineering: treatment and reuse. 4th ed. McGraw-Hill, Nueva York. 1819 p.
37. Marshall, F.M., Holden, J., Ghose, C., Chisala, B., Kapungwe, E., Volk, J., Agrawal, M., Agrawal, R., Sharma, R.K., Singh, R.P., 2007. Contaminated Irrigation Water and Food Safety for the Urban and Peri-urban Poor: Appropriate Measures for Monitoring and Control from Field Research in India and Zambia, Incpetion Report DFID Enkar R8160, SPRU, University of Sussex.<www.pollutionandfood.net>.
38. Martínez G, A. 2002. Elementos que delimitan la valoración de un bien o servicio ambiental: el caso del recurso agua en la reserva de la biosfera el triunfo en Chiapas, México. Instituto Nacional de Ecología, México.
39. Mendieta L., J. C. 2000. Economía Ambiental. Programa de Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recurso Naturales Facultad de Economía, Universidad de los Andes. Santa Fe de Bogotá.
40. MARZOCHI, M.C. (1970). Estudo dos factores evolvidos na disseminacao dos enteroparasitas. I Estudo da poluicao por cistos e ovos enteroparasitas em córregos da cidade de Ribeirao Preto. Sao Paulo, Rev. Inst. Med. Trop., 19:148-155
41. Mantengu ,2007. An assessment of the public health hazard potential of wastewater reuse for crop production. A case of Bulawayo city, Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth 32 (2007) 1195–1203.
42. Medeiros, S., A. Soares, P. Ferreira, J. Neves, A. de Matos y J. de Souza. 2005. Utilizacao de agua residuaria de origem domestica na agricultura: estudo das alteracoes quimicas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental 9(4),603-612.
43. Ministry of Supply and Services, Canada,. 1993. Water Works! Freshwater Series. 12 p
44. M.V. Yates and C.P. Gerba, Microbial considerations in wastewater reclamation and reuse. In: T. Asano, ed., Wastewater Reclamation and Reuse. Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania, Chap. 10, 1998, pp. 1–56.

45. Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura de las Naciones Unidas, (UNESCO), 2010. El agua en un mundo en cambio. 3er. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Disponible en http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/Overview_Sp.pdf (04/06/2013).
46. Pearce D., W. 1985. Economía Ambiental. Fondo de cultura económica, México. Pp. 11-17.
47. Peña de Paz, Francisco, 1997, *Los límites del riego agrícola con aguas negras en el valle del Mezquital*, Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana, México, Distrito Federal.
48. Perez G. A., et. al., 2005, Impactos al agro por los recursos hídricos en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Instituto Mexicano del Petróleo, México D.F., Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. División de Ciencias e Ingenierías. Departamento de Energía. Coordinación de Estudios de Posgrado en Ambiental, 11 p.
49. PÉREZ, J.; G. HERNÁNDEZ: “Valoración de la calidad del agua del arroyo Guachinango con fines de riego”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3): 6-9, 2007.
50. Post, J. 2006. Wastewater treatment and reuse in the eastern Mediterranean region. *Water* 21, 36-41,
51. Peña K., F. Rivas V., y M. Durán. 2004. Valoración económica del agua en el municipio campo Elías. *Revista Electrónica, Red latinoamericana de Cooperación Técnica en el Manejo de Cuencas Hidrográficas (REDLACH)*.
52. Parreiras, S. 2005. Curso sobre tratamiento de esgoto por disposicao no solo. Fundacao Estudual do Meio Ambiente (FEAM), Belo Horizonte (Brasil). 40 p.
53. Miralles de Imperial R., Ma Beltrán E., Angel M., Beringola Ma Luisa., Valero J., Calvo R. y Delgado Ma del Mar. Disponibilidad de nutrientes por el aporte de tres tipos de lodos de estaciones depuradoras. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 19, 3, 2003.

54. Quipuzco L. E., 2004. Valoración de las aguas residuales en Israel como un recurso agrícola: consideraciones a tomar en cuenta para la gestión del agua en el Perú. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG Vol 7, N.º 13, 64-72*
55. Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., Singh, A.K., 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. *Agriculture. Ecosystem and Environment 109, 310e322.*
56. Raschid-Sally, 2010. The role and place of global surveys for assessing wastewater irrigation. *Irrig Drainage Syst (2010) 24:5–21*
57. Singh et. Al.,2009. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food and Chemical Toxicology 48 (2010) 611–619.*
58. Scott, C, N.I. Faruqui y L. Raschid. 2004. Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities. IWMI, IDRC, CABI, Sri Lanka. 240 p.
59. Siebe, C. and Cifuentes, E. (1995). Environmental impact of wastewater irrigation in central Mexico: an overview. *International Journal of Environmental Health Research, 5, 161–173.*
60. Singh, K.P., Mohon, D., Sinha, S., Dalwani, R., 2004. Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharge by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in wastewater disposal area. *Chemosphere 55, 227–255.*
61. Sharma, R.K., Agrawal, M., Marshall, F.M., 2007. Heavy metals contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicol. Environ. Saf. 66, 258–266.*
62. Toxicological Profile for Nickel, 2005 Agency for Toxic Substances and Disease Registry United States Public Health Service.
63. United Nations Children's Fund and World Health organization 2012. Progres on drinking wáter and sanitation 2012. ISBN: 978-92-806-4632-0 (NLM classification: WA 670)

64. Valls, M. 1980. La legislación del agua en los países de la América del Sur. Estudio Legislativo No.19. Subdirección de la Legislación Oficina Jurídica. FAO.167p.
65. WHO/UNICEF. 2000. Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. World Health Organization, United Nations Children's Fund: Geneva; 80 pp.
66. Secretaria de salud, 2010. Guis técnicas de servicio de neumología, Segundo boletín de Neumologia. México, DF. Mayo 2010, 301 p.
67. López-Cervantes M; Rojas-Russell ME; Tirado-Gómez LL; Durán-Arenas L; Pacheco-Domínguez RL; Venado-Estrada AA; *et al.* 2010. Enfermedad renal crónica y su atención mediante tratamiento sustitutivo en México. México, D.F.: Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. 2009.
68. L. Ruiz-Godoy. Mortality due to lung cancer in Mexico. Lung Cancer 2007; 58:184—190.
69. Reynales-Shigematsu L.M., Rodríguez-Bolaños Rde L., Jiménez JA., Juárez - Márquez SA., Castro-Ríos A., Hernández -Ávila M., 2006. Costos de la atención medica atribuibles al consumo de tabaco en el Instituto Mexicano del Seguro Social. Salud Pública Méx. 48 Suppl 1:s48-64.

Ingresos directos por el cultivo

3.1 *¿Qué tipo de productos obtiene?*

Producto	Unidad de medida	Precio	Rendimiento por Ha
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Costos de producción de acuerdo al itinerario técnico del cultivo

ACTIVIDAD	Productos	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Mano de obra (\$*jornales)	Costo por Ha
I. PREPARACIÓN DEL SUELO						
1. BARBECHO						
2. RASTREO SECO						
4 TRAZO DE RIEGO						
II. SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN						
1. ADQ. DE SEMILLA						
2. ADQ. DE FERT.						
3. FERTILIZACIÓN AL VOLEO						
4. INOCULACIÓN						
5. SIEMBRA						
6. PASO RASTRA LIGERA						
III. R I E G O S						
1. CUOTA POR SERVICIO DE RIEGO						
2. REGADORES						
IV. ESCARDAS						
1. ESCARDA						
V. FITOSANIDAD						
1. ADQUISICIÓN DE INSECTICIDA						
2. APLICACIÓN TERRESTRE						
VI. COSECHA						
1. CORTE EN VERDE						
2. CORTE DEL FRUTO						
3. EMPACADO						
4. FLETES						
5. OTRO						
TOTAL						



Universidad Autónoma Chapingo

Maestría en ciencias forestales



Cuestionario para identificar los costos de producción del cultivo de Lechuga *Lactuca sativa* de riego en el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo.

Proyecto de investigación: Análisis de las externalidades en la actividad agrícola del río tula en Ixmiquilpan hidalgo.

Datos de la encuesta.

Informante _____

Fecha _____

Encuestador _____

No. encuesta _____

Características generales de la unidad de producción.

Predios	Cantidad	Superficie (Ha)	Derechos*
---------	----------	-----------------	-----------

1.1 ¿Cuántos predios maneja en total? _____

1.2 ¿Superficie cultivada ? _____

*Terreno propio (TP), Alquilado (A), A medias (M), Empeñado (E), Prestado (P), Otro (O) especificar

1.3 ¿Qué variedad maneja? _____

1.4 Sí renta la tierra cual es el precio de esta (\$/Ha) _____

1.5 Cual es el objetivo de la producción

Venta () Autoabasto () Venta y autoabasto () otro _____

Ingresos directos por el cultivo

3.1 ¿Qué tipo de productos obtiene?

Producto	Unidad de medida	Precio	Rendimiento por Ha
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Costos de producción de acuerdo al itinerario técnico del cultivo

<i>ACTIVIDAD</i>	Productos	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Mano de obra (\$*jornales)	Costo por Ha
PREPARACION DEL TERRENO						
Limpia de terrenos						
Barbecho						
Rastro						
SIEMBRA O PLANTACIÓN						
Adquisición de semilla o planta						
Producción en almácigo						
Trasplante						
FERTILIZACIÓN						
Adquisición de fertilizante						
Aplicación de fertilizante						
LABORES CULTURALES						
Escarda o cultivo						
Deshierbe manual						
Adquisición de herbicidas						
Aplicación de herbicidas						
RIEGO Y DRENAJE						
Costo de agua						
Riegos						
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES						
Adq. De ins. Y fung.						
Aplicación de ins y fung						
COSECHA						
Cosecha						
Acarreo						
Total costos directos						
Costos indirectos						
Seguro agrícola						
Costo financiero						
Asistencia técnica						
Otros						
TOTAL						

ANEXO 2. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CALABAZA MODALIDAD RIEGO EN AGUAS RESIDUALES NO TRATADAS (\$/ha)

ACTIVIDAD O LABOR	Descripción	PANALES																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
PREPARACION DEL TERRENO		1200	1200	1050	1250	1200	1100	1200	1100	1250	1200	1150	1200	1250	1200	1250	1150	1200	1100	1150
Limpia de terrenos																				
Barbecho	tracción mecánica	800	800	650	800	800	700	800	700	800	800	750	800	800	800	800	750	800	700	750
Rastreo	tracción mecánica	400	400	400	450	400	400	400	400	450	400	400	400	450	400	450	400	400	400	400
SIEMBRA O PLANTACIÓN		1440	1500	1600	1440	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1440	1440	1500	1500	1500	1500	1440	1440	1390
Adquisición de semilla o planta	3 kg por Ha	840	900	1000	840	800	900	900	900	900	900	840	840	900	900	900	900	840	840	840
Siembra	tracción mecánica	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	550
FERTILIZACIÓN		0	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	1550	0						
Adquisición de fertilizante	Ocasionalmente	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	950	0	0	0	0	0	0	0
Aplicación de fertilizante	Ocasionalmente	0	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	0	0
LABORES CULTURALES		1900	1900	1780	1900	1780	1660	1900	1900	1780	1780	1780	1660	1900	1900	1900	1900	1900	1780	1780
Escarda o cultivo	tracción mecánica o animal	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Deshierbe manual	De 3 a 5 jornales \$120xjornal	600	600	480	600	480	360	600	600	480	480	480	360	600	600	600	600	600	480	480
Adquisición de herbicidas	litro	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Aplicación de herbicidas	\$200/jornal	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
RIEGO Y DRENAJE		900	1100	900	1100	1300	900	1300	900	900	1100	900	900	1300	1100	900	900	1300	900	1100
costo de agua	4 riegos / cuota \$25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Riegos	4 A 6 JORNALES	800	1000	800	1000	1200	800	1200	800	800	1000	800	800	1200	1000	800	800	1200	800	1000
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES		1060	1150	1150	1200	1060	1110	1110	1060	1150	1060	1060	1100	1060	1160	1060	1060	1060	1050	1110
Adq. De ins. Y fung.	1.5lt/Ha/ 2 aplicaciones	660	750	750	750	660	660	660	660	750	660	660	600	660	660	660	660	660	650	660
Aplicación de ins y fung	1 jornal / 2 aplicaciones	400	400	400	450	400	450	450	400	400	400	400	500	400	500	400	400	400	400	450
COSECHA		19500	20000	20500	20000	20000	21000	20000	19500	20000	20000	19500	20000	19000	20000	20000	20000	19500	20000	19800
Cosecha	40 A 50 JORNALES / \$120	7500	8000	8500	8000	8000	9000	8000	7500	8000	8000	7500	8000	7000	8000	8000	8000	7500	8000	7800
Acarreo	fletes 15 \$800/flete	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
TOTAL		26000	26850	26980	26890	26740	27270	27010	25960	26580	26640	25830	28300	26010	26860	26610	26510	26400	26270	26330

		EL MAYE																	DIOS PADRE	PROMEDIO
ACTIVIDAD O LABOR	Descripción	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
PREPARACION DEL TERRENO		1150	1200	1200	1050	1200	1150	1200	1200	1100	1100	1250	1200	1250	1050	1300	1200	1150	1250	1178.378378
Limpia de terrenos																				
Barbecho	tracción mecánica	650	800	800	650	800	700	800	800	700	600	800	800	800	650	800	800	750	800	759.4594595
Rastro	tracción mecánica	500	400	400	400	400	450	400	400	400	500	450	400	450	400	500	400	400	450	418.9189189
SIEMBRA O PLANTACIÓN		1440	1440	1440	1440	1490	1440	1540	1440	1340	1490	1440	1440	1440	1390	1440	1490	1400	1440	1459.72973
Adquisición de semilla o planta	3 kg por Ha	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	800	840	858.3783784
Siembra	tracción mecánica	600	600	600	600	650	600	700	600	500	650	600	600	600	550	600	650	600	600	601.3513514
FERTILIZACIÓN		0	0	0	1013	0	0	0	1000	0	1000	171.972973								
Adquisición de fertilizante	Ocasionalmente	0	0	0	713	0	0	0	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	115.2162162
Aplicación de fertilizante	Ocasionalmente	0	0	0	300	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	56.75675676
LABORES CULTURALES		1780	1780	1900	1780	1900	1780	1700	1750	1810	1780	1780	1730	1780	1780	1730	1780	1780	1700	1805.405405
Escarda o cultivo	tracción mecánica o animal	600	600	600	600	600	600	550	600	630	600	600	600	600	600	600	600	600	600	599.4594595
Deshierbe manual	De 3 a 5 jornales \$120xjornal	480	480	600	480	600	480	450	450	480	480	480	480	480	480	480	480	480	450	510
Adquisición de herbicidas	litro	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	450	500	500	450	500	500	450	495.9459459
Aplicación de herbicidas	\$200/jornal	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
RIEGO Y DRENAJE		900	900	1100	1300	900	1100	900	1100	900	900	900	1300	1100	900	900	900	1300	900	1024.324324
costo de agua	4 riegos / cuota \$25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Riegos	4 A 6 JORNALES	800	800	1000	1200	800	1000	800	1000	800	800	800	1200	1000	800	800	800	1200	800	924.3243243
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES		1060	1050	1110	1060	1000	1060	1050	1060	1100	1050	1060	1160	1060	1060	1000	1110	1060	1060	1081.081081
Adq. De ins. Y fung.	1.5lt/Ha/ 2 aplicaciones	660	650	660	660	600	660	670	660	650	600	660	660	660	660	600	660	660	660	662.7027027
Aplicación de ins y fung	1 jornal / 2 aplicaciones	400	400	450	400	400	400	380	400	450	450	400	500	400	400	400	450	400	400	418.3783784
COSECHA		20500	20000	20000	19500	20000	19800	20000	20000	20500	20000	20500	19500	20000	20000	19000	20000	19500	20000	19921.62162
Cosecha	40 A 50 JORNALES / \$120	8500	8000	8000	7500	8000	7800	8000	8000	8500	8000	8500	7500	8000	8000	7000	8000	7500	8000	7921.621622
Acarreo	fletes 15 \$800/flete	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
TOTAL		26830	26370	26750	26130	26490	26330	26390	26550	26750	26320	26930	26330	26630	26180	25370	26480	26190	26350	26524.59459

ANEXO 3. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA MODALIDAD RIEGO EN AGUAS RESIDUALES NO TRATADAS (\$/ha)

ACTIVIDAD	Descripción	PANALES							EL MAYE							DIOS PADRE	PROMEDIO TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
PREPARACION DEL TERRENO		1200	1250	1150	1200	1300	1300	1300	1200	1150	1000	1300	1200	1200	1200	1150	1206.666667
Limpia de terrenos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbecho	tracción mecánica	800	800	750	800	800	800	800	800	750	600	800	750	750	750	750	766.666667
Rastreo	tracción mecánica	400	450	400	400	500	500	500	400	400	400	500	550	400	400	400	440
SIEMBRA O PLANTACIÓN		3300	3750	3800	3300	3400	3400	3400	3800	3850	3300	3800	3350	3350	3900	3350	3536.666667
Adquisición de semilla o planta	800\$ por 100gr para una Ha	800	750	800	800	900	900	900	800	850	800	800	850	850	900	850	836.666667
producción en almacigo	jornales y siembra	1000	1500	1500	1000	1000	1000	1000	1500	1500	1000	1500	1000	1000	1500	1000	1200
Trasplante	10 jornales x 150	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
FERTILIZACIÓN		1050	1050	1050	1050	1200	1200	1200	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1200	1050	1090
Adquisición de fertilizante	desarrollador	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Aplicación de fertilizante	3 a 6 jornales	450	450	450	450	600	600	600	450	450	450	450	450	450	600	450	490
LABORES CULTURALES		2200	2050	2200	2350	2200	2200	2200	2350	2050	2050	2050	2200	2200	2050	2200	2170
Escarda o cultivo	tracción mecánica	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Deshierbe manual	3 a 5 jornales/150	600	450	600	750	600	600	600	750	450	450	450	600	600	450	600	570
Adquisición de herbicidas	litro y medio	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Aplicación de herbicidas	1 jornal	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
RIEGO Y DRENAJE		950	900	850	1000	900	900	900	980	900	850	900	850	850	1000	700	895.3333333
costo de agua	4X25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Riegos	3 a 4 jornales	850	800	750	900	800	800	800	880	800	750	800	750	750	900	600	795.3333333
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES		1900	2100	1900	2100	2300	2300	2300	1900	2100	1900	2300	2100	2100	1900	1900	2073.3333333
Adq. De ins. Y fung.	500 por litro	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Aplicación de ins y fung	2 a 4 jornal	400	600	400	600	800	800	800	400	600	400	800	600	600	400	400	573.3333333
COSECHA		5000	4600	4000	5000	4600	4600	4600	5000	4000	5000	4600	4600	4600	4000	5000	4613.3333333
Cosecha	15 a 20 JORNALES X 200	4000	3600	3000	4000	3600	3600	3600	4000	3000	4000	3600	3600	3600	3000	4000	3613.3333333
Acarreo	FLETE	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Total costos directos		15600	15700	14950	16000	15900	15900	15900	16280	15100	15150	16000	15350	15350	15250	15350	15585.3333333
Costos indirectos		0															
Seguro agrícola	no aplica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo financiero	no aplica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asistencia técnica	no aplica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros	no aplica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		15600	15700	14950	16000	15900	15900	15900	16280	15100	15150	16000	15350	15350	15250	15350	15585.3333333

ANEXO 4. COSTOS PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE CALABAZA EN AGUA RESIDUAL NO TRATADA

ACTIVIDAD O LABOR	COSTO PROMEDIO (\$)/ha
PREPARACION DEL TERRENO	1200.825593
Limpia de terrenos	0
Barbecho	771.8266254
Rastreo	428.998968
SIEMBRA O PLANTACIÓN	1452.930857
Adquisición de semilla o planta	851.8472652
Siembra	601.0835913
FERTILIZACIÓN	1227.166667
Adquisición de fertilizante	267.3859649
Aplicación de fertilizante	164.1898865
LABORES CULTURALES	1771.351909
Escarda o cultivo	599.6078431
Deshierbe manual	490.371517
Adquisición de herbicidas	481.372549
Aplicación de herbicidas	200
RIEGO Y DRENAJE	984.8297214
costo de agua	100
Riegos	884.8297214
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	1073.869969
Adq. De ins. Y fung.	661.3622291
Aplicación de ins y fung	412.5077399
COSECHA	19946.64603
Cosecha	7946.646027
Acarreo	12000
COSTO TOTAL	27657.62074

ANEXO 5. COSTOS PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA EN AGUA RESIDUAL NO TRATADA

ACTIVIDAD O LABOR	COSTO PROMEDIO (\$)/ha
PREPARACION DEL TERRENO	1190.47619
Limpia de terrenos	0
Barbecho	761.9047619
Rastreo	428.5714286
SIEMBRA O PLANTACIÓN	3483.333333
Adquisición de semilla o planta	840.4761905
producción en almacigo	1142.857143
Trasplante	1500
FERTILIZACIÓN	1078.571429
Adquisición de fertilizante	600
Aplicación de fertilizante	478.5714286
LABORES CULTURALES	2178.571429
Escarda o cultivo	600
Deshierbe manual	578.5714286
Adquisición de herbicidas	800
Aplicación de herbicidas	200
RIEGO Y DRENAJE	839.5238095
costo de agua	100
Riegos	739.5238095
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	2023.809524
Adq. De ins. Y fung.	1500
Aplicación de ins y fung	523.8095238
COSECHA	4723.809524
Cosecha	3723.809524
Acarreo	1000
Total costos directos	15518.09524
Costos indirectos	0
Seguro agrícola	0
Costo financiero	0
Asistencia técnica	0
Otros	0
TOTAL	15518.09524

ANEXO 6. COSTOS PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE CALABAZA EN AGUA RESIDUAL TRATADA

ACTIVIDAD O LABOR	COSTO PROMEDIO (\$)/ha
PREPARACION DEL TERRENO	1200.825593
Limpia de terrenos	0
Barbecho	771.8266254
Rastreo	428.998968
SIEMBRA O PLANTACIÓN	1452.930857
Adquisición de semilla o planta	851.8472652
Siembra	601.0835913
FERTILIZACIÓN	5113.25
Adquisición de fertilizante	3913.25
Aplicación de fertilizante	1200
LABORES CULTURALES	1771.351909
Escarda o cultivo	599.6078431
Deshierbe manual	490.371517
Adquisición de herbicidas	481.372549
Aplicación de herbicidas	200
RIEGO Y DRENAJE	14649
costo de agua	13749
Riegos	900
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	1073.869969
Adq. De ins. Y fung.	661.3622291
Aplicación de ins y fung	412.5077399
COSECHA	19946.64603
Cosecha	7946.646027
Acarreo	12000
COSTO TOTAL	45207.87436

ANEXO 7. COSTOS PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA EN AGUA RESIDUAL TRATADA

ACTIVIDAD O LABOR	COSTO PROMEDIO (\$)/ha
PREPARACION DEL TERRENO	1190.47619
Limpia de terrenos	0
Barbecho	761.9047619
Rastreo	428.5714286
SIEMBRA O PLANTACIÓN	3483.333333
Adquisición de semilla o planta	840.4761905
producción en almácigo	1142.857143
Trasplante	1500
FERTILIZACIÓN	5700
Adquisición de fertilizante	4500
Aplicación de fertilizante	1200
LABORES CULTURALES	2178.571429
Escarda o cultivo	600
Deshierbe manual	578.5714286
Adquisición de herbicidas	800
Aplicación de herbicidas	200
RIEGO Y DRENAJE	15900
costo de agua	15000
Riegos	900
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	2023.809524
Adq. De ins. Y fung.	1500
Aplicación de ins y fung	523.8095238
COSECHA	4723.809524
Cosecha	3723.809524
Acarreo	1000
TOTAL	35200

ANEXO 8. ANÁLISIS DE DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE TEJIDO VEGETAL DE CALABAZA Y LECHUGA.

LECHUGA 1, LECHUGA 2 Y CALABAZA 1



UACH DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO



MAYO 9 DEL 2013.
No. DE OFICIO: 142
EXPEDIENTE: V/2013

USUARIO: ERIK RIOFRIO CORREA,
PROCEDENCIA: IXMIQUILPAN, HGO.,
TIPO DE MUESTRA: TEJIDO VEGETAL.

Nº CONTROL	Pb mgKg ⁻¹	Cr mgKg ⁻¹	Cd mgKg ⁻¹	Ni mgKg ⁻¹	Co mgKg ⁻¹	Mo mgKg ⁻¹
P-433	114.5	8.4	9.8	49.4	7.4	54.6
P-434	91.0	16.5	5.7	59.6	6.9	17.4
P-435	94.0	7.4	6.4	49.6	14.9	5.3

METODOLOGIA:

Pb,Cr,Cd,
Ni,Co,Mo:

DIGESTADO CON MEZCLA DIACIDO Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

IDENTIFICACION:

P-433: MUESTRA 1, LECHUGA
P-434: MUESTRA 2, LECHUGA
P-435: MUESTRA 3, CALABACITA

ATENTAMENTE.

Francisco Rodriguez N.

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ NEAVE
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE SUELOS**

**INTERPRETACIÓN Y RECOMENDACIONES SOBRE EL ANÁLISIS DE FOLLAJE
DE LECHUGA PROCEDENTE DE IXMIQUILPAN, HIDALGO**

MUESTRA PLANTA-434: MUESTRA 2. LECHUGA

Pb:	(91.0 mg/kg)	Exceso de plomo
Cr:	(16.5 mg/kg)	Alto de cromo
Cd:	(5.7 mg/kg)	Alto de cadmio
Ni:	(59.6 mg/kg)	Exceso de níquel
Co:	(6.9 mg/kg)	Alto de cobalto
Mo:	(17.4 mg/kg)	Alto nivel de molibdeno

(Kabata–Pendias y Pendias, 1995) (Kabata–Pendias, 2000)

Con base en la interpretación anterior y considerando a la LECHUGA como fuente de alimentación humana, se tienen la siguiente

CONCLUSIÓN:

La muestra de lechuga entregada por el usuario al laboratorio central universitario, contiene alto nivel de cromo, cadmio, cobalto y molibdeno, así como un nivel excesivo de plomo y níquel, por lo cual no se recomienda su uso en la alimentación humana.

Nota. La interpretación y recomendación realizadas, se hacen con base en el reporte del análisis del Laboratorio Central Universitario. La muestra analizada se supone representativa del cultivo de lechuga al cual se van aplicar las recomendaciones.

Francisco Rodríguez Neave, Área de Fertilidad, Dpto. de Suelos
Tel (595) 952-16-36
Correo electrónico: neavef@yahoo.com.mx

CALABAZA 2



UACH DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO



JUNIO 07, DEL 2013.
No. DE OFICIO: 203
EXPEDIENTE: VI/ 2013

USUARIO: ERIK RÍOFRÍO CORREA,
PROCEDENCIA: IXMIQUILPAN, HGO.,
TIPO DE MUESTRA: TEJIDO VEGETAL.

CONTROL	Pb MgMk ⁻¹	Cr MgMk ⁻¹	Cd MgMk ⁻¹	Ni MgMk ⁻¹	Co MgMk ⁻¹	Mo MgMk ⁻¹
P-726	163.83	28	25	59.83	17.35	19.88

ND=NO DETECTADO POR EL METODO EMPLEADO.

METODOLOGIA:

Pb,Cr,Cd,

Ni,Co,Mo:

DIGESTADO CON MEZCLA DIACIDA Y DETERMINADO POR
ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

IDENTIFICACION:

P-726: CALABACITA

ATENTAMENTE.

Francisco Rodríguez N.

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ NEAVE

JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE SUELOS**

**INTERPRETACIÓN Y RECOMENDACIONES SOBRE EL ANÁLISIS DE FRUTO DE
CALABACITA PROCEDENTE DE IXMIQUILPAN, HIDALGO**

MUESTRA PLANTA-726: CALABACITA

Pb:	(163.8 mg/kg)	Exceso de plomo
Cr:	(28 mg/kg)	Alto de cromo
Cd:	(25 mg/kg)	Exceso de Cadmio
Ni:	(59.83 mg/kg)	Exceso de Níquel
Co:	(17.35 mg/kg)	Alto de Cobalto
Pb:	(19.8 mg/kg)	Alto nivel de molibdeno

(Kabata–Pendias y Pendias, 1995) (Kabata–Pendias, 2000)

Con base en la interpretación anterior y considerando a la CALABACITA como fuente de alimentación humana, se tienen la siguiente

CONCLUSIÓN:

La muestra de calabacita entregada por el usuario al laboratorio central universitario, contiene un alto nivel de cromo y molibdeno, así como un nivel excesivo de plomo, cadmio, níquel y cobalto, por lo cual no se recomienda su uso en la alimentación humana.

Nota. La interpretación y recomendación realizadas, se hacen con base en el reporte del análisis del Laboratorio Central Universitario. La muestra analizada se supone representativa del cultivo de calabacita al cual se van aplicar las recomendaciones.

Francisco Rodríguez Neave, Área de Fertilidad, Dpto. de Suelos
Tel (595) 952-16-36
Correo electrónico: neavef@yahoo.com.mx

CALABAZA 3 Y LECHUGA 3



UACH DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO



AGOSTO 26, DEL 2013.
No.DE OFICIO: 308
EXPEDIENTE: VII/ 2013

USUARIO: **ERIK RIOFRIO CORREA**
PROCEDENCIA: **IXMIQUILPAN, HGO.**
TIPO DE MUESTRA: **TEJIDO VEGETAL.**

CONTROL	Pb MgKg ⁻¹	Cr mgKg ⁻¹	Cd mgKg ⁻¹	Ni mgKg ⁻¹	Co mgKg ⁻¹	Mo mgKg ⁻¹
P-1627	ND	ND	ND	19.83	ND	3.425
P-1628	ND	ND	ND	16.82	ND	ND

ND: No detectado por el método empleado

METODOLOGIA:

Pb,Cr,Cd,
Ni,Co,Mo: DIGESTADO CON MEZCLA DIACIDA Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

IDENTIFICACION:

P-1627: Calabaza – Dios padre
P-1628: Lechuga – Dios padre

ATENTAMENTE.

Francisco Rodriguez N.

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ NEAVE
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO