

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA

**EL COSTO ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA:
EL CASO DE LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL
EN EL ESTADO DE MICHOACÁN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

LAURA ALICIA FLORES BÁRCENAS

México, D.F., Junio de 2013.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A Dios, por brindarme la oportunidad de concluir esta meta en mi vida... Gracias.

A mi familia por apoyarme en todo momento, con su amor tiempo y buenos consejos.

A esta máxima casa de estudios por formarme como profesionalista.

A la pandilla que me brindo apoyo moral para continuar esto, mi hermana intrigosa Estrella de la suerte, Cachito, Naye, Horacito, Martinillo, Abraham, Mi viejo "Jimmy".

A mi tutor, profesor y amigo, Gustavo Sauri, por alentarme a seguir adelante.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	1
METODOLOGÍA EMPLEADA	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO 1. MARCO JURIDICO-TEORICO	6
1.1 MARCO CONTEXTUAL	6
1.2 MARCO JURÍDICO	9
1.3 MARCO TEÓRICO	13
CAPITULO 2. EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO Y LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL	18
2.1 LA POLÍTICA MEDIO AMBIENTAL EN MÉXICO	18
2.2 EFICIENCIA Y USO SUSTENTABLE DEL AGUA	21
2.2.1 MECANISMO DE SUSTENTABILIDAD MEDIANTE EL ALMACENAMIENTO PLUVIAL	22
2.3. EL ENTORNO REGIONAL	28
2.4 LOS CASOS DE KIMBERLY-CLARK/SCRIBE (CEPAMISA) Y SCA (INPAMESA)	32
2.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y PAPEL	36
2.6 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	49
2.7 REÚSO DEL AGUA Y GESTIÓN DE LAS AGUAS INDUSTRIALES	54
CAPITULO 3. MEDICIÓN DEL COSTO ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN EL ESTADO DE MICHOACAN	56
3.1 EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA	56
3.2 EL COSTO ECONÓMICO DE LAS EXTERNALIDADES DE LAS INDUSTRIAS DE CELULOSA Y PAPEL Y COBROS SOBRE LAS DESCARGAS.	61
3.3 COSTO ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA (CECA) POR LA INDUSTRIA DE CELULOSA CASO SCA Y KIMBERLY CLARK Y SCRIBE	66
3.4 PROPUESTA DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES	69
CONCLUSIONES	75
GLOSARIO	80
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	87

PRESENTACIÓN

El agua es esencial para la vida, ES LA MATRIZ DE LA CULTURA, ES EL SOSTÉN DE LA VIDA (Shiva, 2003, 16). Sin este vital líquido los seres animados no podríamos existir, y a pesar de la gran importancia del agua, los seres humanos la sobreexplotamos y la contaminamos de diferentes formas por medio de nuestras actividades económicas, las cuales son necesarias para el desarrollo de vida material de las sociedades.

El hombre moderno ha abusado en demasía de los recursos naturales, un ejemplo de ello es la sobreexplotación de los productos del suelo y subsuelo, así como del suelo mismo, pues éste cada vez pierde mayor capacidad para recibir, absorber y almacenar agua.

Desde el punto de vista económico, la industria de celulosa y papel se estructura como industria de celulosa, papel y otros, en éste último se incluye la producción de cartón y productos de papel no especificados. Para propósitos de determinación de índices específicos de uso del agua, es conveniente la agrupación operativa en industrias productoras de papel, de celulosa y de productos derivados de fibras secundarias, incluida la producción de cartón y otros productos no considerados.

Los procesos productivos más destacados de la industria de celulosa y papel son: producción de celulosa al sulfato, celulosa química de plantas anuales y manufactura de papel incorporando fibras secundarias. Las etapas de lavado de pulpa y descortezado son las más demandantes de agua, a donde se destina aproximadamente el 80% del agua de abastecimiento.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Se delimitó el tema para estructurar el marco teórico-metodológico que permita aproximarse a resolver el problema planteado.

Se identificó a la zona industrial del estado de Michoacán de Ocampo como objeto de estudio, en la cual presentan severos problemas de contaminación y falta de asignación y aplicación del precio real de la contaminación del agua.

Se realizaron visitas de reconocimiento a las industrias que accedieron colaborar, integrando y analizando la información obtenida sobre la costos por suministro de agua, procesos de fabricación, reciclado de agua, descargas y su calidad e impacto ambiental, para establecer la discusión del costo económico de la contaminación del agua. **VER ANEXO 1.1 Y 1.2**
CARTAS DE ACCESO A LAS EMPRESAS PAPELERAS

Se recopiló información existente sobre técnicas de producción del papel y celulosa, y las tecnologías de tratamiento empleadas para los tipos de aguas residuales industriales. **VER ANEXO 2** DATOS DE EMPRESAS DE CELULOSA Y PAPEL MICHOACÁN

Se identificaron las características de calidad de los efluentes generados por la industria de celulosa y papel, fin de establecer un parámetro en la determinación del costo económico de la contaminación del agua.

Una vez concluido el estudio y análisis, se ofrecer como resultado de la investigación, alternativas de tratamiento para las aguas residuales generadas por las industrias, a fin de cumplir con normas nacionales para descarga en cuerpos receptores, así como para posibles actividades de reúso y/o reciclamiento en las propias industrias.

Someter a un análisis financiero los resultados obtenidos en la simulación de proceso de producción.

INTRODUCCIÓN

En México, se tienen tres grandes problemas de DISPONIBILIDAD de agua, uno, el de la DISTRIBUCIÓN frente a su diversidad territorial, tanto fisiográfica como climática, dos, la CONTAMINACIÓN de aguas superficiales y subterráneas y tres, el incremento acelerado de las DEMANDAS de suministro. Se estima que el consumo de agua para usos diversos aproximadamente de 197 km³ por año, mientras que el uso agotador, es de 75 km³; es decir el 38% del disponible que se obtiene de dos fuentes principales: el 64% de aguas superficiales y el 36% subterráneas.

En cuando a la identificación del consumo de agua, según sectores productivos, podemos señalar que el principal consumidor es el agrícola con el 83% de las aguas superficiales y el consumidor del 68% de subterráneas; en tanto que el uso industrial, tiene una participación relativamente pequeña de apenas el 3%; es decir, 6km³ anuales del consumo de aguas superficiales. Este significativo porcentaje, concentra un complejo entramado de factores que hacen indeterminable el costo económico del consumo y demanda de agua. En el costo económico de la contaminación del agua en la industria, se encuentra la generación de contaminantes que producen y acompañan a las de aguas residuales descargadas sobre cuerpos de agua (como ríos, lagos y lagunas) y por ende, contaminándolos. En cuanto al reuso industrial, la experiencia sobre el uso de agua residual doméstica e industrial tratada, es aún muy restringida en el país; en donde se identifican actualmente sólo dos tipos de práctica: la primera, corresponde a plantas industriales que se abastecen directamente del alcantarillado y en ellas, se encargan del tratamiento para cumplir con sus requerimientos de calidad; la otra práctica, es el suministro de agua tratada para un reducido grupo de empresas.

El uso del agua en la industria se divide básicamente en tres fases: agua para el PROCESO, agua para ENFRIAMIENTO y agua para SERVICIOS. El mayor potencial de reuso del agua en la industria, se presenta en los sistemas de enfriamiento. El uso actual del agua en la industria nacional, asciende al orden de los 6 mil kilómetros cúbicos anuales, de ése volumen, el 70% es consumido por la industria que se autoabastece y el 30% restante, se logra a partir de los sistemas de distribución de agua de las poblaciones del país. De ese total anual, el 25% es consumido y el 75% se convierte en descargas. Existen siete ramas industriales, la Azucarera, química, petróleo y petroquímica, alimentos y bebidas, siderúrgica, celulosa y papel y textil, de las cuales, las primeras cuatro ocupan el 75% del total de las extracciones. Entre todas generan y vierten una carga contaminante orgánica equivale al 87%, y el resto, con contaminantes inorgánicos con dificultad de aislar.

Un enfoque preventivo para controlar la contaminación causada por estos efluentes, debe comenzar necesariamente en la industria, con el cambio de procesos productivos que incluyan tecnologías limpias; minimizar descargas reciclando el agua para reuso y tratando en forma separada los efluentes, con tecnologías apropiadas que permitan cumplir con la regulación ambiental aplicable; y en los casos que ésta calidad lo permita, reutilizarla dentro de la misma industria. El mercado potencial para las aguas residuales recuperadas, varía según el tipo de tratamientos empleados; éste, puede verse influenciado por políticas gubernamentales, relativas a tarifas y otorgamiento de licencias o concesiones para el uso de aguas residuales. Lo que preocupa en el subministro de estas aguas, es la posible presencia de residuos y partículas de compuestos orgánicos de desecho sin tratar, porque no son detectados en pruebas analíticas; por lo tanto, no pueden ser eliminados por las tecnologías actuales.

En este trabajo, se analiza el uso y manejo del agua en la Industria de Celulosa y Papel, interrelacionando la creciente escasez del agua, su irracional uso y explotación, el cual, será el problema prioritario que la generación presente deberá resolver a la brevedad, la relación conflictiva y poco virtuosa entre el uso del agua y la falta de evaluación económica al costo social frente a su apreciación ecológica y ambiental. Las actividades económicas y el consumo, se han beneficiado indiscriminadamente de los subsidios que se les otorgan mediante concesiones de extracción, explotación y descargas, pero la presencia regulatoria de inspectores. La mejor expresión de ello es la utilización del agua sin asignarle prácticamente ningún valor al grado de contaminación. Ello ha provocado externalidades negativas derivadas de la descarga en sí misma, y luego por el uso y deshecho del producto final.

El presente trabajo de investigación se aproxima a la importancia de efectuar una evaluación económica que posibilite aplicar los precios de mercado real, resaltando el beneficio en ahorro económico por el ciclo de reuso y tratamiento de agua dentro de la misma industria y el uso final de descarga para diversas actividades en sectores diversos. Ejemplo, dentro de la industria siderúrgica, directamente en su proceso de enfriamiento de metales. Los problemas de calidad y cantidad del agua, motivan el estudio de mejores formas para manejar ese recurso y promover su uso racional, ya que es indispensable para cualquier actividad humana. Además, es básico que todos los sectores, y en particular las instituciones gubernamentales, privadas y educativas, realicen esfuerzos y asignen recursos que contribuyan a la definición de acciones concretas de corto plazo, que atiendan los problemas descritos y con ello, se evite llegar a una crisis de cantidad y calidad del agua. Los objetivos que el presente trabajo se propone alcanzar, es analizar el uso y manejo del agua en las industrias de celulosa y papel, así como la probabilidad de tratamiento y la asignación del precio real para un mejoramiento en la sustentabilidad del agua y por tanto, del medio ambiente. Además, se propone ofrecer alternativas para el

tratamiento de las aguas residuales industriales de celulosa y papel, para cumplir con estándares de calidad en la descarga a cuerpos receptores, utilizar para reúso y preservar el agua de los ríos limpia.

CAPITULO 1. MARCO JURÍDICO-TEÓRICO

El agua es uno de los elementos naturales que el hombre más ha explotado y contaminado. La contaminación del agua puede ser por agentes biológicos y/o químicos, y se presenta cuando es utilizada en los procesos de producción familiares e industriales. A esta forma de contaminación hay que sumarle aquella en que éstos agentes arrojan sus respectivos desperdicios a dicho líquido.

Así mismo, cuando no existe control alguno, o muy poco, de los residuos químicos, de las gasolinas, de los aceites o de los productos provenientes del petróleo, se convierten en sustancias altamente contaminantes del agua superficial, del suelo y subsuelo cuando se mezclan en alguna de las etapas del ciclo del agua.

En cuanto al tema que nos atañe, debe señalarse en primer lugar, que LA PROLIFERACIÓN DEL MONOCULTIVO DEL EUCALIPTO PARA LA INDUSTRIA DEL PAPEL Y LA PULPA HA SIDO CAUSA DE MUCHOS PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL AGUA (Idem), pues dichos monocultivos crean un déficit de humedad del suelo y de agua del subsuelo; en segundo lugar, también muy importante, es la utilización de químicos altamente contaminantes en la producción de papel.

1.1 MARCO CONTEXTUAL

El presente estudio se realizó sobre dicha industria establecida en el Estado de Michoacán, pues éste se distingue por ser uno de los principales accesos al mercado nacional, la puerta más importante al Océano Pacífico por medio del puerto de Lázaro Cárdenas. Si a esta condición le sumamos otras tales como su posición geográfica y reservas territoriales, una gran disponibilidad de agua, su considerable infraestructura ferroviaria, portuaria y aeroportuaria, y sus atractivos costos en transporte y energía: hacen factible a dicho Estado para la realización de inversiones dentro del territorio nacional.

Durante la década de los noventa, las empresas productoras de celulosa y papel, subsistieron comprando madera en rollo a dueños de bosques y/o adquiriendo subproductos y residuos de aserraderos, fábricas de tableros y otras industrias forestales. Posteriormente, el cambio estratégico fue adquirir en el extranjero celulosa ya elaborada,

por lo que paulatinamente fueron reduciendo sus niveles de operación y, consiguientemente, sus márgenes de utilidad.

Las plantas actuales, productoras de pulpa de papel, son unos grandes complejos industriales, calificados como MEGA FÁBRICAS, cuyo solo tamaño se convierte en un riesgo para el medio ambiente.

En un proceso industrial, a gran escala de fabricación, en el que se utilizan tantos productos químicos tóxicos, cualquier pequeño detalle que se altere, cualquier fuga mínima, se convierten en grandes riesgos para la naturaleza y la sociedad.

Por otro lado, los efluentes tóxicos, provenientes de estas plantas, podrán ser pequeños comparados con los volúmenes que se producen de celulosa y papel, pero no así en magnitud a lo que la naturaleza puede soportar o procesar para eliminar o reducir la contaminación de dichos afluentes.

Las descargas aéreas de las fábricas de celulosa, resultantes de la incineración de toneladas de residuos del proceso utilizados en la generación de energía para la misma planta, contienen productos químicos cancerígenos como los fenoles clorados, hidrocarburos aromáticos poli cíclicos; compuestos orgánicos volátiles; compuestos que provocan trastornos hormonales como los fenoles clorados; compuestos de azufre reducido, causantes del característico olor penetrante a huevo podrido que se convierte en un problema para los pobladores de los alrededores, los de azufre oxidado que provocan daños a la vegetación del rededor.

ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS RECIENTES HAN EVIDENCIADO POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD COMO CONSECUENCIA DE LA EXPOSICIÓN A ESTOS COMPUESTOS A NIVELES COMÚNMENTE PRESENTES EN LAS PROXIMIDADES DE UNA PLANTA DE CELULOSA. UN ESTUDIO FINLANDÉS MUESTRA QUE LA EXPOSICIÓN A COMPUESTOS MALOLIENTES DEL AZUFRE AUMENTA EL RIESGO DE INFECCIONES AGUDAS EN LOS SISTEMAS RESPIRATORIO Y DIGESTIVO, ASÍ COMO LA PRESENCIA DE OTROS SÍNTOMAS, SITUACIÓN QUE SE DA PRINCIPALMENTE EN PERSONAS ADULTAS (Jaakkola, 1990: 1344-50).

Muchos blanqueadores, utilizados en el proceso, son reactivos químicos que requieren de un manejo minucioso y su transportación implica cierto riesgo, pues son sustancias altamente peligrosas. Con la finalidad de reducir el riesgo, estas sustancias deben producirse en el lugar o en las cercanías. Tal es el caso del dióxido de cloro (ClO_2), un gas amarillo verdoso extremadamente reactivo que explota con facilidad, lo cual representa un gran peligro, en caso de accidente, para los trabajadores de la planta y los pobladores vecinos. Otro agente utilizado, el cloro elemental (Cl_2), también es una sustancia muy tóxica, se trata de un gas de color verdoso que se vuelve corrosivo en presencia de humedad.

La enorme demanda de agua de las plantas de celulosa y papel, puede llegar a reducir los niveles de agua de las fuentes de abastecimiento y sus vertidos pueden aumentar su temperatura, lo cual es crítico para el ecosistema fluvial. Estas fábricas suelen instalarse cerca de un curso de agua con mucho caudal, de donde no sólo se abastecen, a menor costo, sino también verter sus efluentes tratados. Estas plantas son las segundas consumidoras mundiales de cloro y las mayores fuentes de vertido directo de organoclorados tóxicos a los cursos de agua naturales.

De los procesos de producción de celulosa, los que potencialmente más contaminación pueden producir son los métodos químicos, en particular los de producción de pulpa Kraft, cuyos vertidos del proceso de blanqueo pueden contener compuestos orgánicos presentes en la pulpa y compuestos de cloro, cuya mezcla puede formar una serie de productos tóxicos, tales como dioxinas, FURANOS y otros organoclorados, también conocidos como HALUROS ORGÁNICOS ABSORBIBLES o AOX (por su sigla en inglés), los cuales tienen distintos grados de toxicidad.

El grave problema que tenemos con estos compuestos es que su capacidad de biodegradación es muy baja, lo que significa que permanecen en la biosfera incluso muchos años después de haber sido liberados, acumulándose en los tejidos de los organismos vivos (bioacumulación) poniéndolos en riesgo de subsistencia.

Esto determina que las concentraciones en los tejidos grasos de los organismos vivos superiores, incluido el humano, sean mayores a las que se presentan en el ambiente en el que fueron expuestos. Convirtiéndose en un problema importante de salubridad humana, pues la exposición a pequeñísimos niveles de dioxinas (medidos en millonésimos de miligramos) puede provocar en el ser humano alteraciones de los sistemas inmunológico, hormonal endocrino, incluida la actividad de regulación de los esteroides sexuales y el crecimiento, y cambios genéticos hereditarios, sin olvidarse del cáncer. Entre las fuentes principales de emisión de dioxinas figura el blanqueo de celulosa con cloro elemental.

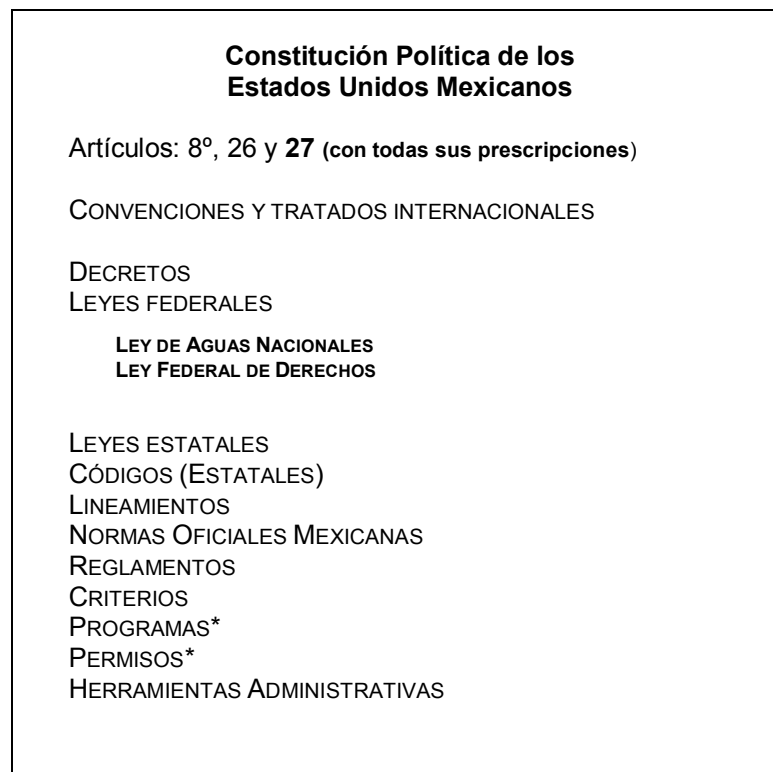
En el caso de los vertidos de celulosa blanqueada con dióxido de cloro, éstos contienen cloroformo, ácidos clorados y sulfonales. El blanqueo con dióxido de cloro produce grandes cantidades de clorato, que actúa como herbicida. Se ha comprobado que aunque los vertidos son más biodegradables que los de la técnica de cloro elemental y se ha reducido la presencia de organoclorados, igualmente se siguen produciendo y afectando el ambiente.

1.2 MARCO JURÍDICO

Un aspecto relacionado con la relativa debilidad política e institucional de la economía ecológica, es el riesgo de subordinación ante la economía ambiental y de los recursos naturales, y según muchos autores, debiera ser al contrario. El costo económico de la contaminación del agua que se aborda en el presente trabajo requiere de una plataforma jurídica y teórica a fin de estructurar una visión adecuada a la industria de celulosa y papel que opera en el Estado de Michoacán y al mismo tiempo obtener como resultado de una investigación en campo alternativas viables que incidan en la disminución del impacto ambiental, para el cual no se ha estimado un costo económico real.

El Marco Legal, es un conjunto de leyes e instrumentos ordenados jurídicamente y creados sobre un mismo tema para establecer desde los derechos y obligaciones generales, hasta las atribuciones, funciones, actividades y demás acciones que se deben atender a nivel Federal, Estatal y Local.

El Marco Legal del Agua que ocupa este trabajo, se representa así:



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo que establece el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia del agua. Para efectos de este trabajo de investigación se elaboró el **ANEXO 3 ESTRUCTURA JURÍDICO ADMINISTRATIVA Y OPERATIVA DEL AGUA**, que concentra la estructura del Marco Jurídico, instancias lo operan, su función respectiva y los programas nacionales más significativos para la administración del agua.

Las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación y ésta puede autorizar la explotación, el uso o el aprovechamiento a particulares conforme a las leyes mexicanas, mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las Leyes.

En el artículo 3º, párrafo I, Capítulo único, Título Primero se define:

Aguas nacionales: son las aguas propiedad de la nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En el artículo 3º, párrafo V, Capítulo único, Título Primero se define:

La Comisión: La Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), se crearon conforme a lo dispuesto por la Ley Federal de Metrología y Normalización. Dicha Ley, define a la NOM como una regulación técnica de observancia obligatoria, y es expedida por las dependencias de la administración pública federal.

Para la elaboración de las normas en materia de protección ambiental, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ha constituido el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental. Este Comité es integrado por dependencias del sector público, industrial y académico, para sus tareas de normalización cuenta con seis Subcomités, siendo el Subcomité No. 5 el que consulta la calidad de las aguas residuales.

Los Subcomités se encargan de discutir los anteproyectos de NOM, que elabora el Instituto Nacional de Ecología (INE), que son sometidos a consideración del Comité Consultivo. Una vez publicados como proyectos, las normas están en consulta pública durante 60 días. En la sección de normas en elaboración se señalan aquellas que actualmente están en esta fase. Para que una observación del público sea válida deberá remitirse por escrito a la Secretaría Técnica del Comité Consultivo.

En la elaboración de cada proyecto de NOM, además de los aspectos técnicos, se evalúan los aspectos económicos a través de un análisis de costos y beneficios, así como de otras alternativas regulatorias, que podrían ser utilizadas para lograr el mismo objetivo.

Las Normas Mexicanas de Análisis de Agua, establecen los métodos de prueba que permitan determinar los parámetros que definen la calidad de los diferentes tipos de agua.

La contaminación de la mayoría de los cuerpos de agua superficiales en el país, ha ocasionado grados variables de degradación del suelo y limita el uso directo del agua.

En los últimos años, la preocupación por las descargas de las aguas residuales y sus efectos al medio ambiente, han dado lugar a la promulgación de leyes como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley de Aguas Nacionales, cuyos objetivos están orientados a prevenir y controlar la contaminación del agua y proteger los recursos acuáticos.

A partir del año 1994, los avances obtenidos en materia de tratamiento de aguas residuales no han sido suficientes, por lo que el Gobierno Federal, a través de la CONAGUA, sigue apoyando los trabajos al respecto, mediante la implementación y puesta en marcha de los siguientes programas: Programa de Agua Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas (APAZU); de Programa de Devolución de Derechos (PRODDER); Programa de Modernización de Organismos Operadores (PROMAGUA); Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS) y el Programa de Acciones de Saneamiento (PAS). A través de estos esquemas se proporciona apoyo técnico y económico a gobiernos municipales y estatales, con el propósito de que con los recursos financieros que ellos también aporten se construyan plantas de tratamiento de aguas residuales y se encarguen de su operación.

Los beneficios de contar con agua de calidad son innumerables, por esta razón, el Estado Mexicano ha creado un Marco Jurídico que se encarga de regular las descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a través de las siguientes normas:

Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEMARNAT-1996**: establece los LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES. Publicada el 6 de enero de 1997.

Norma Oficial Mexicana **NOM-002-SEMARNAT-1996**: establece los LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL. Publicada el 3 de junio de 1998.

Norma Oficial Mexicana **NOM-003-SEMARNAT-1997**: establece los LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE USEN EN SERVICIOS PÚBLICOS. Publicada el 21 de septiembre de 1998.

Norma Oficial Mexicana **NOM-004-SEMARNAT-2001**: establece las ESPECIFICACIONES Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LODOS Y BIOSÓLIDOS PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL. Publicada el 15 de agosto de 2003.

Norma Oficial Mexicana **NMX-AA-003-1980-Aguas Residuales-Muestreo**: establece los LINEAMIENTOS GENERALES Y RECOMENDACIONES PARA MUESTREAR LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES, con el fin de determinar sus características físicas y químicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las normas de métodos de prueba correspondientes. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Marzo de 1980.

Para dar un mejor y eficaz manejo de las aguas residuales, la Ley de Aguas Nacionales en su Artículo 16 establece las reglas y condiciones para el otorgamiento de las concesiones para explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales.

La solicitud de concesión o explotación de aguas, se consagra en los artículos 21 y 21 BIS, de donde los siguientes apartados especifican los requerimientos para el manejo de aguas residuales.

En su **Artículo 21**, en los apartados: **VI**. El punto de descarga de las aguas residuales con las condiciones de cantidad y calidad; **VII**. El proyecto de las obras a realizar o las características de las obras existentes para su extracción y aprovechamiento, así como las respectivas para su descarga, incluyendo tratamiento de las aguas residuales y los procesos y medidas para el uso del agua, en su caso, y restauración del recurso hídrico; en adición deberá presentarse el costo económico y ambiental de las obras proyectadas, esto último conforme a lo dispuesto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; y **VIII**. La duración de la concesión o asignación que se solicita. Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, se solicitará el permiso de descarga de aguas residuales y el permiso para la realización de las obras que se requieran para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas y el tratamiento y descarga de las aguas residuales respectivas.

En su **Artículo 21 BIS**, tenemos los siguientes apartados: **I**. Los que acrediten la propiedad o posesión del inmueble en el que se localizará la extracción de aguas, así como los relativos a la propiedad o posesión de las superficies a beneficiar; **III**. La manifestación de impacto ambiental, cuando así se requiera conforme a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; **IV**. El proyecto de las obras a realizar o las

características de las obras existentes para la extracción, aprovechamiento y descarga de las aguas motivo de la solicitud; **V.** La memoria técnica con los planos correspondientes que contengan la descripción y características de las obras a realizar, para efectuar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas a las cuales se refiere la solicitud, así como la disposición y tratamiento de las aguas residuales resultantes y las demás medidas para prevenir la contaminación de los cuerpos receptores, a efecto de cumplir con lo dispuesto en la Ley; **VII.** Un croquis que indique la ubicación del predio, con los puntos de referencia que permitan su localización y la del sitio donde se realizará la extracción de las aguas nacionales; así como los puntos donde efectuará la descarga.

Estas son las principales Normas que legalizan el funcionamiento de la industria de celulosa y papel, que sirven de base para el análisis del efecto económico de los contaminantes fuera de las plantas industriales.

1.3 MARCO TEÓRICO

Puesto que nuestro planeta es el espacio que nos muestra la fragilidad de nuestra sobrevivencia y la nueva conciencia que debemos tomar sobre la finitud de la economía, se hace necesario estudiar el comportamiento de ésta, con la naturaleza. Es por ello, que los temas planteados, tratan sobre la relación existente entre el medio ambiente y la ciencia económica, y que servirán para darle un sentido teórico al presente estudio.

La economía ecológica, no es una rama de la teoría económica, sino un nuevo campo de estudio multidisciplinario, lo que quiere decir que cada experto de una ciencia conoce un poco de otra u otras inmiscuidas en el problema, por ejemplo: un economista conoce un poco de biología, física u otras ciencias o disciplinas, con la finalidad de comunicarse entre investigadores y realizar una fusión de conocimientos, que permita afrontar mejor los problemas, pues solo el enfoque económico convencional no se considera adecuado para el análisis de un problema, que va más allá del puramente económico.

El trabajo multidisciplinario y la visión holística del mundo, son fundamentales para enfrentar los problemas ambientales ya que ninguna disciplina aislada, proporciona una perspectiva suficiente ante la magnitud y complejidad de los problemas ambientales que enfrentamos.

Bajo esta perspectiva, el estudio de la sustentabilidad se orienta al análisis de las interacciones entre los diversos subsistemas económicos y el macrosistema natural, lo cual SIGNIFICA CONSIDERAR LOS VARIOS AGENTES QUE INTERACTÚAN EN EL MUNDO COMO SISTEMAS. ESTA ÓPTICA IMPLICA INVOCAR PRINCIPIOS GENERALES REFERIDOS A SISTEMAS, PARA HACER INFERENCIA SOBRE INTERACCIONES PROBABLES Y REALES ENTRE LOS SISTEMAS EN CONSIDERACIÓN (Corona Rentería, 2000: 35), y de esta forma comprender la dinámica y evolución de los problemas.

Dicha sustentabilidad, entendida como la capacidad de la humanidad para vivir dentro de los límites ambientales, es enfocada como metabolismo social; pues la sociedad toma de la naturaleza materias primas, energía e información y le devuelve residuos: energía disipada e información aumentando la transformación o evolución, por lo que a la sustentabilidad no es posible concebirla, simplemente bajo la concepción del mercado de la economía convencional.

Las relaciones entre el sistema natural y los subsistemas económicos, incluyen los conflictos entre el crecimiento económico y los límites físicos y biológicos de los ecosistemas, debido a que la carga ambiental de la economía, aumenta con el consumo y el crecimiento demográfico, según lo sustenta Malthus: El Ensayo sobre el principio de población es una obra del siglo XVIII publicada originalmente en inglés como *An Essay on the Principle of Population* (1798). Es una obra de demografía escrita por el economista inglés Thomas Robert Malthus, en la que desarrolla la influyente teoría de que la población crece más rápidamente que los recursos, conduciendo a una progresiva pauperización de la población.

La predicción principal de dicha obra se conoce como ley de Malthus, que no se llegó a producir nunca debido a la atenuación del crecimiento población caracterizado por disminución de mortalidad y natalidad, fenómeno recogido en primera instancia por la teoría de la transición demográfica y más recientemente por la teoría de la revolución reproductiva.

La economía convencional, deja de lado el interés por la naturaleza, por lo que los economistas ecológicos adoptan posturas muy críticas respecto a la forma en que se presenta el crecimiento económico, y sobre los métodos e instrumentos de la economía tradicional, así como el desarrollo teórico procedente de ésta, para la economía ambiental y de recursos naturales.

Entre los mismos estudiosos de la economía ecológica, existen tensiones respecto a cómo abordar el desarrollo del campo; así, una parte de los miembros, principalmente economistas, desean profundizar en la crítica hacia la economía neoclásica, mientras los científicos naturales, en general, buscan cooperar con ella.

Hay quienes consideran que la multidisciplinariedad sea el elemento definitorio de la economía ecológica, mientras otros lo encuentran demasiado amplio. También existen opiniones encontradas entre quienes consideran prioritario los modelos económico-ecológicos y los partidarios de los estudios socioeconómicos o del intercambio desigual. De cualquier modo, se discute la preeminencia de la Ecología sobre otras disciplinas naturales y la necesidad de atraer más científicos naturales, al estudio de ésta.

En cuanto a las diferencias con la teoría económica convencional, parcelaria y analítica; la economía ecológica tiene un enfoque separado de la biología, de la física y de la naturaleza, pues considera a la economía como un subconjunto de la sociedad y a ésta, uno perteneciente a la biosfera. Este cambio de visión tiene profundas implicaciones como resultado de incorporar diversos conocimientos de diferentes ciencias. Incluyendo a la ecología, ya que estudia los flujos de materia y energía de la vida sobre la Tierra, y la economía humana está incluida en este sistema. Se estudia la economía como un objeto natural y social.

A la cabeza de las críticas a la actual teoría económica por los economistas ecológicos, se encuentra su aproximación a las interacciones entre la naturaleza y la sociedad. Los análisis desde el punto de vista de la economía convencional deprecian el CAPITAL NATURAL, en el sentido de que es tratado como un factor de producción intercambiable o sustituible por trabajo (capital humano), y/o por máquinas (capital manufacturero), interpretado como un reajuste tecnológico.

La economía ecológica argumenta que el capital humano y el capital manufacturado, son complementarios al capital natural, y no intercambiables; ya que el capital humano y el capital fabricado, derivan inevitablemente del capital natural de una u otra forma. La economía ecológica estudia de qué manera el crecimiento económico está relacionado con el aumento en la explotación de insumos materiales y energéticos.

Otro punto de confrontación entre las economías ecológica y la convencional, es la cuestión del comercio y el medio ambiente; pues la primera, considera que un incremento en el comercio puede aumentar el daño ambiental, y de que el bienestar humano no es analizable solo desde el punto de vista económico, sino desde la multidisciplinariedad de las ciencias sociales y naturales, como un medio de estudio del bienestar económico y su dependencia a los servicios que proporciona la naturaleza.

La ECONOMÍA ECOLÓGICA, basada en su principio de bienestar natural, entendido como mantener el equilibrio también critica a la CONTABILIDAD SOCIAL (utilizada por la macroeconomía) su visión cuantificable del ciclo económico reproductivo, que es en sí la producción, distribución y consumo de los bienes obtenidos por materias primas, que por externalidad generan un desequilibrio ambiental, y le propone (como sugiere Alfonso

Corona Rentería), un cambio en las cuentas monetarias, como el uso de un conjunto de indicadores que consideren el capital natural y social de esos bienes.

En dado caso que la economía convencional, de raíz cartesiana, se presentara como neutral, la economía ecológica afirmarí que la teoría y su análisis siempre están influenciados por valores y creencias. El valor monetario que los economistas asignan a las externalidades negativas o servicios ambientales, son el fruto de decisiones políticas, la distribución de la propiedad, el dinero y el poder.

LA ECONOMÍA ECOLÓGICA NO ABANDONA LA UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS MONETARIOS, SINO QUE LOS RELATIVIZA: PIERDEN SU POSICIÓN DE PRIVILEGIO Y EXCLUSIVIDAD DENTRO DE UNA NUEVA VISIÓN. ES DECIR, NO SE PLANTEA UNA ELIMINACIÓN COMPLETA DE LOS ENFOQUES CONVENCIONALES DEL DINERO O DEL MERCADO (Corona Rentería, 2000: 47-53).

Los índices de impacto ambiental usados con frecuencia por la economía ecológica, son el de huella ecológica, apropiación humana de la producción primaria neta, *input* material por unidad de servicio, indicadores de flujo de materiales, huella hídrica agrícola y agua virtual, los balances energéticos de las actividades económicas y el análisis integrado multiescalar del metabolismo social.

EL MARXISMO, QUE COMPARTE CON LA ECONOMÍA CLÁSICA LAS IDEAS DE PROGRESO, OPTIMISMO TECNOLÓGICO Y DOMINIO DE LA NATURALEZA, TAMBIÉN ES CONSIDERADO PARTE DE LA ECONOMÍA CONVENCIONAL POR DIVERSOS AUTORES DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA, MARX ACEPTÓ LAS CATEGORÍAS REFORMULADAS Y CENTRADAS EN LOS VALORES DE CAMBIO DE LOS CLÁSICOS, DICHO CONCEPTO NO FUERON AFECTADOS POR LAS CRÍTICAS QUE REALIZÓ A LA ECONOMÍA CLÁSICA (Ibídem: 135).

Carlos Marx señaló que la naturaleza está relacionada con el valor de uso y centró su sistema teórico en torno al valor de cambio, marginando los aspectos físicos y biológicos de la economía a pesar de la reiteración de términos confusos como producción material, o de las pocas citas que en defensa de la naturaleza se pueden entresacar en su vasta obra.

La economía ecológica y las economías ambiental y de los recursos naturales (estas últimas como subdisciplinas de la economía neoclásica centradas en la asignación óptima de los recursos y la contaminación), ignoran cuestiones como el funcionamiento de los ecosistemas, el tamaño de la economía, la distribución de los beneficios y las cargas ambientales en la sociedad; mientras que la primera se refiere a la forma en que los residuos son dispuestos y la calidad resultante de la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la pedosfera, como receptores de residuos; las subdisciplinas consideran LA APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS ECONÓMICOS AL ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS AMBIENTALES (Field, 2003, p. 3) dentro de la tan controlada relación empresarial de costo-beneficio. Las

diferencias tajantes entre estas economías es principalmente de tipo conceptual, pues en la práctica, los autores y teorías se solapan e interrelacionan.

La percepción del fracaso de la idea de crecimiento de la economía convencional, derivada de la actual crisis social y ambiental que vive el mundo, la cual provoca la proliferación de etiquetas que simulan afrontarla, mientras encubren las prácticas usuales. Es el caso del término DESARROLLO SOSTENIBLE criticado como vago (diversos significados), hipócrita (usado para promover actividades insostenibles) y contradictorio (al ignorar los límites sociales y biofísicos al crecimiento o focaliza cuestiones erróneas).

La mayor parte de este trabajo está enfocado a cuestiones concretas, en el que las aportaciones de la economía ecológica permiten articular la economía en torno a las fuentes de energía renovables y cerrar de este modo, los ciclos de materiales que usa y su cuantía, como primer paso para, aproximarse al costo económico de la contaminación del agua; tomando en cuenta que la economía, en tanto subsistemas, está integrada, por sistemas culturales y sociales, de tal manera que la naturaleza y las sociedades evolucionan conjuntamente a la par de los impactos ambientales que resultan de este vínculo.

Es innegable que la economía está incrustada en la naturaleza (economía ecológica) y que existen límites al crecimiento material y problemas ambientales críticos, y por ende se sustenta con la aportación de Hernández Blanco, donde argumenta q LA ESCALA DE LA ECONOMÍA HA SOBREPASADO SU TAMAÑO SUSTENTABLE, AFECTANDO LA CAPACIDAD DE LOS ECOSISTEMAS DE ABSORBER PERTURBACIONES, SIN ALTERAR SIGNIFICATIVAMENTE SUS CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD; ES DECIR, PUDIENDO REGRESAR A SU ESTADO ORIGINAL UNA VEZ QUE LA PERTURBACIÓN HA TERMINADO.

CAPITULO 2. EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO Y LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL

2.1. LA POLÍTICA MEDIO AMBIENTAL EN MÉXICO

PARA QUE SE ESTABLEZCA EL VALOR ECONÓMICO ES NECESARIO DESVALORIZAR TODAS LAS DEMÁS FORMAS DE EXISTENCIA SOCIAL... HA LLEGADO LA HORA DE PONER A LA ECONOMÍA EN EL LUGAR QUE LE CORRESPONDE: UN LUGAR MARGINAL (Esteva, 1995: 149).

El uso de la ciencia y la tecnología han mejorado el estándar de vida las poblaciones, no obstante, a las mejoras se han presentado efectos perturbadores colaterales, como la contaminación ambiental, pérdida de tierras cultivables y bosques, escasez de agua dulce y aire limpio, etc. Anteriormente, muchas de las consecuencias se consideraban como simples molestias, pero hoy en día, se les reconoce como amenazas potenciales, tanto para la naturaleza como para los seres humanos. Amenazas cada vez mayores en la medida en que crece la población mundial y sus necesidades a satisfacer.

Frente a esta problemática ambiental, a finales de la década de los ochenta del siglo pasado se comenzó acuñar el concepto de DESARROLLO SOSTENIDO, que se define como el DESARROLLO QUE SATISFACE LAS NECESIDADES DEL PRESENTE SIN COMPROMETER LA CAPACIDAD DE LAS FUTURAS GENERACIONES PARA SATISFACER SUS PROPIAS NECESIDADES (Heinke, 2005: 9).

Este concepto ha cambiado, a nivel mundial, la filosofía de la explotación destructiva a una de fomento a la protección ambiental y de la humanidad a largo plazo. Ello implica una revisión a las pasadas prácticas que se guiaban solo por los criterios de eficiencia, productividad, rentabilidad, entre otros conceptos económicos similares, que aún conservan su validez, pero ahora se le agregan inquietudes por la salud y el ambiente, la conservación de los recursos y los energéticos, el manejo de los desechos y de los problemas sociales.

En nuestro país, la política medio ambiental ha sido institucionalizada, lo que comprueba la importancia que tiene el desarrollo sustentable en las políticas públicas.

En 1994 se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, ahora SEMARNAT, desde 2001), para dar respuestas coordinadas y sistemáticas a los problemas ambientales. Así mismo, esta Secretaría engloba un conjunto de instituciones y obligaciones antes dispersas en diversas secretarías de Estado.

Aunque en el año 1988 se promulgó la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEPPA), se reforma en 1996, para dar mayor sustento legal a las acciones del gobierno en materia de medio ambiente. A partir de entonces se han promulgado diversas leyes, reglamentos y normas, para control de los problemas ambientales.

A pesar de estos esfuerzos, es evidente que contamos con una escasa cultura de protección al medio ambiente. LOS PAÍSES QUE SE HAN RECONOCIDO COMO EXITOSOS EN LA PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE, COMO JAPÓN, ESTADOS UNIDOS Y SUECIA, INSTITUCIONALIZARON SU POLÍTICA AMBIENTAL POR LO MENOS A PRINCIPIOS DE LA DÉCADA DE LOS SESENTA (Escalante y Aroche, 2003: 21). El éxito de la política ambiental radica en la calidad del proceder institucional como fundamento para el cumplimiento, tanto de las autoridades como de los gobernados, de la legislación correspondiente.

Las instituciones gubernamentales, con muchas limitaciones, que tienen a su cargo funciones relacionadas con la gestión ambiental son: SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano del Agua y el Instituto Nacional de Pesca. A pesar del interés gubernamental en la materia, éste no tiene, por tradición o por no querer ejercerlo, poder de decisión sobre los actos de los privados.

Los agentes privados y las organizaciones no gubernamentales han tenido una participación marginal en el manejo de los aspectos medio ambientales, por lo que la política ambiental es todavía un objetivo a lograr y que debe preocupar a todos por igual.

Actualmente, el sector industrial de nuestro país utiliza, aproximadamente, el 4% de la extracción total del agua en el país; de 5 km³ que extrae este sector anualmente, se consumen 2.5 km³. El 90% aproximadamente es abastecido por fuentes propias y el resto se abastece de tomas especiales para uso industrial, que proveen las redes municipales.

Del total del consumo industrial, el 50% se utiliza para enfriamiento, el 35% en procesos; el 5% en calderas y en servicios el 10%. Casi el 80% del consumo de agua de este sector lo realizan solo seis ramas industriales, a saber: azucarera, química, petróleo, celulosa y papel, textil y bebidas, ver **Tabla. 2.1.1: CONSUMO DE AGUA DE LOS PRINCIPALES GIROS INDUSTRIALES.**

Se estima que el agua de primer uso que realiza el sector industrial podría reducirse de un 40% a 80% si se extendieran las prácticas de reúso y se instalaran implementos ahorradores, siempre y cuando sea económicamente conveniente para la industria aceptar el cambio.

Tabla. 2.1.1: CONSUMO DE AGUA DE LOS PRINCIPALES GIROS INDUSTRIALES

INDUSTRIA	EXTRACCIÓN %	CONSUMO %
AZUCARERA	35.2	38.8
QUÍMICA	21.7	21.0
PETROLERA	7.2	8.2
PAPEL Y CELULOSA	8.2	6.0
TEXTIL	2.6	2.7
BEBIDAS	3.3	2.4
SIDERÚRGICA	2.5	1.7
ELÉCTRICA	1.5	0.7
ALIMENTICIA	0.2	0.2

FUENTE: INEGI-Indicadores ambientales, 2000/SEDUE/Comisión Nacional de Ecología.

Los mayores consumos de agua del sector industrial en México provienen de volúmenes extraídos por las propias empresas, ya sea de fuentes superficiales o subterráneas nacionales, su aprovechamiento está concesionado por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y están sujetos al pago de derechos fiscales federales, por uso y descarga en cuerpos receptores de propiedad nacional. Por este concepto, el sector contribuye con alrededor del 90% del total de recaudación.

El agua es un recurso muy valioso para la sociedad, por lo que su uso sustentable demanda cambios institucionales de fondo y de diseño de políticas en forma interdisciplinaria, que modifique la orientación que ha prevalecido en el pasado, a través de la simple expansión de la infraestructura, desestimando consideraciones de eficiencia, ahorro e incentivos correctos de un tratamiento económico consecuente, pues el agua gratuita o subsidiada significa un incentivo perverso que favorece el derroche y la ineficiencia en el uso de un recurso con un enorme valor social real.

Debemos considerar a los problemas del agua como resultado de la ineficiencia jurídica e institucional, y no sólo de ingeniería. El manejo del agua en México requiere de nuevas instituciones que definan con claridad derechos de uso o propiedad, fortalezcan la certeza jurídica y permitan el intercambio a través de mercados transparentes, donde el Estado asegure que se minimicen los efectos externos y la afectación de intereses públicos, y ofrezca políticas que garanticen e induzcan su uso sustentable y económicamente eficiente, por lo que el sector privado debe jugar un papel fundamental.

La política gubernamental en materia de inversiones en obras y mantenimiento de infraestructura hidráulica debe replantearse. La desaparición de subsidios en el precio del

agua resulta prioritaria, pues los precios deben estructurarse sobre bases transparentes que permitan la recuperación total del costo y que incluyan criterios racionales económicos y ambientales.

Durante los últimos años se nota un avance considerable en el establecimiento de un marco racional de uso del agua, algo atribuible a las políticas y programas llevados a cabo por la Comisión Nacional del Agua. Lo cual parece que el cambio institucional se desarrolla correctamente, sin embargo, aún se necesita establecer compromisos más claros y acelerar la implantación de políticas de uso del agua, como elementos cruciales de apoyo al crecimiento económico del país, para el bienestar social y el equilibrio ecológico.

2.2. EFICIENCIA Y USO SUSTENTABLE DEL AGUA

El problema ambiental de la contaminación de agua y su tratamiento, la construcción y operación de un mayor número de plantas tratadoras de aguas residuales, impone enormes costos económicos, ya que cada día se hace menos importante el poner un precio a los derechos para permitir contaminar tan vital líquido, y cada vez su explotación nos acerca al límite de su uso siendo cada día su escasez es más notoria.

Nuestras ciudades han crecido en cantidad y en dimensión. EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN SE HA PRESENTADO EN TODA LA NACIÓN, PERO HA SIDO MAYOR (POR MIGRACIÓN INTERNA) EN LA REGIONES SEMIÁRIDAS Y ÁRIDAS DEL NORTE, NOROESTE Y CENTRO, LAS CUALES SON PRECISAMENTE LAS QUE TIENEN MAYOR ACTIVIDAD ECONÓMICA Y DONDE EL AGUA ES ESCASA (Guerrero, 2008, p. 11).

Además, del alto consumo en los hogares, la utilización intensiva del agua por ciertos procesos industriales, estimulada en parte por distorsiones en precios y mecanismos atrasados y/o convencionales de las normas y leyes, relativamente débiles en el contenido y en la forma, no muy clara de proceder de quienes son responsables en velar por su aplicación, han participado una insuficiente disponibilidad de agua para la manutención de los ecosistemas naturales, restringiéndose la regeneración de muchas áreas.

A pesar de ello se han tenido ciertos logros en el manejo del agua, que incluyen un sistema legal, una autoridad nacional encargada de vigilar el líquido, como lo es Conagua, encargada de regular los bienes nacionales hídricos con un sistema de derechos del uso del agua y un mercado incipiente del recurso hídrico.

En este tema, los principales desafíos a enfrentar son los relacionados con la SOSTENIBILIDAD, la eficiencia económica o límites al crecimiento y la equidad. Para tratar estas condicionantes, debemos entender los siguientes problemas al respecto: I) LA SOBREEXPLOTACIÓN CRECIENTE Y CONTINUA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS TIENE UN EFECTO SIGNIFICATIVO EN LA DISPONIBILIDAD DE DICHO RECURSO A CORTO Y LARGO PLAZOS; II) PRECIOS DESVIRTUADOS, SUBSIDIOS Y/U OTROS INCENTIVOS EN EL USO DE AGUA Y PARA LA PROMOCIÓN DE SECTORES RELACIONADOS, PROMUEVEN PRÁCTICAS NO SOSTENIBLES DEL RECURSO Y DESALIENTAN LA ASIGNACIÓN DEL AGUA A USOS PRODUCTIVOS DE MÁS ALTO VALOR; III) LEYES, REGULACIONES, POLÍTICAS E INVERSIONES QUE CREAN LAS CONDICIONES PARA EL USO NO SOSTENIBLE DEL AGUA O DISTORSIONES, DAN COMO RESULTADO UNA ASIGNACIÓN INEQUITATIVA DE LOS RECURSOS FISCALES (Ibídem: 11-12).

2.2.1 MECANISMO DE SUSTENTABILIDAD MEDIANTE EL ALMACENAMIENTO PLUVIAL

En México, la precipitación pluvial promedio es de 777 mm anuales y su distribución, a lo largo y ancho del país, es muy irregular. Más de la mitad de nuestro territorio se localiza al norte y altiplano, zona que solo recibe el 9% de la precipitación media anual, pero concentra al 75% de la población del país, al 70% del PIB industrial y al 40% de las tierras agrícolas de temporal. Mientras que el 70% de la precipitación anual se da en el sureste de México, donde vive el 24% de la población y la industria es incipiente, excepto la relacionada con el petróleo, ver **Cuadro 2.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL PAÍS.**

Aunado a esta disparidad, tenemos que en general las lluvias son de temporal, a un período restringido que pocas veces se extiende más allá de julio a septiembre. (Estadísticas del Agua, 2010, CONAGUA)

Cuadro 2.2.1: DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL PAÍS

TERRITORIO	PRECIPITACIÓN	POBLACIÓN	ACTIVIDAD INDUSTRIAL (PIB)	TIERRAS AGRICOLAS DE TEMPORAL	ELEVACIÓN PROMEDIO (MSNM)
ALTIPLANO, NORTE Y NOROESTE	09%	75%	70%	40%	> 500
SUR Y SURESTE	70%	20%	INCIPIENTE	20%	< 500



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Conagua.

Los cortos períodos de lluvias y las sequías prolongadas, causan una variación estacional en la disponibilidad del agua superficial, lo que nos obliga a almacenarla en infraestructuras adicionales para su manejo. Creación de infraestructura, consiste en el mejoramiento del almacenamiento existente de agua, al incrementar la profundidad y el volumen retenido o en la construcción de pequeñas presas, aguas abajo de un estanque de almacenamiento.

También se debe considerar la creación de puntos de suministro de agua en áreas inadecuadas, que mediante la excavación de pozos profundos y aljibes, mantengan o impidan en gran proporción la reducción del suministro.

Así mismo, para que este recurso sea aprovechado lo mejor posible, EN MÉXICO SE CUENTA CON UN SISTEMA DE OBRAS HIDRÁULICAS PARA ALMACENAMIENTO DE 125 MIL MILLONES DE M³, Y LOS LAGOS Y LAGUNAS TIENEN UNA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE 14 MIL MILLONES DE M³ QUE EN TOTAL, CORRESPONDE AL 34% DEL ESCURRIMIENTO ANUAL. DE LA CAPACIDAD TOTAL DE

ALMACENAMIENTO DE AGUA EN PRESAS, EL 33% SE UTILIZA PARA RIEGO, PRINCIPALMENTE EN LAS REGIONES SEMIÁRIDAS DEL NORTE Y EL 37%, SE USA EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PRINCIPALMENTE EN EL SUR DEL PAÍS; Y EL RESTO PARA OTROS USOS. (Reyes y Quintero, 2009: 1).

La altitud del territorio, también es un factor considerable de desequilibrio en la distribución del agua, pues tan solo el 85% DEL VOLUMEN ALMACENADO EN MÁS DE 4 MIL ESTRUCTURAS DE CONTROL DE DISTRIBUCIÓN Y SUMINISTRO DE AGUA SE LOCALIZA A NO MÁS DE 500 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR (CESPDS, p. 1). A pesar de esta situación, el 75% de la población, vive a una mayor elevación, ver **Cuadro 2.2.1: DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL PAÍS**

Por lo anterior, se dificulta el aprovechamiento pleno del agua, pero por fortuna, el agua del subsuelo o subterránea, contenida en los mantos acuíferos del país, tiene una amplia distribución geográfica, a pesar de que es un recurso agotable y que en algunos lugares se localiza a gran profundidad.

Los recursos acuíferos son otra fuente importante de agua en México, sobre todo en aquellas regiones en donde no existen escurrimientos superficiales considerables.

En general, LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL TERRITORIO NACIONAL SE PRESENTA DE LA SIGUIENTE FORMA: CERCA DE LAS DOS TERCERAS PARTES DEL VOLUMEN TOTAL EXTRAÍDO SE REALIZA EN LAS REGIONES ÁRIDAS, EN DONDE EL SUBSUELO ES LA PRINCIPAL O LA ÚNICA FUENTE DE ABASTECIMIENTO, Y UNA TERCERA PARTE DE LA EXPLOTACIÓN SE REALIZA EN EL SURESTE (Reyes y Quintero, 2009: 1).

Nuestro país recibe EN PROMEDIO ANUAL 780 MM DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL, QUE CORRESPONDE A UN VOLUMEN DE 1,532 MILLONES DE M³. EN LA ZONA NORTE Y EN EL ALTIPLANO (A LOS CUALES LES CORRESPONDE EL 52 % DEL TERRITORIO) LA MEDIA ANUAL ES INFERIOR A LOS 500 MM, Y EN SÓLO UNA PORCIÓN DEL SURESTE (7% DEL TERRITORIO) LA PRECIPITACIÓN ALCANZA VALORES SUPERIORES A LOS 2,000 MM ANUALES. LA DISTRIBUCIÓN OROGRÁFICA Y CLIMÁTICA ORIGINA, EN GRAN MEDIDA, QUE LA MAYOR PARTE DEL TERRITORIO SEA DE ZONAS SEMIÁRIDAS. SE CONSIDERA QUE EL 50 % DEL ESCURRIMIENTO ANUAL TOTAL SE CONCENTRA EN LOS RÍOS MÁS CAUDALOSOS UBICADOS EN EL SURESTE DEL PAÍS, CUYA REGIÓN HIDROLÓGICA COMPRENDE SÓLO EL 20 % DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL TERRITORIO. DE ESTA FORMA, EL AGUA SE ENCUENTRA DISPONIBLE EN ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES, CUYO VOLUMEN PROMEDIO SE ESTIMA EN 410,164 MILLONES DE M³ ANUALES. ESTOS ESCURRIMIENTOS SE DISTRIBUYEN EN 320 CUENCAS HIDROLÓGICAS, EN LA VERTIENTE DEL PACÍFICO, LAS CUENCAS MÁS IMPORTANTES SON LAS DE LOS RÍOS YAQUI, FUERTE, MEZQUITAL, LERMA, SANTIAGO Y BALSAS; Y EN LA VERTIENTE DEL GOLFO DE MÉXICO, SOBRESALEN LAS DE LOS RÍOS BRAVO, PÁNUCO, PAPALOAPAN, GRIJALVA Y USUMACINTA (Ibídem: 1).

De los mil 532 millones de m³ de agua de precipitación pluvial, un mil 64 millones de m³ se pierden por evaporación, lo que establece una oferta efectiva de agua a nivel nacional de 468 millones de m³, de éstos, 410 millones de m³ fluyen por cauces y vasos superficiales, el resto (58 millones de m³) recarga los mantos acuíferos.

Según datos del CESPDS, en 1995 se usaron 163 millones de m³ de aguas superficiales (39.76% del total disponible) y 24 millones de m³ de subterráneas (41.38%) aproximadamente, la demanda nacional de agua es de 187 millones de m³ anuales.

La SEMARNAT tiene registrados desde el 2009, más de 650 acuíferos en el país. El volumen estimado de agua que se extrae de ellos es de 27 millones de m³/año, que representa 36% del agua destinada a usos consuntivos es decir, (aquellos en los que el agua es transportada a su lugar de uso y la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de agua). La mayor parte del agua extraída se sigue destinando al uso agropecuario, seguido por el uso en los hogares. Casi dos terceras partes del agua destinada al abastecimiento de los hogares y un tercio de la utilizada con fines agropecuarios, se obtienen de fuentes subterráneas.

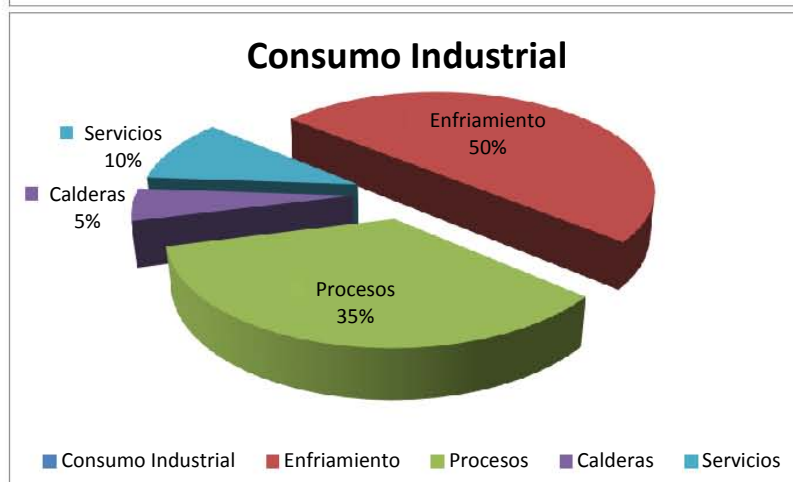
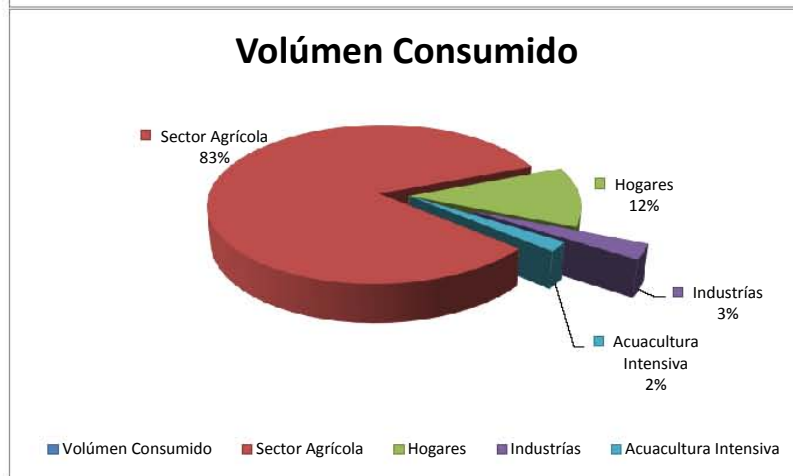
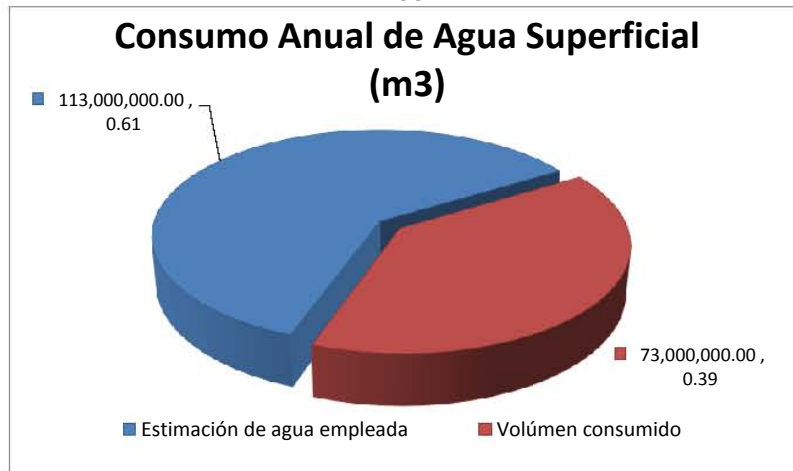
A nivel nacional se extrae aproximadamente el 34% del volumen estimado de recarga anual, situación que cambia a nivel regional por ejemplo, en las regiones administrativas Cuencas Centrales del Norte y Golfo Norte, la extracción excede a la recarga en más del 10%, mientras que en la Península de Yucatán y la Frontera Sur, es menor a 6% del volumen total de recarga.

En 2004, 104 acuíferos estaban sobreexplotados y 17 acuíferos costeros, presentaban intrusión salina. El uso racional del agua subterránea es indispensable, ya que en el futuro cada vez más regiones dependerán de la reserva en el subsuelo como su principal fuente de agua.

La mayor parte del agua superficial (113 millones de m³) es utilizada en la generación de electricidad en plantas termo e hidroeléctricas, puesto que esta agua vuelven a su cauce y se les da otro uso, se considera que no se consumen.

El volumen total consumido de agua es de 73 millones de m³, de los cuales el 83% lo consume el sector agrícola, los hogares usan el 12%, la industria el 3% y el 2% los utiliza en la acuicultura intensiva. Ver **Grafica 2.2.2 VOLUMEN DE CONSUMO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA LA INDUSTRIA**. En base a datos del INEGI, para el año 2011, a pesar de que el sector agrícola es el más grande consumidor de agua, solo aportó el 3.8% del PIB nacional, mientras que las industrias manufactura, minería y construcción aportaron el 29.8% y consumieron solo el 3% del agua.

GRAFICA 2.2.2 VOLUMEN DE CONSUMO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA LA INDUSTRIA



Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad natural media de agua por habitante o per cápita de una región se calcula dividiendo la disponibilidad natural media de agua entre el número de habitantes de esa región.

EN 2003, LA DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA NACIONAL FUE DE 4547 M³ ANUALES POR HABITANTE (VOLUMEN QUE CORRESPONDE A UNA CATEGORÍA DE DISPONIBILIDAD BAJA). REGIONES CON VALORES MENORES A 1700 M³/HAB/AÑO SE CONSIDERAN CON ESTRÉS HÍDRICO Y SON PROPENSAS A PRESENTAR ESCASEZ DE AGUA, SOBRE TODO EN LAS TEMPORADAS SECAS. LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y GEOGRÁFICAS QUE TIENE MÉXICO PRODUCEN UNA CONDICIÓN HIDROLÓGICA CON FUERTES CONTRASTES EN CUANTO A DISPONIBILIDAD DE AGUA. EL VALLE DE MÉXICO, CON MENOS DE 200 M³/HAB/AÑO, TIENE UNA DISPONIBILIDAD EXTREMADAMENTE BAJA, MIENTRAS QUE LA REGIÓN FRONTERA SUR, CON SUS MÁS DE 24 MIL M³/HAB/AÑO, CUENTA CON UNA DISPONIBILIDAD MUY ALTA DEL LÍQUIDO (Semarnat, 2009: Cap. 7).

La situación del agua disponible, varía entre las 13 Regiones hidrológico-administrativas, administrativas en que se dividió el país (dicha división fue establecida por la Comisión Nacional del Agua). Las regiones hidrológico-administrativas están formadas por la agrupación de regiones hidrológicas conservando municipios completos, y para el óptimo desempeño de sus funciones, la Comisión Nacional del Agua, Conagua, cuenta con una Gerencia Regional en cada una de ellas.

Para definir los límites de cada una de las regiones, la Conagua realizó un análisis detallado para la identificación de las principales cuencas hidrológicas del país, las consideró como la unidad básica de planeación y las agrupó en función de rasgos comunes; al mismo tiempo se tomaron en consideración los límites estatales y municipales, para asignar territorios municipales completos a una Región específica. Esto significa que al delimitar las regiones con base a cuencas hidrológicas, se atiende a la forma natural en la que ocurren los escurrimientos y se genera y organiza la información del ciclo hidrológico; mientras que al incorporar municipios completos, se prevé que los usuarios no deban realizar sus gestiones, en materia de agua, en diversos sitios. La mayor parte del agua disponible en la Península de Yucatán está en fuentes subterráneas; mientras que otras regiones, como Golfo Norte y Golfo Centro, dependen en un porcentaje alto del escurrimiento superficial. Si se consideran las regiones que tienen una disponibilidad base media inferior a los 1700 m³/ hab/año, existen más de 35 millones de habitantes en situación de estrés hídrico en nuestro país. (*Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, CNA, 2006. Estadísticas del agua en México, 2004. CNA*). Ahora bien, a pesar de esta defectuosa disponibilidad del líquido, el consumo promedio anual per cápita de agua en México, es de 780 m³ por persona (CESPEDES,2000, p. 3), esto es, el consumo promedio anual per cápita, solo comprende el 17.15% de la disponibilidad natural media anual per cápita, no se consume ni la mitad de lo que naturalmente corresponde a cada habitante, por las malas condiciones de distribución.

2.3. EL ENTORNO REGIONAL

El Estado de Michoacán comprende un área territorial o plataforma continental de aproximadamente 213 km², equivalente al 3% de la extensión del territorio nacional.

Situación geográfica del Estado de Michoacán: sus coordenadas geográficas extremas lo localiza en la región Centro-Occidente (Mapa. 2.3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE MICHOACÁN), entre los paralelos 20° 23' 44" y 18° 09' 49" de latitud norte, y los meridianos 100° 04' 48" y 103° 44' 20" de longitud oeste.

Mapa. 2.3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE MICHOACÁN



FUENTE: INEGI. Marco Geoestadístico, 2000.

El Estado de Michoacán colinda al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noreste con Querétaro, al este con el Estado de México, al sureste y sur con Guerrero, al oeste con Colima y Jalisco, y al suroeste con el Océano Pacífico. Su capital es Morelia, ver **Mapa. 2.3.2.** COLINDANCIA Y DIVISIÓN POLÍTICA DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Su posición corresponde fisiográficamente tanto a la depresión del río Lerma, como a la porción central del Sistema Volcánico Transversal, la depresión del río Balsas y la Sierra Madre del Sur y Planicies Costeras del Pacífico.

Por situarse el Estado al sur del trópico de Cáncer, le corresponde la zona tropical, pero las diferencias de altura que presenta gran parte del relieve michoacano son el factor que influye más intensamente en las condiciones climáticas, y así, equivalen a las de la zona templada.

Mapa. 2.3.2 COLINDANCIA Y DIVISIÓN POLÍTICA DEL ESTADO DE MICHOACÁN



FUENTE: INEGI: Marco Geoestadístico, 2000.

Su fisiografía nos muestra que las crestas de las sierras están dispuestas según alineamientos que siguen un rumbo definido que va del noroeste al sureste y que corresponden a fracturas y fallas bien establecidas, por lo que esas líneas determinan el sistema orográfico del Estado de Michoacán.

El tectónismo, vinculado al choque de la placa oceánica de Cocos con la placa continental norteamericana, representa la causa más importante de los sismos y del vulcanismo. El 92% del territorio michoacano se encuentra en la zona sísmica.

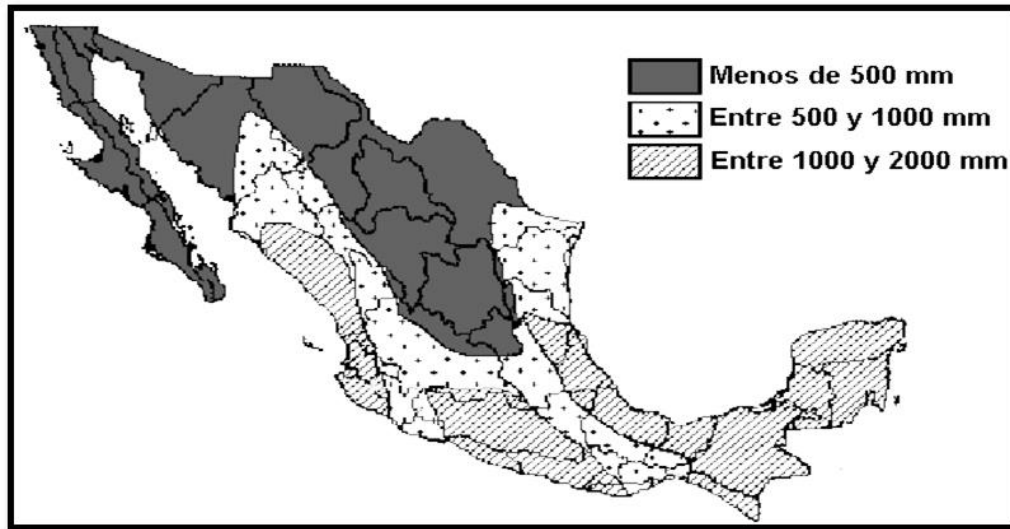
El vulcanismo ha sido un factor importante en la formación de su relieve y, geológicamente hablando, los dos últimos volcanes aparecidos en Michoacán son recientes: el Jorullo, en 1759, y el Parícutin, en 1943.

El Estado de Michoacán se divide en cinco regiones más o menos definidas sobre la base de la estructura y la historia geológica de las zonas, las cuales son: las planicies

costeras del Pacífico; la Sierra Madre del Sur; la Depresión del Balsas; el Sistema Volcánico Transversal; la Depresión del Lerma o Altiplanicie.

Hidrología. El territorio mexicano cuenta con una superficie cercana a los 2 millones de km². Más del 65% de la superficie de nuestro país es árida o semiárida, y en dicha porción del territorio se presenta apenas el 20% de los escurrimientos, mientras que ahí se asientan las tres cuartas partes de la población del país. México tiene una precipitación media anual de 780 mm, ver **Mapa. 2.3.3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL MEDIA ANUAL EN EL PAÍS**, su escurrimiento medio anual es de 417 km³ (el 1% del escurrimiento mundial); y la disponibilidad media anual por habitante es de 5125 m³, aproximadamente el doble del promedio de disponibilidad per-cápita a nivel mundial; sin embargo, insuficiente para considerarse un país con disponibilidad natural de agua extraordinaria.

Mapa. 2.3.3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL MEDIA ANUAL EN EL PAÍS



FUENTE: INEGI: Indicadores ambientales, 2000

En el Estado de Michoacán existen grandes extensiones o volúmenes de aguas continentales (lagos, presas, vasos y embalses), que en conjunto constituyen un espejo de agua de aproximadamente 243 mil hectáreas, y 1434 cuerpos de agua, lo que ubica al Estado como uno de los principales productores acuícolas de agua dulce.

En la Costa Michoacana desembocan varios ríos y arroyos que con un corto recorrido desembocan en el Pacífico, siendo los principales el río Coahuayana, el Aquila, el Ostula, el Coalcomán, el Nexpa (cuya cuenca es la mayor de la costa), el río Chuta y el Arteaga. Las vertientes interiores están representadas por los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén.

Varios centenares de manantiales se ubican en las laderas de los macizos montañosos y en los valles de los ríos, a una altitud entre 1000 y 2000 m. Corresponden a partes húmedas de máxima infiltración y realimentación de los mantos freáticos y de vegetación boscosa que aumenta la capacidad de infiltración, de almacenamiento y regulación del agua.

Climatografía. En casi el 40% del territorio donde la altitud supera los 1600 m se sitúan los climas templados como el de lluvias de verano, cálido con temperatura del mes más cálido superior a los 22°C; el de lluvias de verano, semifrío con temperatura del mes más cálido inferior a los 22°C, y el templado con lluvias todos los meses del año. Todos ellos ubicados entre el centro y norte del Estado en el Sistema Volcánico Transversal y la Depresión del río Lerma-Chápala y únicamente en sus partes más altas de la Sierra Madre del Sur se tiene el primero de ellos ocupando la vigésima parte de su extensión.

El clima tropical de veranos más cálidos y lluviosos con temperatura máxima registrada antes del solsticio de verano, ocupa casi el 50% de la extensión estatal entre los 600 y 1600 m de altitud, y corresponde tanto a las partes bajas del Sistema Volcánico como a las medias y bajas de la Sierra Madre del Sur, y las partes altas de la depresión del río Balsas. El clima seco estepario, cálido, con lluvia escasa que predomina en verano con una temperatura media anual superior a los 18°C. Ocupa el restante porcentaje de la extensión michoacana en las partes medias y bajas de la depresión del río Balsas.

Vegetación. Michoacán cuenta con una singular variedad de plantas. A esta riqueza vegetativa contribuyen, el suelo, el clima, la abundancia de agua y los contrastes altimétricos. El 60% del territorio michoacano está comprendido por bosques de coníferas o de pino y oyamel, los cuales se localizan entre 2600 y 3500 m de altura, en climas templados, semifríos y fríos, con precipitación media anual superior a 900 mm y suelos diversos. Localizados en lo más alto de las sierras del Sistema Volcánico Transversal.

Los bosques mixtos o de pino-encino, se tienen entre 1000 y 2600 m de altitud (pudiéndose localizar hasta los 300 en montañas cercanas al litoral), en climas templados cálidos y semifríos, con precipitación media anual entre 800 y 1000 mm. Ocupan una gran área del Sistema Volcánico Transversal y en él, los pinos son las especies dominantes. También ocupan importante extensión de la Sierra Madre del Sur. El bosque tropical, perennifolio o caducifolio, es rico en variedad de especies. Este bosque es espinoso si el clima llega a ser seco y con lluvia hasta de 500 mm y temperaturas calientes. En el bosque tropical no espinoso la precipitación media anual es de más de 1000 mm y la temperatura de más de 18°C y de suelos diversos. Esta vegetación es característica de las partes bajas del Sistema Volcánico, la depresión de los ríos Balsas y Tepalcatepec y las porciones bajas y en partes medias de la Sierra Madre del Sur. La vegetación de pradera o de matorral se desarrolla entre 1600 y 1900 m en los altiplanos, al norte del Sistema Volcánico

Transversal. La vegetación arbustiva puede estar densa o abierta, dominando los géneros acacia, agave, opuntia, annona, palmar (orbigynia cohune, coccus nucifera) asociado a otras especies tropicales se localizan en las Planicies Costeras y los palmares de brahea dulcis y sabal pumus entre otras, en la depresión del río Balsas.

En cuanto la explotación forestal casi el 60% del territorio michoacano tiene vocación forestal. Las estadísticas de INEGI señalan a final de la década pasada que la superficie arbolada que constituye bosques es de menos de 800,000 hectáreas. Aunque se afirma que existe una subexplotación forestal del recurso en el Estado, la realidad es que numerosas industrias relacionadas con la explotación y procesamiento de la riqueza silvícola están propiciando una acelerada y desmedida deforestación, que excede con mucho al índice de regeneración de los bosques. Las regiones donde la explotación es más intensa: Meseta Tarasca, Los Reyes-Cotija, Acuitzio-Villa, Madero-Tacámbaro y Pico Tancítaro.

La fabricación de celulosa y papel requiere de un acceso conveniente y seguro de enormes fuentes de suministro de agua, madera y de extensas superficies contiguas de tierra dedicadas exclusivamente a la industria. A estas empresas les resulta casi imposible compartir los paisajes que ocupan con las comunidades locales que realizan distintas actividades agrícolas, de pesca y recolección para la subsistencia, pues trabajan mejor en bosques de árboles reservados para una variedad de usos, adaptados a sus necesidades.

2.4. LOS CASOS DE KIMBERLY-CLARK / SCRIBE (CEPAMISA) Y SCA (INPAMESA)

La industria productora de celulosa y papel pertenece a un sector sumamente diversificado por la cantidad de productos que se fabrican actualmente, tanto para el mercado interno como para los internacionales.

EN MÉXICO, DESDE 1994 HASTA LA FECHA, EXISTEN UN TOTAL DE 68 EMPRESAS PRODUCTORAS DE CELULOSA Y DE PAPEL. DE ESTAS 68 EMPRESAS MEXICANAS, 54 SE DEDICAN A LA PRODUCCIÓN ESPECÍFICA DEL PAPEL, 10 DE ELLAS A LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y PAPEL, Y 4 A LA PRODUCCIÓN ÚNICA DE CELULOSA (CNICP, 2010: 73).

Algunas características de referencia de la industria productora de celulosa y papel son: pertenece al Sector 3 de la Industria Manufacturera; al Subsector 34, Papel y Productos de Papel e Imprentas y Editoriales; a la Rama 10 Manufacturera de Celulosa, Papel y sus Productos. Los productos que se generan en esta industria son: papel periódico, escritura e impresión, sanitario, facial, empaque y otros papeles especiales, así

como cartoncillo y cartoncillo para líquidos comestibles; celulosas al sulfato de fibras largas y cortas, al sulfato sin blanquear, de bagazo de caña blanqueada y pasta termo mecánica.

AUNQUE EL ÁREA DE BOSQUES TEMPLADOS Y FRÍOS SÓLO CUBRE EL 27%; LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS MADERABLES REBASAN LOS 147 MILLONES Y MEDIO DE METROS CÚBICOS, POR LO CUAL, EN EL 2009, MICHOACÁN SE UBICA EN EL PRIMER LUGAR NACIONAL COMO PRODUCTOR DE RESINA Y EN EL TERCERO EN MADERA ASERRADA; LA CAPACIDAD INDUSTRIAL INSTALADA COMPRENDE CERCA DE 3000 ESTABLECIMIENTOS, SIENDO LOS PRINCIPALES ALREDEDOR DE 950 DE ASERRÍO, POCO MÁS DE 2000 TALLERES ARTESANALES Y 16 DE PLANTAS DESTILADORAS DE RESINA (GEM, 2009: 79-102).

Así mismo, en dicho Estado se produjeron un total de 694 mil 170 metros cúbicos de madera, destacando la producción de pino dado que la producción de esta especie contribuye con el 89.6% de la producción total de madera en el estado. En el Estado de Michoacán, la industria de celulosa y papel se abastece de los productos forestales michoacanos (Proformich), de la zona centro occidente del Estado, los productos obtenidos son principalmente papel para escritura, facial y sanitario. Dos de estas industrias, se localizan en el Municipio de Morelia, KIMBERLY-CLAR y SCRIBE, antes CEPAMISA; en Uruapan se localiza SCA, que anteriormente se llamó INPAMESA. Ver **ILUSTRACIÓN 2.4.1 EMPRESAS PAPELERAS KIMBERLY CLARK Y SCA**

ILUSTRACIÓN 2.4.1 EMPRESAS PAPELERAS KIMBERLY CLARK Y SCA



FUENTE: Acervo personal.

Otras empresas optaron por modificar sus procesos industriales para utilizar bagazo de caña como materia prima y, en 2003, se inició el aprovechamiento a escala industrial de las primeras plantaciones de eucalipto, cuya madera de fibra corta, mezclada con la fibra larga de coníferas, resultó ser una excelente combinación para la producción de celulosa de alta calidad para papeles de escritura e impresión y de uso sanitario. Inclusive para 2004 la fibra corta de madera de eucalipto cosechada en las plantaciones del sureste del país, que resultó en una celulosa de mejor calidad, satisfizo una buena parte de las necesidades de CEPAMISA, cuya plantación de eucalipto, iniciada en 2001 en Guerrero en una superficie de 5 mil ha, entro en producción en 2008.

La planta productora de celulosa y papel, Papelera Industrial CEPAMISA SA de CV, se localiza en Morelia Michoacán, anteriormente funcionaba bajo la denominación de Crisoba Industrial, SA de CV, hoy en día Kimberly-Clark y Scribe. Esta planta utiliza como materia prima la madera de pino y encino para la producción de celulosa, así como papel de reciclaje para la elaboración de papel tissue y papel plano.

LOS EFLUENTES LÍQUIDOS CONTAMINADOS PROVENIENTES DEL PROCESO SON TRATADOS Y DESCARGADOS EN EL RÍO GRANDE DE LA CIUDAD DE MORELIA. ESTE RÍO PASA POR EL VALLE AGRÍCOLA DE MORELIA-QUERÉNDARO, SUS AGUAS SE UTILIZAN PRINCIPALMENTE PARA RIEGO, PARA DESCARGAR FINALMENTE EN EL LAGO DE CUITZEO (Martínez y otros, 2010: 1).

ESTA PLANTA INDUSTRIAL, EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA PREOCUPADO POR LA EMISIÓN DE SUS CONTAMINANTES, LO QUE SE CORROBORA AL ESTAR CUMPLIENDO CON LAS NORMAS DE DESCARGA ESTABLECIDAS POR LOS CORRESPONDIENTES ORGANISMOS GUBERNAMENTALES DEDICADOS AL CONTROL AMBIENTAL (Diario Oficial de la Federación, 1993: 49-53), PERO LA PREOCUPACIÓN POR EL EQUILIBRIO, LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN, LA CONSERVACIÓN DE LAS ÁREAS DE CULTIVO Y LOS RECURSOS ACUÍFEROS, AUNADO CON LA EXIGENCIA DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS EFLUENTES, CADA VEZ MÁS ESTRUCTOS, HACE NECESARIA LA EVALUACIÓN PERMANENTE DE LOS PROCESOS Y DE LOS EFLUENTES BUSCANDO ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIAS Y ECONÓMICAMENTE FACTIBLES (Martínez y otros, 2010: 1-2).

Según la empresa se ha seguido el procedimiento que marca la norma **NMX AA3** y la secuencia de muestreo se programó en base a la norma oficial **NOM-CCA-015-ECOL/93** aplicable a las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria papelera (Ibídem: 2). A pesar de este gran esfuerzo por reducir la contaminación emanada del proceso productivo, en los hechos en el año 2010 la papelera CEPAMISA hoy KIMBERLY CLARK Y SCRIBE fueron, en la ciudad de Morelia, UNA DE LAS PRINCIPALES EMPRESAS CONTAMINANTES DE LA ATMÓSFERA (Monreal, 2010: 1).

La empresa INDUSTRIAL PAPELERA MEXICANA, SA DE CV (INPAMESA), ahora Svenska Cellulosa Aktiebolaget (SCA) es una compañía sueca de bienes de consumo y pulpa y papel manufacturado con sede en Estocolmo. Sus principales productos incluyen productos de cuidado personal (productos de incontinencia, pañales para bebés y productos de higiene femenina), papel, paquetería, papel de publicación, productos de madera y biodiesel de origen forestal. Los diez mayores mercados de la compañía son Alemania, Reino Unido, Estados Unidos, Francia, Suecia, Italia, los Países Bajos, España, Dinamarca, Australia, México y Bélgica.

SCA es el mayor propietario forestal privado de Europa, 2,6 millones de hectáreas, un área ligeramente inferior al estado estadounidense de Vermont. (El mayor propietario forestal sueco es la gubernamental Sveaskog con 3,3 millones de hectáreas, el tamaño de Maryland). En México SCA es conocida por sus marcas TENA, Tork, Saba, Regio y Nevax. En el 2011 SCA tuvo unas ventas totales de 11.7bn de Euros. Se localiza en Uruapan Michoacán y opera desde finales de 1973. Esta planta se distingue por la fabricación de productos de papel y cartón en diversas plantas integradas.

SU ÁMBITO DE OPERACIÓN EN VENTAS ES 100% NACIONAL, A PESAR DE ELLO IMPORTA CELULOSA Y PAPEL PARA COMPLEMENTAR SU ACERVO DE MATERIAS PRIMAS, Y LLEVAR A CABO SIN PROBLEMA ALGUNO LA FABRICACIÓN DE SUS PRINCIPALES PRODUCTOS, TALES COMO PAPEL HIGIÉNICO, SERVILLETAS, TOALLAS, ENTRE OTROS (SE, 2010: 45-47).

Esta empresa también se preocupa por reducir la emisión de los contaminantes emanados de sus procesos productivos, prueba de ello es la puesta en marcha, desde el año 2006, aun siendo INPAMESA, se desarrolló el proyecto denominado PROYECTO DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA PLANTA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL PAPELERA MEXICANA, SA DE CV, URUAPAN, MICHOACÁN (INPAMESA, 2006: 4).

Este proyecto propone las debidas medidas de mitigación para contrarrestar los efectos que traen consigo sus actividades, tales como al medio ambiente y a la socio economía. Así mismo, el proyecto es resultado de las manifestaciones de impacto ambiental en su modalidad particular, como iniciativa empresarial en pos de una mejor calidad de vida para los habitantes de dicha ciudad capital. Ver **ILUSTRACIÓN 2.4.2 INDICACIONES DE SEGURIDAD DE LA PAPELERA SCA**

ILUSTRACIÓN 2.4.2 INDICACIONES DE SEGURIDAD DE LA PAPELERA SCA



FUENTE: Acervo personal.

2.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y PAPEL

La producción de papel presenta tres procesos globales (Wikipedia, 2012: 1-8): la transformación de la materia prima en pulpa; el blanqueo de la pulpa y la transformación de la pulpa en papel. Ver **ILUSTRACIÓN. 2.5.1 MATERIA PRIMA**

ILUSTRACIÓN. 2.5.1 MATERIA PRIMA



FUENTE: Base de Datos:

http://www.google.com.mx/search?q=productos%20elaborados%20de%20la%20celulosa&psj=1&biw=1821&bih=897&bav=on.2,or_r_qf.&um=1&ie=UTF-8&hl=es-419&tbn=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=Mr-aUYHZBof68QJSJ3oDIBw, Consultada el 4 de abril del 2013.

Las materias primas utilizadas son: la madera, el bagazo de caña, la pasta de trigo y la borra de algodón, principalmente; además se usan el trapo y papel de desperdicio. Ver **ILUSTRACIÓN. 2.5.2** MATERIA PRIMA, SEPARACIÓN DEL PAPEL DE DESPERDICIO PARA REUSO.

ILUSTRACIÓN. 2.5.2 MATERIA PRIMA, SEPARACIÓN DEL PAPEL DE DESPERDICIO PARA REUSO



FUENTE: BASE DE DATOS:
http://www.google.com.mx/search?q=productos%20elaborados%20de%20la%20celulosa&psj=1&biw=1821&bih=897&bav=on.2,or.r_qf.&um=1&ie=UTF-8&hl=es-419&tbn=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=Mr-aUYHZBof68QSJ3oDIBw, Consultada el 4 de abril del 2013

La producción del papel se lleva a cabo mediante la extracción de humedad de la pulpa, pasándola a través de mallas que quitan todas las impurezas y posteriormente a través de prensas para la formación de la hoja, como se muestra en la **ILUSTRACIÓN. 2.5.3** Preparación De La Materia Prima Para Elaborar La Pulpa De Celulosa Y El Papel Tissue

FIG. 2.5.3 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA ELABORAR LA PULPA DE CELULOSA Y EL PAPEL TISSUE



FUENTE: BASE DE DATOS:

http://www.google.com.mx/search?q=productos%20elaborados%20de%20la%20celulosa&psj=1&biw=1821&bih=897&bav=on.2,or_r_qf.&um=1&ie=UTF-8&hl=es-419&tbn=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=Mr-aUYHZBof68QSJ3oDIBw, consultada el 15 de febrero del 2013

Dependiendo de la forma de obtención de la pulpa y si ésta es blanqueada o no, se producen diferentes calidades de papel que van desde papel para periódico y envolturas hasta papeles BOND para escritura, libros finos, papel Tissue (papel facial e higiénico) y diversas características de cartones. Ver **ILUSTRACIÓN. 2.5.4** MAQUINA PRODUCTORA DE PAPEL.

ILUSTRACIÓN 2.5.4 MAQUINA PRODUCTORA DE PAPEL.



FUENTE: BASE DE DATOS:

http://www.google.com.mx/search?q=productos%20elaborados%20de%20la%20celulosa&psj=1&biw=1821&bih=897&bv=on.2,or.r_qf.&um=1&ie=UTF-8&hl=es-419&tbn=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=Mr-aUYHZBof68QSJ3oDIBw,
consultada el 14 de abril del 2013

Con respecto al uso del agua en la industria de la celulosa y papel, éste se puede dividir en tres tipos: primero, agua para el proceso (lavado de materia prima y transporte de productos sólidos); segundo, agua para enfriamiento (atempere miento, intercambio de calor, vapor); tercera, agua para uso sanitario u otros servicios (para el personal que labora dentro de las fábricas y riego de las áreas verdes).

EN CADA FABRICA, EL CONSUMO PROMEDIO DE AGUA ES DE 54 m³/TN, DISTRIBUIDA DE LA SIGUIENTE FORMA: PARA LA PRODUCCIÓN DE PAPEL, EL CONSUMO DE AGUA OSCILA ENTRE 7.5 Y 37.8 m³/TN (NATURA: 1) Y PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA ENTRE 20 Y 200 m³/TN (Moretón, 2012, p. 1). En la fabricación de papel y celulosa, el agua, como recurso elemental, es altamente contaminada durante el proceso. Los principales contaminantes en la etapa de la producción de pulpa son: licor de sulfato, pulpa fina, químicos empleados en el blanqueo, mercaptanos, sulfato de sodio, carbonatos e hidróxidos, arcilla, tinta, grasas, ceras, aceites y fibras. Los principales tratamientos empleados para el control de estos desechos son: la recuperación química, la neutralización, la sedimentación, la dilución controlada, la coagulación, lagunas de oxidación biológica, la evaporación y fermentación. Así mismo, los principales contaminantes generados en la producción de la pulpa por tipo de proceso son los siguientes:

- Al Sulfato (Kraft): Sólidos suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), ES UNA PRUEBA USADA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE OXÍGENO PARA LA DEGRADACIÓN BIOQUÍMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS AGUAS RESIDUALES; SU APLICACIÓN PERMITE CALCULAR LOS EFECTOS DE LAS DESCARGAS DE LOS EFLUENTES DOMÉSTICOS E INDUSTRIALES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES. LOS DATOS DE LA PRUEBA DE LA DBO SE UTILIZAN EN INGENIERÍA PARA DISEÑAR LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Sawyer y Mc Carty, 1994: 345), color, espumas y materiales potencialmente tóxicos a la vida acuática.
- Al Sulfito: DBO muy alta, sólidos suspendidos y color.
- Semiquímicos: DBO, sólidos suspendidos y color en grado mucho menor.
- Pulpa Mecánica: Sólidos suspendidos y DBO baja.
- En estos procesos se generan efluentes muy tóxicos, y el proceso que más contaminación produce es el del Sulfito, pues ejerce un DBO de 30000 a 40000 mg/l.

Dentro de las tecnologías de tratamiento recomendadas para los efluentes de la industria productora de la celulosa y papel se encuentran: la sedimentación, flotación y filtración para la remoción de sólidos y material orgánico e inorgánico; la flotación por aire disuelto para la remoción de los sólidos suspendidos (planta de papel); la clarificación primaria para la remoción DBO5 (plantas de celulosa y papel); la oxidación biológica para la remoción de tóxicos (plantas de celulosa y papel).

La estabilización biológica aireada para mejorar la calidad del efluente de una oxidación biológica en el proceso Kraft (el álcali perdido en el proceso a la sosa es sustituido por sulfato de sodio, en vez de carbonato de sodio, el sulfato se reduce a sulfuro durante la incineración del licor gastado, por lo que realmente los agentes activos en el proceso son el sulfuro sódico y el hidróxido sódico, y no el sulfato, EL SOBRENOMBRE KRAFT PROVIENE DEL ALEMÁN, DONDE SIGNIFICA FUERTE, DEBIDO A LAS BUENAS CARACTERÍSTICAS DE LA PULPA OBTENIDA (Textos Científicos, 2005: 1). Este método ha sido muy utilizado desde 1879, año de su invención, pues ya en los 30s, la producción mundial de pulpa Kraft igualaba al método del sulfito, y a partir de ahí, fue aumentando hasta nuestros días, donde es el proceso de producción mayoritario.

Otros procesos para reducir la contaminación de esta actividad son: el de lodos activados y discos biológicos rotatorios para tratar las aguas de blanqueo del proceso Kraft, el de la adsorción con carbón activado para la remoción de sólidos, y el tratamiento fisicoquímico con cal para la remoción de color. Los científicos se dieron cuenta que el cloro elemental, la principal sustancia química utilizada para separar y blanquear las fibras de madera, combinada con lignina produce dioxina, uno de los agentes carcinógenos y

deterioradores de hormonas más potentes. Se comenzó a asociar a la fabricación papel con los problemas de la salud pública y el envenenamiento de los peces. Actualmente, en dicho proceso, se sustituye total el uso del cloro por el dióxido de cloro, es un proceso libre de cloro elemental (ECF), lo que reduce significativamente la contaminación por dioxina, sustancia que no es eliminada totalmente. Así mismo, se instrumentaron técnicas completamente libres de cloro (TCF), aunque su participación en el mercado es marginal.

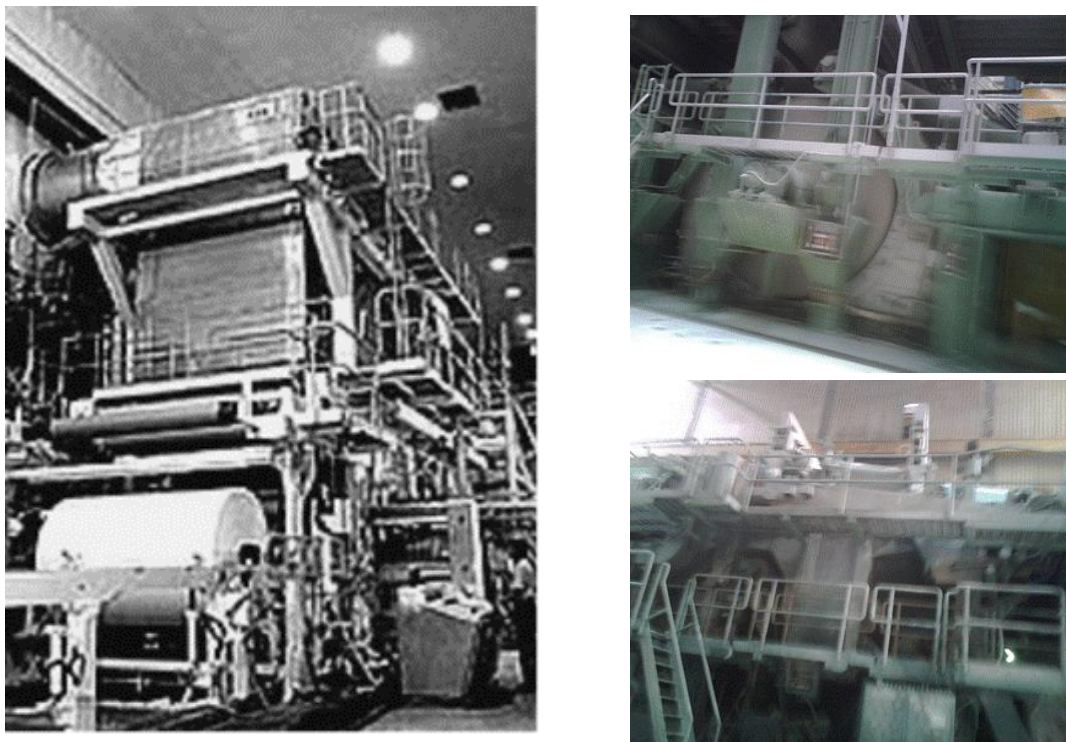
La celulosa ECF domina actualmente el mercado mundial de celulosa química blanqueada con una participación en el mismo superior a los dos tercios (75%), seguida por el cloro elemental tradicional con aproximadamente el 20%, mientras que la producción TCF mantiene un pequeño nicho de mercado apenas superior al 5%. Los procesos productivos más destacados de la industria de celulosa y papel son: producción de celulosa al sulfato, celulosa química de plantas anuales y manufactura de papel incorporando fibras secundarias. Las etapas de lavado de pulpa y descortezado son las más demandantes de agua, a donde se destina aproximadamente el 80% del agua de abastecimiento.

Las principales fuentes de contaminación del agua son las operaciones de manejo y descortezado de los troncos, el lavado de virutas, los condensados del digestor y del evaporador, las aguas blancas del cribado de limpieza y del espesado de pulpa; los filtrados de las lavadoras de la planta de blanqueo, el agua blanca de la máquina de papel; así como los derrames de licor y las pérdidas de fibra en todas las áreas.

Si bien los efluentes líquidos son menos tóxicos que hace diez años, aún son peligrosos, por el proceso de BIOACUMULACIÓN. Por otro lado, además de los efectos de los organoclorados, a fines de 1994 tomó cuerpo la convicción de qué sustancias de la madera se convierten en compuestos problemáticos durante el proceso de extracción de la celulosa, pues se manifestaron efectos tóxicos en peces afectados por vertidos de producción de celulosa blanqueada y no blanqueada. Los residuos químicos, los compuestos producidos por reacciones entre las sustancias químicas, las sustancias provenientes de la madera (lignina) y la disolución de esta misma, producen contaminantes que reducen los niveles de oxígeno de los cursos de agua a los que se viertan.

Las máquinas gigantes de fabricación de celulosa que caracterizan actualmente a la industria tienen que funcionar 24 horas al día para poder amortiguar en fecha las enormes deudas que origina su construcción, Ver. **ILUSTRACIÓN 2.5.5** MAGNITUD DE UNA MAQUINA PRODUCTORA DE PAPEL

ILUSTRACIÓN. 2.5.5 MAGNITUD DE UNA MAQUINA PRODUCTORA DE PAPEL



FUENTE: Acervo personal.

Esto refuerza la necesidad de las fábricas de tener acceso conveniente y seguro a enormes fuentes de suministro de agua, madera y a extensas superficies contiguas de tierra dedicadas en exclusividad a la industria.

Los contaminantes del agua que se producen durante el proceso Kraft incluyen sólidos en suspensión, numerosos COMPUESTOS CLORADOS como DIOXINAS Y FURANOS, HALUROS ORGÁNICOS absorbibles, compuestos de azufre reducido, metanol y otros compuestos orgánicos volátiles. Los desechos sólidos incluyen las cenizas finas de la caldera, las cenizas de la parrilla inferior, los sedimentos de las aguas residuales, arenilla de cal y arenillas del apagador de cal. Es común que al sedimento resultante del tratamiento de las aguas residuales se le extraiga el agua y se le queme para recuperar energía.

Los desechos generados en la etapa de fabricación de papel (aguas blancas), contienen fibras finas, colas de retazo, colorante y otros materiales de carga. Estas aguas son tratadas por recuperación de aguas blancas, sedimentación, filtros rociadores, flotación, y cloración. La contaminación y escasez del agua se consideran como las más grave consecuencias de dicha actividad en la periferia de la zona donde se asientan.

Puesto que la madera es la principal materia prima para la producción de papel, la pulpa o pasta, este tipo de plantas se localizan cerca de los bosques y/o plantaciones de monocultivos de árboles, así como, donde se les facilite el transporte de troncos, para el abatimiento de los costos de transporte.

La madera está constituida por lignina y fibras de celulosa y el primer paso para la obtención de pulpa consiste en triturar la madera sólida. Según los procesos utilizados se distinguen dos tipos de pulpa: la pulpa mecánica, los procesos mecánicos trituran la madera y liberan las fibras, se convierte hasta el 95% de la madera en pulpa pero conserva la lignina, lo que posteriormente le da un tinte marrón o amarillento al papel, este tipo de pulpa se emplea principalmente para papel de periódico y otros productos en los que la calidad de la impresión no es tan importante; la pulpa química, la madera es transformada primero en pequeñas astillas y luego sometida a un cocimiento con productos químicos, seguido por un proceso de refinado, la extracción química separa la lignina de la celulosa para que ésta quede como producto final donde se calienta al vapor y se trata las astillas con productos químicos antes de molerlas.

En este proceso, también depende el tipo de madera utilizada, se obtienen distintos tipos de pulpa: de fibra larga (coníferas) y de fibra corta (el resto, con algunas excepciones). La pulpa producida, tanto por procesos mecánicos como químicos, generalmente requiere ser blanqueada, para lo cual existen diversos métodos de blanqueo.

Los papeles que vayan a emplearse para escribir o imprimir exigen un tratamiento adicional después del secado, porque de lo contrario absorberían la tinta, y el texto y las imágenes quedarían borrosas. El tratamiento consiste en conferirle APRESTO al papel sumergiéndolo en una solución de cola animal, secar el papel aprestado, y prensar las hojas entre láminas de metal o cartón liso.

La intensidad del prensado determina la textura de la superficie del papel. Los de textura rugosa se prensan ligeramente durante un período relativamente corto, mientras que las de superficie lisa se prensan con más fuerza y durante más tiempo. Ejemplo, **ILUSTRACIÓN. 2.5.6 PAPEL DE ESCRITURA**

ILUSTRACIÓN. 2.5.6 PAPEL DE ESCRITURA



FUENTE: BASE DE DATOS:

http://www.google.com.mx/search?q=productos%20elaborados%20de%20la%20celulosa&psj=1&biw=1821&bih=897&bav=on.2.or.r_qf.&um=1&ie=UTF8&hl=es-419&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=Mr-aUYHZBof68QJS3oDIBw, consultada el 1 de abril del 2013

El papel Tissue se fabrica a partir de fibras mezcladas o puras de celulosa virgen de pino radiata (fibra larga) y/o de eucalipto (fibra corta), y/o fibras de papel reciclado, las que son disgregadas en agua transformándose en una pasta, y que posteriormente se entrelazan mediante un proceso de formación en húmedo de una hoja continua, la cual luego se seca y es enrollada para ser almacenada, desde donde finalmente será convertida en producto terminado, listo para ser despachado y vendido: **ILUSTRACIÓN. 2.5.7 PAPEL TISSUE.**

ILUSTRACIÓN. 2.5.7 PAPEL TISSUE



FUENTE: BASE DE DATOS:

http://www.google.com.mx/search?q=productos%20elaborados%20de%20la%20celulosa&psj=1&biw=1821&bih=897&bav=on.2.or.r_qf.&um=1&ie=UTF-8&hl=es-419&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=Mr-aUYHZBof68QJS3oDIBw, consultada el 1 de abril del 2013

Las fibras recicladas se obtienen de papeles y cartones en resuso, los que se recolectan desde las calles y diversos lugares donde el papel viejo es eliminado. Una vez

recolectados, los papeles y cartones se clasifican de acuerdo a su origen fibroso, a la cantidad y colores de tinta que llevan impresos y, posteriormente, son sometidos a procesos de extracción de impurezas, donde se les eliminan, en parte, materiales tales como recubrimientos plásticos, corchetes y metales, adhesivos, lacas y tintas, todos los cuales deben ser removidos.

Como ya se dijo, el papel Tissue es fabricado en base a fibra virgen o a fibra de papel reciclado o mezcla de ambos, y se utiliza en la producción de artículos para la higiene personal (papel higiénico, pañales, pañuelos), en el ámbito doméstico (rollos de papel de cocina, servilletas, toallas de papel para limpieza) y como material sanitario y de limpieza industrial, **ILUSTRACIÓN. 2.5.8 ROLLOS ENORMES DE PAPEL TISSUE**

ILUSTRACIÓN. 2.5.8 ROLLOS ENORMES DE PAPEL TISSUE



FUENTE: Acervo personal.

El papel Tissue es también uno de los insumos principales para la fabricación de toallas higiénicas femeninas, protectores diarios y pañales en general; éste, es un tipo de papel cuyas características de suavidad, elasticidad y absorción, responden a las necesidades provenientes del uso doméstico y sanitario. Se caracteriza por ser de bajo peso y en toda su superficie base presenta un micro-arruga llamado crepado, la que permite, entre otras cosas, disponer de un papel más suave. El crepado aumenta la superficie específica del papel y abre las fibras, posibilitando mayor capacidad de absorción y mayor flexibilidad que las de una hoja de papel corriente.

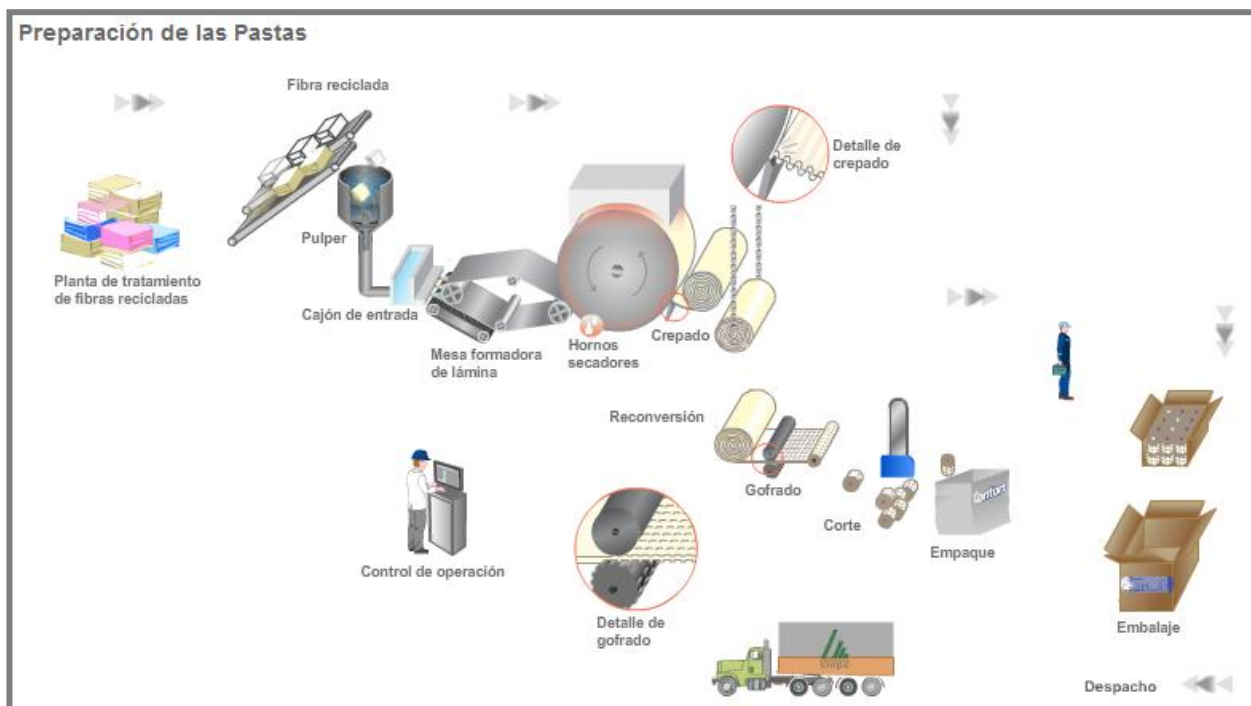
El papel Tissue cuenta con un gramaje (peso) entre 12 g/m^2 y 30 g/m^2 , utilizado preferentemente en el ámbito sanitario. Por lo que se demanda un papel delgado, crepado y muy absorbente. Se destina a la fabricación de papel higiénico, toallas, servilletas, pañuelos, rollos de cocina, faciales, sabanillas para clínicas y hospitales, y papeles para dispensadores.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAPEL TISSUE: Las fibras de celulosa deben ser seleccionadas, preparadas y mezcladas de acuerdo a las características y usos de cada producto final, así por ejemplo, un papel para toallas de cocina debe tener una mayor proporción de fibras largas (pino radiata), las que serán sometidas a un tratamiento que les otorgue propiedades de resistencia y absorción; en cambio, un papel para fabricar pañuelos desechables tendrá una mayor proporción de fibras cortas (eucalipto) y será sometido a un tratamiento que le agregue mayor suavidad. Las fibras son dosificadas y mezcladas con agua en una especie de juguera de grandes proporciones, llamada PULPER, donde son disgregadas formándose una pulpa que luego es procesada. En el caso de las fibras vírgenes, que no contienen impurezas, las fibras pasan por filtros que eliminan contaminantes menores; luego son enviadas a los estanques de alimentación de la máquina papelera. Las fibras recicladas, luego de su disgregación en el PULPER, son procesadas en distintos equipos y etapas para eliminar sus impurezas:

- Depuración centrífuga para eliminar elementos pesados, tales como clips, corchetes y arena.
- Depuración en coladores presurizados para eliminar fragmentos y grumos de plásticos, adhesivos, etc.
- Lavado y flotación para eliminar tintas y cargas minerales.
- Una vez que las fibras han sido depuradas, la pulpa o pasta está en condiciones de transitar al proceso de fabricación del papel, el que se realiza en la máquina papelera. **ILUSTRACIÓN. 2.5.9** PROCESO PRODUCTIVO DEL PAPEL TISSUE.

Los paquetes de pañuelos son fabricados con tres o cuatro hojas gofradas y contienen de 7 a 10 pañuelos por paquete asociados a los productos compactos y tradicionales. Se les incorpora aloe vera y VITAMINA E, y aromas como mentol, tutti frutti, manzana, sandía, lavanda, coco y vainilla. Los productos higiénicos se fabrican en dos o tres hojas gofradas y de alta suavidad, a los cuales se les incorpora perfume, color y diseños. Las toallas de papel comprenden cierta variedad de productos que satisfacen diversas necesidades para un amplio uso de toallas de cocina. Están fabricadas con dos o tres hojas. Las servilletas de papel se agrupan en distintos artículos fabricados en una, dos o tres hojas gofradas, suavizadas y absorbentes. Tienen diseños impresos de alta calidad y variedad de colores, y están contenidas en diferentes envases, de tamaño cóctel y mesa.

ILUSTRACIÓN. 2.5.9 PROCESO PRODUCTIVO DEL PAPEL TISSUE.



FUENTE: Acervo personal.

Ahora bien, las regiones administrativas donde predomina dicha actividad industrial son: Lerma-Santiago-Pacífico; Golfo Centro y Río Bravo; y en zonas de alta disponibilidad del recurso hídrico. Los estados de mayor actividad, en orden de importancia son: México, Nuevo León, Veracruz, Querétaro y Chihuahua, pero, se incorporan en el desarrollo de la industria papelera los estados de Durango, Jalisco, Michoacán y Oaxaca.

Regresando a las cuestiones correspondientes a la relación existente de esta actividad y el medio ambiente, se puede decir que durante los primeros años de los 2000, la INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL GENERÓ EN MÉXICO ALREDEDOR DE 160 M³/S DE AGUAS RESIDUALES. SIN EMBARGO, ÚNICAMENTE SE TRATA CERCA DEL 13% (Buitrón, 2004, : 1), cifras que actualmente no se han revertido. El enfoque del tratamiento de aguas residuales industriales, está dirigido principalmente a eliminar la materia orgánica, restándole importancia al abatimiento de la toxicidad. Este aspecto es relevante en ciertos efluentes, como los generados por la industria de celulosa y papel, pues representa cerca del 40% de las aguas residuales industriales. Independientemente de la evidente necesidad del tratamiento de las aguas residuales con fines ecológicos, para México es de vital importancia tratar las aguas residuales industriales con fines de reúso.

Las empresas papeleras optan por tener una planta tratadora de aguas residuales interna, para economizar en el pago de agua de primer uso: **ILUSTRACIÓN.2.5.10 PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES EN LA PAPELERA SCA**

ILUSTRACIÓN.2.5.10 PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES EN LA PAPELERA SCA



FUENTE: Acervo personal.

2.6. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

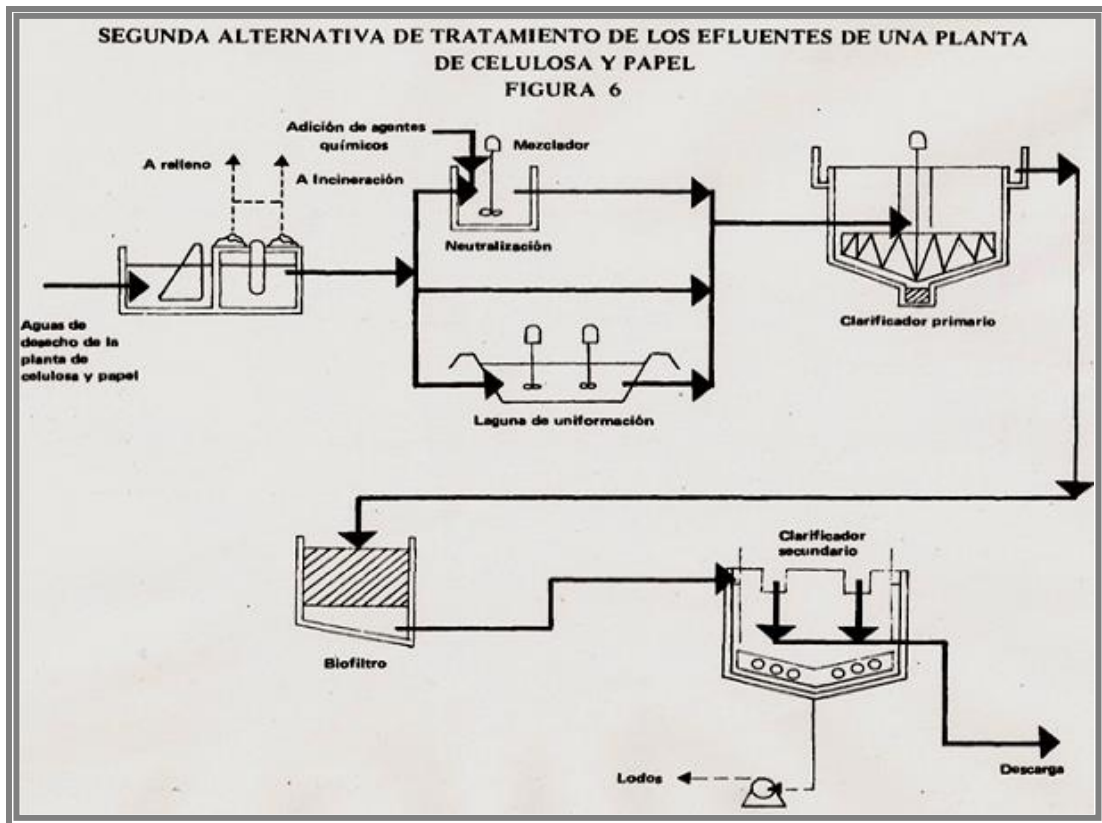
Las aguas residuales son aquellas que proceden de cualquier actividad familiar o empresarial, en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. CUATRO SON LAS FUENTES FUNDAMENTALES DE AGUAS RESIDUALES: LAS DOMÉSTICAS O URBANAS; LAS INDUSTRIALES; LAS DE USO AGRÍCOLA Y LAS PLUVIALES (Ramalho, 1996: 10).

Siendo las descargas industriales mucho más contaminadas que las de las otras fuentes, con una contaminación mucho más difícil de eliminar. En lo que respecta al uso industrial, estas aguas son de diversos tipos según el caudal y la composición, difiriendo las características de los vertidos no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. A veces, las industrias no realizan vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

El nivel de carga unida al tipo de agua residual que presenta, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso. EL GRADO DE TRATAMIENTO REQUERIDO PARA UN AGUA RESIDUAL DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE LOS LÍMITES DE VERTIDO PARA EL AFLUENTE (Ibídem, p. 8), por eso se debe seleccionar adecuadamente los procesos y diseño de los equipos requeridos en el tratamiento del agua residual.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso, ver **ILUSTRACIÓN. 2.6.1** DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE CELULOSA Y PAPEL

ILUSTRACIÓN. 2.6.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE CELULOSA Y PAPEL



FUENTE: Instituto Nacional de Ecología.

Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables. Las aguas residuales generadas por la industria, pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías conectadas a una planta de tratamiento municipal. A menudo, en las aguas residuales se presentan ciertos contaminantes de origen industrial que requieren de un proceso de tratamiento especializado. El tratamiento comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) empleando un sistema de rejillas (mallas), también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena); seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos en el agua se utilizan reacciones que facilitan la precipitación de los mismos hacia el fondo, y se utilizan principalmente para eliminar plomo y fósforo.

A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.).

EN MÉXICO, 90% DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVIENEN DEL USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL (JIRA: 1). Si bien, esto representa un aspecto importante en materia de contaminación, cuando no son tratadas adecuadamente, también las aguas residuales de uso agrícola y las pluviales aportan importantes cantidades de fertilizantes (fosfatos) y pesticidas a diferentes cuerpos de agua, incrementando su proceso de ENVEJECIMIENTO denominado eutrofización (contaminación por exceso de nutrientes), que genera un crecimiento descontrolado de organismos que cuando mueren y se descomponen en el agua disminuyen drásticamente su calidad. En el año 2002, del total empresas mexicanas, el 95% daban tratamiento secundario a sus aguas residuales, mientras que el 5% restante sólo daba el tratamiento primario (Moeller, 2002: 1).

En el XXVIII CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL celebrado en la ciudad de Cancún, en octubre de 2002, la Dra. Moeller presento algunos resultados de su investigación sobre el tratamiento de aguas residuales en nuestro país (Ibídem: 1-6), que se enunciaran a continuación:

Con los datos proporcionados por las empresas visitadas y con los analizados en el proyecto, se obtuvieron las características de los efluentes de sus procesos productivos. A partir de estos datos se propusieron 74 planes de tratamiento para un caudal de 50 a 100 l/s, para 6 tipos de reúso como agua para procesos, riego agrícola, descarga al alcantarillado, para riego en áreas verdes de la industria productora de celulosa y papel.

Por el tipo de efluente que genera la industria de la celulosa y papel es importante que se incluya el tratamiento secundario con el objeto de eliminar la alta toxicidad de esta agua. Para el reúso del efluente tratado en el proceso se requiere de tratamiento terciario, el más recomendado es el fisicoquímico con cal para la remoción de color. Las Normas que actualmente rigen a la industria de la celulosa y papel son la NOM-001-ECOL-1996, establece límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales, las cuales se descargan en aguas y bienes nacionales; y la NOM-002-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal. El reúso de agua tratada en la industria de celulosa y papel está en función del costo y calidad del papel.

Entre más alta sea la calidad del papel, se requiere de una mejor calidad del agua. Sin el reúso del agua, la cantidad de agua residual que se tendría que descargar sería mucho más grande. La mayor cantidad de agua de reúso beneficiará en la disminución de agua de primer uso y la reducción de la descarga.

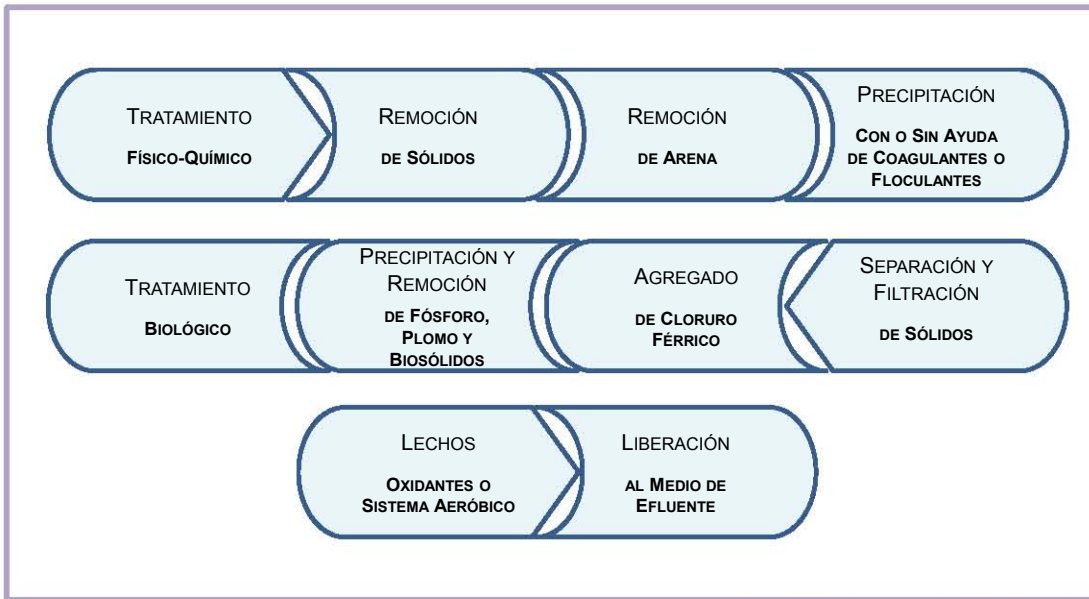
Existen límites en la cantidad de agua que puede ser recuperada para su reúso. En ciertas operaciones para prevenir la formación de sólidos disueltos no deseables, disminución de la temperatura y evitar el crecimiento de hongos y bacterias, debe adicionarse agua potable.

Cada industria de papel toma su propia decisión sobre cómo mejorar el reúso del agua en varias operaciones. Sin embargo siguiendo al agua en los procesos, los más frecuentemente usados son: el agua del transporte de los troncos, el licor del condensado del evaporador, el agua filtrada de la planta de blanqueo, el agua blanca de la máquina de papel. Los efluentes tratados de la industria de la celulosa y papel se han aplicado en irrigación, utilizando grandes extensiones de terreno (de 50 a 200 ha para la disposición de 10000 m³/día de agua residual).

Los requerimientos de calidad para aguas de irrigación pueden variar dependiendo sobre todo de las características del sitio, tasa de carga, cultivos, etc. Cuando se evalúa un sitio para propósitos de irrigación se deben considerar: el costo de bombeo, las características del suelo, la profundidad de las aguas subterráneas, topografía, el clima y los sistemas de irrigación.

El sitio donde el proceso es conducido se llama PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. El diagrama de flujo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es generalmente el mismo en todos los países, ver **Cuadro 2.6.2 FASES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Cuadro 2.6.2 FASES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



FUENTE: Elaboración propia

Este proceso de tratamiento de las aguas residuales industriales en las plantas, como la de Morelia, ayuda a sanear una parte del caudal del río donde se vierten estas aguas, con la función de evitar que se formen natas de los contaminantes en la superficie, disminuyendo las infecciones y enfermedades por este tipo de contaminantes: **ILUSTRACIÓN 2.6.3 PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES, MORELIA**

ILUSTRACIÓN 2.6.3 PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES, MORELIA



FUENTE: Elaboración propia

2.7 REÚSO DEL AGUA Y GESTIÓN DE LAS AGUAS INDUSTRIALES

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), es el organismo federal encargado de la administración del recurso agua, ha impulsado un profundo cambio institucional, a fin de establecer un sistema de gestión integral del agua por cuenca hidrológica, el cual busca consolidar los procesos de descentralización del sector: la transferencia de distritos de riego y la municipalización del agua potable, entre otros.

Asimismo, plantea el ordenamiento de los aprovechamientos y descargas con el Registro Público de Derechos de Agua, en donde están siendo asentadas todas las concesiones de agua. Esto necesariamente llevará a la elaboración de criterios de intercambio de concesiones entre usuarios y distintos usos. También se incorporó en nuestra legislación ambiental el principio de que PAGA MÁS QUIEN CONTAMINA O UTILIZA MÁS AGUA.

La gestión por cuenca hidrológica requiere de un proceso de descentralización equilibrado y equitativo entre los tres niveles de gobierno. Implica además la coordinación entre distintos estados y municipios del país, aún más cuando no corresponden las cuencas con las fronteras políticas, pues se deben imponer nuevas reglas en su manejo.

La situación se complica un poco más cuando se deben agrupar los interlocutores de dicha política en los llamados Consejos de Cuenca, como espacios para la representación de intereses comunales y para consensuar la política del agua, en los que deberán estar representados todos los usuarios reales de tan apreciado líquido.

En cuanto a la organización de los gobiernos por cuenca hidrográfica para atender los problemas asociados a la distribución y administración del agua, se debe atender la experiencia de otros países, ya que actualmente existe, en todo el mundo, foros y redes internacionales de organismos de cuenca que intercambian experiencias y antecedentes sobre: técnicas de administración de dicho recurso, formulación y ejecución de planes hidráulicos, y formas de valorar y cuantificar los costos asociados a su aprovechamiento.

El gobierno federal, a través de CONAGUA, para ser más eficaz su intervención en las políticas relacionadas con el recurso agua, ha emprendido la implantación de una estrategia amplia y general que tiende a reformar profundamente al sector hidráulico y al cambio de sus formas convencionales de actuación. De hecho, desde que en 1982 se estableció la LEY FEDERAL DE DERECHOS EN MATERIA DE AGUA; ésta, ES AJUSTADA ANUALMENTE PARA RESPONDER A LOS NUEVOS REQUERIMIENTOS DEL SECTOR (Guerrero y otros, 2008: 39).

La estrategia contempla a largo plazo, entre otras cosas, la desconcentración y descentralización de las tareas, funciones y facultades a cargo de CONAGUA y los asuntos de competencia federal se atenderán en el ámbito de sus respectivos territorios, mismos que se corresponden con macro cuencas o con grupos de cuencas más pequeñas. En un futuro no muy lejano, las políticas sobre el manejo del agua descansaran en las instancias gubernamentales, estatales y municipales y directamente en manos de los usuarios del agua, de entre estos últimos resaltan las unidades industriales.

CAPITULO 3. MEDICIÓN DEL COSTO ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN EL ESTADO DE MICHOACAN

3.1. EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA

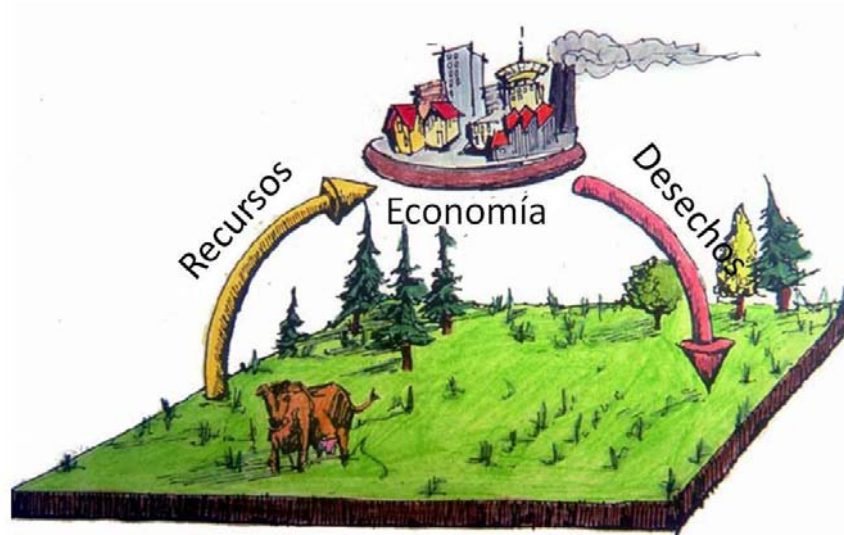
LA HUELLA ECOLÓGICA, es un concepto creado en 1990 por los investigadores Mathis Wackernagel y William Rees, de la Universidad de British Columbia. La noción de huella ecológica se ha convertido en un indicador clave de sustentabilidad, cuyo objetivo fundamental consiste en evaluar el impacto, sobre el planeta, de una determinada forma de vida y la biocapacidad del planeta para sostenerla. Hoy en día, este concepto es ampliamente usado por científicos, gobiernos, instituciones y empresas, para trazar sus políticas ambientales.

LA HUELLA ECOLÓGICA ES UNA HERRAMIENTA MÉTRICA QUE MIDE EL IMPACTO Y LA SUSTENTABILIDAD DE NUESTRA FORMA DE VIVIR, PRODUCIR Y CONSUMIR SOBRE EL PLANETA EN CIERTAS HECTÁREAS; es decir, territorio ecológicamente productivo, para la producción de bienes y servicios, y para asimilar los residuos producidos por una población, cada vez con un modo de vida más específico de forma indefinida. En suma el resultado de comparar los recursos naturales consumidos más los residuos generados cada año, con la capacidad de la Tierra de absorber estos residuos y generar nuevos recursos. También fue concebida como indicador cuantitativo y preciso, pero sus principales frutos los ha dado como marco conceptual que permite comparar sociedades con distribuciones completamente dispares de los recursos, y evaluar su impacto sobre el medio ambiente planetario.

En suma, la huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana de una ciudad, país o región sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de producción y consumo de la comunidad. Por eso se expresa como la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad humana, y para absorber los residuos que genera, independientemente de la localización geográfica. El valor didáctico de este concepto reside en que hace evidentes dos realidades ligadas entre sí: primero, que el modo de vida característico de los países más ricos del planeta no puede extenderse al conjunto de sus habitantes; segundo, que una economía planetaria sustentable exige, de esa misma minoría acomodada, una reducción de su consumo y, con ello, de su nivel de vida. Por ejemplo: en una vida básicamente agraria bien organizada y sin monocultivos extensivos,

se estima que entre una y dos hectáreas son aproximadamente el terreno necesario para atender las necesidades de una familia de forma autosuficiente (SEMARNAT, 2007). Ver. **ILUSTRACIÓN 3.1.1** HUELLA ECOLÓGICA

ILUSTRACIÓN 3.1.1 HUELLA ECOLÓGICA



La Huella Ecológica es una herramienta de medición de la demanda humana versus la capacidad regenerativa de la biosfera

(Adaptado de Wackernagel y Riss, 1996)

Fuente: http://www.google.com.mx/search?hl=es419&noj=1&biw=1821&bih=897&q=huella%20ecologica%20de%20mexico&um=1&ie=UTF8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=qJaeUfuRLom88wTzpYHQCw#facrc=_&imgrc=omMtCE4qNIP2EM%3A%3BpNAQdUIO7kOZ5M%3Bhttp%253A%252F%252Fecocosas.com%252Fwp-content%252Fuploads%252F2012%252F06%252F10-8-23-Huella-ecologica-global.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.etceter.com%252Fc-conocimiento%252Fp-la-huella-ecologica%252F%3B550%3B414, 3-05-2013

La filosofía del cálculo de la huella ecológica tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier producto, independientemente del tipo de tecnología utilizada, necesitamos un flujo de materiales y energía, producidos en última instancia por sistemas ecológicos.
- Necesitamos sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.
- Ocupamos espacio con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc., reduciendo, así las superficie de ecosistemas productivos.

Es complejo el cálculo de la huella ecológica, y en algunos casos imposibles, lo que constituye su principal limitación como indicador. De cualquier forma, existen varios métodos de estimación a partir del análisis de los recursos que una persona consume y de los residuos que produce. Básicamente, sus resultados están basados en la observación de los siguientes aspectos:

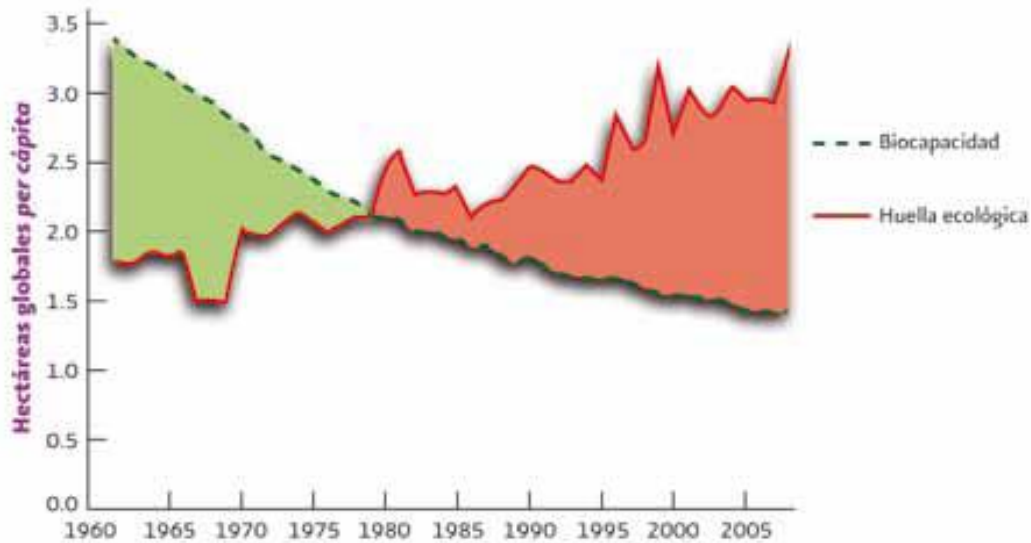
- La cantidad de hectáreas utilizadas para urbanizar, generar infraestructuras y centros de trabajo.
- Las hectáreas necesarias para cultivar los vegetales de consumo humano y los pastos que alimenten al ganado.
- La superficie marina necesaria para producir el pescado.
- Las hectáreas suficientes de bosque para absorber el CO² que provoca nuestro consumo energético. En este sentido, no sólo incidiría el grado de eficiencia energética alcanzado, sino también las fuentes empleadas para su obtención: A MAYOR USO DE ENERGÍAS RENOVABLES, MENOR HUELLA ECOLÓGICA.

En el 2010 se calculó que LA POBLACIÓN MUNDIAL NECESITA AL RITMO ACTUAL DE CONSUMO EL EQUIVALENTE A 1,5 PLANETAS. ES UNA FORMA LLAMATIVA DE EXPRESAR QUE LOS HUMANOS UTILIZAMOS EN UN AÑO RECURSOS DE LA TIERRA MÁS RÁPIDO DE LO QUE TARDAN EN RENOVARSE (El País, 2011).

Aunado a ese tipo de renovación, está el mal uso a los recursos naturales que se da en todo el mundo, lo que provoca que la huella ecológica de los países vaya en aumento a costa de su biocapacidad. Y nuestro país no es ajeno a esta dinámica.

En 1961, su biocapacidad era de 4.1 hectáreas globales, con una huella ecológica de 1.4 hectáreas globales por persona, ver **Gráfica 3.1.2** HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD EN MÉXICO, 1961-2005. Para 2005, la biocapacidad disminuyó hasta 1.7 hectáreas globales por persona y la huella ecológica se incrementó a 3.4. Esto significa, que cada habitante del país tuvo un déficit ecológico de 1.7 hectáreas globales; es decir, que en promedio cada mexicano utiliza una mayor cantidad de superficie para satisfacer su demanda de alimentos y productos y para absorber sus desechos de la que tiene disponible de manera sustentable en el país. La huella ecológica mexicana ha crecido principalmente por efecto de las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles.

Gráfica 3.1.2 HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD EN MÉXICO, 1961-2005

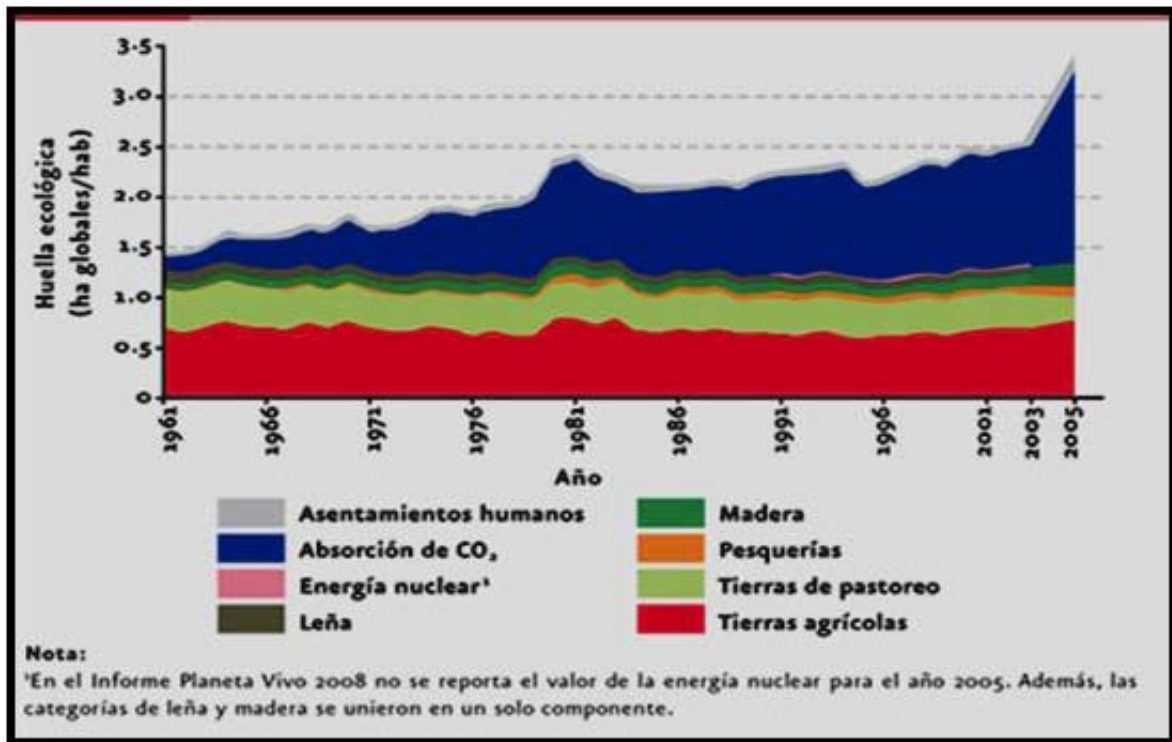


FUENTE: Global Footprint Network. National Footprints. Mexico's Footprint 1961-2003. 2006.

De los componentes de la huella ecológica, la superficie necesaria para absorber el CO₂ de combustibles fósiles es la que ha tenido el mayor incremento. En 1961 era de 0.07 hectáreas globales por persona, mientras que en 2005 se había incrementado a 1.92 hectáreas globales por persona, ver **Gráfica 3.1.3** HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD EN MÉXICO, 1961-2005

A la fecha no se ha calculado la huella ecológica de las grandes ciudades mexicanas, pero es de esperar que también sea grande. Una de las ciudades que cuenta con una evaluación de este tipo es Xalapa, en el estado de Veracruz. En esta ciudad, la huella ecológica se calculó en 2.9 hectáreas globales por persona.

Gráfica 3.1.3 HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD EN MÉXICO, 1961-2005



FUENTE: Global Footprint Network. National Footprints. Mexico's Footprint 1961-2003. 2006.

Otro ejemplo es Jalisco, donde la huella ecológica promedio de las zonas urbanas de tres municipios (Cabo Corrientes, Tomatlán y Puerto Vallarta) se calculó en 2.75, con un déficit ecológico de 0.80 hectáreas globales por persona y la de las zonas rurales en 2.38, con un déficit de 0.38. Para los turistas nacionales que asisten a Puerto Vallarta, la huella ecológica fue de 4.36, con un déficit ecológico de 3.56 y para los extranjeros, de 11.29, con un déficit de 9.49 hectáreas globales por persona.

En lo que respecta a Michoacán, de las 8 zonas estudiadas (Morelia-Tarímbaro, Zamora-Jacona, Sahuayo, Lázaro Cárdenas, La Piedad, Uruapan, Zitácuaro y Apatzingán), siete presentaron una huella entre **0.697 y 0828 hag/hab**. (hectáreas globales de suelo por habitante). En promedio, las zonas metropolitanas de Michoacán poseen una huella de 1.76 hag/hab, lo que representa el **68% del valor nacional, que es de 2.6 hag/hab**.

3.2. EL COSTO ECONOMICO DE LAS EXTERNALIDADES DE LAS INDUSTRIAS DE CELULOSA Y PAPEL Y COBROS SOBRE LAS DESCARGAS.

EN UNA ECONOMÍA DE MERCADO COMO LA NUESTRA, LOS PRODUCTORES O EMPRESARIOS DECIDEN QUÉ TIPO Y QUÉ CANTIDADES DE BIEN Y SERVICIO DEBEN PRODUCIR, BASÁNDOSE EN EL PRECIO DEL PRODUCTO Y EN EL COSTO DE LOS FACTORES O RECURSOS UTILIZADOS PARA PRODUCIRLOS, COSTOS PRIVADOS DE LA EMPRESA QUE FIGURAN EN SU CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS. PERO EN MUCHAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EXISTE OTRO TIPO DE COSTOS, QUE NO APARECEN EN LAS CUENTAS DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS, ESTOS SON LOS COSTOS EXTERNOS, TAMBIÉN CONOCIDOS COMO EXTERNALIDADES NEGATIVAS O EFECTOS NEGATIVOS EXTERNOS O COSTOS A TERCEROS (Field Martha y Field Barry: 77-79).

Son externos desde el punto de vista de la empresa en particular, pero internos desde el punto de vista del conjunto de la sociedad. Se consideran costos externos porque aunque representan un costo real para algunos miembros de la sociedad, las empresas no suelen tenerlos en cuenta cuando establecen su nivel de producción, ya que estos costos son de la injerencia del gobierno. A la vez, los costos externos son los costos ocasionados a las personas por el deterioro ambiental; en la industria de celulosa y papel, situada en la cuenca alta de un río y, que en el curso de sus operaciones vierte una gran cantidad de aguas residuales, lo cual afecta a quienes viven río abajo.

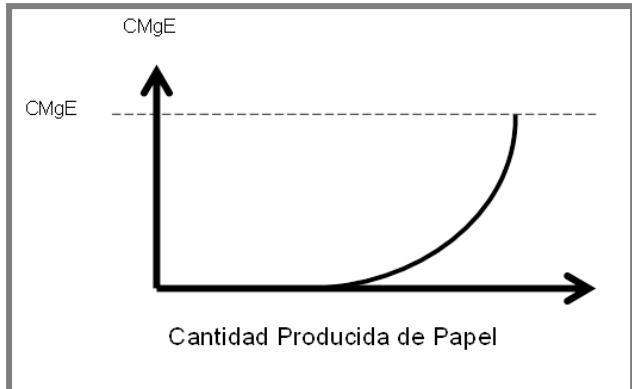
Para que el nivel de producción de un bien o servicio sea eficiente, desde el punto de vista social, toda decisión con respecto al uso de los recursos debe tener en cuenta ambos tipos de costos de la producción esto es: los PRIVADOS, asociados a la producción de papel y los EXTERNOS que puedan surgir como consecuencia del DETERIORO AMBIENTAL. Los costos sociales totales son:



Primero, la **Gráfica 3.2.1** RELACIÓN PRODUCCIÓN DE PAPEL Y COSTOS MARGINALES EXTERNOS, muestra la relación entre el nivel de producción de papel y la aparición de costos externos río abajo. Entre las variables en cuestión existente una relación directa, es decir, los costos marginales externos (CMgE) aumentan conforme crece el nivel de producción de papel. El crecimiento proporcional de los CMgE es mayor a cada uno de los niveles correspondientes de la producción de papel, si consideramos a ésta como constante.

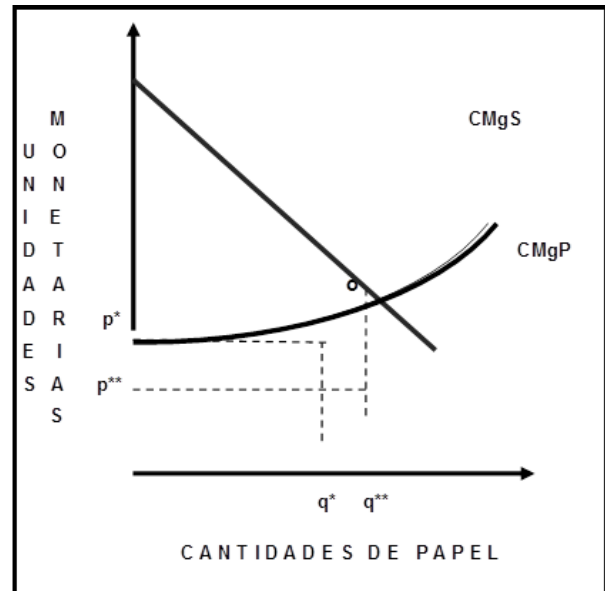
Segundo, en la **Gráfica 3.2.2 OFERTA Y DEMANDA DE PAPEL** se interpretan varias cosas, pues relaciona la demanda de papel y los costos marginales privados (CMgP) y sociales (CMgS), los cuales representan las ofertas respectivamente, derivados de su producción.

Gráfica 3.2.1 RELACIÓN PRODUCCIÓN DE PAPEL Y COSTOS MARGINALES EXTERNOS



FUENTE: Elaboración propia.

Gráfica 3.2.2 OFERTA Y DEMANDA DE PAPEL



FUENTE: Elaboración propia.

La intersección de las curvas de demanda y de CMgP, se da a un precio p^{**} a la cantidad q^{**} , que representa el equilibrio de la empresa en un mercado competitivo en el que los empresarios no prestan atención a los costos sociales. En la realidad, los costos marginales que asume la sociedad son superiores, como muestra la Gráfica 3.3.2, porque no solo incluye los costos privados, sino también los externos; de tal modo que el nivel de producción eficiente desde el punto de vista social, es en q^* a su precio correspondiente de p^* .

Así mismo, la gráfica nos muestra que el nivel de producción del mercado es excesivamente elevado (q^{**}) en comparación con el que sería socialmente eficiente (q^*), mientras que el precio de mercado es muy bajo. Si todas las empresas producen en el nivel q^{**} , el CMgS sería muy elevado como lo muestra el punto σ , en q^{**} , el sistema de mercado produce desmedidamente papel a un precio demasiado bajo, en comparación con los niveles socialmente eficientes, lo cual se debe controlar estrictamente, pues la mayoría de los casos de destrucción del medio ambiente están relacionados con algún tipo de costos externos.

Al considerarse únicamente los CMgP, lo que hace el empresario es usar un factor de producción por el cual no paga (servicios que prestan los canales de desagüe como los ríos y/o drenajes). Ahora bien, al tratar el asunto de la contaminación del agua en el Estado de Michoacán, se identificó que la mayoría de sus municipios tienen este problema, situación que ha afectado de forma considerable a los productores agrícolas y especialmente, a las personas que se dedican a la pesca.

MORELIA, CAPITAL DE MICHOACÁN, SE HA CONVERTIDO EN UNA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA-CHÁPALA-SANTIAGO, DEBIDO A LA CARENCIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. MIENTRAS QUE EN JALISCO OPERAN 16 PLANTAS Y EN EL ESTADO DE MÉXICO 20, EN MICHOACÁN SOLO OPERAN 11 (Aguilera, 2006, p. 2), a pesar de la existencia de una considerable cantidad de industrias altamente contaminantes como la de celulosa y papel. La mayoría de los afluentes contaminantes de la ciudad se utilizan para irrigar los campos agrícolas.

Las aguas residuales desalojadas de la capital de Morelia, son inadecuadas para riego y representan una fuente de contaminación importante del lago y de las tierras baja de la cuenca Lerma-Chápala-Santiago. En el Estado de Michoacán el 48 POR CIENTO DE LAS AGUAS ESTÁN TRATADAS, ALGUNOS PUNTOS PORCENTUALES DE LA MEDIA NACIONAL, PERO QUE LOS PRINCIPALES VASOS CONTAMINADOS SE ENCUENTRAN COMO FOCOS ROJOS EN LOS MUNICIPIOS DE LA PIEDAD, URUAPAN, MORELIA, ANGANGUEO, TUZPAN, TIQUICHEO, TUTANTLA, LAZARO CÁRDENAS Y ZAMORA (Monreal, 2010, 1).

Morelia, actualmente producen alrededor de mil 600 litros por segundo de aguas residuales, que son arrojadas, sin tratamiento alguno, sobre los terrenos de cultivo de los valles de Morelia-Querétaro, teniendo como destino final el lago de Cuitzeo. Las aguas residuales de Morelia llevan revueltos afluentes domésticos e industriales, debido a que comparten líneas de salidas. Una de las principales fuentes contaminantes ES LA EMPRESA CEPAMISA (KIMBERLY CLARK Y SCRIBE) LA CUAL DESDE LOS 90, FUE SEÑALADA COMO UNA DE LAS MÁS ALTAS CONTAMINADORAS DE AGUA DE LA CIUDAD Y DEL ESTADO. LA EMPRESA UTILIZA 450 LITROS DE AGUA POR SEGUNDO PARA SUS PROCESOS PRODUCTIVOS Y DESDE 1991 NO TRATA SUS DESECHOS INDUSTRIALES (Ibídem: 3)

Lo que hace urgente una nueva política medioambiental que considere esta problemática del Estado, donde forzosamente se deben realizar inversiones en infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

Es mínimo el costo monetario que pagan las industrias de celulosa y papel y varía de acuerdo a la zona de disponibilidad donde se ubica el aprovechamiento del cobro por descarga, ver **Cuadro 3.2.3 COSTO POR USO DEL AGUA POR LA INDUSTRIA DE CELUSA Y PAPEL**, 2012, según lo establece la Ley Federal de Derechos.

Para KIMBERLY CLARK/SCRIBE (CEPAMISA) y SCA (INPAMESA) el costo por suministro de agua se diferencia por zonas de disponibilidad, siendo más cara la zona 5 correspondiente a Morelia, donde la industria paga \$7.93 m³; mientras que en Uruapan, zona 7, pagan \$5.39 m³. Esta notable diferencia de \$2.54 m³, se debe al nivel de disponibilidad del líquido por habitante, ya que la ciudad de Morelia es más poblada que la de Uruapan.

Cuadro 3.2.3 COSTO POR USO DEL AGUA POR LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL, 2010.

MUNICIPIO	ZONA DE DISPONIBILIDAD	COSTO \$/m ³	COSTO \$/m ³ /TON AGUA DE PRIMER USO
MORELIA	5	\$7.93	\$55.51
URUAPAN	7	\$5.39	\$37.73

FUENTE: Elaboración propia, con datos de la Ley Federal de Derechos vigente.

De las dos plantas de celulosa y papel en el Estado de Michoacán, KIMBERLY CLARK/SCRIBE (CEPAMISA) es la que más contamina, a diferencia de SCA (INPAMESA) pues es la que más produce y por consiguiente la que más líquido consume y descargas realiza, ver **Cuadro 3.2.4** DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES, 2010

De enero a marzo del 2010, se han reducido las descargas de ambas plantas: en el primer mes, las descargas de SCA fueron del 24.89% de las correspondientes a Kimberly-Clark y SCRIBE; en el tercer mes, este porcentaje cambia a 12.57%. Lo que indica que SCA es menos contaminante que Kimberly-Clark y SCRIBE, pero no menos peligrosa.

Cuadro 3.2.4 DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES, 2010

EMPRESA	ENERO M ³	FEBRERO M ³	MARZO M ³	PROMEDIO TRIMESTRAL M ³
KIMBERLY CLARK Y SCRIBE	15519.6	13658.4	14643.4	486.90
SCA	3862.1	3729.9	1840.3	3144.1

FUENTE: Elaboración propia, con datos proporcionados por la Dirección Local de Michoacán, Conagua.

En ambas empresas, según el Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales, y supervisado en las visitas a las industrias, se destaca que practicaron en 2010 un nivel secundario en el tratamiento de aguas residuales, en tratamiento de reuso con el tipo de proceso de: LODOS ACTIVADOS, LAGUAS DE AIREACIÓN, SISTEMAS DE CLARIFICACIÓN Y REACTORES AEROBIOS; obteniendo un ahorro monetario de en el consumo de agua de primer uso, ya que reutilizan hasta cinco ciclos el volumen de agua en la producción, tomando en cuenta que por cada tonelada de producción se requieren 7m³ de agua, entonces, si se dividen los 7m³ de la entrada de agua, entre los cinco ciclos de reuso, se obtiene que cada ciclo ocupa el 1.4 m³, por lo que la industria papelera obtiene un 36% de ahorro en el pago de agua como lo expresa la **Tabla 3.2.5** AHORRO POR AGUA DE REUSO.

Tabla 3.2.5 AHORRO POR AGUA DE REUSO.

MUNICIPIO	ZONA DE DISPONIBILIDAD	COSTO \$/m ³	COSTO \$/m ³ /TON AGUA DE PRIMER USO	COSTO \$/m ³ /TON AGUA DE REUSO	COSTO \$/m ³ /TON AGUA DE REUSO CUATRO CICLOS
MORELIA	5	\$7.93	\$55.51	\$11.10	\$44.40
URUAPAN	7	\$5.39	\$37.73	\$7.54	\$30.16

FUENTE: Elaboración propia, con datos proporcionados por la Dirección Local de Michoacán, Conagua y las empresas papeleras.

La capacidad instalada para el procesamiento de aguas contaminadas fue de 289 l/seg en Cribos Kimberly-Clark y SCRIBE y de 174 l/seg en SCA; es decir, la primera tiene mayor capacidad de procesamiento; a pesar de ello, es la más contaminante de las dos.

Las industrias de celulosa y papel que operan en el Estado de Michoacán, realizan descargas de aguas residuales a los siguientes cuerpos receptores: Kimberly-Clark y SCRIBE a Río Grande de Morelia y al afluente del Lago de Cuitzeo; SCA al arroyo La Cofradía, afluente del río Santa Catarina. Dichas aguas se caracterizan los siguientes tipos de contaminantes: elevadas coloraciones, altos contenidos de materia orgánica, importantes cantidades de sólidos disueltos y suspendidos, nitrógeno amoniacal y orgánico, sulfitos, demanda química de oxígeno (DQO) y temperatura geográfica.

3.3 COSTO ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA (CECA) POR LA INDUSTRIA DE CELULOSA CASO SCA Y KIMBERLY CLARK Y SCRIBE

Los gobiernos pueden determinar indirectamente los precios por las descargas de residuos, fijando niveles máximos de emisiones para una región y expidiendo PERMISOS PARA CONTAMINAR, que otorgan a empresas el derecho a lanzar sus desechos industriales al medio ambiente. El precio de los permisos se debe aproximar al IMPUESTO OPTIMO SOBRE CONTAMINACIÓN, por ejemplo al nivel de precio donde la demanda de papel se iguala a costo marginal social (CMgS), expresado así en la **Gráfica 3.2.2 OFERTA Y DEMANDA DE PAPEL**.

Si la idea de precios CORRECTOS suscita la pregunta de quién determina lo que es CORRECTO, la idea de fijación de precios suscita otra pregunta más importante ¿Quién determina si las cosas deben tener un costo? El análisis costo-beneficio para el ambiente no importa cuál alto sea el valor que se le asigne al ambiente, es en sí mismo una amenaza para la democracia, en cuanto a la toma de decisiones, y para los ámbitos de comunidad, en cuanto a la conservación de sus recursos naturales. La noción de que una industria puede comprar el derecho a contaminar se cuestiona implacablemente. El agua limpia debe ser protegida, no comercializada, los permisos o derechos a contaminar deben ser otorgados o negados a partir de la discusión libre, y no meramente como base para la negociación de compra-venta en el mercado o bien, determinar los instrumentos fiscales a fin de identificar las variantes del CECA.

La tarifa cobrada por dichas descargas se establece en base a la clasificación del cuerpo receptor al que se efectúan las descargas, como se muestran en el **Cuadro 3.3.1 CUOTA EN PESOS POR KILOGRAMO DE CONTAMINANTES AL TRIMESTRE, 2011**; el volúmen descargado y la carga de contaminantes para DQO y sólidos suspendidos totales (SST), en los términos del Capítulo XIV, Art. 278-C de la Ley Federal de Derechos.

Cuadro 3.3.1 CUOTA EN PESOS POR KILOGRAMO DE CONTAMINANTES AL TRIMESTRE, 2011

TIPO DE CONTAMINANTE	CUERPO RECEPTOR		
	TIPO A	TIPO B	TIPO C
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	0.3137	0.3508	0.3691
SÓLIDOS SUSPENDI-DOS TOTALES (SST)	0.5388	0.6022	0.6340

FUENTE: Elaboración propia.

La mayor parte de las aguas residuales tratadas, se descargan a los cuerpos receptores; otro porcentaje se reusa en procesos internos, como puede ser al enfriamiento de algunos equipos, particularmente en el caso de las industrias química y siderúrgica, y/o al riego de áreas verdes, en el caso de las industrias de celulosa y papel.

En la **Tabla 3.3.2. COSTO DE DESCARGA DE AGUA RESIDUALES POR TONELADA**, se muestra el costo de las descargas para los tipos de cuerpo receptor **B** y **C** correspondiente a los municipios donde se ubican las industrias papeleras.

Tabla 3.3.2 COSTO DE DESCARGA DE AGUA RESIDUALES POR TONELADA

TIPO DE CONTAMINANTE	CUERPO RECEPTOR		
	TIPO B	TIPO C	TOTAL
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) + SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	\$1,334	\$ 1,4043	\$ 2738.34

Fuente: Elaboración propia

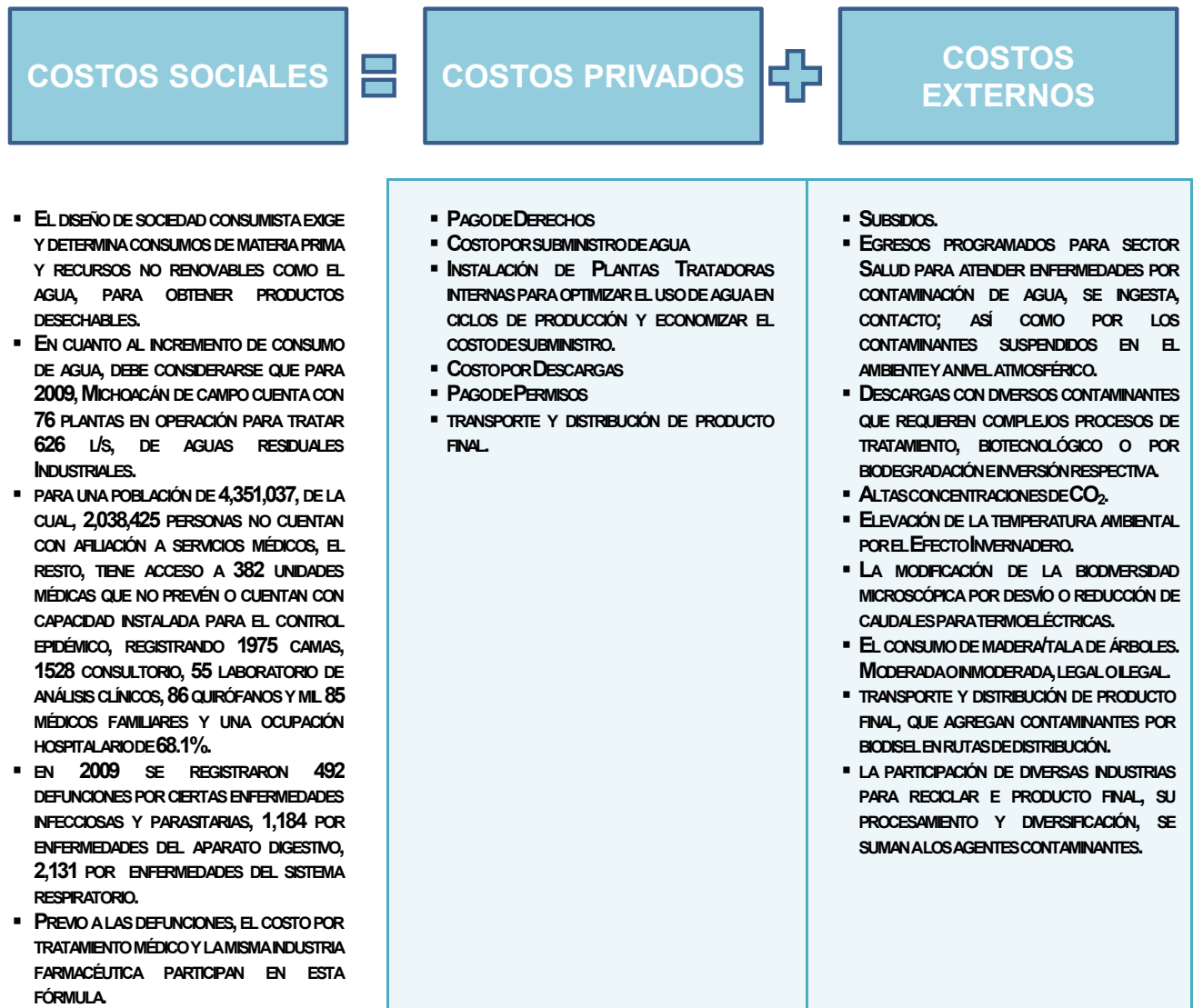
En cuanto al Costo Económico de la Contaminación del Agua (CECA), como lo expresa el **Cuadro 3.3.3 COSTOS Y PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL CECA, SEGÚN LA LFD VIGENTE**, concentra los parámetros y costos a considerar:

Cuadro 3.3.3 COSTOS Y PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL CECA

MUNICIPIO Y ZONA DE DISPONIBILIDAD 1-9	TIPO DE CUERPO RECEPTOR	PAGO POR TÍTULO DE ASIGNACIÓN, CONCESIÓN Y REGISTRO	PAGO PERMISO DE DESCARGA POR PROCESO INDUSTRIAL	PAGO POR EXPLOTACIÓN, USO O APROVECHAMIENTO DE AGUAS NACIONALES (M ³)
MORELIA Z-5	Río Grande de Morelia, afluente del Lago de Cuitzeo	\$3,076.96	\$4,214.14	\$8.8845
URUAPAN Z-7	Arroyo La Cofradía, afluente del río Santa Catarina			\$6.0437

Fuente: Elaboración propia. Con datos de la Ley Federal de Derechos vigente, según sus Artículos 192 y 277-286A

Para determinar el CECA, según la fórmula del DETERIORO AMBIENTAL, se reúnen los costos aproximados de los procesos, Inicial e Intermedio, para separar la Lignina de la madera y el blanqueado de la celulosa, respectivamente, como costos privados; más los costos de plantas tratadoras que contrarresten el impacto ambiental, asignando al Costo Social, aquellos que deriven del producto final y los indicadores de externalidad como la identificación de enfermedades por contaminación del agua.



Fuente: Elaboración propia. Con datos del Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011 (caso Michoacán) INEGI; entrevistas y cuestionarios en el periodo de investigación de campo.

3.4 PROPUESTA DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

Existe la necesidad de definir el control analítico del el agua. Es evidente que el agua al utilizarse en un determinado tipo de uso, sus características serán diferentes, o cuanto menos, no tienen por qué ser idénticas para el agua destinada a otro fin. Por ejemplo hay empresa que requieren que el agua de abastecimiento esté libre de sales para lograr su producto final con buena calidad o simplemente la requieran para enfriamiento de metales.

En cualquier caso, el control analítico exhaustivo, sistemático y periódico del agua, viene impuesto por dos condicionantes de tipo general:

- Comprobación de sus características físicas
- Complementado y apoyado por aspectos relativos a regulaciones, normas y leyes de diferentes ámbitos territoriales de aplicación, que han de ser inexcusablemente cumplidas en cuanto al control de la calidad del líquido.

Se debe instrumentar un control estricto del agua, pues el agua bruta, es decir, la no tratada, agua natural de ríos, embalses y lagos, es susceptible para diferentes usos como su potabilización para consumo humano, cría de peces y/o moluscos, riegos, hasta usos recreativos. Incluso se debe controlar el grado de contaminación y tratamiento del agua industrial, necesario para lograr su adecuación de calidad. Para estas situaciones, también se dispone de las correspondientes NOM.

Además de los líquidos domésticos, las aguas residuales de las industrias, principalmente los de las plantas de celulosa y papel, también deben ser sistemáticamente analizados y controlados, por una parte, debido a la valoración de su posible incidencia negativa sobre el medio ambiente, y en consecuencia estar sujetos a regulaciones y normas nacionales, autonómicas y municipales, que imponen un control de emisiones encaminado a la preservación del medio ambiente, cada vez más degradado.

Uno de los principales aspecto que justifica la necesidad del control sistemático del agua, son los procesos de potabilización y/o la depuración del agua para el consumo humano. Con respecto a la contaminación característica de la Industria, puede decirse que cada actividad industrial aporta una contaminación determinada, por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial y valorar su carga contaminante e incidencias en el medio receptor. Cuando se conoce el origen del vertido, el número de parámetros que definen la carga contaminante del mismo es reducido.

Debe considerarse que, cuando se valora la carga contaminante que vierte la industria y para superar la dificultad que supone generalizar esta valoración, no existen 2

industrias iguales, con vistas al dimensionamiento de las plantas depuradoras. Es decir la planta de celulosa y papel no utiliza los mismos químicos que la industria azucarera o petrolera, cada una arroja diferentes tipos de residuos contaminantes, por medios de estos contaminantes es como se clasifican los ríos de este país es decir por el tipo de vertido que descarga.

La evaluación de los riesgos potenciales ocasionados por los contaminantes específicos en el agua, requiere conocer aspectos tales como: producción total de contaminantes, tipo y estructura de los compuestos químicos, propiedades físicas y químicas fundamentales, biodegradabilidad, orígenes y vías de distribución, funciones para las que se utiliza y lugares de aplicación, condiciones prácticas en las que se realizan a los cauces, los vertidos que contienen esos contaminantes químicos, microbiológicas, radiológicas y toxicológicas en general, Así como la ó una evaluación periódica de su estado de calidad, cumplimiento de las normativas legales impuestas por las autoridades en materias de aguas.

Es de conocimiento generalizado que el crecimiento de la población y sus requerimientos, a nivel personal e industrial, hace que la demanda de agua por parte de todos sea cada vez mayor. Por lo tanto resulta de vital importancia hacer una correcta utilización de las aguas residuales, a fin de liberar importantes volúmenes de agua limpia para el abastecimiento humano.

Existen diversos medios técnicos para controlar y/o eliminar la contaminación del agua. A éstos se ha sumado el de los científicos del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) (Rodríguez: 69), quienes desarrollaron en 2011 una planta piloto para tratar aguas residuales de la industria papelera y que pondrán a funcionar dentro de su centro para limpiar el agua sucia que se genere. Este sistema combina varios métodos y en la etapa de purificación emplearon biotecnología (con hongos) y nanotecnología (ciencias y técnicas aplicadas a escala NANO, es decir, del tamaño de moléculas y átomos), lo que permite remover compuestos tóxicos del agua.

Los microorganismos juegan un papel importante en el proceso de depuración de aguas residuales. De manera general, las aguas residuales provenientes de diferentes industrias y de los hogares, pueden ser tratadas biológicamente; estos procesos biológicos que ocurren en la mayoría de los reactores, bajo unas condiciones determinadas y controladas, tienen lugar de manera natural en ríos, lagos y otros sistemas acuáticos.

Los procesos biotecnológicos utilizan de manera natural los microorganismos para el manejo de este tipo de desechos. En este proceso se considera a los microorganismos como parte de una tecnología cada vez más extendida por su eficiencia económica y ecológica. En el caso concreto de las aguas residuales provenientes de las industrias de

celulosa y papel, las técnicas desarrolladas en biotecnología en esta área no sólo tienen como objetivo reducir la materia orgánica en general, sino que es utilizada para eliminar otros agentes contaminantes industriales presentes en las aguas, así como para convertir el flujo de desechos derivado del proceso de depuración en productos útiles o incluso, con valor añadido, para poder liberarlos al medio ambiente sin causar perjuicio, tal como la utilización de los lodos de las depuradoras como composta.

Dos ejemplos de estas técnicas utilizadas son el bioprocesamiento y la bioadsorción; en el primer caso, el mecanismo se basa en el empleo de cepas de microorganismos muy especializados para tratar agentes concretos, como bien podrían ser compuestos fosforosos, nitrógeno y azufre; el segundo caso, puede llegar a reemplazar métodos físico-químicos como la precipitación, absorción o el intercambio iónico en el proceso de captar iones de metales pesados, donde las algas, por ejemplo, constituyen una importante fuente de biosorbentes de estos últimos compuestos.

El uso de plantas acuáticas, micro algas y procesos de biodegradación para el tratamiento y posterior reutilización de las aguas residuales, son algunas opciones para mejorar la calidad del agua tratada; además, aumentar la eficiencia de las plantas de tratamiento. Estas plantas acuáticas, también llamadas micrófitos acuáticos, son seres muy potentes biológicamente hablando, que gracias a procesos fisiológicos, son capaces de absorber los contaminantes presentes en el agua. Su uso se basa en relaciones de flujos de energía y nutrientes que tienen lugar entre éstas y los microorganismos degradadores.

Las plantas incorporan los compuestos que hay en el agua de modo que disminuyen la contaminación, mejorando su calidad. Los tipos de plantas usadas son: algas microscópicas, plantas flotantes como el Jacinto de agua o las lentejas de agua, y otras plantas emergentes como el junco.

Las micro algas, son microorganismos fotosintéticos que pueden encontrarse de manera natural en sistemas terrestres y en todos los cuerpos acuáticos. Se utilizan como microorganismos purificadores de aguas residuales, debido al aprovechamiento de los nutrientes inorgánicos contenidos en estas aguas para favorecer su crecimiento, requieren dióxido de carbono además de fósforo y nitrógeno (ambos presentes en los efluentes) para su fotosíntesis; estos, pueden ser obtenidos por simbiosis con los microorganismos aerobios que están en los efluentes, y que necesitan de ese oxígeno, para oxidar y eliminar los contaminantes orgánicos, liberando **CO₂**.

La biomasa de algas que resulta, además puede utilizarse en otros ámbitos, como en la generación de metano o biodiesel, actualmente objeto de diferentes investigaciones científicas. La biodegradación, es una tecnología de limpieza que utiliza la actividad de los microorganismos para eliminar los contaminantes en el agua o disminuirlos a niveles

aceptables. En estos procesos, se lleva a cabo la conversión de la materia orgánica, en condiciones ambientalmente segura, por productos como el agua y el dióxido de carbono, que se logra a través del uso de protozoos, bacterias y hongos. Estos microorganismos, de origen natural, existen por factores externos como en las variaciones de temperatura, oxígeno o pH, además de la presencia de productos químicos que pueden resultar poco favorables para su crecimiento, por lo que se trabaja con microbios realmente fuertes y específicos, que en la mayoría de los casos se han adaptado de forma selectiva a través de la bioaumentación, que consiste en utilizar bacterias altamente especializadas para incrementar y mejorar la capacidad de digestión total de la población bacteriana natural, presente en los sistemas de tratamiento de aguas residuales y suelos.

Debe considerarse la importancia que adquiere el control de la biomasa que deriva de estos sistemas mencionados y dar el correcto tratamiento para no generar problemas al ser liberada al medio ambiente; para ello, existen muchas líneas de investigación que se ocupan también de esta cuestión de tratamiento de aguas residuales. Tan fundamental es dar con técnicas cada vez más adecuadas y eficaces que permitan tratar los residuos líquidos que genera la sociedad, como darle salida a los que se derivan de los procesos de tratamiento utilizados.

El mecanismo de financiamiento, se logra con recursos de los programas operativos a cargo de la CONAGUA, de los gobiernos estatales y de los municipios de la cuenca, aunado con la inversión de los particulares. Ver **Tabla 3.4.1 NUEVAS PLANTAS TRATADORAS Y SU COSTO**

Tabla 3.4.1 NUEVAS PLANTAS TRATADORAS Y SU COSTO

PLANTAS TRATADORAS	PROCESOS		COSTO
PLANTA PILOTO Biotecnológica	Bioprocesamiento	Bioabsorción	300 mdp 1m3xseg
PLANTAS ACUÁTICAS Biodegradación	Algas Microscópicas	Biodegradación	200 mdp 1m3xseg

Fuente: Elaboración propia. Con datos recabados en entrevistas y cuestionarios.

EL COSTO TOTAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL, SE DETERMINA CON EL COSTO PROMEDIO POR TONELADA POR DÍA, CON LA SUMA DE LOS DATOS DEL PRECIO DEL CONSUMO, EL COBRO POR DESCARGA Y EL TRATAMIENTO DE AGUA POR DÍA, COMO SE EXPRESA EN LA **TABLA 3.4.2** COSTO TOTAL DIARIO DE LA CONTAMINACIÓN DE LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL

TABLA 3.4.2 COSTO TOTAL DIARIO DE LA CONTAMINACIÓN DE LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL

PRODUCCIÓN DE PAPEL 120 TON	COSTO PRIVADO		COSTO EXTERNO	TOTAL
	TOTAL DE COSTO DE AGUA EN INDUSTRIA PAPELERA	TOTAL DE DESCARGA DE LA INDUSTRIA PAPELERA	TOTAL DE TRATAMIENTO	
KIMBERLY CLARK Y	\$ 2390.64	\$65,720.16	\$28,800	\$ 69,628
SCA	\$1629.36	\$65,720.16	\$28,800	\$67237
CECA TOTAL				\$136,865

Fuente: Elaboración propia.

La fórmula empleada es:

$$CECA = CP (PxCAgua + PxD) + TE$$

Esto es: CECA = CP (Pago x Consumo de Agua + Pago x Descargas) + Tratamiento Externo

La estimación de CECA se obtuvo considerando la producción de una tonelada papel, para lo que se emplean 7 m³ de agua, reciclándola hasta cinco veces; con esto se obtuvo el promedio del reuso de los cuatro ciclos siguientes, dividiendo los 7m³ entre los cinco ciclos, resultando 1.4m³ por ciclo y tonelada.

Seguido, se sumó el costo del agua del primer uso y el de los cuatro ciclos de reuso de las empresas; para obtener el promedio de agua utilizada por día, teniendo como base que se producen 120 toneladas al día, y se dividió este dato entre los cinco ciclos, lo cual arrojó que al día se ocupan 24m^3 de agua, estimando así que **Kimberly Clark** paga al día \$2390.64 por consumo de agua, y SCA \$1,629.36. Para el cálculo del costo de las descargas se multiplicaron los $24\text{m}^3/\text{ton}/\text{día}$ por la suma del promedio de descarga del tipo B y C 2738.34, resultando \$65, 720.16. El total del tratamiento se determinó tomando como referencia, que el costo por tratamiento es de 1 litro/seg, con un costo de \$12.00; por lo que se multiplica por los 24m^3 que descarga cada industria, obteniendo así el costo de Tratamiento Externo de \$28,800 diario.

CONCLUSIONES

En el 2010, CEPAMISA fue declarada una de las principales empresas contaminantes; la cual, junto con otras cinco industrias detectadas por la SEMARNAT, incumplieron con la entrada de sus reportes anuales como empresas que manejan residuos peligrosos.

El papel y sus derivados son uno de los productos más utilizados por el hombre, ya que este producto es uno de los materiales más empleados en cualquier oficio o actividad; siendo un producto clave en el crecimiento y desarrollo económico. El proceso productivo da como resultado grandes cantidades de celulosa y papel, así mismo, también genera enormes volúmenes de contaminantes, de los cuales sobresalen las aguas residuales.

El problema específico de la industria de la celulosa y el papel radica en que, para lograr la obtención de un producto final de alta calidad, deben ser removidos todos los demás componentes que acompañan a la celulosa en la constitución de la madera, como las cloro ligninas de alto peso molecular que no son metabolizadas; su color y toxicidad crónica, prácticamente no se alteran en los tratamientos secundarios. Ambas propiedades constituyen aún, un problema no resuelto a nivel mundial.

En nuestro país, el problema de contaminación del agua se agudiza debido a que las empresas productoras de celulosa y papel, establecen su macrolocalización o localización geográfica en una fuente cercana de agua, tanto para abastecimiento como para descarga. La caracterización del efluente de descarga de aguas residuales y de las emanaciones gaseosas, en cuanto a carga y toxicidad, depende del tipo de proceso en la obtención de la pulpa, en especial, de los reactivos usados en la separación de los componentes celulares de la madera y del papel reciclado en sus procesos de remoción de elementos como la lignina y el blanqueo. En las plantas antiguas, el problema se torna mucho más crítico que en las instalaciones recientes, las cuales, por presiones del mercado, han planteado sus diseños en función de reducir el impacto ambiental de sus actividades.

Para ambos casos, se debe crear una DEMANDA ECONÓMICA por el proceso de OBTENCIÓN DE LA PULPA; ya que al transformarse en producto final, se le proporcionará un valor comercial, del cual bien puede diferirse el costo por la contaminación generada por éste. Es indispensable que junto con el desarrollo económico, el país se modernice, incorporando tecnologías que reduzcan la cantidad de elementos contaminantes que se asocian a la industria forestal de la producción de celulosa y papel. Para ello, **el Estado debe verificar y no solo vigilar con reportes de las empresas el cumplimiento jurídico del volumen de las emisiones y control de las mismas**, mientras que el sector privado deberá modernizar sus obsoletos esquemas técnicos para su producción, sustituyendo por químicos menos agresivos y fáciles de disolver por la planta tratadora.

Otra alternativa es la fabricación de celulosa a partir de madera de fibra corta cultivada en plantaciones forestales comerciales, se está popularizando rápidamente, incluso en países donde predominan los bosques de coníferas, ya que producen una celulosa de mejor calidad y naturalmente blanqueada, lo que reduce o evita el uso de blanqueadores químicos asociados a problemas de contaminación ambiental.

También debe considerarse que las preferencias de los consumidores hacia los productos finales de esta industria, variarán en los años venideros, haciendo más aceptable el consumo masivo de productos total o parcialmente reciclados, ya que el gobierno plantea estrategias de tratamiento de aguas residuales logrando una distribución de agua de reuso fina de acuerdo a sus requerimientos de producción de esta industria.

En el análisis del uso y manejo del agua en las industrias de celulosa y papel, al integrar la información técnica de cada tipo de industria y al establecer una caracterización típica de los efluentes principales que se generan para el tratamiento de estos vertidos, se obtuvo como resultado proponer las alternativas para el tratamiento de las aguas residuales de la industria de celulosa y papel; técnicamente y financieramente factibles para cumplir con la normatividad nacional y para posibles actividades de reúso en las propias industrias.

La selección de los procesos de tratamiento se realizó considerando las características del agua residual inicial y la calidad alcanzable de tratamiento, para lograr un efectivo mejoramiento de la limpieza del agua antes de hacer las descargas al cuerpo receptor, evitando la contaminación de los sólidos y químicos adquiridos durante el proceso de producción. Lo factible para esto, sería tomar el caudal del río completo y no solo una parte; a fin de asegurar una limpieza completa de las aguas residuales vertidas, devolviéndolas a su cauce tal y como se tomaron al inicio del ciclo productivo.

Con la construcción y operación de un mayor número de plantas de tratamiento, impulsadas por medio de asociaciones público-privadas, como lo es PROMOAGUA, se logra una parte de solución al problema de la contaminación del agua en los ríos, y mantos acuíferos, tomando en cuenta que por cada m^3 que la planta tratadora de aguas residuales limpia la Conagua le paga a la empresa por su operación y por el préstamo de la asociación público-privada \$1.20, por cada m^3 que limpia. Por lo que habrá que enfocarse, para que estas plantas tratadoras sean las ideales para el tratamiento exclusivo de los químicos y sólidos desechados por las industrias y por la externalidad del consumo de sus productos, favoreciendo la limpieza de los ríos, lagos o mantos acuíferos dañados y lograr su limpieza total. Para reducir la incidencia de enfermedades de origen hídrico se debe contribuir a crear un mayor volumen de agua reciclada o de reuso, misma que se podrá destinar a sectores como el agrícola e industrial, liberándose importantes volúmenes de agua de primer uso en beneficio de los habitantes.

Para el caso del uso del agua y su aprovechamiento de fuentes lejanas, los criterios para la sustentabilidad y consideraciones de optimización regional están completamente ausentes a falta de capital para inversión en las plantas tratadoras. Esa relación es bastante maliciosa, difícil y conflictiva por la tala de árboles, la contaminación de los mantos acuíferos que provocan un desequilibrio ecológico y que en un no muy lejano momento llevará una devastación ambiental. Es por ello que esta situación debe analizarse entre las fuentes y disponibilidad de recurso, su propiedad, uso y consumo, con los valores que se paga por el agua de abastecimiento.

A pesar de la dificultad para aplicar los precios de mercado (precio real) a la extracción del agua respecto a la descarga, por ser un recurso cada vez menos renovable e históricamente desvalorizado y subestimado por lo que este trabajo, sugiere realizar una evaluación económica. Esto último, junto con la educación y participación social, serian la fórmula para evitar la catástrofe de una devastación ambiental.

Se ha observado que cuando los contaminantes son tóxicos, las tecnologías usuales no son suficientes para alcanzar los requerimientos establecidos por la normatividad. Por ello, que se ha propuesto algunos sistemas de tratamiento de aguas residuales, que reducen de alguna forma los contaminantes vertidos en el líquido. Es claro que la maximización de la ganancia empresarial depende, además de la conquista de mercados, de la minimización de los costos, los cuales pueden dar competitividad a las empresas. Si las normas de protección ambiental son muy exigentes, aumentan los costos de producción y, por lo tanto, peligra la dicha competitividad. Además, esas normas pueden convertirse en barreras para-arancelarias que obstaculicen el libre comercio. No obstante, la ausencia de normas de protección ambiental, o su desacato evidente, pueden chocar con las preferencias de consumidores preocupados por la sustentabilidad ambiental del desarrollo, ocasionando pérdidas de mercado, o afectar la actividad de otros agentes, mediante las externalidades. De optarse por esta última forma, solo es pasar el costo de la contaminación a otras personas.

Los instrumentos económicos con fines ambientales nacen en la ciencia económica para internalizar las externalidades negativas de tipo ambiental, esto es que cuando un sujeto utiliza los recursos naturales o contamina, obtiene una ganancia, ya que no asume el costo de limpieza o de la degradación ambiental y, por tanto, no va a reflejar en los precios y en el mercado dicho costo, es decir, se queda fuera, externo al sistema de precios, denominándose externalidad negativa, y para corregir estas distorsiones se proponen instrumentos económicos que internalice la externalidad negativa, y así los precios y el mercado reflejen el costo económico-ambiental, para que recaiga en el agente contaminador la obligación de asumir el costo ambiental.

Este principio contiene dos mandatos básicos:

PRIMERO, que los costos sociales causados por la degradación ambiental deben ser pagados por quienes los generan.

SEGUNDO, que los poderes públicos no deben asumir las externalidades ambientales que benefician particularmente a los individuos; existen excepciones a este principio justificadas en el interés general.

Esta situación prevalece en el Estado de Michoacán, si consideramos que de la gran cantidad de aguas residuales que genera la industria de celulosa y papel, tan solo se recicla una mínima parte. Las aguas no tratadas afectan de alguna forma a los productores agrícolas y pesqueros.

La economía, en tanto subsistemas, se conforma de sistemas culturales y sociales, de tal manera que la naturaleza y las sociedades evolucionan conjuntamente. Es innegable que la economía está incrustada en la naturaleza (economía ecológica) y que existen límites al crecimiento material y problemas ambientales críticos, y por ende se sustenta con la aportación de Hernández Blanco donde argumenta que LA ESCALA DE LA ECONOMÍA HA SOBREPASADO SU TAMAÑO SUSTENTABLE, AFECTANDO LA CAPACIDAD DE LOS ECOSISTEMAS DE ABSORBER PERTURBACIONES, SIN ALTERAR SIGNIFICATIVAMENTE SUS CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD; ES DECIR, PUDIENDO REGRESAR A SU ESTADO ORIGINAL UNA VEZ QUE LA PERTURBACIÓN HA TERMINADO.

El manejo del agua requiere que el estado asegure que se minimicen los efectos externos y la afectación de intereses públicos, y ofrezca políticas que garanticen e induzcan su uso sustentable y económicamente eficiente. En ello, como ya se señaló, juega un papel fundamental la participación del sector privado. Es indispensable la clara definición de derechos, los de uso o propiedad, así como fortalecer la certeza jurídica y el intercambio a través de mercados transparentes. El papel del gobierno federal en materia de inversiones en obras y mantenimiento de infraestructura hidráulica debe replantearse, considerando la desaparición de subsidios en el precio del agua, pues éste, debe estructurarse sobre bases transparentes que permitan la recuperación total del costo y que incluyan criterios racionales económicos y ambientales.

Se nota un avance muy considerable durante los últimos años en el establecimiento de un marco de racionalidad en el uso del agua en México, algo atribuible a las políticas y programas llevados a cabo recientemente por la Comisión Nacional del Agua.

El agua es indispensable para toda la humanidad, así como para todos los seres vivos que habitamos en el planeta Tierra. De ella, no solo dependemos para vivir, sino que es esencial para la diversidad biológica, el desarrollo de alimentos y que entre estos recursos sea posible un desarrollo económico sostenible; conociendo primero, los procesos de la contaminación y sus impactos ambientales, económicos y sociales, a fin de sustentar la protección de las aguas y que la toma de decisiones siempre sea en pro del desarrollo integral de los sectores de producción, consumidores y medio ambiente.

En la Tierra, donde el agua es un bien real, su uso adecuado y sostenible permite el desarrollo económico, por el contrario, el difícil acceso a agua potable provoca enfermedades y destruye poblaciones, por lo que su sustentabilidad es prioritaria para brindar a futuras generaciones un medio armónico de convivencia entre la población y la naturaleza, ya que la escasez de agua podría tener un impacto profundo en las personas de bajo poder adquisitivo del mundo y llevar a conflictos mundiales, como guerras por los hidrocarburos que podrían extenderse por el Oro Azul llamado EL AGUA.

GLOSARIO

AMBIENTE: Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre, que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

AEROBIO: Organismos que necesitan del oxígeno diatómico (compuesto por dos átomos de oxígeno) para vivir o poder desarrollarse.

ANAEROBIO: Organismos que no utilizan oxígeno en su metabolismo.

AGUAS RESIDUALES: Son aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

BIOACUMULACIÓN: es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos, de forma que éstos, alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente; pero la actividad industrial ha aumentado los niveles; por ello, los seres vivos se ven expuestos a sus efectos negativos cuando dichas concentraciones superan un determinado umbral.

BIODIVERSIDAD: Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

BIOTECNOLOGÍA: es toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para un uso específico.

CARGA CONTAMINANTE: Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

CELULOSA: Es un hidrato de carbono polimérico que se encuentra en las paredes de las células de las plantas; polisacárido constituido por moléculas de D-glucosa unidas por enlaces B(1->4) glucosídicos. Es el compuesto orgánico más difundido en la naturaleza; componente principal de las paredes celulares vegetales (p.Ej en las maderas, en las fibras de algodón) en las cuales se encuentra junto con hemicelulosa, pectina, extensina (que actúan como aglutinante entre las fibras

celulósicas) y lignina. La hidrólisis completa de la celulosa con ácidos rinde glucosa, pero la hidrólisis parcial produce el disacárido celobiosa. Se usa en la fabricación de papel, celofán, rayón, viscosa, película fotográfica, productos químicos. En el proceso de la elaboración, los troncos se hacen pasar por una desfibradora para obtener la pasta. Esta pasta se reduce por procedimientos químicos y mecánicos: trozos de serrín con licor acuoso de cocción que suele contener un alcalimetal sulfito, y un alcalimetal bisulfito.

CELULOSA MECÁNICA. Se obtiene a partir de un proceso por el cual la madera es molida y triturada mecánicamente, siendo sometida a altas temperaturas y presiones. Posteriormente la pasta es clasificada, lavada y eventualmente blanqueada. Este proceso requiere un alto consumo energético. La celulosa mecánica, se caracteriza por tener un alto rendimiento, normalmente entre un 85% y 95%, pero la lignina remanente en el producto puede oxidarse generando el color amarillo que caracteriza a los diarios viejos. Las principales aplicaciones son la fabricación de papel para periódicos y papeles para impresión y escritura de menor calidad. Esta celulosa es menos resistente que la química, no por la presencia de esta lignina sino porque las fibras que en ella están contenidas han sido cortadas en el proceso de fabricación. Para que nos hagamos una idea de la producción a nivel mundial en 1998 (175 millones de toneladas) un 76% correspondieron a celulosas químicas y sólo un 24% a celulosas mecánicas.

CELULOSA QUÍMICA. Se obtiene a partir de un proceso de cocción química de la madera a altas temperaturas y presiones, cuyo objetivo es disolver la lignina contenida en la madera con una disolución alcalina, liberando las fibras. Dependiendo de los activos químicos usados en la cocción, existen celulosas químicas kraft y al sulfito, siendo la primera más utilizada a nivel mundial. La celulosa química se caracteriza por tener un rendimiento total relativamente bajo, es decir, sólo entre un 40% y un 60% del material original (madera) queda en el producto final (fibras), el resto (lignina), se disuelve en la solución alcalina para ser posteriormente quemada y generar la energía térmica y eléctrica necesaria en los procesos productivos. Estas celulosas son más resistentes, ya que las fibras quedan intactas, son más fáciles de blanquear y menos propensas a perder sus cualidades en el tiempo.

CLOROLIGNINA: Para blanquear pastas de celulosa en las industrias se utilizan, sobre todo el cloro y el gas. Estos compuestos, junto con la lignina residual de la pulpa que forma la cloroligninas (compuestos organoclorados), los cuales son tóxicos y difíciles de biodegradación por lo tanto perjudicial para el medio ambiente.

COMPUESTOS ORGANOCORADOS: Son sustancias que resultan de la unión de uno o más átomos de cloro a un compuesto orgánico.

CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA: Es el conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual.

CONTAMINANTE: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

DERECHO DE CONTAMINACIÓN: Precio pagado por el derecho de contaminar.

DESARROLLO SOSTENIBLE: La única diferencia que existe entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable es que el desarrollo sustentable es el proceso por el cual se preserva, conserva y protege solo los Recursos Naturales para el beneficio de las generaciones presentes y futuras sin tomar en cuenta las necesidades sociales, políticas ni culturales del ser humano al cual trata de llegar el desarrollo sostenible que es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras.

DESARROLLO SUSTENTABLE: Proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras mejorando su propia calidad de vida de manera independiente aunque el apoyo inicial ya se haya acabado.

ECONOMÍA ECOLÓGICA: Ciencia de la gestión de la sustentabilidad, es decir, es el estudio de la sustentabilidad comprendida como *la relación recíproca entre actividad económica y recursos naturales*.

EXTERNALIDAD: Efecto negativo o positivo de la producción o consumo de algunos agentes sobre la producción o consumo de otros, por los cuales no se realiza ningún pago o cobro.

FURANO El furano es un compuesto orgánico heterocíclico aromático de cinco miembros con un átomo de oxígeno. Es un líquido claro, incoloro, altamente inflamable y muy volátil, con un punto de ebullición cercano al de la temperatura ambiente. Es tóxico y puede ser carcinógeno.

IMPUESTO PIGOUVIANO: Impuesto fijado a cada unidad de contaminación en un monto exactamente igual al daño marginal infligido a la sociedad al nivel eficiente de producto.

LIGNINA: La palabra lignina proviene del término latino *lignum*, que significa 'madera'; así, a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas. La lignina se encarga de engrosar el tallo. Las ligninas son polímeros insolubles en ácidos y solubles en álcalis fuertes como el hidróxido de sodio, que no se digieren ni se absorben [...es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad de los polisacáridos fibrosos].

ORGÁNICOS HALOGENADOS: Sustancias químicas orgánicas que contienen uno ó varios átomos de un elemento halógeno (generalmente cloro, aunque existen compuestos formados con bromo e yodo). Pueden ser sustancias simples y volátiles como es el caso del triclorometano (cloroformo), ó moléculas orgánicas complejas como las dioxinas y los furanos, que pueden presentar gran variedad de propiedades físicas. El foco principal de contaminación de estos compuestos, tiene su origen en la industria del papel, dónde se utiliza la clorina para el blanqueo de las fibras de celulosa. Otras fuentes minoritarias de emisión se generan durante la desinfección con cloro del agua potable de las piscinas y de las aguas de proceso en lavaderos. Se efectúa la descomposición de compuestos orgánicos halogenados poniendo estos últimos en contacto con un poliglicol y un hidruro alcalino o alcalinotérreo, eventualmente en presencia de una sal alcalina, a una cierta temperatura, bajo atmosfera con reducido contenido en oxígeno. El procedimiento se aplica principalmente a la descontaminación de aceites industriales que contengan bifenilos policlorados, no estando degradados los aceites así descontaminados.

PATÓGENO: En infectología, agente biológico patógeno, es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto.

PULPA: La **pulpa de celulosa** o **pasta de celulosa** es el material hecho a base de madera más utilizado para la fabricación de papel. Las maderas utilizadas para este fin son conocidas como maderas pulpables, que generalmente son maderas blandas como la picea, el pino, el abeto y el alerce, pero también maderas duras como el eucaliptus y el abedul. La pulpa se realiza en etapas.

RESIDUO: Cualquier material generado en los procesos de transformación, producción, extracción, beneficio, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

SUSTENTABILIDAD: Se refiere a la cualidad de poderse mantener por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles o como la habilidad de las actuales generaciones para satisfacer sus necesidades sin perjudicar a las futuras; es decir, la relación recíproca entre actividad económica y recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

BUITRÓN MÉNDEZ Germán y otros (2004) Tratamiento de aguas residuales industriales. UNAM, México.

CESPEDES (2000) El desafío del Agua en la Ciudad de México. CESPEDES, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México.

CORONA RENTERÍA, Alfonso, Economía ecológica, México, UNAM, 2000.

Escalante Semerena R y Aroche Reyes F (2003): Instrumentos económicos para la gestión ambiental. Facultad de Economía (UNAM), México, DF.

ESTEVA GUSTAVO (1995): El nuevo ecologismo. POSADA, México, DF.

FIELD MARTHA y field barry (2003): Economía ambiental. Mc Grau Hill. España.

GUERRERO GARCÍA ROJAS H. R, Yúnes Naude A y Medellín Azuara J (2008): El agua en México. FCE, México, DF.

HEINKE GARY y henry glynn (2005) Ingeniería ambiental. PEARSON, México, DF.

HERNÁNDEZ BLANCO Marcello (2009) La resiliencia de los ecosistemas, clave del desarrollo sostenible. En revista Éxito Empresarial N0 99, CEGESTI, Costa Rica.

JAANKOLA J.J y otros (1990) The effects of malodorous sulfur compounds from pulp Mills on respiratory and other symptoms. South Karelia Allergy And Environment Institute. Finland, Espoo.

KATZ MICHAEL y Rosen Harvey (1994) Microeconomía. IBEROAMERICANA, USA.

RAMALHO R. S (1996) Tratamiento de aguas residuales. REVERTÉ, España.

RODRÍGUEZ VÁZQUEZ Refugio (2011) Biotecnología ambiental. Cinvestav, México.

SAAR VAN Haudermeiren (1998) Manual de economía ecológica. Instituto de Ecología Política. Santiago de Chile.

SAWYER y McCarty (1994) Chemistry for sanitary engineers. McGrawHill, NY, USA.

SHIVA VANDANA (2003) Las guerras del agua. Siglo XXI, México, DF.

PERIÓDICOS, REVISTAS, PUBLICACIONES DIVERSAS

MORELIA, PRINCIPAL CONTAMINANTE DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO, Aguilera Antonio, Periodico La Jornada Michoacan, Michoacán. 23/01/06.

MEMORIA ESTADÍSTICA, Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y del Papel, CNICP 1990-2010, 2010.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (segunda sección) Lunes 18 de Octubre 1993.

INSTITUTO NACIONAL PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL, Gobierno del Estado de Michoacán (GEM), 2009.

PROYECTO DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA PLANTA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL PAPELERA MEXICANA, SA DE CV, INPAMESA, Uruapan, Michoacán, 2006.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. JALISCO, Junta Intermunicipal de Medio Ambiente (JIRA), México, 2010.

LEY DE AGUAS NACIONALES, LXII Legislatura, H. Congreso de la Unión, 2012.

ESTUDIO TÉCNICO DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES DE LA INDUSTRIA CRISOBA INDUSTRIAL, PLANTA MORELIA Y ALTERNATIVAS PARA SU TRATAMIENTO, Martínez Herrera G, Becerra Gutiérrez F y Guerra González R, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA REUSO DEL AGUA EN TRES GIROS INDUSTRIALES, Moeller Chavez G, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 2002.

AGUA CONTAMINADA EN 9 MUNICIPIOS MICHOACANOS: CONAGUA, Monreal Vázquez Ivonne, Periódico Cambio de Michoacán, Michoacán, 09/04/10.

CEPAMISA ES LA PRINCIPAL EMPRESA CONTAMINADORA EN MICHOACÁN, Monreal Vázquez Ivonne, Periódico Cambio de Michoacán, Michoacán, 09/04/10.

PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO POR BOMBEO DEL ESTADO DE SONORA. Reyes Martínez A y Quintero Soto M., En revista unam.com, agosto de 2009.

SISTEMA DE INFORMACIÓN EMPRESARIAL MEXICANO, Secretaría de Economía (SE), 2010.

¿Y EL MEDIO AMBIENTE? PROBLEMAS EN MÉXICO Y EL MUNDO, SEMARNAT, México. 2007.

WEB

INEGI (2001): **Marco Geoestadístico**, 2000.

INEGI (2010): **Censo Económico** de 2009.

INEGI-DGG (1999): **Superficie de la República Mexicana por Estados**.

Moreton Juan (2012): **El problema ambiental de los residuos en la elaboración de celulosa para papel**. www.monografias.com.

NATURA-MEDIO AMBIENTAL (2012): **¿Cuánta madera se necesita para producir una tonelada de papel?** www.natura-medioambiental.com.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/pdf/cap7.pdf

Textos Científicos (2005): **Proceso de obtención de pulpa al sulfato o Kraft**. www.textoscientificos.com.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meiq/samano_c_ml/capitulo6.pdf

<http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/01/como-se-calcula-la-huella-ecologica.html>

<http://www.ccu.umich.mx/museo/hist-natural/zoologia/aves/geografia.html>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.camaradelpapel.com.mx/default.htm>

http://www.ccmss.org.mx/descargas/Problemas_y_oportunidades_en_el_mercado_para_las_empresas_sociales_forestales_en_Mexico.pdf

ANEXOS