

# **El Colegio de la Frontera Norte**

---

**Maestría en Economía Aplicada  
Generación 1998-2000**

**La Interrelación Ambiente - Economía:  
Los efectos de la actividad económica sobre la calidad del aire en Tijuana**

**Tesis presentada por:**

**Antonio Ochoa Díaz**

**para obtener el grado de**

**Maestro en Economía Aplicada**

**Comité evaluador:**

**M. Alejandro Brugués**

**Dr. Noé Arón Fuentes**

**Dr. Oscar Fernandez**

**San Antonio del Mar, 5 de octubre de 2000**

---

## RESUMEN

Este trabajo se plantea como una inquietud de aplicar ciertas técnicas de Insumo-Producto al análisis económico-ambiental. La ventaja que nos da la metodología es muy amplia y gracias a su análisis interindustrial de flujos, se presenta como un instrumento muy compatible para incorporar los flujos de la naturaleza, tanto en forma de insumos como en forma de productos ambientales, estos últimos refiriéndonos a la contaminación.

Gracias al concepto de Balance de Materiales basado en la primera ley de la termodinámica, se crea el esquema teórico idóneo para dar cabida a un análisis de flujos, ya sean económicos ó ambientales.

En su aplicación empírica para el caso de Tijuana, se obtiene el volumen e intensidad de emisión de contaminantes por sector en el caso de los productos ambientales. Y el volumen e intensidad de utilización de insumos ambientales por sector. Dentro de los resultados más importantes tenemos que los sectores de Transporte y Eléctrico son los mayores consumidores y generadores de emisiones contaminantes a la atmósfera, dado lo cual se propone un plan de ahorro y uso energético a largo plazo que permite planificar mejor las formas y tiempos en que la ciudad se abastece y usa energía.

Dedico este trabajo a las siguientes personas:

A Dios Nuestro Señor, Jesucristo,  
quien me ha enseñado lo bella que es la vida...

A mi mamá, Martha Díaz,  
porque gracias a ella soy el hombre que ahora  
escribe...

A Myrna Sastré,  
por tanta felicidad que en el amor nos unió...

Además me gustaría dar las gracias a:

El Dr. Noé Arón Fuentes por su apoyo y ejemplo de motivación...

El Dr. Oscar Fernández por su amable atención y dedicación a este  
trabajo...

El M. Alejandro Brugués y sus comentarios...

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado a  
través de millones de mexicanos con quienes tengo un compromiso...

El M. Manuel Angeles cuyos comentarios me animaron a seguir esta  
investigación...

En especial al Dr. Felipe Cuamea por su invaluable apoyo y al Químico  
Oscar Trujillo, sin cuyas intervenciones no hubiera sido posible esta  
investigación

El Dr. José Luis Castro por su tiempo y ayuda

A todos los profesores que me han brindado la oportunidad de  
conocerlos, en especial a:

El Dr. Ramón Castillo, el Dr. Willy Cortez , al Dr. Alejandro Islas, Dr.  
Alejandro Díaz, al Dr. Germán Zárate, al Dr. Alfonso Mercado, al Dr.  
Junaid Kawhaya, al Dr. Jim Gerber y al futuro y estimado Dr. Carlos  
Israel Vázquez

El equipo de trabajo del COLEF que siempre tuvo atenciones con todos  
nosotros:

Rita, Claudia, Ofelia, Nadia, Carlos, Isabel, Humberto, Tere, Dn. Fili,  
Alicia, Marcos, Claudia V.

Mi Tía Leopoldina y mi Tía Dolores por su cariño e invaluable apoyo

A Sara y Ruth, Tere, Lis, Manuel, Edgar, y a la química Gaxiola



## INDICE

	Página
INDICE DE GRÁFICAS	i
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE CUADROS ANEXO	iv
ABREVIATURAS	v
GLOSARIO	vi
INTRODUCCIÓN	1
1. TIJUANA Y LA REGION	4
1.1. Características generales	5
1.2. Tijuana y San Diego	7
2. TIJUANA, SU ECONOMÍA Y SUS RECURSOS NATURALES	8
2.1 Tendencias económicas y demográficas en Tijuana y sus efectos en el Ambiente	9
2.1.1. El desarrollo histórico de la economía en Tijuana	9
2.1.2. Las particularidades de la economía en Tijuana.	10
2.1.3. El crecimiento económico como atrayente de flujos migratorios	12
2.1.4. Las repercusiones sobre el ambiente del crecimiento económico y de los flujos migratorios	15
2.2. El agua y la economía en Tijuana	19
2.2.1. El agua como insumo	19
2.2.2. El agua como producto. Las aguas residuales y la contaminación de varios cuerpos receptores.	21
2.2.3. El problema del drenaje.	23
2.2.4. Algunas evidencias de la interrelación entre el agua y la economía	24
2.3. La atmósfera también es un recurso	25
2.3.1. El aire como insumo	25
2.3.2. El aire como producto. Las cuencas, vientos, velocidad y Temperatura	25
2.3.3. Las fuentes estáticas y móviles de emisiones contaminantes a la atmósfera.	27
2.3.4. Algunas evidencias de la interrelación entre el aire y la economía	29

2.4. Los usos diversos del suelo y los residuos peligrosos	30
2.4.1. Características generales	30
2.4.2. El suelo como insumo	30
2.4.3. El suelo como receptor de desechos	31
2.4.4. Los residuos peligrosos en Tijuana	33
3. MARCO TEÓRICO.	34
3.1. El Desarrollo Sustentable	37
3.2. El principio de Balance de Materiales	39
3.2.1. Equilibrio General Computable, ventajas y desventajas	44
3.2.2. La pertinencia de la metodología Insumo-Producto Ambiental en el análisis regional	46
3.2.2.1. Ventajas metodológicas	46
3.2.2.2. Insumo Producto Ambiental (IPA)	47
3.3. Los elementos básicos Insumo-Producto	52
3.3.1. Coeficientes técnicos y de interdependencia	54
3.4. Los modelos existentes	56
3.4.1. El modelo de Cumberland	56
3.4.2. El modelo de Daly	60
3.4.3. El modelo de Isard	62
3.4.4. El modelo de Perrings	64
3.4.5. El modelo de Victor	66
3.5. Otros modelos fuera del Balance de Materiales	68
3.5.1. El modelo de Leontief	68
3.5.2. El modelo de Coupé	73
4. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS INSUMO-PRODUCTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TIJUANA.	75
4.1. El Desarrollo Sustentable en Tijuana	76
4.2. Conceptos básicos	79
4.3. Desarrollo del modelo	81
4.3.1. Las variables y las condiciones de equilibrio	81
4.3.2. La inclusión del sector ambiental	88

4.4. Fuentes de datos	96
4.4.1. Los cinco tipos de emisiones contaminantes a la atmósfera a considerar.	96
4.4.2. Productos ambientales	98
4.4.3 Insumos Ambientales	105
5. LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA SOBRE EL AMBIENTE EN TIJUANA	109
5.1 La importancia del volumen de emisiones contaminantes	110
5.1.1. Las partículas suspendidas	111
5.1.2. Bióxido de azufre	113
5.1.3. Monóxido de carbono	116
5.1.4. Óxidos de Nitrógeno	118
5.1.5. Hidrocarburos	120
5.2 La importancia del volumen de los insumos ambientales	124
5.2.1. El azufre	124
5.2.2. El Carbono	126
5.3.3. El Oxígeno	128
5.2.4. El Nitrógeno	129
5.2.5 El Hidrógeno	131
5.3. La idea de los impactos	133
5.1.1. Impactos directos	134
5.1.2. Impactos indirectos	135
5.4. Intensidad de emisión	141
5.4.1. La atmósfera como receptora de la contaminación de las diversas actividades económicas en Tijuana	142
5.4.2. Índices de emisión de Partículas Suspendidas	145
5.4.3. Índices de emisión de Bióxido de Azufre	148
5.4.4. Índices de emisión de Monóxido de Carbono	150
5.4.5. Índices de emisión de Óxidos de Nitrógeno	152
5.4.6. Índices de emisión de Hidrocarburos	156
5.5. Intensidades de utilización	160
5.5.1. La intensidad de utilización de insumos ambientales por parte de las actividades económicas	161
5.5.2. Índices de utilización del azufre	164
5.5.3. Índices de utilización del nitrógeno	166
5.5.4. Índices de utilización del oxígeno	169
5.5.5. Índices de utilización del hidrógeno	171



5.5.6. Índices de utilización del Carbono	174
6. CONCLUSIONES	177
ANEXO: INVENTARIO DE EMISIONES PARA TIJUANA-ROSARITO Y OTROS CUADROS	185
BIBLIOGRAFÍA	190

## INDICE DE GRÁFICAS

	Página
1.1 Distribución porcentual de la PEA en Tijuana por sector	6
2.1 Producto Interno Bruto de Tijuana (millones de pesos de 1993)	11
2.2 Tasas de crecimiento de la población 1940-1990	13
2.3 Estimación de población total de la ciudad de Tijuana	13
2.4 Tasa de crecimiento de la población en Tijuana y el Estado %.	14
2.5 Uso del suelo en Tijuana.	31

## INDICE DE CUADROS

2.3 Inventario de automóviles en Tijuana	29
4.1 Fuentes y Efectos sobre la salud de los cinco tipos de emisiones consideradas	97
4.2 Sectores económicos para Tijuana	99
4.3 Clasificación del Inventario de emisiones en la estructura de la MIP de Tijuana	100
4.4 Clasificación de las emisiones (cuadro resumen)	103
4.5 Matrices S y W del Modelo (tons/año)	104
4.6 Peso atómico de los Insumos Ambientales a emplear	107
4.7 Matrices U y V del Modelo (tons/año)	108
5.1 Generación de PM <sub>10</sub> por tipo de fuente	111
5.2 Generación de PM <sub>10</sub> por parte de la Demanda Intermedia	112
5.3 Generación de PM <sub>10</sub> por parte de la Demanda Final	112
5.4 Generación total de PM <sub>10</sub> por parte de la economía	113
5.5 Generación de SO <sub>2</sub> por tipo de fuente	114
5.6 Generación de SO <sub>2</sub> por parte de la Demanda Intermedia	114
5.7 Generación de SO <sub>2</sub> por parte de la Demanda Final	115
5.8 Generación total de SO <sub>2</sub> por parte de la economía	115
5.9 Generación de CO por tipo de fuente	116
5.10 Generación de CO por parte de la Demanda Intermedia	117
5.11 Generación de CO por parte de la Demanda Final	117
5.12 Generación total de CO por parte de la economía	117
5.13 Generación de NO <sub>x</sub> por tipo de fuente	118
5.14 Generación de NO <sub>x</sub> por parte de la Demanda Intermedia	119
5.15 Generación de NO <sub>x</sub> por parte de la Demanda Final	119
5.16 Generación total de NO <sub>x</sub> por parte de la economía	120
5.17 Generación de HC por tipo de fuente	121
5.18 Generación de HC por parte de la Demanda Intermedia	122
5.19 Generación de HC por parte de la Demanda Final	122
5.20 Generación total de HC por parte de la economía	123
5.21 Utilización de S por parte de la Demanda Intermedia	125
5.22 Utilización de S por parte de la Demanda Final	125
5.23 Utilización de S por parte de la economía	125
5.24 Utilización de C por parte de la Demanda Intermedia	126
5.25 Utilización de C por parte de la Demanda Final	127

5.26 Utilización de C por parte de la economía	127
5.27 Utilización de O por parte de la Demanda Intermedia	128
5.28 Utilización de O por parte de la Demanda Final	129
5.29 Utilización de O por parte de la economía	129
5.30 Utilización de N por parte de la Demanda Intermedia	130
5.31 Utilización de N por parte de la Demanda Final	130
5.32 Utilización de N por parte de la economía	130
5.33 Utilización de H por parte de la Demanda Intermedia	131
5.34 Utilización de H por parte de la Demanda Final	132
5.35 Utilización de H por parte de la economía	132
5.36 Índice de emisión directa de <i>PM10</i> por parte de las actividades de la Demanda Intermedia	146
5.37 Índice de emisión directa de <i>PM10</i> por parte de las actividades de Demanda Final	147
5.38 Índice de emisión directa e indirecta de <i>PM10</i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	147
5.39 Índice de emisión directa e indirecta de <i>PM10</i> por parte de la economía	148
5.40 Índice de emisión directa de <i>SO<sub>2</sub></i> por parte de las actividades de la Demanda Intermedia	149
5.41 Índice de emisión directa de <i>SO<sub>2</sub></i> por parte de las actividades de Demanda Final	149
5.42 Índice de emisión directa e indirecta de <i>SO<sub>2</sub></i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	150
5.43 Índice de emisión directa e indirecta de <i>SO<sub>2</sub></i> por parte de la economía	150
5.44 Índice de emisión directa de <i>CO</i> por parte de las actividades de la Demanda Intermedia	151
5.45 Índice de emisión directa de <i>CO</i> por parte de las actividades de la Demanda Final	152
5.46 Índice de emisión directa e indirecta de <i>CO</i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	152
5.47 Índice de emisión directa e indirecta de <i>CO</i> por parte de la economía	153
5.48 Índice de emisión directa de <i>NO<sub>x</sub></i> por parte de las actividades de la Demanda Intermedia	154
5.49 Índice de emisión directa de <i>NO<sub>x</sub></i> por parte de las actividades de Demanda Final	154
5.50 Índice de emisión directa e indirecta de <i>NO<sub>x</sub></i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	155
5.51 Índice de emisión directa e indirecta de <i>NO<sub>x</sub></i> por parte de la economía	155
5.52 Índice de emisión directa de <i>HC</i> por parte de las actividades de la Demanda Intermedia	156
5.53 Índice de emisión directa de <i>HC</i> por parte de las actividades de Demanda Final	157
5.54 Índice de emisión directa e indirecta de <i>HC</i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	158
5.55 Índice de emisión directa e indirecta de <i>HC</i> por parte de la economía	158
5.56 Índice de utilización directa de <i>S</i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	165
5.57 Índice de utilización directa de <i>S</i> por parte de las actividades de Demanda Final	165
5.58 Índice de utilización directa e indirecta de <i>S</i> por parte de las actividades de Demanda Intermedia	166
5.59 Índice de utilización directa e indirecta de <i>S</i> por parte de la economía	166

5.60 Índice de utilización directa de $N$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	167
5.61 Índice de utilización directa de $N$ por parte de las actividades de Demanda Final	167
5.62 Índice de utilización directa e indirecta de $N$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	168
5.63 Índice de utilización directa e indirecta de $N$ por parte de la economía	168
5.64 Índice de utilización directa de $O$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	169
5.65 Índice de utilización directa de $O$ por parte de las actividades de Demanda Final	169
5.66 Índice de utilización directa e indirecta de $O$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	170
5.67 Índice de utilización directa e indirecta de $O$ por parte de la economía	170
5.68 Índice de utilización directa de $H$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	171
5.69 Índice de utilización directa de $H$ por parte de las actividades de Demanda Final	172
5.70 Índice de utilización directa e indirecta de $H$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	172
5.71 Índice de utilización directa e indirecta de $H$ por parte de la economía	173
5.72 Índice de utilización directa de $C$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	174
5.73 Índice de utilización directa de $C$ por parte de las actividades de Demanda Final	174
5.74 Índice de utilización directa e indirecta de $C$ por parte de las actividades de Demanda Intermedia	175
5.75 Índice de utilización directa e indirecta de $C$ por parte de la economía	175

#### INDICE DE FIGURAS

3.1 La interrelación Ambiente-Economía	40
3.2 El Balance de Materiales entre el Ambiente y la Economía	41
3.3 Tabla Insumo Producto	52
3.4 La tabla Insumo-Producto Ambiental de Cumberland	57
3.5 La tabla Insumo-Producto Ambiental de Daly	60
3.6 La tabla Insumo-Producto Ambiental de Isard	62
3.7 Modelo de Leontief ampliado para incluir a la contaminación	69
3.8 El modelo de Coupé	74
3.9 Matriz Insumo Producto Ambiental a emplear	82

## INDICE DE TABLAS

5.1. Índice de emisiones contaminantes directas de la actividades de la Demanda Intermedia sobre la generación de desechos a la atmósfera ( $\gamma$ )	143
5.2. Índices de emisiones contaminantes directas e indirectas de las actividades de la Demanda Intermedia sobre la generación de desechos a la atmósfera ( $\theta$ )	143
5.3. Índices de emisiones contaminantes directas de las actividades de Demanda Final sobre la generación de desechos a la atmósfera ( $\sigma$ )	144
5.4. Índices de emisiones contaminantes totales de la Economía sobre la generación de desechos a la atmósfera ( $\theta + \sigma$ )	144
5.5. Índices de utilización directos de las actividades de la Demanda Intermedia sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\beta$ )	163
5.6. Índices de utilización directos e indirectos de la actividad la Demanda Intermedia sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\phi$ )	163
5.7. Índices de utilización directos de las actividades de Demanda Final sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\eta$ )	164
5.8. Índices de utilización total de la Economía sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\phi + \eta$ )	164

## INDICE DE CUADROS ANEXO

A.1.1. Inventario de emisiones desagregado de Tijuana-Rosarito, 1998 (ton/año) Versión junio 2000	185
A.1.2. Inventario de emisiones agregado de Tijuana-Rosarito, 1998 (ton/año) Última versión julio 2000	186
A.1.3. Parque vehicular de Tijuana-Rosarito	186
A.1.4. Cruce de vehículos en la Frontera Internacional, 1996.	186
A.1.5. Valores normados para los contaminantes del aire en México	187
A.1.6. Estaciones de la Red de Monitoreo de Tijuana y parámetros que mide.	187
A.1.7 Niveles de contaminación máximos	188
Matriz Insumo Producto de Tijuana Agregada a 17 sectores año 1998	

## ABREVIATURAS

C	consumo privado	NO <sub>2</sub>	Bióxido de nitrógeno
cal-EPA	<i>Environmental Protection Agency of California</i>	O	oxígeno
CESPT	Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana	O <sub>3</sub>	ozono
CO	Monóxido de carbono	P	fósforo
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno	Pb	plomo
DQO	Demanda química de oxígeno	pbc	policlorobifenilos
Depr	Depreciación del capital	PIF	Programa de Industrialización Fronteriza
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>	PM10	materia particulada con un diámetro menor ó igual a 10 micrómetros
FBKF	Formación bruta de capital fijo (inversión fija)	PST	partículas suspendidas totales
G	gasto de gobierno	SO <sub>2</sub>	bióxido de azufre
GWh	Gigawatts por hora	Subs	Subsidios
HC	Hidrocarburo	TC	Tasa de crecimiento
IMECA	Índice Metropolitano de la Calidad del Aire	Tax	Impuestos
km	Kilómetro	W	sueldos y salarios
km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado	NX	Exportaciones netas
l/s	litros por segundo	$\pi$	beneficios
M	Importaciones		
m <sup>3</sup> /seg	Metros cúbicos por segundo		
mm	Milímetro		
MW	Megawatts		
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno		

## GLOSARIO

Askarel. Aceite que se utiliza como enfriador de generadores eléctricos. Esta sustancia es poco reactiva e insoluble en agua. Los efectos más visibles en el hombre son: el cloracné, una infección grave de la piel; afecciones hepáticas y la depresión del sistema inmunológico. (Acevedo 1990).

Atmósfera. Mezcla de gases que rodea un objeto celeste (como la Tierra) cuando éste cuenta con un campo gravitatorio suficiente para impedir que escapen. La atmósfera terrestre está constituida principalmente por nitrógeno (78%) y oxígeno (21%). El 1% restante lo forman el argón (0,9%), el bióxido de carbono (0,03%), distintas proporciones de vapor de agua, y trazas de hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón. (Encarta 2000).

Basura. Ver Residuos sólidos.

Bien libre. Bien que en realidad no es escaso, y por lo tanto no tienen precio. (Bannock, Baxter y Rees 1995).

Bien público. Los bienes de los cuales no se puede abstener un individuo sin que todos los demás se abstengan, también se deben proporcionar en forma comunal. (Bannock, Baxter y Rees 1995).

Biodegradable. Capacidad de ser disociado por microorganismos. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).

Biósfera. Capa relativamente delgada de aire, tierra y agua capaz de dar sustento a la vida, que abarca desde unos 10 km de altitud en la atmósfera hasta el más profundo de los fondos oceánicos. En esta zona, la vida depende de la energía del Sol y de la circulación del calor y los nutrientes esenciales. La biosfera ha permanecido lo suficientemente estable a lo largo de cientos de millones de años como para permitir la evolución de las formas de vida que hoy conocemos. (Encarta 2000).

Bióxido de azufre. Gas incoloro que es el principal componente de la lluvia ácida. Se libera a la atmósfera en la combustión de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, siendo uno de los contaminantes más problemáticos del aire. Las mayores exposiciones ocurren en las cercanías de plantas eléctricas que usan carbón y cerca de fábricas que procesan minerales metálicos. Afecta principalmente a las vías respiratorias. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995 y Encarta 2000).

Bióxido de nitrógeno. Junto con el óxido nítrico, componen los óxidos de nitrógeno. Es un gas amarillo pardusco que da al *smog* su característico color café. Proviene principalmente de procesos de combustión y también contribuye a la lluvia ácida. Provoca fuertes irritaciones pulmonares en la salud humana. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).

- Calor. En física, transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo, o entre diferentes cuerpos, en virtud de una diferencia de temperatura. El calor es energía en tránsito; siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que eleva la temperatura de la segunda y reduce la de la primera, siempre que el volumen de los cuerpos se mantenga constante. La energía no fluye desde un objeto de temperatura baja a un objeto de temperatura alta si no se realiza trabajo. (Encarta 2000).
- Ciencia. (En latín *scientia*, de *scire*, ‘conocer’), término que en su sentido más amplio se emplea para referirse al conocimiento sistematizado en cualquier campo, pero que suele aplicarse sobre todo a la organización de la experiencia sensorial objetivamente verificable. La búsqueda de conocimiento en ese contexto se conoce como ‘ciencia pura’. (Encarta 2000)
- Combustibles fósiles. Combustibles fósiles, sustancias ricas en energía que se han formado a partir de plantas y microorganismos enterrados durante mucho tiempo. Los combustibles fósiles, que incluyen el petróleo, el carbón y el gas natural, proporcionan la mayor parte de la energía que mueve la moderna sociedad industrial. La gasolina o el diesel que utilizan nuestros automóviles, el carbón que mueve muchas plantas eléctricas y el gas natural que calienta nuestras casas son todos combustibles fósiles. (Encarta 2000).
- Combustión. Proceso de la oxidación rápida de una sustancia, acompañado de un aumento de calor y frecuentemente de luz. En el caso de los combustibles comunes, el proceso consiste en una combinación química con el oxígeno de la atmósfera que lleva a la formación de bióxido de carbono, monóxido de carbono y agua, junto con otros productos como bióxido de azufre, que proceden de los componentes menores del combustible. El término combustión, también engloba el concepto de oxidación en sentido amplio. (Encarta 2000).
- Contaminación. Impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. (Encarta 2000).
- Cuenca hidrológica. Área de la superficie terrestre drenada por un único sistema fluvial. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales. El tamaño y forma de una cuenca viene determinado generalmente por las condiciones geológicas del terreno. El patrón y densidad de las corrientes y ríos que drenan este territorio no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo, la vegetación y, cada vez en mayor medida, de las repercusiones de la acción humana en el medio ambiente de la cuenca. (Encarta 2000)
- Demanda bioquímica de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia



orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. Indica la capacidad de polución de un afluente expresada por el consumo de oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en el propio afluente. Se parte, para ello, de la capacidad autodepurativa del agua, conferida por los propios microorganismos. La demanda bioquímica de oxígeno se mide como la masa (en miligramos) de oxígeno utilizado por un litro de muestra del afluente incubado a 20 °C durante un periodo de cinco días. Suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. (Encarta 2000).

**Demanda química de oxígeno.** Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en bióxido de carbono y agua. El valor de la demanda química de oxígeno es siempre superior al de la demanda bioquímica de oxígeno porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La demanda química de oxígeno se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. (Encarta 2000).

**Ecología.** Estudio de la relación entre los organismos y su medio ambiente físico y biológico. El medio ambiente físico incluye la luz y el calor o radiación solar, la humedad, el viento, el oxígeno, el dióxido de carbono y los nutrientes del suelo, el agua y la atmósfera. El medio ambiente biológico está formado por los organismos vivos, principalmente plantas y animales. El término *ecología* fue acuñado por el biólogo alemán Ernst Heinrich Haeckel en 1869; deriva del griego *oikos* (hogar) y comparte su raíz con economía. Es decir, ecología significa el estudio de la economía de la naturaleza. (Encarta 2000).

**Ecosistema.** Sistema dinámico relativamente autónomo formado por una comunidad natural y su medio ambiente físico. Término acuñado en 1935 por el ecólogo vegetal sir Arthur George Tansley para realzar el concepto de que cada hábitat es un todo integrado. Las partes fundamentales de un ecosistema son los productores (plantas verdes), los consumidores (herbívoros y carnívoros), los organismos responsables de la descomposición (hongos y bacterias), y el componente no viviente o abiótico, formado por materia orgánica muerta y nutrientes presentes en el suelo y el agua. Las entradas al ecosistema son energía solar, agua, oxígeno, bióxido de carbono, nitrógeno y otros elementos y compuestos. Las salidas del ecosistema incluyen el calor producido por la respiración, agua, oxígeno, bióxido de carbono y nutrientes. La fuerza impulsora fundamental es la energía solar. (Encarta 2000).

**Equilibrio.** Estado de un sistema cuya configuración o propiedades no cambian a lo largo del tiempo. Por ejemplo, si se introduce una moneda caliente en un vaso de agua fría, el sistema formado por el agua y la moneda alcanzará el equilibrio térmico cuando ambos estén a la misma temperatura. En ese punto, las propiedades del sistema (es decir, la temperatura del agua y de la moneda) no cambian a lo largo del tiempo. En

mecánica, un sistema está en equilibrio cuando la fuerza total o resultante que actúa sobre un cuerpo y el momento resultante son nulos. (Encarta 2000).

Equilibrio estático. Equilibrio que cuando se logra, no cambia a través del tiempo. Los valores de las variables en esa posición de equilibrio continúan vigentes todo el tiempo. (Bannock, Baxter y Rees 1995).

Energía. Capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. (Encarta 2000)

Entropía. Propiedad termodinámica de un sistema que mide la energía no disponible. Es utilizada para medir las diferencias en orden en un sistema. Cuando en dicho sistema se tiene un sistema con baja entropía, existe un alto potencial de hacer trabajo y viceversa cuando el sistema cuenta con alta entropía. Debido a estas características se puede inferir la proximidad al equilibrio térmico. La entropía (enunciada por primera vez por Clausius), estima lo cerca que está un sistema del equilibrio, es decir, del desorden interno perfecto. (Ruth 1993 y Encarta 2000).

Erosión. Proceso natural de naturaleza física y química que desgasta y destruye continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la vida vegetal y animal. (Encarta 2000).

Estuario. Área costera semicerrada donde las aguas saladas se mezclan con el agua dulce de los ríos. La vida en el estuario está marcada por la salinidad, que disminuye desde el mar abierto hasta las desembocaduras de los ríos. (Encarta 2000).

Externalidad. Los efectos positivos ó negativos de una decisión sobre una persona que no participa voluntariamente en la decisión. (Call y Holahan 1985).

Física. Ciencia que se ocupa de los componentes fundamentales del Universo, de las fuerzas que éstos ejercen entre sí y de los efectos de dichas fuerzas. (Encarta 2000).

Fósforo. Es un elemento no metálico reactivo, fundamental en los organismos vivos y con múltiples aplicaciones industriales. (Encarta 2000).

Hidrocarburo. Es una familia de compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. (Encarta 2000).

Índice Metropolitano de la Calidad del Aire. Es un índice utilizado por las autoridades ambientales mexicanas que refleja la contaminación atmosférica presente en un área. Se basa en la utilización de funciones lineales segmentadas de seis contaminantes; monóxido de carbono, ozono, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales, partículas suspendidas de fracción respirable y bióxido de azufre, que se agrupan en

- niveles a través del desarrollo de puntos de quiebre que significan pasar de un rango a otro, en función de estándares de calidad del aire. (INE y CENICA 1997).
- Industria. Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. (Encarta 2000).
- Ingeniería. Término aplicado a la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y la física, alcanzado con estudio, experiencia y práctica, se aplica a la utilización eficaz de los materiales y las fuerzas de la naturaleza. (Encarta 2000).
- Inorgánico. Que no es de origen biológico. Generalmente se trata de una sustancia cuyo contenido de carbono no es significativo. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).
- Inversión térmica. Condición de la baja atmósfera en que se reduce el ritmo normal de reducción de temperatura respecto al aumento de altitud; esto impide que las corrientes de aire se eleven normalmente, y por ello los contaminantes se acumulan en una capa de aire estancada sobre el suelo. Las inversiones térmicas actúan como tapaderas que frenan los movimientos ascendentes de la atmósfera. En efecto, el aire no puede elevarse en una zona de inversión, puesto que es más frío y, por tanto, más denso en la zona inferior, en tanto que la capa superior tiene aire caliente. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995 y Encarta 2000).
- Manto freático. Reserva de agua subterránea, que generalmente permea rocas porosas. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).
- Masa. Propiedad intrínseca de un cuerpo, que mide su inercia, es decir, la resistencia del cuerpo a cambiar su movimiento. (Encarta 2000).
- Materia. En ciencia, término general que se aplica a todo lo que ocupa espacio y posee los atributos de gravedad e inercia. (Encarta 2000).
- Mecánica. Rama de la física que se ocupa del movimiento de los objetos y de su respuesta a las fuerzas. Las descripciones modernas del movimiento comienzan con una definición cuidadosa de magnitudes como el desplazamiento, el tiempo, la velocidad, la aceleración, la masa y la fuerza. (Encarta 2000).
- Metales pesados. Aquellos metales cuyas densidades son cuando menos cinco veces mayores que el agua, como el cadmio, plomo y mercurio. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).
- Monóxido de carbono. Compuesto químico de carbono y oxígeno. Es un gas incoloro e inodoro, un 3% más ligero que el aire, que resulta venenoso para los animales de sangre caliente y muchas otras formas de vida. Es emitido por el tabaquismo, los escapes de automóviles y otras fuentes de combustión. Al ser inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre impidiendo la absorción de oxígeno y produciendo asfixia. El monóxido de carbono se forma al quemar carbono o sustancias compuestas de

carbono con una cantidad insuficiente de aire (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995 y Encarta 2000).

Nitrógeno (N). Elemento gaseoso que compone la mayor parte de la atmósfera terrestre. El nitrógeno es un gas no tóxico, incoloro, inodoro e insípido. (Encarta 2000).

Orgánico. De origen biológico. Que contiene una alta proporción de átomos de carbono. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).

Oxígeno. Elemento gaseoso ligeramente magnético, incoloro, inodoro e insípido. El oxígeno es el elemento más abundante en la Tierra, constituye el 21% en volumen o el 23,15% en masa de la atmósfera, el 85,8% en masa de los océanos (el agua pura contiene un 88,8% de oxígeno), el 46,7% en masa de la corteza terrestre (como componente de la mayoría de las rocas y minerales). El oxígeno representa un 60% del cuerpo humano. Se encuentra en todos los tejidos vivos. Casi todas las plantas y animales, incluyendo los seres humanos, requieren oxígeno, ya sea en estado libre o combinado, para mantenerse con vida. Forma compuestos llamados óxidos con casi todos los elementos y la reacción química en la cual se forma el óxido se llama oxidación. La combustión ordinaria es una forma de oxidación muy rápida. (Encarta 2000).

Ozono. Gas azul pálido de olor fuerte y altamente venenoso. Es vital en la alta atmósfera para evitar el paso de los rayos ultravioleta, pero en la baja atmósfera provoca daños a la salud humana y al ambiente. Se forma mediante la reacción química (conocida como *fotoquímica*) de compuestos orgánicos volátiles y bióxido de nitrógeno en presencia de luz solar. El ozono se denomina oxidante y produce efectos tóxicos porque fácilmente quita electrones a otras moléculas, iniciando con esto reacciones en cadena y perturbando estructuras vitales en las células. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).

Partículas suspendidas Totales. Es un término general empleado para describir una variedad de sustancias que existen como partículas diferenciadas, ya sea como minúsculas gotas de líquido ó materia sólida. Las partículas suspendidas pueden ser consideradas como el más peligroso de los contaminantes del aire porque incluye materiales cancerígenos como asbesto y humo de tabaco, y porque casi siempre empeora los efectos contaminantes gaseosos (como el bióxido de azufre). Actualmente la medida más empleada es la materia particulada con un diámetro menor ó igual a 10 micrómetros. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).

Plomo. Elemento metálico, denso, de color gris azulado. Una gran parte del plomo se emplea en pinturas y pigmentos y es liberado al aire por la combustión de gasolina y desechos sólidos. El plomo ingerido en cualquiera de sus formas es altamente tóxico. Sus efectos suelen sentirse después de haberse acumulado en los huesos durante un periodo de tiempo. Los síntomas de envenenamiento son anemia, debilidad, estreñimiento y parálisis en muñecas y tobillos. El plomo puede producir disminución de la inteligencia, retraso en el desarrollo motor, deterioro de la

memoria y problemas de audición y equilibrio. En adultos, el plomo puede aumentar la presión sanguínea. (Encarta 2000).

Polución. Ver Contaminación.

Recurso natural. Cualquier forma de materia o energía que existe de modo natural y que puede ser utilizada por el ser humano. (Encarta 2000).

Residuos peligrosos. Es todo aquel residuo que por sus características corrosivas, radioactivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas, irritantes, ó alérgicas representan un peligro para la población, el ambiente ó la ecología. Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, éteres, amianto, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor. Las actividades principales que generan este tipo de residuos son la minería, la energía nuclear y la industria en general (papelera, química o siderúrgica, entre otras). Los sistemas básicos de gestión de los residuos tóxicos y peligrosos son: la incineración, el tratamiento físico-químico, el depósito de seguridad y la recuperación. (Ortíz 1987 y Encarta 2000).

Residuos sólidos. Facción de los materiales de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo, que no se presentan en estado líquido o gaseoso. Se separan en cuatro categorías: residuos agrícolas, industriales, comerciales y domésticos. Los residuos comerciales y domésticos suelen ser materiales orgánicos, ya sean combustibles, como papel, madera y tela, o no combustibles, como metales, vidrio y cerámica. Los residuos industriales pueden ser cenizas procedentes de combustibles sólidos, escombros de la demolición de edificios, materias químicas, pinturas y escoria; los residuos agrícolas suelen ser estiércol de animales y restos de la cosecha. (Encarta 2000).

Sistema. Es un conjunto de partes interdependientes que funcionan como una unidad y requiere de entradas y salidas. Está definido en espacio y tiempo y es separado de su ambiente por fronteras de sistema. Un sistema es llamado *aislado* cuando ni energía ni materia cruzan las fronteras, y *cerrado* cuando sólo la energía cruza las fronteras. (Encarta 2000 y Ruth 1993).

Sólidos suspendidos y sedimentables. Los sólidos sedimentables son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral. (Encarta 2000).

Suelo. Cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica. (Encarta 2000).

Termodinámica. Campo de la física que describe y relaciona las propiedades físicas de sistemas de materia y energía, con referencia en la conservación de la cantidad y el cambio en calidad de materia y energía en un sistema. Los principios de la termodinámica tienen una importancia fundamental para todas las ramas de la ciencia y la ingeniería. Alcanzó pleno desarrollo en el siglo XIX. Un concepto esencial de la termodinámica es el de sistema macroscópico, que se define como un conjunto de materia que se puede aislar espacialmente y que coexiste con un entorno infinito e imperturbable.

Primera ley. A mediados del siglo XIX, el físico alemán Hermann Ludwig von Helmholtz y el matemático y físico británico lord Kelvin explicaron la equivalencia entre calor y trabajo. Si la energía interna no varía, la cantidad de trabajo realizado sobre un sistema debe ser igual al calor desprendido por el mismo. Es decir, en un sistema determinado la energía no puede ser creada ni destruida.

Segunda ley. Del segundo principio se deduce que, en un sistema aislado (en el que no existen interacciones con el entorno), las partes internas que se encuentran a temperaturas distintas siempre tienden a igualar sus temperaturas y alcanzar así el equilibrio. La entropía de un sistema aislado, y del Universo en su conjunto, sólo puede aumentar, y cuando se alcanza finalmente el equilibrio ya no son posibles cambios internos de ningún tipo. (Encarta 2000 y Ruth 1993)

Topografía. Representación de los elementos naturales y humanos de la superficie terrestre. Esta ciencia determina los procedimientos que se siguen para poder representar esos elementos en los mapas y cartas geográficas. (Encarta 2000).

Tratamiento biológico en planta de tratamiento de aguas residuales.

Primario. Se eliminan los desechos sólidos ó suspendidos en el agua contaminada mediante filtración y precipitación.

Secundario. Se usan procesos biológicos, especialmente transformaciones bacterianas para acelerar la descomposición de desechos orgánicos en aguas contaminadas.

Terciario. Se usan una gran variedad de técnicas químicas, físicas y biológicas para eliminar materia orgánica, nitrógeno, fósforo y metales de las aguas negras. (Harte, Holdren, Schneider y Shirley 1995).

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge por mi inquietud de hacer Economía Aplicada y por el deseo de llevar a cabo un estudio con propuestas en la solución de los problemas de la región.

La ciudad de Tijuana, es un caso de estudio interesante pero representa un reto al análisis dada la complejidad de sus problemas. Sin duda alguna, entre los más destacados, esta la problemática ambiental.

El crecimiento económico de las últimas dos décadas, ha venido acompañado de una urbanización desordenada y de un amplio crecimiento demográfico, elementos que han generado problemas al ambiente natural local; entre otras cosas, debido al mal uso de los recursos naturales, lo cual, ha provocado contaminación en la región.

Los efectos en la sociedad de este mal uso, y por lo tanto de la contaminación, se presentan de diversas formas, entre las que podríamos mencionar: la escasez de agua potable, enfermedades gastrointestinales y en vías respiratorias, insuficiencia en la recolección de basura, derrumbes y deslaves de laderas erosionadas que afectan a viviendas e industrias, disposición de desechos peligrosos al aire libre, entre otros.

A partir de esto nos podríamos preguntar ¿Cuáles son los principales sectores contaminantes? ¿Cómo afectan las actividades económicas a la extracción y uso de los recursos naturales? ¿Y en qué medida dependen las emisiones contaminantes de las actividades económicas?



De ahí que resulte importante tener conocimiento de cuáles son y cómo interactúan las actividades económicas con el ambiente local. Lo cual nos puede permitir tener un panorama más integral de la situación y de las implicaciones entre el sistema económico y el ambiental, de cualquier tipo de política que se quiera ejercer.

El objetivo que persigue esta tesis es:

Identificar las interrelaciones más importantes que se dan entre el sistema económico y el ambiental de Tijuana y estimar los impactos que tienen las actividades económicas sobre el ambiente local.

Para lograr este objetivo, se utilizará la metodología Insumo-Producto que nos representa un esquema de interrelaciones en términos de flujos, lo cual enriquecerá la integración de ambos sistemas a analizar.

El presente trabajo se divide en seis capítulos, en el primero se presentan las características generales de la ciudad de Tijuana, en el segundo se describe el sector ambiental en Tijuana en función de cada recurso natural, en el tercero, se establece el marco teórico que guía a este trabajo, en el cuarto se desarrolla el modelo de Insumo-Producto Ambiental para Tijuana, en el quinto se presentan los resultados, y en el último las conclusiones.

CAPÍTULO 1  
TIJUANA Y LA REGION

## 1.1. Características generales

El municipio de Tijuana constituye la esquina septentrional de la República Mexicana, limitada al norte con Estados Unidos (condado de San Diego), al oeste con el Océano Pacífico, al este con el municipio de Tecate y al sur con el de Playas de Rosarito<sup>1</sup>.

La extensión del municipio es de 1,229 km<sup>2</sup>, de los cuales la mancha urbana actual abarca aproximadamente 249.03 km<sup>2</sup>. Según las autoridades municipales del XIV Ayuntamiento, para el año 2013 se estima que se necesitarán otros 205 km<sup>2</sup> para abastecer la creciente demanda, además comparte 230 km. de frontera con el estado de California. (XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995; GEBC 2000).

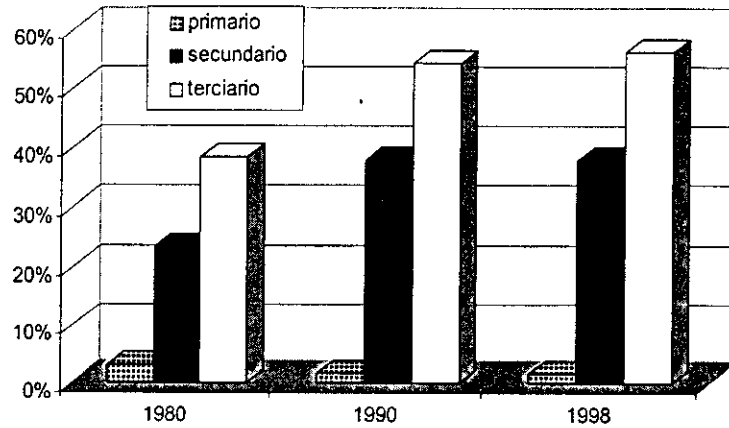
Su clima es seco mediterráneo templado, la precipitación media anual es de 200-300 mm, los vientos dominantes en temporadas frías son vientos polares del noroeste con aires húmedos del oeste y en verano, el municipio se encuentra cubierto por una zona anticiclónica. (Nolasco 1992: 26).

La economía de la ciudad esta basada en la industria y en el sector servicios. En la siguiente gráfica podemos observar el desarrollo de la Población Económicamente Activa (PEA) en los años recientes.

---

<sup>1</sup> Formado como municipio en 1995

Gráfica 1.1.  
Distribución porcentual de la PEA en Tijuana por sector<sup>2</sup>



Fuente: Agenda de la Economía de Baja California, GEBC-SDE (1999)

La economía de la ciudad, además se encuentra muy vinculada con la ciudad de San Diego, debido a que las transacciones fronterizas contribuyen en buena medida en el Producto Interno Bruto (PIB) municipal y en el valor agregado de la industria maquiladora. (Nolasco 1992: 30-31).

Respecto al sector primario, podemos mencionar que se registra muy poca actividad; para 1991, Tijuana representaba el 9% del total del estado de la superficie con actividad agropecuaria ó forestal, de la cual sólo el 0.2% de la superficie dedicada a la agricultura era de riego y el resto era de temporal. (INEGI, GEBC y HACT 1997: 83).

## 1.2. Tijuana y San Diego.

Ambas ciudades forman una de las regiones más grandes y dinámicas de la frontera México - Estados Unidos. El vínculo económico se da a diferentes escalas, entre las que destacan el comercio industrial, ventas al mayoreo y menudeo de negocios, y el empleo. Los impactos de estas actividades a uno y otro lado de la frontera son importantes.

Obviamente, también existen graves problemas compartidos, que en su mayoría se refieren a cuestiones ambientales. En términos hidrológicos y atmosféricos Tijuana y San Diego comparten la misma cuenca natural, y por lo tanto las acciones de uno impactan al otro. No obstante lo anterior, para los objetivos y alcances de este trabajo, sólo se trabajará con la relación económico-ambiental de Tijuana, dado que el análisis regional que incluye a ambas ciudades llevaría una gran demanda de datos, tiempo, recursos, análisis y establecimiento de contactos con las fuentes de información americanas.

---

<sup>2</sup> Incluye al municipio de Rosarito.

## CAPÍTULO 2

### TIJUANA, SU ECONOMÍA Y SUS RECURSOS NATURALES

## 2.1. Tendencias económicas y demográficas en Tijuana y sus efectos en el Ambiente

### 2.1.1. El desarrollo histórico de la economía en Tijuana

El municipio de Tijuana se crea oficialmente en el año de 1888<sup>3</sup>, y durante sus primeros años continúa con su estrecha relación económica con San Diego. El desarrollo del sector turístico fue hasta principios de siglo XX su actividad principal, pero fue a partir de la declaración de la región como Zona Libre en 1933 cuando Tijuana creció en términos económicos, destacándose el desarrollo del sector servicios.

Sin embargo, para finales de la década de los cincuenta, debido a la finalización del programa "Bracero"<sup>4</sup> en los Estados Unidos, muchos mexicanos optan por quedarse en la frontera, lo cual ocasionó un gran problema urbano, dado que las ciudades fronterizas no contaban con la infraestructura necesaria para absorber todo ese flujo de personas. Uno de los obvios problemas era el desempleo, el cual fue atendido por las autoridades federales a través de la creación del Programa de Industrialización de la Frontera (PIF) en el año de 1965; es así como se implanta el esquema de la industria maquiladora, el cual ha propiciado en los últimos 30 años un crecimiento económico muy acelerado en el sector industrial, lo que a su vez ha atraído importantes flujos migratorios de diversas regiones del país.

---

<sup>3</sup> Aunque su fundación se establece el 11 de julio de 1889 con el reconocimiento legal a los derechos de propiedad de la familia Argüello y Olvera para poder fraccionar y vender su rancho, y con la aprobación del plano de la futura ciudad. (Barrón 1992)

<sup>4</sup> Inició en 1943 y concluyó en 1964 (XV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1997: 7-8). Consistió en brindar trabajo temporal a los migrantes en labores agrícolas y urbanas que eran indispensables para el sostenimiento de la economía americana mientras los ciudadanos de los Estados Unidos estaban en la Guerra.

El éxito del PIF en términos de empleo e ingresos en general para la franja norte del país es innegable, y para el caso de Tijuana no es la excepción sino el mejor ejemplo. Sin embargo, los ciudadanos que se quedaron y los nuevos que emigraron hacia esta ciudad (ya sea como migrantes intermitentes que buscan pasar al lado norteamericano ó que llegaron a establecerse en la ciudad) han provocado el crecimiento de la mancha urbana de una manera muy desordenada a lo largo del cauce del río Tijuana.

#### 2.1.2. Las particularidades de la economía en Tijuana.

La economía presenta un dinamismo propio con dos ejes principales. Por un lado, una industria próspera representada por la industria maquiladora que es generadora de empleos, que son un atractivo para la Inversión en términos de bajos costos. En este caso, la Inversión extranjera representa un monto considerable en los ingresos municipales, aunque hay debate respecto a la transferencia de tecnología y a la retención de las ganancias que no genera el esquema de la maquila. (Gerber 1999).

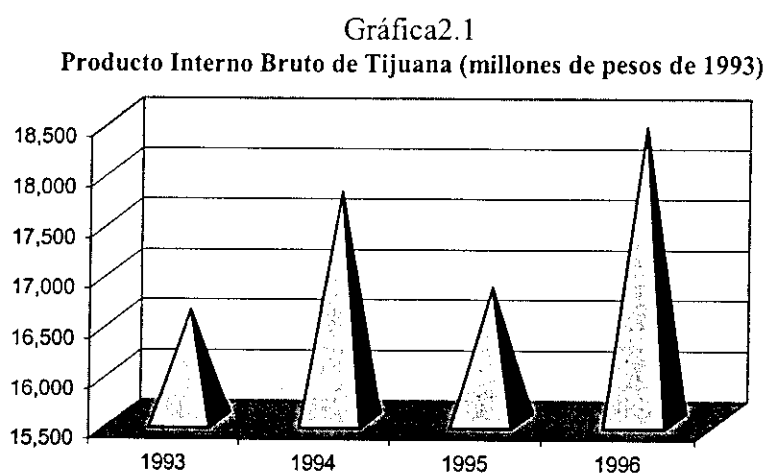
En diciembre de 1999 se reportaron 742 empresas maquiladoras en Tijuana que ofrecen empleo a 168,461 personas. (GEBC - SDE 2000). Además para el año de 1998 se exportaron 8,569.8 millones de dólares (mdd) y se importaron insumos por un valor de 6,870.2 mdd, generándose 1,699.6 mdd de valor agregado (GEBC-SDE 1999).

Por otro lado, existe una relación cercana con la economía de San Diego, que incluye a personas que trabajan en San Diego y viven en Tijuana, y a ejecutivos extranjeros



que trabajan en Tijuana y viven en San Diego, además de los turistas en ambos lados. El impacto en los comercios y servicios del gasto regular de estos grupos es importante (Gerber 1998; Ganster 1999).

Estos factores han impulsado el crecimiento del Producto Interno Bruto Regional, como podemos ver en la siguiente gráfica.



Fuente: GEBC-SDE (1999: 10)

De esta manera la economía de la ciudad se desarrolla, bajo las características propias de una urbe fronteriza con los Estados Unidos. Sin embargo, los impactos negativos que se generan debido a esta dinámica económica son diversos e importantes, destacando por su importancia los demográficos y los ambientales.

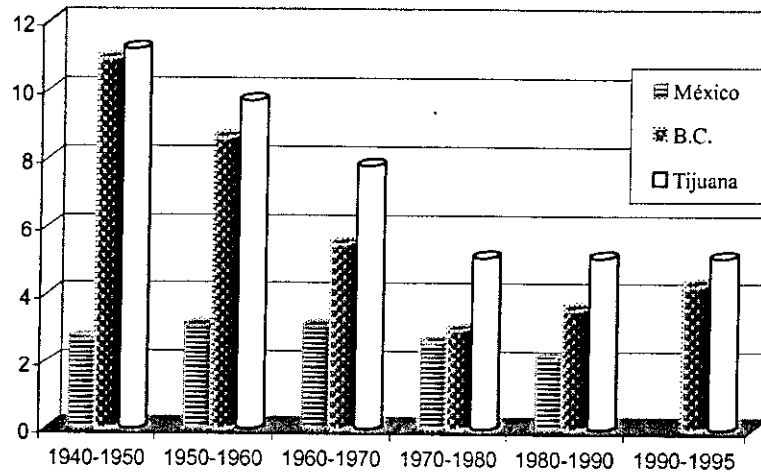
### 2.1.3. El crecimiento económico como atrayente de flujos migratorios

La frontera con San Diego, y la proximidad con la ciudad de Los Angeles hace que Tijuana sea un punto de cruce muy atractivo en términos migratorios (aunque también muy difícil dada la estrecha vigilancia de la patrulla fronteriza). Al mismo tiempo, Tijuana se ha convertido en un punto de inversión extranjera estratégico en la región que ha permitido la expansión del empleo y de la economía de la ciudad. Estos factores han atraído importantes flujos de población a la ciudad durante muchos años, lo cual ha generado una creciente demanda por servicios básicos de agua potable, luz, alcantarillado, recolección de basura, vialidades, etc.

Al respecto, los datos que proporciona el XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1995), nos dicen que en los últimos treinta años Tijuana ha crecido de manera explosiva, siguiendo la tendencia de las ciudades medias del país. En este periodo la ciudad pasó de la catalogación *urbana* a la de *metropolitana* debido a que la población se multiplicó varias veces y la mancha urbana creció en forma acelerada.

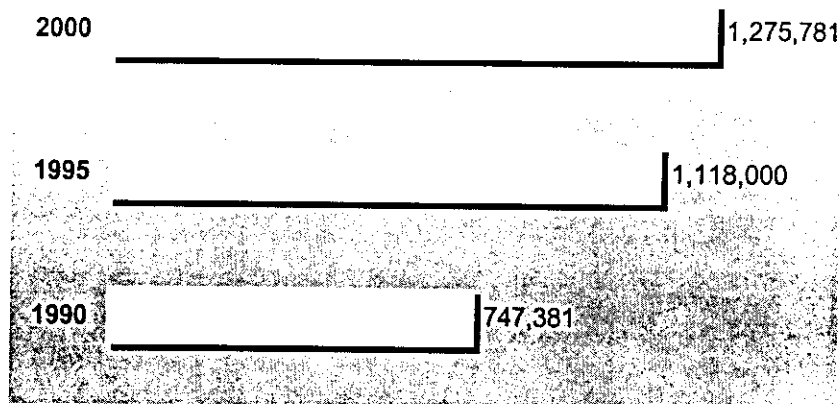
Se pudo observar que durante el periodo 1970-1990 la población de Tijuana creció en promedio 3.8% anualmente en tanto que el Estado y el país crecieron en 3.1% y 2.5% respectivamente (XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995). Tijuana tan solo necesitó 18 años para duplicar su número de habitantes, en tanto que el país entero lo hizo en 28.

Gráfica 2.2  
 Tasas de crecimiento de la población 1940-1990



Fuente: CONEPO. Algunos aspectos sociodemográficos de Baja California, migración, vivienda, marginalidad 1993. Mexicali, 1993, p. 27. (en XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995).

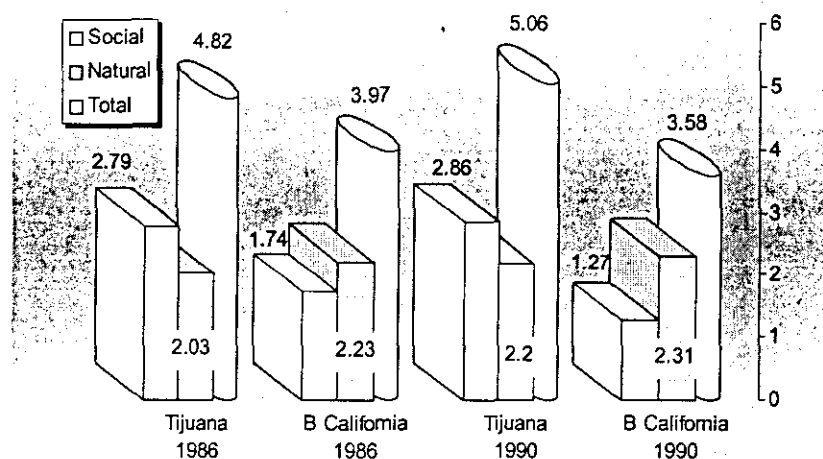
Gráfica 2.3  
 Estimación de la población total de la ciudad de Tijuana



Fuente: INEGI/CONEPO. (en XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995). El dato del año 2000 es actual conforme al censo de población y vivienda 2000 e incluye a los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito. ([www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx))

Las altas tasas de crecimiento demográfico también se han visto impulsadas principalmente por el aumento en los flujos migratorios (crecimiento social), como lo muestra la gráfica 2.3.

Gráfica 2.4  
Tasa de crecimiento de la población en Tijuana y el Estado %.



Fuente: Norris. C. Clement y Eduardo Zepeda, San Diego-Tijuana in transition: A Regional Analysis. San Diego Institute for Regional Studies of the California's, San Diego State University 1993, p. 67 y CONEPO (en XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995).

Actualmente, según las estimaciones, la población de Tijuana está en un punto en el cual el volumen de inmigrantes ya es equiparable al de los nacimientos locales (Crecimiento Natural). (XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995) y el peso de la economía Tijuana en el Estado es mucha, actualmente su participación relativa es de 48.73% según el censo de población y vivienda del 2000.

Según el gobierno del Estado de Baja California, en Tijuana se concentra el 34% de la población fronteriza a lo largo de los 3 mil km de toda la frontera con Estados Unidos y alberga al 44% de la población que habita en los 6 pares de ciudades fronterizas más importantes entre los dos países. (GEBC 2000)

#### 2.1.4 Las repercusiones sobre el ambiente del crecimiento económico y de los flujos migratorios .

La ciudad de Tijuana es una de las ciudades fronterizas con mayor crecimiento económico y demográfico en el país. Esta tendencia ha obedecido a factores económicos que no han permitido una correcta planeación del trazo urbano. Esta dinámica es sin duda alguna, una fuente de presión sobre los recursos naturales de Tijuana.<sup>5</sup>

En opinión de algunos expertos es necesario un control del crecimiento demográfico para apoyar la sustentabilidad de los activos ambientales (Belratti 1996: 28; Clayton y Radcliffe 1996: 75), lo cual ha resultado particularmente difícil en el caso de Tijuana. La falta de planeación (por ejemplo en la asignación de espacios para vivienda, industrias, hospitales, etc.) en la aplicación del PIF ha orillado a que la ciudad tenga un crecimiento desordenado con efectos negativos en salud pública, vivienda, ambiente natural, etc. muy palpables. (Sánchez 1999: 27)

En palabras del profesor Booth:

“El cambio tecnológico, la innovación y la búsqueda de riqueza resultan en la creación de nuevas industrias de alto crecimiento, requeridas para la expansión económica; estas mismas industrias de alto crecimiento dan pie al cambio ambiental y se resisten a los esfuerzos regulatorios para limitar tal cambio; consecuentemente, las fuerzas económicas esenciales para el crecimiento económico son responsables de los problemas ambientales” (Booth 1988: 1).

---

<sup>5</sup> De aquí en adelante al referirnos a recursos solamente estaremos refiriéndonos a los recursos naturales.

El crecimiento de la ciudad tanto en número de habitantes, como en número de industrias y servicios crean presiones al ecosistema regional en diversas formas. La demanda de servicios públicos como agua potable y transporte público se incrementa, haciéndolo de igual manera el volumen de descargas de aguas residuales y emisiones contaminantes al aire. Por otro lado, la disposición de desechos sólidos se empieza a convertir en un problema al no contarse con estrategias de reciclaje y áreas diseñadas para el almacenamiento de dichos desechos, etc.

Ante esta situación los niveles de calidad de vida se deterioran en la medida que se da un crecimiento urbano desorganizado. Después del año 1940, la ciudad se desarrolló de forma desordenada a lo largo de los adyacentes al Río Tijuana apareciendo entonces asentamientos humanos irregulares, actividades industriales no regularizadas y zonas comerciales sin control legal y no es sino hasta 1990 cuando el Plan de Desarrollo Urbano (publicado en 1985) aparece como un instrumento de ordenamiento urbano, luego de casi un siglo de crecimiento sin planeación urbana. Estas deficiencias, aunadas al rápido crecimiento citadino y poblacional, han tenido un efecto muy importante en la ecología de la ciudad.

Si a esta situación le añadimos que Tijuana cuenta con condiciones topográficas muy abruptas caracterizadas por cañadas, laderas y cerros, y poco espacio de valles y planicies, podemos entonces entender la dificultad que representa cubrir la demanda anteriormente señalada y la dificultad de controlar tiraderos clandestinos, escurrimientos de

aguas negras, erosión, etc., que se evidencian en este trabajo como un problema serio, pero que rebasa las posibilidades de ser contabilizado y por lo tanto incluido.

Pero el problema de contaminación en la ciudad no se limita a lo anterior, también las actividades formales representan fuentes importantes de emisiones contaminantes al ambiente. En el caso del sector transporte, las emisiones a la atmósfera aportan un gran porcentaje de la contaminación por CO y NO<sub>x</sub>. En el caso de las aguas residuales, la descarga de grasas y aceites, metales pesados y sustancias químicas peligrosas son un problema grave en Tijuana debido a que estas sustancias elevan la demanda bioquímica y química de oxígeno dificultando su degradación biológica, pudiendo provocar impactos negativos en la salud humana.

La disposición de basura es otro problema sin mucho control, en especial debido a la problemática de la ubicación de desechos peligrosos que muchas veces son abandonados a la intemperie sin ningún tipo de cuidado. Y en lo referente a la erosión, el crecimiento de la mancha urbana ocasiona el corte y aplanamiento de cerros, ó asentamientos irregulares que erosionan al suelo. (Álvarez y Castillo 1990: 36; Sánchez 1999: 30).

De esta manera podemos ver de forma general como la relación entre la economía y el ambiente es compleja y de difícil manejo. En general estos son algunos de los elementos que trataremos a mayor detalle posteriormente.

Resulta entonces necesaria una estrategia de crecimiento más sustentable, y para poder diseñarla, necesitamos de un mejor conocimiento de las interrelaciones Ambiente-

Economía, que nos permitan entender mejor los flujos existentes entre ambos sistemas y así diseñar estrategias regionales con criterios más sustentables.

En opinión del XIV Ayuntamiento de Tijuana, “... un estudio ecológico completo de la ciudad de Tijuana... es ya una necesidad urgente” (XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995: 123).

En este sentido, el trabajo que aquí se presenta, permitirá ampliar el conocimiento de las relaciones ambiente-economía en la ciudad de Tijuana.



## 2.2 El agua y la economía en Tijuana

A este importante recurso lo analizaremos desde dos enfoques: como insumo en la economía y como producto residual de las actividades económicas de regreso al ambiente.

### 2.2.1 El agua como insumo

La ciudad de Tijuana esta ubicada en una zona que es altamente carente de agua, históricamente los requerimientos de la ciudad han ido agotando las fuentes cercanas de abasto que eran unos cuantos arroyos y algunos pozos. Poco a poco se fue buscando el recurso a mayores distancias pasando desde Rosarito, La Gloria, hasta lo que fue la construcción de la presa Abelardo L Rodríguez, y la obra más importante que abastece hasta el día de hoy a la ciudad que es el acueducto río Colorado-Tijuana. (Paredes 1989; Tapia 1989).

Como podemos imaginarnos el agua, al ser un elemento escaso, es al mismo tiempo muy valioso, tanto en términos sociales como en términos de costos debido a la gran distancia de donde se obtiene.<sup>6</sup> El gobierno del Estado de Baja California, hizo uso del derecho internacional que tiene México al uso de un porcentaje anual de las aguas del río Colorado dado que dicho río cruza por varios estados de la Unión Americana y desemboca en el Mar de Cortés del lado mexicano.

---

<sup>6</sup> Para 1989 las fuentes de abastecimiento de agua a Tijuana era en un 84% el río Colorado, en un 10% los pozos del río Tijuana y en un 6% el acuífero Misión. (Becerra 1989: 67)

Existen varias plantas de bombeo que hacen llegar el agua a 300 l/s. Sin embargo, debido al surgimiento de varios asentamientos irregulares a un promedio constante, no se otorga este servicio a toda la población, entre otras cosas debido a la dificultad de trasladar el recurso a través de acueductos en medio de una orografía muy irregular, para 1995 "sólo un 68.8% de la población de Tijuana estaba conectada al sistema de agua potable de la ciudad" (Sánchez 1999: 32). El desperdicio de agua, que llega a ser de casi 30% del agua destinada al consumo, se debe a fugas ó tomas clandestinas en el sistema, lo cual es un problema constante que se tiene que resolver por parte de la autoridad correspondiente (Sánchez 1999: pie de página no. 30)

Según información oficial, el acueducto actual tiene asegurado el abastecimiento hasta el año 2002, por lo cual se planea invertir en la construcción de un segundo acueducto Colorado-Tijuana II. No obstante esto; se proyecta que para el 2010 Tijuana demande la mitad del agua del estado, por lo que será necesario buscar nuevas fuentes de abastecimiento. La capacidad actual da abasto es para 1,105,391 personas, que representan el 90% de la población. Se calcula que las familias sin agua potable por tuberías son de 30,000 y la cobertura de drenaje en la ciudad es del 60%. (Plan de Desarrollo Institucional 1996-2001 CESPT, citado en GEBC 2000)

## 2.2.2. El agua como producto. Las aguas residuales y la contaminación de varios cuerpos receptores.

Luego de ser utilizada, el agua es desechada a través del drenaje ó en su defecto directamente a cuerpos de agua al aire libre. Por consiguiente, es difícil establecer un control al respecto.

Existen varios cuerpos receptores que los podemos agrupar en dos: el sistema de drenaje de la ciudad de Tijuana y el Río Tijuana. Del primero nos ocuparemos más adelante. Hablando del segundo, este problema se deriva debido a que el sistema de drenaje y alcantarillado de la ciudad no cubre ciertas zonas de difícil acceso como se mencionaba anteriormente<sup>7</sup>. De ahí que uno de los principales cuerpos receptores sea el río Tijuana junto con el arroyo Alamar que es uno de sus afluentes (XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995: 123). A este cauce se vierten aguas negras de hogares y algunas industrias y comercios y va a desembocar al estuario de Tijuana que se encuentra en el lado americano hacia las playas de *Border Field*, afectando también al fraccionamiento Playas de Tijuana en la parte mexicana (Morales y Romero 1986)<sup>8</sup>.

Por otro lado, la contaminación de aguas negras llegaba también hacia el estuario debido a la ruptura de tuberías a lo largo de la avenida internacional (que sigue la línea internacional), donde se encuentra la estación de bombeo y que debido al cauce natural desembocan en el lado americano. Ambos sucesos fueron objeto de varias disputas entre las

---

<sup>7</sup> Para 1995 sólo un 65.4% de la población contaba con sistema de alcantarillado municipal (Sánchez 1999: 31)

<sup>8</sup> Para un mayor conocimiento del tema ver Sánchez (1988), IBWC (2000)

autoridades de ambas ciudades, llevando en primera instancia a reclamos y exigencias americanas que no fructificaron en mucho, hasta actividades de cooperación binacional para resolver el problema. Como resultado, el riesgo a la salud debido a la exposición directa de las aguas residuales a cielo abierto es un problema a resolver. (Conway 1986: 57; Sánchez 1999: 32).

Refiriéndonos a la problemática directa en la localidad se tiene este diagnóstico general:

“Respecto al número de descargas sanitarias se estima que la cobertura es de sólo el 50%, lo que implica un déficit cercano a 95,000 descargas sin control. El total de las descargas producidas es de casi 2,000 litros por segundo (l/s) de los cuales 1,480 l/s son captados por la infraestructura sanitaria: 950 l/s son tratados en la planta de San Antonio del Mar (destinada para aguas residenciales), 500 l/s se incorporan al drenaje de San Diego y 20 l/s se vierten directamente al Río Tijuana. Esta descarga directa sin tratar equivale a más de 170 m<sup>3</sup> por día. Además no se sabe con exactitud la situación del resto de las aguas residuales (500 l/s ó el 25% del total de la generación) en muchas zonas habitacionales donde el número de descargas a cielo abierto es muy alto, lo que implica una virtual amenaza a la salud pública” (XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana 1995: 112).

En sí el problema no es tanto la descarga de aguas residuales en estos cuerpos naturales, sino es el hecho que se excede su capacidad de degradación biológica, es decir su capacidad para procesar los contaminantes. Cuando se rebasa dicha capacidad de procesamiento en una cuenca natural, entonces existen problemas de contaminación que en este caso se refieren principalmente a dos aspectos: el exceso de demanda bioquímica de oxígeno y de sólidos suspendidos y sedimentables. (Sañudo y Suárez 1984).

### 2.2.3. El problema del drenaje.

El sistema de drenaje de la ciudad de Tijuana ha sido ineficiente en el transcurso de los años, la primera acción norteamericana fue la construcción de una planta de bombeo que retornaba las aguas negras del Río Tijuana al sistema de drenaje de esta ciudad, pero ante las constantes rupturas y fugas del sistema que afectaban al estuario, las autoridades encargadas de regular los asuntos del agua en el condado de San Diego, decidieron construir en 1965 una conexión de emergencia, para ser usada por la contraparte mexicana en caso que su sistema se saturara. Esta línea desemboca a la planta de tratamiento de *Point Loma*, esta línea de emergencia empezó a operar y pronto paso de ser emergente a ser de uso común, a lo cual, en 1986 los americanos ya no accedieron y la cerraron, y al parecer hoy se sigue usando restringidamente sólo en caso de emergencia. Ante esta situación, se construyó la Planta de Tratamiento de San Antonio del Mar con financiamiento americano y mexicano, la cual pertenece al subsistema poniente y cuenta con una capacidad<sup>9</sup> de 1.1 m<sup>3</sup>/seg. Esta planta entró en funciones en el año de 1987 y hoy en día se dedica a recibir principalmente aguas de tipo residencial y algunas de industria y comercial. Su tratamiento es biológico y esta en vías de expandirse.

Recientemente se construyó la planta de tratamiento binacional a un costado de la línea fronteriza, lo cual incrementará la capacidad de tratamiento para las aguas residuales que no pueda atender la planta de San Antonio del Mar y las que son descargadas al Río Tijuana.

#### 2.2.4. Algunas evidencias de la interrelación entre el agua y la economía

Ahora bien, ¿Cuál es el vínculo entre el recurso agua, como insumo y producto, y la economía en Tijuana?

El agua es un insumo muy importante para las actividades de producción y consumo en la ciudad. Los usuarios en alto grado de agua según registrados por CESPT son: Hoteles y moteles, embotelladoras, baños públicos, lavamáticas, lavado de carros, maquiladoras y fabricas, escuelas privadas, clínicas y hospitales, altos consumidores residenciales, y usuarios públicos como escuelas, hospitales y mercados. (Becerra 1989: 67).

En la industria tiene dos usos principalmente, el uso común y el uso en el proceso de producción como solvente de sustancias en la industria química, ó para actividades de enfriamiento, por ejemplo. Como producto, el impacto negativo es generalmente hacia el ambiente a través de aguas residuales que llevan grasas y aceites de talleres ó procesos que utilicen estos elementos; a través de químicos peligrosos en la industria química<sup>10</sup> que pueden incluir metales pesados ó sustancias tóxicas, ó a través de la contaminación por cambio en la temperatura del agua, como la termoeléctrica que expulsa agua caliente que propicia un medio no apto para la vida de muchas especies.

---

<sup>9</sup> En 1988 "Que corresponde a sólo el 60% de la población de Tijuana que actualmente cuenta con servicio de drenaje" (Sánchez 1988: 481)

<sup>10</sup> Como el askarel que es un aceite utilizado como enfriador de generadores eléctricos (Acevedo 1990)

## 2.3 La atmósfera también es un recurso

### 2.3.1 El aire como Insumo.

La atmósfera se compone principalmente por nitrógeno, y en menor proporción por oxígeno, y otros elementos. No obstante esta diferencia, la mayor importancia para la existencia de vida en el planeta es la presencia de oxígeno. Principalmente utilizamos al oxígeno para contribuir a los procesos naturales de la vida vegetal, animal y humana, de lo cual no nos encargaremos. Dentro de la economía, nos es útil en los procesos de combustión generalmente de combustibles fósiles como la gasolina, combustóleo, turbosina, diesel, etc. Esto abarca actividades que utilicen este proceso para transformar energía.

### 2.3.2 El aire como producto. Las cuencas, vientos, velocidad y temperatura

Tijuana comparte con la ciudad de San Diego una cuenca atmosférica<sup>11</sup> natural que es de difícil delimitación. En términos de emisiones contaminantes a la atmósfera, este es un ejemplo en donde las ciudades fronterizas involucradas se afectan mutuamente. San Diego afecta a Tijuana principalmente a través de las emisiones de ozono que llegan a la ciudad y Tijuana a través de la emisión de partículas suspendidas a San Diego (Sánchez 1999: 36). Esto nos puede dar una idea de que "existen estilos diferentes de generación de

---

<sup>11</sup> "A semejanza del concepto de *cuenca hidrológica*, utilizado para definir territorios donde las aguas forman una unidad autónoma ó diferenciada de otras, por *cuenca atmosférica* se entiende un espacio físico diferenciado, en el que se encuentra confinada la capa de la atmósfera más inmediata a su superficie interior" (DDF, GEM, SEMARNAP y SS 1996:45)

contaminantes, debido principalmente a la desigualdad y heterogeneidad del desarrollo socioeconómico y tecnológico que ambos países presentan." (Álvarez 1986:138)

Como producto, luego de servir en el proceso de combustión, se emiten a la atmósfera diferentes tipos de gases, que son dañinos a la salud humana y reaccionan en función de varias condiciones. "Las propiedades de difusión de una capa de aire dependen de su capacidad para diluir y transportar los contaminantes sólidos (partículas o polvos) y gaseosos que se arrojen en su seno". (Jáuregui 1983: 106).

La temperatura es un indicador muy importante, dado que a través de los procesos de inversiones marca cómo cierta región dispersa dichos contaminantes; cuando el aire se enfría se dice que el aire es "estable", entonces se forma una cúpula que no permite el movimiento del aire y lo concentra, esto sucede durante la noche y las mañanas, pero cuando el aire se calienta en el transcurso del día entonces la cúpula se elimina y se dispersan los gases. (Jáuregui 1983: 110-117; Álvarez 1986: 142).

Junto con esto interviene la velocidad, dirección y circulación del viento. Es difícil que se presente la dispersión de contaminantes en zonas donde hay vientos débiles, teniendo muy poca circulación. Donde existen vientos fuertes, la dispersión de contaminantes es más rápida. (Jáuregui 1983: 118; Álvarez 1986: 148).

En la ciudad de Tijuana, la situación de la contaminación atmosférica esta influida por las estaciones del año, durante el invierno se presenta aire estable en la superficie con inversiones, y durante el verano hay una mayor temperatura y velocidad del viento ayudando a que las impurezas se dispersen más rápido. (Jáuregui 1983).



La atención de las autoridades al problema de la contaminación atmosférica tiene sus inicios en el año de 1977 a través de una reunión binacional acerca de la salud en la frontera. Como resultado de dicha reunión se lanzó un programa para el análisis de la calidad del aire en la región Tijuana-San Diego, que empezó a funcionar en 1979. En años siguientes se establecieron estaciones de medición y diagnóstico (Álvarez 1986), y hoy en día la ciudad de Tijuana cuenta con 5 estaciones de monitoreo (INE 1999)

Existen varias normas oficiales mexicanas (la mayoría derivados de la EPA y cal-EPA) para medir el grado máximo en que estos gases pueden permanecer en la atmósfera sin dañar severamente la salud humana. Generalmente se resumen en ponderaciones de IMECAs. (INE y CENICA 1997).

Cabe decir, que las partículas suspendidas en el aire son uno de los contaminantes a tomarse más en cuenta. Generalmente sus emisiones se deben a la eliminación de la escasa capa vegetal de la superficie local, entre otras cosas debido a la llegada de personas que se ubican irregularmente. (Álvarez 1986: 153; Sánchez 1999: 33).

### 2.3.3. Las fuentes estáticas y móviles de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Podemos dividir a las fuentes de emisiones contaminantes a la atmósfera en dos: estáticas y móviles. Las primeras se refieren generalmente a procesos al interior de un establecimiento como plantas industriales, hornos para elaborar ladrillos, etc. Aquí, el caso de generación de electricidad en las plantas termoeléctricas de Rosarito son un caso muy importante. Las dos plantas cuentan con una capacidad instalada de 680 MW y proporcionan la energía

eléctrica requerida por la ciudad de Tijuana que consume más de la tercera parte (37%) de la demanda en Baja California. (GEBC 2000).

Se han hecho algunos estudios y su generación rebasa los estándares de calidad establecidos en emisiones de bióxido de azufre. "Tal vez la única fuente fija de contaminación atmosférica con alcance regional es la termoeléctrica, operada por la Comisión Federal de Electricidad en Rosarito, Baja California ... sobre todo en lo que respecta al SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas (cenizas)." (Álvarez 1986: 151-152).

En el caso de las fuentes móviles, son principalmente los transportes los generadores de contaminación atmosférica, ya sean automóviles privados, camiones de carga y de pasajeros, y aviones. "Sin duda alguna los vehículos constituyen la principal fuente de contaminación a la atmósfera en la zona urbana, responsable de la mayor parte del CO, NO<sub>x</sub> y HC presentes en el aire." (Álvarez 1986: 152).

La situación actual presenta las siguientes características:

"Las fuentes móviles también son una causa importante de contaminación atmosférica en Tijuana. Las ineficiencias en el transporte público, un amplio mercado de automóviles relativamente baratos (por esto, más antiguos y más contaminantes) y la influencia de la cultura del auto en California... explican el elevado número de automóviles privados en Tijuana... Las estadísticas del Registro de Vehículos en México muestran que en 1994 casi un 77% de todos los vehículos en Tijuana eran automóviles privados (162,977 de un total de 212,125). El número real de automóviles en Tijuana puede ser de 10 a 15% más alto de la cuenta oficial, considerando que muchos de los vehículos conducidos por residentes de Tijuana no están registrados en México." (Sánchez 1999: 33).

Uno de los puntos críticos de acumulación de contaminantes se encuentra en los cruces de las garitas de entrada a Estados Unidos (San Ysidro y Otay), debido a que la gran aglomeración de tráfico que llega a presentarse en determinados días y sobre todo a determinadas horas es objeto de una gran emisión de gases en esa zona (Kazimi, Cuamea, Alvarez, Sweedler y Fertig 1997; Sánchez 1999: 34), además que la antigüedad del parque vehicular propició que la mayoría careciera de un sistema para el control de emisiones.

**Cuadro 2.3**  
**Inventario de automóviles en Tijuana**

	1981	1994	2000
Número de vehículos	110,000	219,923	321,500
Vehículos por habitante	0.15		0.30

Fuente: para 1981: SHCP Dirección General del registro federal (en Restrepo y Downing 1983); para 1994: XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1995), para 2000: GEBC (2000)

#### 2.3.4. Algunas evidencias de la interrelación entre el aire y la economía

En este caso el uso de oxígeno para las actividades productivas es ilimitado, al contrario del caso del agua, sin embargo lo que sí es limitado es la calidad del recurso, lo cual para algunos procesos es clave, además que el oxígeno al reaccionar con otras sustancias emitidas, se transforma y produce contaminantes. El daño es principalmente en la salud humana.

## 2.4 Los usos diversos del suelo y los residuos peligrosos

### 2.4.1. Características generales

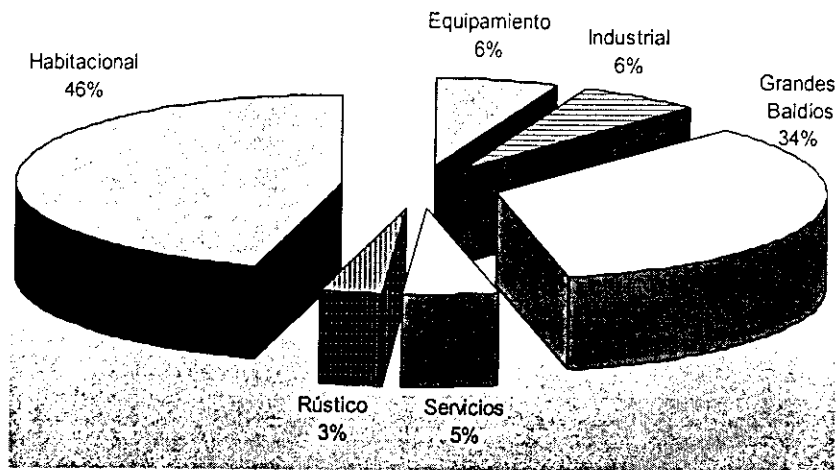
"El municipio de Tijuana está totalmente constituido por sierras y valles pequeños, en los cuales se presenta una gran variedad de pendientes y corrientes hidrológicas intermitentes. Los puntos orográficos más importantes de Tijuana son los siguientes: El Cerro Colorado de 500 metros de altura, se encuentra al sureste del municipio, el Cerro de la Abeja mide 400 metros de altura y también se localiza al sureste del municipio, el Cañón de la Presa se encuentra en la parte central del municipio, orientado al sureste y con una longitud de 14 km. Las corrientes de agua que recibe de otros cañones, como el de 'Los Palos' y 'El Cañón de Piedra', desembocan en la Presa Abelardo L. Rodríguez". (GEBC 2000).

### 2.4.2. El suelo como insumo

Principalmente utilizamos el suelo para actividades productivas como la agricultura y la minería, y como insumo en el establecimiento de viviendas, industrias y actividades comerciales. En el caso de Tijuana, la agricultura y minería son actividades mínimas.

El uso del suelo registrado para 1995 tenía la siguiente composición:

Gráfica 2.5  
Uso del suelo en Tijuana.



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de Tijuana, 1995, (en GEBC 2000).

La misma fuente nos menciona que el 17% de la mancha urbana está compuesta por baldíos y áreas sin desarrollo y que el crecimiento de la ciudad es de 2.25 hectáreas por día, en tanto que el déficit anual de suelo y vivienda es de 9,042. (Dirección de Catastro Municipal, 1996: citado por GEBC 2000).

#### 2.4.3. El suelo como receptor de desechos

Principalmente podríamos entender al papel del suelo en dos vertientes, la escasa cosecha de la agricultura y los metales extraídos de la tierra por un lado, y los procesos de deterioro de la calidad del suelo por otro lado, tales como la erosión que provoca que la tierra pierda sus nutrientes y quede desprotegida ante vientos y lluvia siendo propensa a deslaves que en

el caso de Tijuana se convierte en un peligro latente dados los numerosos asentamientos humanos irregulares en este tipo de terreno<sup>12</sup>.

También el suelo se ve afectado por ser el receptor de basura, "El servicio de limpia es ineficiente. El municipio se ha venido apoyando por los servicios que ofrece una empresa privada. La generación de basura se estima en 1,300 toneladas por día, y de las cuales se recogen alrededor de 1,000. Las restantes 300 se depositan en cañones, arroyos ó bien se abandonan en calles" (Álvarez y Castillo 1990: 38).

El servicio de recolección para el año de 1995 no cubría toda la demanda de la ciudad, dado que omitía varias zonas de la periferia debido a que no se contaba con el número suficiente de unidades de recolección y de trabajadores, y el acceso vial no era fácil a zonas tan alejadas. Debido a esto, grandes cantidades de desechos se abandonan en baldíos que crean focos de infección, constituyéndose en fuentes de contaminación de mantos freáticos y corrientes superficiales de agua, deteriorándose así el medio ambiente, la salud de los habitantes y la imagen urbana de la ciudad. Hoy en día la situación no ha cambiado mucho.

---

<sup>12</sup> Al respecto cabe recordar las inundaciones ocurridas en enero de 1993 y en 1998 que, debido en gran parte al grave problema de erosión, ocasionó muchos problemas "la misma urbanización es un factor destructivo que con frecuencia aumenta el riesgo de inundaciones, las superficies urbanizadas impiden la infiltración del agua, aumentan los escurrimientos y satura los sistemas de desagüe. Cuando se combina con una topografía empinada, poca vegetación y pequeñas cuencas, como en Tijuana, estas áreas son particularmente vulnerables a las inundaciones, aún cuando las precipitaciones son de corta duración (Sánchez 1999: nota de pie de página no. 24)

#### 2.4.4. Los residuos peligrosos en Tijuana.

Además de la basura, el suelo es receptor de residuos industriales como el plomo (Pérez y Reyes 1986) y otros residuos peligrosos, lo cual también es un grave problema manejado hasta la fecha de manera muy discrecional.

Gracias a trabajos como el de Montalvo (1992) y el de Méndez (1995) se tiene algún conocimiento de los peligros que representan en el proceso de producción de las industrias maquiladoras y en la disposición final, el manejo de sustancias peligrosas, que afectan directa e indirectamente al agua, aire y suelo y en consecuencia a la salud humana.

Por ley, los residuos peligrosos de filiales extranjeras deben ser regresados al país de origen de donde fueron importados temporalmente, sin embargo dicha normatividad no se cumple del todo y con el tratamiento de industria nacional a la maquiladora establecido en el TLC para 2001 se cree que será menor el cumplimiento. (Sánchez 1999: 67)

CAPÍTULO 3  
MARCO TEÓRICO



El ánimo general de la ciencia, es la búsqueda de explicaciones a los fenómenos de nuestro entorno desde diferentes perspectivas. En general, todas lleven implícito el deseo de procurar mejores niveles de vida para el ser humano.

Desde esta perspectiva, las ciencias en general buscan entender de mejor forma los procesos humanos y su conexión con el medio que lo rodea. Para que este objetivo sea alcanzable, los problemas deberían de ser abordados desde enfoques más multidisciplinarios que enriquezcan el análisis y procuren soluciones más integrales.

La Economía es un buen ejemplo de ese intento de enfoque multidisciplinario. Varios de sus modelos y leyes se fundamentan en principios físicos y biológicos que sirven como analogías descriptivas<sup>13</sup> muy útiles para explicar fenómenos económicos. (Ruth, 1993: 63; Daly 1968: 392-398)

No obstante lo anterior, la teoría económica dominante ha excluido al ambiente de su análisis estructural. De forma general, la teoría neoclásica analiza al ambiente desde el punto de vista de la teoría de las externalidades como un tipo de bien público, sin embargo no toma en cuenta el importante papel que juega el ambiente como insumo natural productivo, al establecer la función de producción de una economía, determinada solamente por los factores trabajo y capital, excluyendo al ambiente de este análisis.

---

<sup>13</sup> Ruth nos pone ejemplos muy interesantes al respecto: "Los neoclásicos simplemente sustituyeron la utilidad por la energía en las ecuaciones de mecánica analítica. Tratando a la utilidad como energía dando así a la economía una metáfora poderosa para la acción del individuo, un conjunto riguroso de técnicas matemáticas (el cálculo de variaciones), una teoría de economizar (en el principio del último esfuerzo), y una teoría de la optimalidad... Los procesos en el sistema económico son tratados análogamente a los procesos en los sistemas de ingeniería asumiendo que el funcionamiento de un sistema económico y sus interacciones con su alrededor sigue los mismos principios de las contrapartes de ingeniería" (Ruth 1993: 64)

Si bien es cierto se han llevado a cabo avances teóricos en el campo de la teoría de las externalidades, en especial en el importante trabajo de valorar los costos sociales de la contaminación, aún no se reconoce por parte de algunos economistas el papel fundamental que juega el ambiente para el sostenimiento del sistema económico. Esta paradoja en la Economía ha sido señalada por varios interesados en la explicación de fenómenos reales y se ha tratado de corregir el rumbo. (Daly 1999: 75-106; Georgescu-Roegen 1966: 114-124; Kneese 1977: 17-30; Nijkamp y Reggiani 1998; Perrings 1987: xi-xiii).

Todos pertenecemos y nos desarrollamos en un ambiente que sirve de entorno para otras especies de vida. La interacción que como sociedad se tiene con nuestro entorno es muy estrecha. De ahí que la Economía sea parte de un sistema ambiental más grande del cual obtiene recursos indispensables para el desempeño de sus procesos. Al mismo tiempo, los procesos económicos influyen determinadamente en el sistema ambiental a través de la generación de residuos que en su mayoría son emisiones que exceden la capacidad de absorción y regeneración de las cuencas naturales ocasionando contaminación, la cual de alguna u otra forma afecta de nuevo el desempeño de las actividades económicas.

Por lo tanto, la idea de sustentabilidad en el desarrollo de las actividades humanas es muy importante para establecer mejores criterios que coadyuven a mejorar la calidad de vida del ser humano.

### 3.1 El Desarrollo Sustentable

Dado el panorama ya revisado en la sección anterior, y en función de los objetivos de este trabajo, lo que sigue es establecer el marco teórico que nos ayude a entender las implicaciones de la interrelación Ambiente - Economía.

Podemos partir de la idea general que nos brinda el Desarrollo Sustentable. Según la WCED:

"El Desarrollo Sustentable es el desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para cubrir sus propias necesidades... es un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos naturales, el destino de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional cambian todos armónicamente a la vez que expanden las posibilidades presentes y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas " (WCED 1987: 43).

Las implicaciones de lo anterior son muchas. El Ambiente y el Desarrollo no deben verse como retos separados, sino más bien como elementos íntimamente ligados. Por un lado, el Desarrollo no puede darse sobre una base deteriorada de recursos naturales; y por otro lado, el Ambiente no puede ser procurado si no se reconocen los costos del deterioro ambiental por parte de la Economía. Por lo tanto, "Economía y Ecología deben estar completamente integradas en los procesos de toma de decisiones y formación de leyes no sólo para proteger al ambiente, sino también para proteger y promover el Desarrollo" (WCED 1987: 37).

De esta manera, el concepto reconoce la importancia del crecimiento económico para reducir las desigualdades e incrementar la calidad de vida, siempre y cuando dicho crecimiento genere igualdad en el acceso de los beneficios y promueva un desarrollo integral, sin que sea a costa del deterioro ambiental.

Una buena forma de integrar el concepto de Desarrollo Sustentable a la práctica, es empezando por entender el funcionamiento entre el sistema económico y el ambiental, con la idea de dar mayor certidumbre a la hora de tomar decisiones bajo la idea que nos da este concepto.

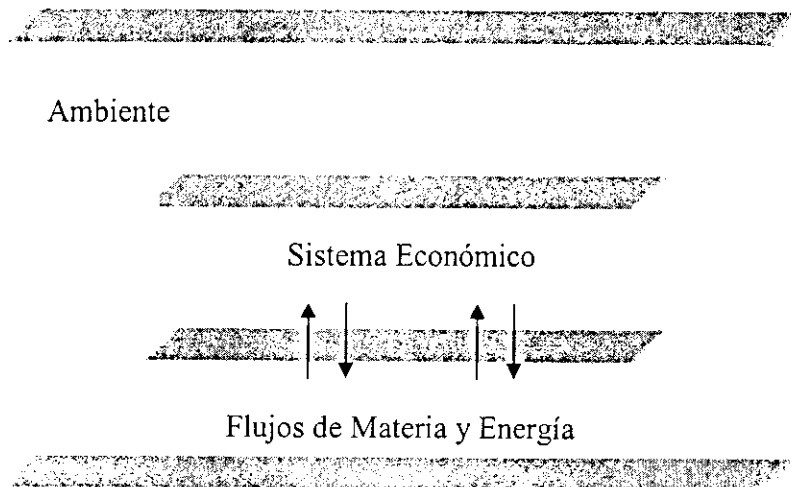
### 3.2 El principio de Balance de Materiales

En la teoría económica tradicional, existen teorías para analizar al ambiente y a la economía, pero muy pocas tienen un sentido integrador. Por ejemplo, la teoría de las externalidades analizan al ambiente (y en especial a la contaminación) como "un efecto positivo ó negativo de una decisión sobre una persona que no participa voluntariamente en la decisión" (Call y Holahan 1985: 582), dejando de lado la importancia de su interrelación con la propia estructura de la economía. Hay recursos, como el aire limpio, que se consideran un "bien libre" cuando en realidad, su disponibilidad dentro de las grandes urbes esta limitada por la contaminación atmosférica generada por diversas actividades económicas. (Perrings 1987: 2-4; Ruth 1993: 17-19; Victor 1972: 18).

Otra corriente de pensamiento visualiza a la Economía como parte de un sistema más amplio, el cual, constituye un entorno ambiental para el desempeño de las actividades humanas. Entre ambos sistemas, existe una interacción estrecha y compleja, bajo la cual ambos se complementan e influyen mutuamente.

Como nos lo menciona Ruth, "Los procesos económicos y la calidad ambiental se afectan mutuamente en formas complejas. El uso de materia y energía proporcionada por el ambiente permite al sistema económico mantenerse y crecer en tanto la producción y consumo de bienes transforman la materia y energía, llevando a cambios en el ambiente. El ambiente no solo proporciona recursos de energía y materiales sino que también sirve como receptor de productos de desecho." (Ruth 1993: 3).

Figura 3.1  
La interrelación Ambiente-Economía



Fuente: Tomada de Ruth (1993: 8).

El proceso anteriormente descrito se encuentra por lo tanto, gobernado por las leyes de la termodinámica<sup>14</sup> (Ruth 1993: 65), que son principios físicos, que nos pueden ayudar a visualizar los vínculos existentes entre economía y ambiente desde una perspectiva más integral a través del Balance de Materiales.

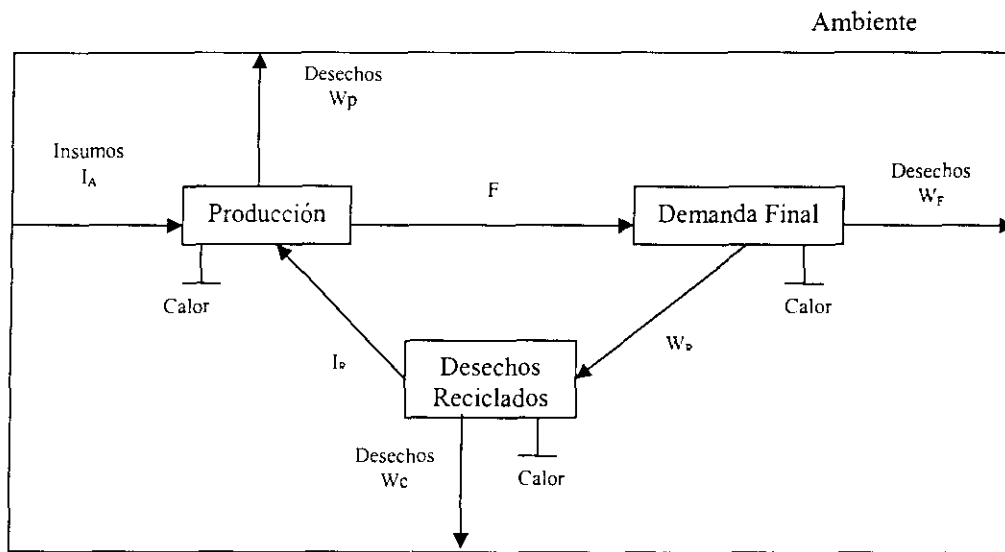
Kneese nos define al Balance de Materiales como el proceso en donde "todos los recursos materiales utilizados como insumos para las actividades de extracción, producción, y consumo de la economía deben aparecer como residuos. Estos de alguna manera, tienen que ser regresados al ambiente" (Kneese 1977: 87).

---

<sup>14</sup> Para los fines de nuestro trabajo sólo será de nuestro interés el uso de la primera ley en la parte que corresponde al flujo de materiales, dado que, aunque la ley también incluye a los flujos de energía, su análisis requiere de otros datos e información que no entran en el objetivo de este trabajo.

Dicho proceso puede representarse por algunas metodologías económicas que permiten hacer el análisis en términos de flujos, como el Insumo-Producto. La Figura 3.2 nos da una idea de este principio aplicado en Insumo-Producto.

Figura 3.2  
El Balance de Materiales entre el Ambiente y la Economía



Fuente: Tomada de Nijkamp (1977: 11)

Nijkamp (1977) nos esquematiza de buena forma la interrelación que existe entre el Ambiente y la Economía. Primeramente la producción absorbe los insumos materiales del Ambiente ( $I_A$ ) y puede transformar dichos insumos en dos formas, productos finales ( $F$ ) ó desechos ( $W_P$ ). Los primeros se dirigen a satisfacer a la demanda final y los segundos se regresan al ambiente.

Seguidamente, la demanda final utiliza los elementos proporcionados por la producción ( $F$ ) y algunos insumos ambientales teniendo dos fines últimos, la acumulación

de inventarios (que asumimos explícitos en la demanda final) y la generación de desechos, que pueden regresar al ambiente directamente ( $W_F$ ) ó indirectamente ( $W_R$ ).

Es decir, el reciclaje de los desechos de la demanda final puede producir insumos para la producción ( $I_R$ ) ó desechos al ambiente ( $W_C$ ). Asumimos que el reciclaje de desechos de la producción se da en su interior, generando insumos y también desechos que se emiten igual que ( $W_P$ )<sup>15</sup>.

Antes de continuar, será prudente conocer un poco más la metodología propuesta. Siguiendo entonces el principio de la ley de la conservación de la materia, la materia física de los insumos ambientales, será idéntica a la cantidad de desechos al ambiente, debido a que los procesos de producción y de demanda final no crean ni destruyen la materia.

De esta manera, siguiendo a Nijkamp (1977: 11) podemos derivar identidades entre ambos sistemas:

En el sector de la producción tenemos que:

$$I_A + I_R \equiv W_P + F \quad (1)$$



Para la demanda final tenemos:

$$F \equiv W_F + W_R \equiv W_F + W_C + I_R \quad (2)$$

Y sustituyendo:

$$I_A + I_R \equiv W_P + W_F + W_C + I_R \quad (3)$$

Es decir:

$$I_A \equiv W_P + W_F + W_C \quad (4)$$

Este es el principio de Balance de Materiales basado en la primera ley de la termodinámica, dentro de un modelo estático y cerrado (en términos físicos).

De ahí que podamos pensar en una actividad económica sustentable como aquella que puede llevarse a cabo indefinidamente, lo cual implica un equilibrio entre lo que se produce de desechos y lo que el Ambiente puede degradar. (Ruth 1993: 91).

---

<sup>15</sup> En cada proceso también se emite calor, que es una expresión de energía.

### 3.2.1 Equilibrio General Computable, ventajas y desventajas

Existen varios modelos para examinar las interacciones economía-ambiente y entre los más destacados podemos mencionar a los modelos de Insumo-Producto (MIP) y el Equilibrio General Computable (EGC).

Sin pretender ahondar mucho en este tipo de modelos, podemos decir que los modelos EGC, son versiones empíricas basadas esencialmente en el sistema de equilibrio Walrasiano y se basan en los supuestos neoclásicos teóricos de ese sistema. Estos desarrollos han estimulado un crecimiento rápido en la modelación de EGC aplicado, particularmente en temas relacionados a la imposición fiscal, el comercio, al ajuste estructural y al ambiente.

El análisis de EGC es muy rico y presenta varias ventajas, entre las que se pueden mencionar: 1) Son amplios y flexibles; 2) Tienen diversidad en sus posibles aplicaciones; 3) Los supuestos de comportamiento microeconómico son explícitos. Sin embargo en el ámbito regional, las bondades de la metodología son poco alcanzables, entre otras cosas debido a que: a) El modelo EGC demanda una gran cantidad de datos y por lo tanto, a significancia de EGC es mayor en casos nacionales, internacionales ó en bloques de países; b) La parametrización es un problema constante dado que generalmente dichos parámetros no son estimados econométricamente, sino que son calibrados a partir de un conjunto de datos, ó bien, son importados de otros modelos; d) Existe una alta sensibilidad de los

resultados del modelo a condiciones ó supuestos iniciales, particularmente con respecto a posibilidades de sustitución, progreso tecnológico y el tratamiento de las expectativas de los agentes económicos. (Perman, Ma y McGilvray 1996: 358-359).

Uno de los estudios pioneros de Equilibrio General con la aplicación del concepto de Balance de Materiales fue elaborada por Ayres y Kneese (1969) en su artículo del *American Economic Review*. El interés de estos destacados pensadores, fue el establecer una metodología que permitiera aplicar este principio en un modelo de equilibrio general. En su modelo se establecieron ecuaciones de equilibrio para el sistema económico y para el sistema ambiental, aunque fueron objeto de varias criticas (Victor 1972, p. 33; Ruth 1993, p. 65). No obstante el modelo de Ayres y Kneese representó uno de los primero intentos de modelar las interrelaciones ambiente economía desde una perspectiva de Balance de Materiales.

En general, a pesar que el EGC tiene un rango más amplio de aplicaciones que el Insumo-Producto, el análisis EGC es más difícil de implementar empíricamente y sobretodo en el ámbito regional.

### 3.2.2 La pertinencia de la metodología Insumo-Producto Ambiental en el análisis regional

#### 3.2.2.1 Ventajas metodológicas

El modelo de Insumo-Producto propuesto por Leontief, es una herramienta que ha sido muy utilizada en los últimos tiempos. Se basa en una estructura contable que muestra las relaciones que tienen entre sí los diversos sectores en una economía en términos de la producción e insumos requeridos en los procesos.

Son modelos de equilibrio parcial estáticos influidos esencialmente por la demanda.

Este tipo de modelo nos ofrece un buen número de ventajas para el trabajo aplicado:

- Nos permiten visualizar los impactos directos e indirectos provocados por movimientos internos ó externos al modelo.
- Nos permite armar el modelo con menos datos, comparativamente hablando con los modelos de programación lineal dinámicos y de equilibrio general.
- Nos ofrece un esquema flexible y entendible para analizar los lazos entre economía y ambiente
- Nos permite simular políticas, hacer pronósticos y análisis estructural.
- Nos puede dar una cantidad considerable de detalles al interior de la economía
- A través de la creación de coeficientes, el análisis Insumo Producto nos permite conocer la estructura de los sectores productivos y su capacidad de reacción ante diversos escenarios, lo cual enriquece mucho el análisis.

Cabe mencionar que también incorporan un número de supuestos simplificadores que requieren de cierto cuidado a la hora de la interpretación y precisión de sus resultados. Se puede mencionar entonces lo siguiente a tomar en consideración:

- Las funciones de producción (de tipo Leontief) no permiten la sustitución de insumos en respuesta a cambios en precios relativos.
- Los agentes responden mecánicamente a cambios externos
- El modelo por sus características estáticas, no considera al tiempo como una variable importante.

Estas limitantes tendrán que ser tomadas en cuenta a la hora de evaluar los resultados en este trabajo.

### 3.2.2.2 Insumo-Producto Ambiental (IPA).

A inicios de los setenta, varios especialistas en la materia, se dedicaron a ampliar el análisis Insumo-Producto para estudiar los problemas ambientales, de ahí que hayan surgido trabajos muy importantes y pioneros en la materia que podemos clasificarlos en dos, en función del enfoque que le dan al sector ambiental:

- Basados en Balance de Materiales
- Basados en un enfoque de contaminación y actividades de abatimiento

Los cuales serán tratados a profundidad en las siguientes secciones. Todos estos trabajos son un buen ejemplo de las bondades que nos ofrece la metodología de Insumo-Producto en términos de análisis entre sectores.

En general, las ventajas de la metodología son reconocidas por varios profesionales en la materia. "Los modelos económicos Insumo-Producto, debido a su estructura lógica y a su consistencia con los conceptos físicos del Balance de la Materia, nos dan una base promisoría sobre la cual construir modelos necesarios para evaluar opciones económico-ambientales alternativas para el futuro" (Cumberland y Stram 1974: 381).

"El proceso conjunto de extracción de recursos, producción de bienes y servicios y expulsión de desecho al ambiente puede ser representado en un esquema de análisis de Insumo-Producto. Los enfoques Insumo-Producto tratan al ambiente de manera similar a los otros sectores de la economía." (Ruth 1993: 65).

Las condiciones que se tienen que cumplir para implementar la metodología son resumidas por van den Bergh (1996):

"Para formalizar el principio de Balance de Materiales en modelos económico-ambientales, los siguientes requerimientos deben ser cubiertos: (i) las variables en cuestión deben estar en unidades materiales; (ii) las transformaciones deben ser modeladas entre variables, en unidades de materiales y otras unidades, notablemente unidades funcionales; y (iii) las condiciones de Balance de Materiales pueden ser especificadas ya sea para variables económicas en el sistema económico, para variables ecológicas o físicas en el sistema ambiental, o como un suplemento a la descripción de las interacciones economía-ambiente (que incluyen tanto a las variables económicas como a las ambientales). El uso de esquemas de contabilidad de materiales nos da un buen ejemplo de descripciones de procesos que combinan sistemas económicos y ambientales basados en un argumento teórico consistente y pueden ser vinculados empíricamente a las cuentas de la contabilidad de recursos naturales." (van den Bergh, Jeroen C.J.M. 1996: 108).

A través de esta metodología se pueden hacer diversas propuestas de políticas sobre el uso de materiales y energía en los procesos de producción económica<sup>16</sup>, según sean los objetivos a perseguir, pero ahora contando con un mejor esquema que nos permite conocer las interacciones entre ambiente y economía.

El llevar a cabo un análisis a nivel nacional en términos ambientales, es una gran tarea que aporta buenos elementos, sin embargo no refleja muy fielmente las problemáticas y características propias de una región que generalmente son muy particulares y distintas de

---

<sup>16</sup> Podemos identificar por ejemplo, los efectos directos e indirectos de la sustitución de insumos naturales de un tipo contaminante por otro menos contaminante, en algún proceso de producción

otras tantas, como es el caso de Tijuana. De ahí que no se puedan implantar políticas nacionales en materia ambiental dado que no todo el país cuenta con las mismas circunstancias. Por lo tanto, el análisis a nivel regional resulta ser el más indicado para emitir algún juicio ó tomar alguna decisión en el ámbito local. (Kneese 197: 81).

Para lo anterior, Insumo-Producto nos da la flexibilidad de ser aplicado a diversas escalas, ya sea nacional, regional, interregional etc. lo cual para el objetivo de este trabajo es muy conveniente.

"Los sistemas de Insumo Producto Ambiental tienen muchas ventajas, incluyendo su linealidad y transparencia, y su habilidad para identificar todos los impactos ambientales directos, indirectos e inducidos de cualquier cambio en la demanda final. Creemos que el enfoque Insumo-Producto Ambiental es un punto de partida útil para estudiar las interacciones del sistema completo economía ambiente" (McGregor, McNicoll, Swales y Ya 1999: 5).

Parte de las críticas que pudiera presentar el modelo se refieren a su componente estático:

"Hasta ahora, las aplicaciones del análisis Insumo-Producto, basadas en la conservación de la masa y la energía, no consideraron explícitamente la dinámica de las interacciones economía-ambiente ni los cambios asociados en tecnología. Sino más bien, las preocupaciones principales de estas aplicaciones han sido estáticas ó de estática comparativa de cambios en el flujo de materia y energía y localización del equilibrio de estos flujos en los procesos de producción y consumo. Sin embargo, los análisis de naturaleza estática o de estática comparativa están sujetos a carecer de muchos de los procesos de retroalimentación complejos



que suceden al interior del sistema económico y ambiental al momento en que estos sistemas interactúan. No obstante, el análisis insumo producto tiene el potencial para representar tal proceso de retroalimentación dinámico". (Ruth1993: 67).

Tomando en cuenta lo anterior, pasamos a hacer una revisión más a detalle de la metodología.

### 3.3 Los elementos básicos de Insumo-Producto

En esta parte se pretende exponer los puntos básicos de la metodología a emplear, a fin de tener un conocimiento previo de la misma antes de entrar a sus extensiones con el ambiente.

La matriz Insumo-Producto (MIP) es un arreglo de renglones y columnas que refleja las relaciones entre insumos y productos de los diferentes sectores incluidos en ella. Sus características generales son las siguientes:

Figura 3.3  
Tabla Insumo Producto

1 . . . . . n      1 . . . . . m

Producción →

Insumos 1 . . . . . n  1 . . . . . p	Demanda Intermedia  1	Demanda Final (C,G,FBKF,NX)  2	Producción Total
	Insumos primarios (Tax, Subs, W, $\pi$ , depr)  3	4	
	Total Insumos		
	Producción Total		

Fuente: Elaboración propia en base a O'Connor y Henry (1975: capítulo 1).

En la Figura 3.3 se presenta una matriz Insumo-Producto general. Esta formada de cuatro cuadrantes.

- En el primero tenemos a la Demanda Intermedia que es la parte de la MIP que refleja las relaciones intersectoriales en la economía, y nos muestra la producción de cada

sector y cómo distribuye dicha producción entre los diversos sectores, incluido él mismo. También nos expresa la cantidad de insumos que un sector requiere del resto para poder producir, incluido él mismo. La Demanda Intermedia esta compuesta por los tres sectores básicos de la economía: el primario, secundario y terciario, y se desglosa generalmente por actividades más específicas, a semejanza de la Cuentas Nacionales.

- En el segundo cuadrante encontramos a los elementos de la Demanda Final que absorben los bienes producidos por las actividades productivas del primer cuadrante. La Demanda Final está compuesta por columnas que representan las cuentas del gasto, es decir, consumo privado, gasto del gobierno, inversión, exportaciones, etc. De esta manera con la parte sectorial de la MIP, cuyos renglones representan a cada sector, podemos observar, cómo y en qué cantidad un bien producido por un sector, se distribuye a estos rubros. La Demanda Final se considerada exógena al modelo.
  
- En el tercero encontramos los pagos a los factores que realizan las actividades productivas del primer cuadrante y de la Demanda Final. Nos referimos al cuadrante como sector de Insumos Primarios, cuyos renglones comprenden las cuentas del ingreso, como las importaciones, salarios, beneficios, depreciación, etc., y si consideramos a la parte sectorial de la MIP como columnas, podemos observar cómo y en qué cantidad se abastece cada sector de este tipo de insumos.
  
- En el cuarto cuadrante encontramos los pagos que realizan los diversos rubros de la Demanda Final por los factores ó Insumos Primarios.

- Una característica importante del modelo es que se considera lineal y estático, de ahí que las funciones de producción que representan a cada sector cuenten con coeficientes fijos de producción, es decir, no hay lugar a la sustitución entre insumos.

Horizontalmente la matriz puede leerse como la producción ó las ventas que se distribuyen a la demanda intermedia y final. Y verticalmente, como los insumos que se adquieren ó pagos que se hacen a los sectores y a los insumos primarios.

Dado que esta estructura nos representa la economía en un tiempo y lugar determinado, podemos obtener el Valor Agregado, el Producto Interno Bruto, la Formación Bruta de Capital Fijo, el Consumo Intermedio, las Exportaciones e Importaciones.

### 3.3.1. Coeficientes técnicos y de interdependencia<sup>17</sup>

Si denotamos a los elementos de la demanda intermedia como  $z_{ij}$ , donde  $i$  es el renglón y  $j$  es la industria, y a los elementos de la producción total como  $X_i$ , entonces podemos derivar los coeficientes técnicos de producción como:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_i} \quad (5)$$

---

<sup>17</sup> Para ver un tratamiento más amplio y detallado ver O'Connor y Henry (1975); Miller y Blair (1985);

Dichos coeficientes tienen la virtud de indicarnos, en términos monetarios, cuánto requiere de insumos el sector  $i$  para la producción de una unidad monetaria de producto de dicho sector. Estos coeficientes son conocidos como impactos de primer orden.

Para poder estimar los impactos totales en la economía, provenientes de un ajuste en la demanda final, derivamos la matriz inversa de Leontief, que nos relaciona a los coeficientes técnicos, con la demanda final y la producción total, de la forma:

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (6)$$

Donde  $X$  es el vector de Producción Total,  $Y$  es el vector de Demanda Final y  $(I - A)^{-1}$  la matriz inversa de Leontief, que calcula los impactos totales en la economía, y que es denominada como matriz de coeficientes de interdependencia.

El mismo análisis puede ser utilizado para derivar los precios en el sistema a través del valor agregado.

El principio básico del modelo es el siguiente: "En una matriz Insumo-Producto, el valor total del producto de cada sector es siempre igual a su gasto total en insumos. Si al producto total se le deducen los gastos, incluyendo insumos importados y depreciación, el saldo se define como valor agregado en el sector, el cual es equivalente a sueldos, salarios y utilidades" (O'Connor y Henry 1975: 14).

Pasemos a continuación a la revisión de la literatura de Insumo-Producto Ambiental.

### 3.4 Los modelos existentes

La característica general de los modelos que se presentan en esta sección, es que tienen como fundamento teórico en su aplicación al Balance de Materiales. A continuación se hará una breve revisión de los modelos, su aportación y las ventajas y desventajas que presentan.

#### 3.4.1 El modelo de Cumberland

Este es el primer modelo que incorpora las interrelaciones entre Ambiente y Economía. En 1966, John H. Cumberland hizo un estudio regional enfocado principalmente a cuestiones de desarrollo regional. Para lo cual introdujo una columna y tres renglones que caracterizaban al ambiente como lo vemos en la Figura 3.4.

**Figura 3.4**  
**La tabla Insumo-Producto Ambiental de Cumberland**

	Compras de la industria	Demanda Final	Compras Regionales	Exportaciones	Compras Totales de la economía regional	<i>Balance Ambiental</i>
Ventas de la Industria						<i>B</i>
Valor Agregado						.
Ventas regionales totales						.
Importaciones totales						.
<i>Beneficios Ambientales</i>	$(+) Q \dots$	$\dots$				
<i>Costos Ambientales</i>	$(-) C \dots$	$\dots$				
<i>Balance Ambiental</i>	$A = (Q - C) \dots$	$\dots$				

Fuente: Cumberland (1966: 68)

Dentro del sector ambiental, los renglones nos representan los beneficios ( $Q$ ) y costos ( $C$ ) ambientales en términos monetarios, ante la aplicación de un programa de desarrollo regional. La diferencia entre estos (ejemplificada por  $A$ ) será el efecto neto sobre el ambiente de la aplicación de este tipo de programas.

En tanto la columna  $B$  (también en términos monetarios) representa en este modelo los costos que implica restaurar al ambiente al nivel en el que se encontraba antes de la aplicación del programa.

Los renglones y la columna se pueden desagregar para representar algún recurso, como el agua, aire, etc. según se considere relevante.

El autor concluye en su estudio que las condiciones para que se lleve a cabo el programa de desarrollo son que  $Q > C$  ó  $Q > B$ , sin embargo no nos explica con mayor detalle, los conceptos de ventajas y desventajas para el ambiente, ni la forma de evaluarlas. (Coupé 1977: 11; Victor 1972: 37).

Precisamente, ésta es una de las graves desventajas del modelo pues dice muy poco respecto a como estimar dichos beneficios y costos, de ahí que sea difícil su aplicación. Además, al momento de establecer que los efectos ambientales se encuentran en términos monetarios, esto nos representa un problema de valoración importante. (Richardson 1972: 216-217).

En términos de Balance de Materiales, no hace énfasis en los vínculos entre ambiente y economía en términos de flujos, relegando su análisis a valoraciones monetarias. No obstante, habrá que reconocer que Cumberland "creo un esquema que reconoce explícitamente las consecuencias ambientales de la actividad económica" (Victor 1972: 37) y despertó el interés de los especialistas regionales en el tema.

En años posteriores, su trabajo se orientó mucho en la búsqueda de modelos económico-ambientales integrados desde la perspectiva del Balance de Materiales.



En 1974, publicó un artículo clásico junto con Bruce Stram (Cumberland y Stram 1974) en el cual amplía en cierta medida el modelo de Peter A. Victor (que se revisa más adelante) para introducir actividades de tratamiento y le da un énfasis especial a la generación de residuos por parte de la producción, la demanda final y fuentes externas. Su modelo se basa en un esquema de flujo que representa a la actividad económica generando residuos, de los cuales algunos van al ambiente y otros pasan a un proceso de tratamiento, de donde obtiene funciones de daño marginal ambiental para hacer evaluaciones costo-beneficio y así influir en políticas públicas para propiciar medidas de corrección. Sin embargo, no hace mucho hincapié en el importante papel que juegan los insumos ambientales, lo cual deja incompleto el análisis.

### 3.4.2. El modelo de Daly

Probablemente dentro del análisis Insumo Producto, Daly fue el primer economista que incorporó las ideas del Balance de Materiales a esta metodología. Su texto, publicado en *The Journal of Political Economy* en 1968, es una respuesta a las tendencias que siguen algunos autores como Georgescu-Roegen y K.E. Boulding por tomar en cuenta que el sistema económico pertenece y funciona estrechamente con el sistema ambiental. Las analogías entre la economía y otras ciencias naturales son de especial interés para el autor y la idea que tiene respecto a la economía y su vínculo con el ambiente la representa en la Figura 3.5.

Figura 3.5  
La tabla Insumo-Producto Ambiental de Daly

Producción de	Agricultura	Industria Hogares	Animales Plantas Bacterias	Atmósfera Hidrósfera Litósfera	Consumo final Vertedero	Total
1. Agricultura 2. Industria 3. Hogares (Servicios primarios)	2		1			
4. Animales 5. Plantas 6. Bacterias 7. Atmósfera 8. Hidrósfera 9. Litósfera 10. Sol (Servicios Primarios)	3		4			

Fuente: Elaborado en base a Daly (1968: 403)

Él pensó que el modelo de Insumo-Producto, cuenta con el esquema analítico apropiado para estudiar la interrelación Economía-Ambiente. La matriz número 2, es la que

refleja las relaciones interindustriales tradicional. La matriz número 4, representa al sector ambiental, es decir los insumos y productos que circulan en este sector. Y las matrices 1 y 3 nos muestran las interacciones entre la economía y el ambiente. Por ejemplo, los flujos de insumos del sector económico al ecológico están dados por la matriz 1 y la matriz 3 nos expresa los insumos del sector ambiental al económico. La entropía esta representada por el renglón y la columna 10.

La propuesta de Daly es teórica, de ahí que no nos mencione mucho de la forma en que puede ser aplicada. Además que la estimación, aún en términos físicos, del cuadrante 4 es una tarea muy compleja.

### 3.4.3. El modelo de Isard

La estructura de modelo de Walter Isard es semejante a la que vimos anteriormente en el modelo de Herman Daly. Isard publicó en 1969 un artículo que presentó avances muy importantes en la formación de un modelo económico-ambiental más exhaustivo. Su esquema se compone de cuatro matrices, dispuestas en el mismo orden que en el modelo de Daly. El cuadrante 2, nuevamente contiene las relaciones entre sectores de una economía. El cuadrante 4, representa al sistema ecológico, donde los insumo del ambiente entran al proceso ecológico de las columnas del sistema ó salen como productos. El cuadrante 3 nos muestra los flujos del sistema ambiental al económico y el cuadrante 4 viceversa. (Coupé 1977: 13).

Figura 3.6  
La tabla Insumo-Producto Ambiental de Isard

	Agricultura	Textiles		Refinación de Petróleo		Pesca deportiva		Producción de Plancton	Producción de arenque	Producción de bacalao
Trigo										
Ropa										
Mercancías Económicas			Sistema económico: Coeficientes Intersectoriales 2				Procesos Ecológicos: Coeficientes de Insumo y Producto RE: Mercancías económicas 1			
Petróleo										
Agua										
Alcalinidad										
Mercancías Ecológicas			Sectores Económicos: Coeficientes de Insumo y Producto RE: Mercancías ecológicas 3				Sistema ecológico: Coeficientes de Interproceso 4			
Detrito										
Plancton								+	-	
Arenque									+	-
Bacalao										+

Fuente: Tomado de Victor (1972: 42-43)

Probablemente la principal diferencia entre estos dos modelos, se da en la forma en que ambos usan los coeficientes de producción. Por un lado Daly los deriva una vez que ha sumado los bienes económicos y ambientales, en tanto que Isard lo hace utilizando los coeficientes de producción directamente, en un esquema de mercancía por industria.

Las debilidades que presenta el modelo propuesto por Isard se basan en la dificultad de encontrar datos suficientes para armar el cuadrante 4. Y el supuesto de coeficientes técnicos fijos, puede resultar ser una limitante para el sector ambiental, dado que no se puede asegurar que dicho sector tiene dicho comportamiento. (Richardson 1972: 220).

#### 3.4.4. El modelo de Perrings

La aportación que nos hace Charles Perrings en su libro *Economy and Environment* de 1987 es un avance teórico reflexivo importante en la discusión del papel de la economía y el ambiente en un sistema integrado bajo las leyes de la termodinámica y en especial del Balance de Materiales.

"Perrings (1987) desarrolla un modelo de una economía que está restringida por la ley de la conservación de la materia y exhibe la evolución de los procesos de producción en respuesta a cambios en el ambiente" (Ruth 1993: 66).

Perrings, a través de una visión más europea a diferencia de Ayres y Kneese (1969), nos da una idea más integral del concepto, pero a través del tiempo. Lleva a cabo un análisis dinámico de los vínculos entre la economía y su ambiente, que parte de los fundamentos de la metodología dada por el Insumo Producto, y continúa las ideas dejadas por los precursores del Insumo Producto Ambiental.

Nos hace un contraste con las ideas y fundamentos de la teoría económica neoclásica y afirma que los efectos que se llegan a considerar como "externos" del ambiente representan en sí, flujos fundamentales en la estructura económica. A la hora de tomar en cuenta al ambiente, dicha estructura se transforma de manera importante.

Para Perrings, "el sistema económico, al igual que cualquier otro sistema de producción, descansa en fundamentos físicos que obedecen las leyes de la termodinámica."

(Perrings 1987: 7). Es decir, un sistema físico cerrado debe satisfacer la condición de la conservación de la materia.

### 3.4.5. El modelo de Victor

Por último haremos una breve revisión del modelo de Peter A. Victor que presentó en 1972 uno de los trabajos más completos en la introducción del ambiente en el esquema de Insumo-Producto. La descripción más a detalle se hará en la presentación del modelo de esta tesis.

El análisis que se desarrolla en el trabajo de Victor, es llevado a cabo a nivel nacional para la economía Canadiense. El objetivo del autor fue "establecer las relaciones funcionales... entre la actividad económica y los flujos de materiales en ambas direcciones. (Y demostrar) que los modelos existentes económicos pueden ser ampliados, tanto teórica como empíricamente para que la calidad y cantidad de estos flujos de materiales sean determinados por las actividades económicas de la sociedad". (Victor 1972: 18).

Para Victor, existe una preocupación en la forma en que se considera al ambiente en la teoría económica, debido a que no se toman en cuenta los flujos de materiales entre el ambiente y la economía. De ahí que a partir de la extensión del modelo clásico de Leontief de Insumo-Producto, proponga introducir dicho flujos al esquema.

El principio teórico bajo la cual se construye el estudio de Víctor viene dado por el Balance de Materiales.

"Los flujos de materiales hacia y del ambiente pueden ser incluidos convenientemente en modelos insumo-producto, sin dañar las identidades contables, al agregarse un sector ambiental, que puede ser subdividido en agua, aire, y tierra. Los flujos de materia de estos



subsectores a las plantas industriales, minas, y personas debe ser exactamente balanceado por flujos equivalentes de las plantas industriales, minas, y personas de vuelta al ambiente, más cualquier material que se ha acumulado como equipo de capital, inventarios, y bienes de consumo durables. Al mantenerse las identidades contables, la ley física de la conservación de la materia se satisface." (Victor 1972: 19).

Dadas las características de la información en Canadá y las propias del medio ambiente Victor utiliza una tabla Insumo-Producto con una estructura mercancía por industria, que le da un mayor detalle de la economía.

Al final de su trabajo nos presenta dos tablas de impactos (una con las importaciones determinadas endógenamente y otra con las importaciones determinadas fuera del modelo) que nos muestran las estimaciones del monto de agua que se utiliza y la consecuente producción de residuos que vienen de la producción de un dólar de un bien de las Industrias.

Las intenciones que persigue Victor con este trabajo las expresa de la siguiente forma: "Este libro no es un intento de establecer la validez de una hipótesis. Está planeado para sugerir una forma en que la metodología económica establecida puede usarse en un tema de gran significado social". (Victor 1972: 23).

### 3.5 Otros modelos fuera del Balance de Materiales

En esta categoría se agrupan a aquellos modelos que no se basan en la aplicación del principio de Balance de Materiales, sino que analizan la relación economía-ambiente desde la perspectiva del análisis económico tradicional de externalidades.

#### 3.5.1 El modelo de Leontief

El principal exponente de estos modelos es el mismo creador de Insumo-Producto, Wassily Leontief que en su trabajo en el *Review of Economics and Statistics* (Leontief 1970) establece las bases para expandir su modelo para incluir a la contaminación y las actividades de abatimiento de la contaminación.

Después de su publicación vinieron otros modelos que aplicaron ó ampliaron el análisis sugerido por Leontief, entre los que podemos mencionar a Leontief y Ford (1972), Luptacik y Böhm (1994), Miernyk (1973), Page (1973), Perman, Ma y McGilvray (1996), Thoss (1974), Blancas (1999), Chen (1973), entre otros.

A continuación veamos brevemente las características de dicho modelo.

Figura 3.7  
**Modelo de Leontief ampliado para incluir a la contaminación**<sup>18</sup>

	Industrias	Actividad anticontaminante	Demanda final	
Industrias	$\sum x_{ij}$	$\sum x_{ig}$	$\sum Y_i$	X1
Producción de contaminantes	$\sum x_{gj}$	$\sum x_{gk}$	$\sum Y_i'$	X2
Valor Agregado	$\sum v_j$	$\sum v_g$		
	X1	X2		

Fuente: Elaboración propia en base a: Leontief, Wassily (1970: 260).

En la figura podemos apreciar la forma en que Leontief penso incluir a la contaminación en su modelo, añade un renglón de contaminantes y una columna de actividades de abatimiento para que el esquema le quede a semejanza de un modelo interregional. (Miller y Blair 1985: 53-68).

El autor define a la contaminación como un subproducto del proceso de producción que es indeseable y que tiene que ser incluido en el sistema económico para su análisis. (Leontief 1970: 242 y 245).

<sup>18</sup> Donde :  $x_i$  = Producción total del bien  $i$ ;  $x_g$  = cantidad total de contaminante  $g$  eliminado;  $y_i$  = entrega final del bien  $i$  (a los hogares);  $y_g$  = entrega final del contaminante  $g$  (a los hogares);  $v_i$  = valor agregado en la industria  $i$  por unidad de bien  $i$  producido por ella;  $v_g$  = valor agregado en el sector antipolución  $g$  por unidad de contaminante  $g$  eliminado por él. (Leontief 1970: 260).

La forma de hacerlo radica en esencia en los coeficientes de interdependencia, para que así la contaminación se relacione directa e indirectamente con la economía. "La interdependencia técnica entre los niveles de productos deseables e indeseables puede ser descrita en términos de coeficientes estructurales similares a aquellos utilizados para trazar la interdependencia estructural entre todos los sectores regulares de producción y consumo. De hecho, puede ser descrita y analizada como una parte integral de esa red." (Leontief 1970: 242).

Tal y como es en su modelo básico, supone exógena a la demanda final y en este caso, también a un monto de contaminación no eliminada ( $Y'$ ), que Leontief define como la cantidad de contaminación que la gente debe tolerar.

De aquí construye una matriz de coeficientes de interdependencia:

$$\begin{bmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ A_{21} & -I + A_{22} \end{bmatrix}$$

Donde  $A_{11}$  es la matriz de transacciones interindustriales ya conocida;  $A_{21}$  es la matriz que relaciona a la producción de contaminantes con la economía, que en este caso nos muestra a los contaminantes como producto de las actividades de la industria;  $A_{12}$  que es la matriz que relaciona a la producción de las industrias con las actividades de abatimiento, es decir, tiene signo negativo debido a que representa la cantidad de producción por unidad de contaminante eliminado<sup>19</sup>; y por último  $A_{22}$  que relaciona la

---

<sup>19</sup> Además que la contaminación es considerada como un mal, económicamente hablando.

producción de contaminación por unidad de contaminante eliminado, y que para los elementos de su diagonal principal  $(-I+A_{22})$ , tendrán signo negativo, debido a la intuición anterior, es decir, se cruzan la contaminación generada con su actividad de abatimiento correspondiente, eliminándose así parte de dicha contaminación inicial.

La solución esta dada por la expresión general:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ A_{21} & -I + A_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix}$$

Donde  $X_1$  y  $Y_1$  son la producción y demanda final normales, y  $X_2$  y  $Y_2$  son la producción de contaminantes y la cantidad de contaminación no eliminada que va a dar a la demanda final.

La solución para precios sigue el mismo procedimiento, sólo que en términos de valor agregado (Leontief 1970: 260).

Leontief y Daniel Ford aplican este modelo para ver los impactos de la contaminación atmosférica en Estados Unidos (Leontief y Ford 1972), sin embargo no logra completar los datos de las matrices  $A_{12}$  y  $A_{22}$  quedando su análisis incompleto. La solución a la que llega finalmente para sus cálculos es:  $A_{21} (I - A_{11})^{-1}$ , ponderando solamente los coeficientes técnicos de la producción de contaminantes por la inversa de Leontief normal.

Sin duda alguna el modelo representa una alternativa para considerar la inclusión de la contaminación en el análisis Insumo-Producto, sin embargo también presenta debilidades dignas de tomarse en cuenta. El fundamento teórico que evidencia en primera instancia el modelo viene de la teoría de las externalidades, que no vislumbra al sistema económico y ambiental como cuerpos interdependientes, y aún más allá, desafortunadamente el modelo no incluye en su análisis a los insumos ambientales, dejando de reconocer la importancia de ciertos activos ecológicos que se caracterizan por no tener un mercado, pero que son claves en el desempeño de las actividades productivas y de demanda final de una economía.

El hecho que en su aplicación (Leontief y Ford 1972) no haya incluido a las otras dos matrices, debilita en cierta medida el análisis. Pero pensando en su aplicabilidad en países en vías de desarrollo como el nuestro, difícilmente encontraremos muchos datos como para armar las matrices  $A_{12}$  y  $A_{22}$ , y en especial a nivel regional como en el caso de Tijuana

Hasta donde se ha podido obtener información, en Tijuana existen actividades incipientes de reciclaje de plásticos, metales y algunas sustancias químicas, plantas de tratamiento de aguas residuales, y actividades muy aisladas de forestación, que aglutinadas no nos sería útil para el propósito original del modelo.

Kneese (1977) también reconoce algunas limitantes. El contexto nacional del estudio no es muy apropiado debido a que la contaminación se genera a escalas más regionales; y por otra parte, no es correcto pensar en las actividades de abatimiento como

un sector separado, dado que hay industrias que cuentan con actividades de control en su interior.

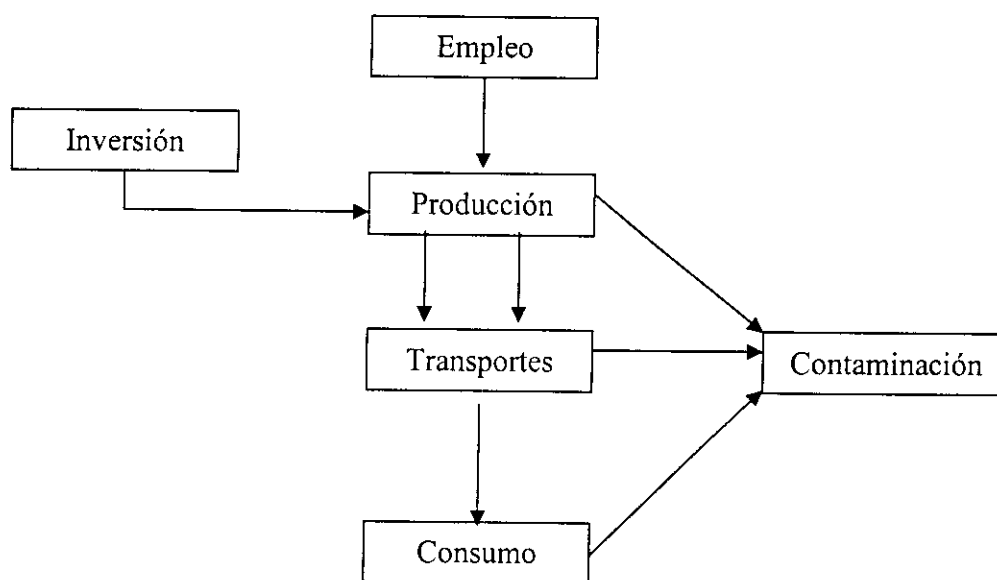
Por su parte Victor (1972) hace énfasis en la confusión que ocasiona la definición de contaminación y sector de abatimiento en el modelo de Leontief. Respecto a la primera, considera que su definición es insuficiente, pues no todos los desechos industriales son contaminantes. Y refiriéndose a las implicaciones del reciclaje en el sector de abatimiento, menciona que no se considera la reutilización de ciertos desechos en el proceso, y además, no se consideran los gastos internos de la propia industria en actividades de abatimiento.

### 3.5.2. El modelo de Coupé

Este es un modelo muy interesante que agrupó algunos de los modelos anteriormente descritos. Bernard Coupé nos presenta un modelo interregional basado en la metodología Insumo-Producto, y el objetivo del mismo es describir las interrelaciones entre la economía y la contaminación a través de técnicas de programación lineal. Las ecuaciones base de su modelo son la inversión, el empleo, el consumo y la contaminación (que en este caso se refiere a las emisiones a la atmósfera de monóxido de carbono, bióxido de azufre, óxido de azufre y partículas suspendidas). El siguiente esquema nos da una idea de la interpretación de Coupé.

Como podemos observar son tres los sectores que contribuyen a la contaminación, la producción, la demanda final (a través del consumo exclusivamente) y los transportes<sup>20</sup>. A estos sectores se les asignan dos tipos de actividades, una relativamente contaminante y otra relativamente no contaminante

Figura 3.8  
El modelo de Coupé



Fuente: Tomada de Coupé (1977: 3)

El interés del autor es calcular un equilibrio en términos de la producción y de la contaminación, tal que éste pueda ser alcanzado a través del control de la cantidad de emisiones contaminantes. (Coupé 1977: 2). Para lo cual, maximiza la "prosperidad" en la región, utilizando al consumo y a la calidad del aire como sus indicadores. La intención de Coupé es controlar más que medir los efectos de la contaminación.

<sup>20</sup> La forma en que relaciona la contaminación con estos sectores es considerando a la contaminación como una porción lineal y directa de la producción y el consumo. (Coupé 1977, p. 60-61)



## CAPÍTULO 4

### APLICACIÓN DEL ANÁLISIS INSUMO-PRODUCTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TIJUANA.

#### 4.1 El Desarrollo Sustentable en Tijuana

De inicio, reconocemos que los conceptos anteriormente descritos, necesitan adaptarse a las necesidades propias del caso. De esta manera, rescatando la idea del subcapítulo 3.1, y en función de los objetivos de este trabajo, aplicamos el concepto tan importante de Desarrollo Sustentable a las características propias de la ciudad de Tijuana.

Sin duda alguna el concepto debe ser flexible a las circunstancias propias de cada país y cada región. Y en nuestro caso se debe de reconocer que se parten de niveles diferentes de Desarrollo en comparación con los países del primer mundo.

Tijuana es una ciudad fronteriza importante, que presenta problemas de sobrepoblación y urbanización originados por un proceso de industrialización intenso y por ser un lugar de paso de migrantes hacia los Estados Unidos. Estas características ejercen fuertes presiones sobre la calidad del ambiente natural de la ciudad.

Es curioso observar que, "Los mismos factores que dan origen a oportunidades para el crecimiento económico, también presentan obstáculos para el desarrollo sustentable" (Sánchez 1999: 21). Este autor reconoce que el concepto de Desarrollo Sustentable en Tijuana,

"deba ser sensible a por lo menos tres aspectos clave:

- Debe evitar poner demasiado énfasis en el lado sustentable de la ecuación. Los países industrializados tienden a poner énfasis en la sustentabilidad porque sienten que sus necesidades de desarrollo han sido satisfechas en gran parte. La utilidad del concepto de desarrollo sustentable está basada en una relación equilibrada entre su dos componentes -la sustentabilidad y el desarrollo, donde la sustentabilidad pasa más allá de ser sólo una serie de estándares ambientales para convertirse en un componente integral de los sistemas económicos y sociales. El hecho de que muchos problemas ambientales en Tijuana están estrechamente asociados con deficiencias en el bienestar social y el subdesarrollo, hace especialmente importante el buscar un equilibrio entre sus metas de sustentabilidad y desarrollo.
  
- Para poder considerar la sustentabilidad como nuevo paradigma para el desarrollo en Tijuana, la definición de trabajo de este concepto necesita poner énfasis en la equidad del bienestar social, como un objetivo primario, al mismo tiempo que la pregunta sobre la calidad ambiental es atendida.
  
- Las estrategias de Tijuana para el crecimiento futuro necesitan hacer la transición de la administración ambiental al desarrollo sustentable. La administración ambiental es prescriptiva y de un enfoque estrecho en su propuesta. Asimismo presta poca atención a los enlaces entre los problemas ambientales y el marco de trabajo económico y social en el cual los problemas se manifiestan" (Sánchez 1999: 24).

Por lo tanto, podemos reconocer que el desarrollo sustentable en Tijuana tiene límites importantes que habrá que reconocer antes de implementar políticas en este sentido. En Tijuana al igual que en los países en vías de desarrollo, los límites son "impuestos por el estado actual de la tecnología y de la organización social sobre los recursos ambientales y la habilidad de la Biósfera para absorber los efectos de las actividades humanas." (WCED 1987: 8)

Sin embargo, el estado actual de las relaciones productivas y sociales pueden ser manejadas y mejoradas para orientar el crecimiento local en una perspectiva más cercana a un Desarrollo Sustentable.

El camino hacia dicho Desarrollo es un proceso de transición y no una meta de corto plazo. Podemos entenderlo como el conjunto de metas intermedias que en el tiempo aglutinen mejores niveles de convivencia entre el crecimiento económico y el cuidado del ambiente.

Para lograr dichos objetivos, necesitamos de un mejor conocimiento de las interrelaciones entre el sistema económico y el ambiental, que nos permita contar con un esquema para la integración de políticas ambientales y económicas, que aporten la parte correspondiente al Desarrollo Sustentable de Tijuana.

Cabe hacer la aclaración que el vincular a ambos sectores no es tarea sencilla, de tal manera que este trabajo es sólo una aproximación imperfecta a la realidad que se vive en la ciudad de Tijuana, pretendiendo aportar una herramienta teórica y metodológica que ayude en la transición al Desarrollo Sustentable local.

## 4.2. Conceptos básicos

A continuación se presenta el modelo de Insumo-Producto Ambiental que se plantea para el caso de la ciudad de Tijuana. Para empezar, primero definiremos conceptos básicos que se emplearán en éste y en el transcurso de los siguientes capítulos.

Siguiendo la idea de Victor, establecemos que existe un mundo físico, al cual pertenece la raza humana, pero para fines del estudio "nos será de utilidad consideramos aparte del mundo físico. El resto se convierte entonces en el ambiente. La manipulación de los materiales encontrados en el ambiente físico para satisfacer los deseos humanos será a lo que se refiere la economía. La economía, por lo tanto, es un conjunto de actividades, donde el ambiente proporciona los elementos -energía y materiales- para las actividades" (Victor 1972: 54).

Podemos entonces partir de la idea que existen dos sistemas, el económico y el ambiental, que interactúan entre sí. El sistema ambiental esta compuesto de dos elementos principales de análisis: los insumos ambientales y los productos ambientales.

Una parte de esta interrelación se da a través del vínculo de los insumos ambientales con la economía. Entenderemos por "insumos ambientales" como aquellos elementos pertenecientes al ambiente que son introducidos por primera vez al sistema económico, para ser empleados como insumos de procesos económicos.

La otra parte esta dada por las emisiones de "productos ambientales". Entenderemos por productos ambientales a la serie de elementos que provienen del sistema económico, que son desechados al ambiente.

Al momento de referimos a los productos ambientales, podemos referirnos a estos como desechos, residuos ó emisiones que serán tomados como sinónimos.

Asumimos que las actividades de reciclaje no afectan el Balance de Materiales, dado que el producto reciclado se inserta de nuevo en el sistema económico a través de la producción ó la demanda final y los desechos del reciclaje se vierten al ambiente.

### 4.3 Desarrollo del modelo.

#### 4.3.1 Las variables y las condiciones de equilibrio

Como hemos visto existen dos metodologías distintas para incluir al sector ambiental dentro de las cuentas de Insumo-Producto. Sin embargo bajo el principio de Balance de Materiales, el modelo que mejor se puede adaptar a los objetivos de este trabajo es el que se presenta a continuación.

Basado en el modelo que presenta Victor (1972)<sup>21</sup> y que trabaja Forsund (1985), tenemos la siguiente matriz Insumo-Producto Ambiental

---

<sup>21</sup>Este autor establece un modelo de Insumo Producto Ambiental a nivel mercancía-industria. Dado que la matriz de Tijuana a emplear tiene el formato industria-industria se adaptó el modelo para estas circunstancias.

Figura 3.9.  
Matriz Insumo Producto Ambiental a emplear

		Industrias	DF	PT
		$1 \dots n$	$n+1 \dots f$	$f+1$
Industrias	$1$	Z	B	X
	$\vdots$			
VA	$n+1$	H	K	$l$
	$\vdots$			
PT	$p$	X'	$l'$	$p$
	$p+1$			
Aire como Insumo	$n+2$	U		
	$\vdots$			
Aire como producto	$z$	V		
	$n+2$			
Aire como producto	$\vdots$	S		
	$z$			
Aire como producto	$n+2$	W		
	$\vdots$			
Aire como producto	$z$			
	$n+2$			

Donde:

El sector económico está compuesto por:

Matriz Z con elementos  $z_{ij}$  ( $n \times n$ ), nos muestra la producción de la industria  $i$  para la industria  $j$ , (ó los insumos que necesita la industria  $j$  que obtiene de la industria  $i$ ) ( $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$ ).



Matriz B  $\{n \times [f - (n+1)]\}$ , un elemento  $b_{ij}$  nos muestra la producción de la industria  $i$  para la demanda final<sup>22</sup>  $j$ , (ó los insumos que necesita la demanda final  $j$  que obtiene de la industria  $i$ ) ( $i = 1, \dots, n; j = n+1, \dots, f$ ).

Vector X ( $n \times 1$ ), este vector se encuentra sumando los elementos  $i$  de la matriz de industrias y de la matriz B; y nos muestra la producción total de bienes económicos ( $i = 1 \dots n; j = 1$ ).

Matriz H  $\{[p - (n+1)] \times n\}$ , un elemento  $h_{ij}$  nos muestra el gasto en el insumo primario<sup>23</sup>  $i$  realizado por la industria  $j$  (ó los cobros que realizan el insumo primario  $i$  por otorgar un servicio ó producto a la industria  $j$ ) ( $i = n+1, \dots, p; j = 1, \dots, n$ ).

Matriz K  $\{[p - (n+1)] \times [f - (n+1)]\}$ , nos muestra el gasto en insumos primarios  $i$  llevado a cabo por la demanda final  $j$  (ó los cobros que realizan los insumos primarios por otorgar un servicio ó producto a la demanda final), ( $i = n+1, \dots, p; j = n+1, \dots, f$ ).

Vector  $l$   $\{[p - (n+1)] \times 1\}$ , se encuentra sumando los elementos del renglón  $i$  de H más K y nos muestra el gasto total en insumos primarios. ( $i = n+1, \dots, p; j = 1$ ).

Vector X' ( $1 \times n$ ), representa la suma de los elementos de la columna  $j$  de la matriz de industrias y la matriz H y nos muestra el gasto total hecho en los insumos intermedios y primarios por parte de la industria  $j$ . ( $i = 1; j = 1, \dots, n$ ). X' es la traspuesta de X.

---

<sup>22</sup> Compuesta por el Consumo, Gasto de Gobierno, Formación Bruta de Capital Fijo, Exportaciones netas, Cambio en Inventarios por parte de los establecimientos.

<sup>23</sup> Que comprenden a salarios, sueldos, impuestos indirectos, y beneficios, etc.

Vector  $l'$   $\{1 \times [f - (n+1)]\}$ , se encuentra sumando los elementos de las columnas  $j$  de B y K y nos muestra el gasto total realizado por la demanda final en bienes económicos e insumos primarios ( $i = 1; j = n+1, \dots, f$ ).

Escalar  $p$ , este escalar es igual a la suma de los elementos del vector  $l'$ . Y también es igual a la suma de los elementos del vector  $l$ . Esta igualdad refleja la identidad entre el gasto interno bruto y el producto interno bruto.

Por su parte el sector ambiental que a continuación se presenta sigue la intuición presentada en el subcapítulo 3.2, acorde con el principio de Balance de Materiales.

Matriz U  $\{[z - (n+2)] \times n\}$ , un elemento  $u_{ij}$  en esta matriz nos muestra los insumos ambientales  $i$  utilizados por la industria  $j$ , ( $i = n+2, \dots, z; j = 1, \dots, n$ ).

Matriz V<sup>24</sup>  $\{[z - (n+2)] \times n\}$ , un elemento  $v_{ij}$  nos muestra los insumos ambientales  $i$  utilizados por la demanda final  $j$ . ( $i = n+2, \dots, z; j = 1, \dots, n$ ).

Matriz R  $\{[z - (n+2)] \times n\}$ , un elemento  $r_{ij}$  es la suma de los renglones  $i$  de U y V; y nos muestra los insumos ambientales  $i$  utilizados por la economía. ( $i = n+2, \dots, z; j = 1, \dots, n$ ).

---

<sup>24</sup> Esta matriz nos presenta los insumos ambientales que utiliza el consumo, la inversión, el gasto de gobierno, etc. entre lo cual podríamos mencionar parques naturales, playas turísticas, etc., para motivos de exposición suponemos que dichos insumos pasan por el proceso de producción, pero sólo son aprovechados por la demanda final.

Matriz S  $\{[z - (n+2)] \times n\}$ , un elemento  $s_{ij}$  nos muestra los desechos  $i$  generados por la industria  $j$  y que no van a la demanda final, sino que van directamente al ambiente. ( $j = 1, \dots, n; i = n+2, \dots, z$ ).

Matriz W  $\{[z - (n+2)] \times n\}$ , un elemento  $w_{ij}$  nos muestra los desechos  $i$  generados por la demanda final a través de uso de los bienes de la industria  $j$  y cuyo destino final es el ambiente<sup>25</sup>. ( $j = 1, \dots, n; i = n+2, \dots, z$ ).

Matriz F  $\{[z - (n+2)] \times n\}$ , un elemento  $f_{ij}$  es la suma de las filas  $i$  de las matrices S y W; y nos muestra la producción (descarga) de desechos de la economía al ambiente, ( $j = 1, \dots, n; i = n+2, \dots, z$ ).

Vector q ( $n \times 1$ ), un elemento  $q_i$  en este vector se encuentra sumando los elementos  $i$  de la matriz F y nos muestra la producción total (descarga) de desechos al ambiente por parte de la economía. ( $i = 1, \dots, n$ ).

Vector t ( $1 \times n$ ), un elemento  $t_j$  en este vector se encuentra sumando los elementos de los renglones  $i$  de la matriz R y nos muestra los insumos ambientales totales para la economía.

---

<sup>25</sup> Suponemos que la DF no produce nada, excepto desechos contaminantes al ambiente, la generación de desechos por parte de la DF, se debe al uso de los bienes y servicios económicos que producen las  $i$  industrias.

A partir de estas definiciones podemos establecer las identidades en el sector económico y en el ambiental que caracterizan al modelo en una economía abierta.

En el sector económico se cumple la identidad entre las cuentas de ingreso y de gasto, es decir:

$$GT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^f b_{ij} + \sum_{i=n+1}^p \sum_{j=n+1}^f k_{ij} = l = p \quad (7)$$

y

$$PT = \sum_{i=n+1}^p \sum_{j=n}^n h_{ij} + \sum_{i=n+1}^p \sum_{j=n+1}^f k_{ij} = l = p \quad (8)$$

El Gasto Total (GT) nos expresa el gasto en insumos intermedios y primarios por parte de la demanda final, en tanto que, el Producto Total (PT) muestra la producción en términos del ingreso retribuido a los factores por parte de las industrias y la demanda final.

De tal manera que:

$$\sum_{j=n+1}^f \left( \sum_{i=1}^n b_{ij} + \sum_{i=n+1}^p k_{ij} \right) = \sum_{i=n+1}^p \left( \sum_{j=1}^n h_{ij} + \sum_{j=n+1}^f k_{ij} \right) \quad (9)$$

Respecto a la igualdad en el sector ambiental, esta sigue los principios de la ley de la conservación de la materia, es decir que "si no se registra ningún cambio en inventarios al interior de la planta, entonces la materia combinada de flujos materiales hacia adentro iguala a la materia combinada de flujos materiales hacia fuera. Esto es lo que significa un Balance de Materiales" (Victor 1972: 60).

Debido a que en el modelo se expresan los insumos y productos ambientales en unidades físicas y no monetarias, entonces para hacer comparables las cantidades económicas y las ambientales dentro de estas definiciones, se añade a la expresión del bien económico una barra horizontal (pe.  $\overline{z_{ij}}$ ) que nos expresa el *peso* del bien económico  $x_{ij}$  interindustrial. El *peso*, es una medida de la masa que nos permite hacer comparables a los bienes económicos.

En palabras de Victor "La materia de productos debe ser igual a la materia de mercancías ecológicas utilizadas como insumos industriales si se quiere satisfacer la ley de la conservación de la materia" (Victor 1972: 61). De ahí que se considere a los flujos del ambiente a la economía como insumos ambientales. Y a los flujos de la economía al ambiente como productos ambientales, con lo cual tenemos la expresión para la producción:

$$\sum_{i=n+2}^z \sum_{j=1}^n u_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^f \overline{b_{ij}} + \sum_{i=n+2}^z \sum_{i=1}^n s_{ij} \quad (10)$$

Esta igualdad nos dice que la masa de insumos ambientales a la industria debe ser igual a la masa de productos materiales de la industria,<sup>26</sup> más los desechos industriales. (Victor 1972: 61).

Para el caso de la demanda final:

---

<sup>26</sup> Estos productos materiales incluyen todos los bienes de consumo, inversión fija, cambio en inventarios de bienes terminados y semi-terminados que son comprados por la demanda final

$$\sum_{i=n+2}^z \sum_{j=1}^n v_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^f \bar{b}_{ij} = \sum_{i=n+2}^z \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (11)$$

Donde la igualdad nos expresa que los insumos ambientales y los económicos que la demanda final requiere, igualan a la masa de productos ambientales desechados por esta categoría.

Reorganizando 11 y 12 obtenemos la condición de equilibrio en el sector ambiental que refleja el Balance de Materiales:

$$\sum_{i=n+2}^z (\sum_{j=1}^n u_{ij} + \sum_{j=1}^n v_{ij}) = \sum_{i=n+2}^z (\sum_{i=1}^n s_{ij} + \sum_{i=1}^n w_{ij}) \quad (12)$$

El supuesto importante para que se cumpla esta igualdad es el siguiente "cuando no hay un cambio en la masa del equipo de capital, en los inventarios de bienes terminados y semi-terminados, y bienes de consumo durables, la masa de insumos ambientales para una economía debe ser igual a la masa de productos ambientales de la economía." (Victor 1972: 63).

#### 4.3.2. La inclusión del sector ambiental.

La derivación del modelo consta de dos etapas, primero se obtienen los coeficientes de interdependencia para la economía sin incluir a los insumos y productos ambientales y su solución general. Posteriormente, se introduce el sector ambiental a la economía a través de coeficientes que indiquen la interrelación entre los dos sistemas.

El proceso a seguir en la derivación inicial, es el comúnmente usado en los textos de Insumo-Producto (O'Connor 1975, Miller y Blair 1985).

Sabemos que la expresión para la producción total (X) en la economía está dada por la suma de la demanda intermedia más la demanda final.

$$X = Z + B \quad (13)$$

Los coeficientes técnicos ó impactos de primer orden son establecidos por la fórmula:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_i} \quad (14)$$

Reordenando en términos de  $z_{ij}$

$$z_{ij} = a_{ij} X_i \quad (15)$$

Sustituyendo en 15

$$X = A X + B \quad (16)$$

Donde A es una matriz de coeficientes técnicos  $a_{ij}$  (n x n) y obtenemos la Matriz Inversa de Leontief:

$$X - A X = B \quad (17)$$

$$(I - A) X = B$$

$$X = (I - A)^{-1} B \quad (18)$$

Obteniendo los coeficientes de interdependencia  $(I - A)^{-1}$ , que nos muestran los efectos totales sobre la producción total de cambios en la demanda final exógena  $B$ , en un cierto periodo de tiempo.

Para introducir al sector ambiental, se siguen tres pasos. Primeramente se muestra la forma en que se vinculan los insumos y productos ambientales con la economía, y por último la relación entre el sector ambiental total y el económico.

Siguiendo la propuesta de Victor (1972: 77), asumimos que los insumos y productos ambientales de la industria y la demanda final son proporcionales a su nivel de producción a precios del período base. De tal manera que:



$$u_{ij} = \beta_{ij} X_i \quad (19)$$

$$s_{ij} = \gamma_{ij} X_i \quad (20)$$

Donde:

$u_{ij}$  Es el insumo ambiental  $i$  usado por la industria  $j$ .

$\beta_{ij}$  Es la cantidad del insumo ambiental  $i$  usado por la industria  $j$  por unidad de producción de la industria  $j$ .

$s_{ij}$  Es la producción de desecho  $i$  producido por la industria  $j$ .

$\gamma_{ij}$  Es la cantidad del producto ambiental  $i$  (desecho) por unidad de producción de la industria  $j$ .

Cabe mencionar que este supuesto es el empleado por la mayoría de los estudios de Insumo-Producto Ambiental, tales como Coupé (1977: 60-61), Forsund (1985: 332-333), Isard (1975: 326), James (1985: 238), Lakshmanan y Bolton (1986: 587), etc.

La forma en que se plantea la introducción del sector ambiental, no se aleja mucho de la realidad respecto a lo que se insume del ambiente y a lo que se emite al ambiente como residuos. Es decir, a mayor producción, es probable que se demanden más insumos ambientales y se emitan mayores cantidades de residuos, dada la tecnología fija de las empresas.

En forma matricial

$$U = \beta \hat{X} \quad (21)$$

$$S = \gamma \hat{X} \quad (22)$$

$U$   $\{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de insumos ambientales usados por las industrias

$\beta$   $\{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de índices de utilización de insumos ambientales, correspondientes a la producción

$\hat{X}$   $(n \times n)$  es una matriz diagonal de producción industrial

$S$   $\{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de productos ambientales emitidos por la industria

$\gamma$   $\{[z - (n+2)] \times n\}$  es la matriz de índices de emisión de productos ambientales correspondientes a la producción.

Para este caso en particular, podemos expresar las ecuaciones anteriores en términos de la demanda final, de la forma:

$$U = \beta (I - A)^{-1} \hat{Y} \quad (23)$$

$$S = \gamma (I - A)^{-1} \hat{Y} \quad (24)$$

Lo cual enriquece al análisis, al poder tener unos nuevos índices de emisión y de utilización que expresen impactos, no sólo directos, sino también indirectos de movimientos en  $\hat{Y}$ , sobre las matrices  $U$  y  $S$ . Nombremos así a :

$$\phi = \beta (I - A)^{-1} \quad (25)$$

$$\theta = \gamma (I - A)^{-1} \quad (26)$$

Una vez relacionado con la producción, lo que sigue es relacionarlo con la demanda final, de la forma ya conocida. Primeramente convertimos nuestra matriz B de demanda final en la matriz diagonal  $\hat{Y}$ <sup>27</sup> para obtener:

$$V = \eta \hat{Y} \quad (27)$$

$$W = \sigma \hat{Y} \quad (28)$$

- $V \quad \{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de insumos ambientales usados por la demanda final
- $W \quad \{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de productos ambientales generados por la demanda final a través del uso de bienes provenientes de las industrias.
- $\hat{Y} \quad (n \times n)$  es una matriz diagonalizada de demanda final.
- $\eta \quad \{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de índices de utilización de insumos ambientales correspondientes a la demanda final.
- $\sigma \quad \{[z - (n+2)] \times n\}$  es una matriz de índices de emisión de productos ambientales correspondientes a la demanda final.

Completando el modelo:

$$U + V = \beta \hat{X} + \eta \hat{Y} \quad (29)$$

$$S + W = \gamma \hat{X} + \sigma \hat{Y} \quad (30)$$

---

<sup>27</sup> La matriz normal  $B_{n \times (f-n+1)}$  se multiplicó por un vector de unos  $(1)_{(f-n+1) \times 1}$ , para obtener la nueva matriz  $Y_{n \times 1}$  la cual se diagonaliza obteniendo la matriz  $\hat{Y}_{n \times n}$ .

Como habíamos definido en un principio:

$$R = U + V$$

$$F = S + W$$

Podemos agrupar en una matriz de rango superior a los insumos y productos ambientales y a sus índices, para que representen al sector ambiental y poder obtener el efecto agregado de la forma:

$$E = \begin{bmatrix} R \\ F \end{bmatrix} \text{ una matriz } \{2[z - (n+2)] \times n\} \quad (31)$$

$$\lambda = \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} \text{ una matriz } \{2[z - (n+1)] \times n\} \quad (32)$$

$$\pi = \begin{bmatrix} \eta \\ \sigma \end{bmatrix} \text{ una matriz } \{2[z - (n+1)] \times n\} \quad (33)$$

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \phi \\ \theta \end{bmatrix} \text{ una matriz } \{2[z - (n+1)] \times n\} \quad (34)$$

Entonces tenemos una expresión general:

$$E = \lambda \hat{X} + \pi \hat{Y} \quad (35)$$

Si sustituimos al primer término  $\hat{X}$  por la expresión para la demanda final  $\hat{Y}$ , tenemos:

Ó

$$E = [\lambda (I-A)^{-1} + \pi] \hat{Y} \quad (36)$$

$$E = [\varepsilon + \pi] \hat{Y} \quad (37)$$

Que nos expresa finalmente el efecto directo e indirecto de las actividades económicas, reflejadas por la demanda final, sobre el ambiente.

#### 4.4 Fuentes de Datos.

Debido a las circunstancias propias en la realización de esta investigación, se optó por trabajar la aplicación del modelo anteriormente propuesto con un solo recurso, el aire. No obstante, cabe mencionar que el modelo adaptado a un esquema industria-industria se ha planteado de una forma general para que puede incluir cualquier análisis de otro(s) recurso(s) ya sea a nivel nacional, regional, interregional, etc.

Primeramente se analizarán los contaminantes a considerar, en especial en sus efectos sobre la salud humana y posteriormente se presentarán los datos a emplear.

##### 4.4.1. Los cinco tipos de emisiones contaminantes a la atmósfera a considerar.

La selección de estos contaminantes se da en función de los presentados en el Inventario de emisiones a utilizar. De manera breve se presentan las fuentes que originan estos desechos, así como sus principales efectos sobre la salud humana. En función de dichos efectos, es como se diseñaron las normas de calidad del aire en nuestro país (Cuadro A.2.5.) que establecen límites mínimamente aceptables para la presencia de estas sustancias y partículas en el ambiente sin dañar la salud.

**Cuadro 4.1**  
**Fuentes y Efectos sobre la salud de los cinco tipos de emisiones consideradas**

	<i>Fuentes</i>	<i>Efectos sobre la salud</i>
PM <sub>10</sub>	Las partículas pueden tener un origen natural (integradas por suelos y partículas de origen biológico) ó aparecer debido a procesos de combustión y reacciones químicas en la atmósfera (con nitratos y sulfatos por ejemplo). No hay un compuesto característico de las partículas, y pueden ser líquidas ó sólidas.	La toxicidad y peligrosidad de las partículas depende principalmente de su composición química y de su tamaño. La exposición a estas partículas puede provocar afectaciones pulmonares, ó problemas cancerígenos. En general, provocan respiración agitada, irritación y disminución del volumen de las vías respiratorias.
SO <sub>2</sub>	Se puede generar a través de vías naturales ó por la combustión de combustibles fósiles que tengan un contenido de azufre importante. Una vez en la atmósfera, reacciona formando ácido sulfúrico, contribuyendo así a la producción de lluvia ácida.	Ocasiona irritación en el tracto respiratorio y los sulfatos provocan efectos adversos sobre asmáticos y ancianos. Al combinarse con las partículas, forman un elemento muy tóxico a la salud humana.
CO	Proviene principalmente de la combustión incompleta en los motores a gasolina. También se origina, aunque de forma mínima en la industria papelera (con el tratamiento químico que le da a la madera), la petrolera (proceso de fraccionamiento) y de la fundición (enriquecimiento de mineral de hierro).	Debido a que el CO es más afin que el Oxígeno en la hemoglobina, reemplaza al oxígeno en las células rojas, evitando el transporte de oxígeno en la sangre, lo cual provoca que el corazón trabaje con mayor dificultad, provocando sensación de asfixia, dolor de cabeza, disminución en los reflejos.
NO <sub>x</sub>	Su formación viene principalmente de los procesos de combustión a través de la oxidación de nitrógeno atmosférico y en menor grado a partir del nitrógeno orgánico contenido en los combustibles. A medida que se incrementa la temperatura se van formando, óxido nítrico (no dañinos a la salud), monóxido de nitrógeno y bióxido de nitrógeno que ya son gases tóxicos.	Los óxido de nitrógeno son precursores de la formación del ozono, que es un gas muy tóxico a la salud, y afectan a las vías respiratorias y reduce la resistencia a las infecciones respiratorias.
HC	Generalmente son diversos compuestos químicos que se forman durante la combustión incompleta de madera y combustible fósil. En su escala más global, se pueden clasificar en olefinas, aromáticos y parafinas. Las primeras vienen de las emisiones vehiculares; las parafinas pueden aparecer en la evaporación en gasolineras y los aromáticos vienen del uso de solventes en la industria y talleres de pintura.	Su importancia radica en ser precursor del ozono al igual que los NO <sub>x</sub> , aunque también se emiten sustancias tóxicas por sí mismos, como el benceno que es cancerígeno.

Fuente: Caselli (1992); DDF, GEM, SEMARNAP y SS (1996); Lacy (1993)

Es importante establecer que la importancia de realizar un estudio como el que aquí se presenta, está implícitamente comprometido con fin último de buscar mejores niveles de

bienestar para la sociedad; que en este caso se reflejan, en los efectos sobre la salud humana de contaminantes atmosféricos, generados por la actividad económica.

#### 4.4.2. Productos ambientales

La cuestión del análisis de los problemas ambientales atmosféricos en Tijuana, ha sido estudiada por varios especialistas desde hace algunos años, como se vio en el subcapítulo 2.3 Trabajos como los que presentan Álvarez (1986); Jáuregui (1983); Kazimi, Cuamea, Alvarez, Sweedler y Fertig (1997); Sweedler, Ganster, Quintero y Álvarez (1997); y Sweedler (1999), nos han aportado elementos valiosos para diagnosticar y proponer soluciones a la situación de la contaminación atmosférica en la región. Sin embargo, no se habían contado con fuentes de información que permitieran hacer un análisis más detallado.

Recientemente el Instituto Nacional de Ecología (INE) a través de su dirección de Gestión del Aire concluyó el Inventario de Emisiones por tipo de Fuente para Tijuana-Rosarito de 1998, cuyos resultados preliminares se presenta en el Anexo. Para los objetivos del trabajo, se utilizó dicha información clasificándola en los 17 sectores con los que cuenta la matriz de Tijuana, quedándonos dos matrices de productos ambientales (desechos a la atmósfera) provenientes de la economía.

Cabe recordar un poco la intuición de un producto ambiental. Dentro del análisis Insumo-Producto, habíamos dicho que horizontalmente podemos interpretar a la matriz como la producción que cada sector genera y distribuye a otros sectores. En el caso de



productos ambientales, a los que se refieren los desechos a la atmósfera, sigue esa misma intuición, sólo que ahora hablamos de la cantidad en kg de emisiones contaminantes a la atmósfera que produce cada sector y distribuye al ambiente.

Asimismo se trabajará con cinco tipos de desechos a la atmósfera que son PM<sub>10</sub>, partículas de fracción respirable suspendidas en el aire<sup>28</sup>; SO<sub>2</sub>, bióxido de azufre; CO, monóxido de carbono; NO<sub>x</sub>, óxidos de nitrógeno; HC, Hidrocarburos.

**Cuadro 4.2**  
**Sectores económicos para Tijuana<sup>29</sup>**

1	Agropecuario, Silvicultura y Pesca
2	Minería
3	Alimentos, Bebidas y Tabaco
4	Textiles, Prendas de Vestir, e Industria del Cuero
5	Industria de la Madera y Productos de la Madera
6	Papel, Productos de Papel, Imprentas y Editoriales
7	Sustancias Químicas, Derivados del Petróleo, Productos de Caucho y Plásticos
8	Productos de Minerales no Metálicos, excepto Derivados del Petróleo y Carbón
9	Industrias Metálicas Básicas
10	Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo
11	Otras Industrias Manufactureras
12	Construcción
13	Electricidad, Gas y Agua
14	Comercio, Restaurantes y Hoteles
15	Transporte, Almacenaje y Comunicaciones
16	Servicios Financieros, Seguros y Actividades Inmobiliarias y de Alquiler
17	Servicios Comunales, Sociales y Personales

La clasificación a detalle de los conceptos del inventario a los sectores de la MIP de Tijuana se presenta a continuación.

<sup>28</sup> Partículas suspendidas menores a 10 micras de diámetro aerodinámico.

<sup>29</sup> Esta clasificación se hizo en función de los Grandes agregados de las cuentas nacionales, solamente desagregando la Manufactura en sus 9 componentes.

Cuadro 4.3

Clasificación del Inventario de emisiones en la estructura de la MIP de Tijuana<sup>30</sup>

Censos Económicos				Cuentas Nacionales			
	Sector Censos Económicos	Subsector Censos Económicos	Rama Censos Económicos	Clase Censos Económicos	Rama Cuentas Nacionales	Grupo Cuentas Nacionales	Subgrupo Cuentas Nacionales
7 Tipo de Fuente según el Inventario de emisiones	Sector en la MIP de Tijuana						
Productos vegetales y animales	1. Agropecuario, silvicultura y pesca				01-01		0201. Ganado bovino, 0202. Ganado porcino 0203. Ganado ovino, 0204. Ganado caprino.
Carrares de energía de ganado	1. Agropecuario, silvicultura y pesca						
Labranza Agrícola	1. Agropecuario, silvicultura y pesca				01. Agricultura	010. Producción agrícola	
Minerales metálicos	2. Minería	23. Extracción de minerales metálicos	2310. Extracción y/o beneficio de minerales de hierro, 2320. Extracción y/o beneficio de minerales metálicos no ferrosos	231000. Extracción y/o beneficio de minerales de hierro 232000. Extracción y/o beneficio de minerales metálicos no ferrosos	07. Extracción y beneficio de mineral de hierro 08. Extracción y beneficio de minerales metálicos no ferrosos.	070. Extracción y beneficio de mineral de hierro. 080. Extracción y beneficio de oro y plata 081. Extracción y beneficio de cobre 082. Extracción y beneficio de plomo, zinc y otros minerales metálicos no ferrosos.	
Productos de consumo alimenticio	3. Alimentos, bebidas y tabaco.	31. Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	3111 - 3130		11-23		
Panaderías	3. Alimentos, bebidas y tabaco.	31. Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	3115. elaboración de productos de panadería.		13. Molinería de trigo	131. Pan y otros productos de harina de trigo.	
Industria del vestido	4. Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	32. Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	3214. Fabricación de tejido de punto. 3220. confección de prendas de vestir.		27. Prendas de vestir.	270. Artículos de punto 271. Ropa interior y exterior 272. Otras prendas de vestir.	
Madera y derivados	5. Industria de la madera y productos de la madera.	33. Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles.			29-30		
Productos de impresión	6. Papel, productos de papel, imprentas y editoriales.	34. Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	3420. Imprentas, editoriales e industrias conexas	342003. Impresión y encuadernación 342004. Industrias auxiliares y conexas con la edición e impresión	32. Imprentas y editoriales		
Industria química	7. Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plásticos	35. Sustancias químicas, productos derivados del petróleo, de hule y de plástico.			34-40		
Productos de consumo de vida media	7. 6. (en Demanda Final)						

<sup>30</sup> Esta clasificación está dada en base a la clasificación del sistema de cuentas nacionales tomada de INEGI (1999) y en base a la clasificación de los censos económicos tomada de Brugués (1994)

<sup>31</sup> Para clasificar estas emisiones se consideró a los sectores mencionados como productores de bienes de consumo de vida media.

7 Tipo de Fuente según el Inventario de emisiones	Sector en la MIP de Tijuana	Sector Censos Económicos	Subsector Censos Económicos	Rama Censos Económicos	Clase Censos Económicos	Rama Cuentas Nacionales	Grupo Cuentas Nacionales	Subgrupo Cuentas Nacionales
Minerales no metálicos	8. Productos de minerales no metálicos, excepto derivados del petróleo y carbón.	3. Industrias Manufactureras	36. Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón.			43-45		
Productos metálicos	10. Productos metálicos, maquinaria y equipo. (Final)	3. Industrias Manufactureras	38. Productos metálicos, maquinaria y equipo			48-53		
Productos de consumo de vida larga	11. Otras industrias manufactureras. (Final)	3. Industrias Manufactureras	39. Otras industrias manufactureras.			59	Otras industrias manufactureras	
Diversos	12. Construcción (Demanda Final)	5. Construcción	50. Construcción	5014. Otras construcciones.	501422. Construcción de obras vitales y para el transporte terrestre.	60	Construcción	
Construcción	12. Construcción (Demanda Final)	5. Construcción	50. Construcción	5012. Construcción de obras de urbanización.	501209. Construcción de obras de urbanización.	60	Construcción	
Aviados de Construcciones	12. Construcción (Demanda Final)	5. Construcción	50. Construcción	4100. Electricidad	410001. Generación y transmisión de Energía eléctrica	61	Electricidad gas y agua	610. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
Caminos Pavimentados	12. Construcción (Demanda Final)	5. Construcción	50. Construcción	6120. Comercio de productos no alimenticios al por mayor.	612011. Comercio al por mayor de combustibles derivados del petróleo.	62	Concreto	620. Mayorista, minorista e informal
Caminos No Pavimentados	12. Construcción (Demanda Final)	5. Construcción	50. Construcción	6230. Comercio de productos no alimenticios al por menor, en establecimientos no especializados.	623050. Comercio al por menor de gas licuado combustible.	62	Concreto	620. Mayorista, minorista e informal
Generación de Energía Eléctrica	13. Electricidad, Gas y Agua	4. Electricidad y Agua	41. Electricidad	7110. Transporte ferroviario.	711101. Servicios de transporte por ferrocarril	64	Transporte y almacenaje	640. Ferroviario
Combustión Comercial	14. Comercio, restaurantes y hoteles.	6. Comercio	62. Comercio al por menor	7130. Transporte aéreo		64	Transporte y almacenaje	644. Transporte aéreo
Comercialización y distribución de combustible	14. Comercio, restaurantes y hoteles.	6. Comercio	62. Comercio al por menor	71. Servicios de transporte		64	Transporte y almacenaje	
Distribución de Gas L. P.	14. Comercio, restaurantes y hoteles.	6. Comercio	62. Comercio al por menor	71. Servicios de transporte		64	Transporte y almacenaje	
Locomotoras	15. Transporte, almacenaje y comunicaciones.	7. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7113. Autotransporte de pasajeros.		64	Transporte y almacenaje	
Aeronaves	15. Transporte, almacenaje y comunicaciones.	7. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	9731. Servicios relacionados con la agricultura, ganadería, construcción, transportes, financieros y comercio.	973103. Servicios de estacionamiento y pension para vehículos.	64	Transporte y almacenaje	645. Servicios conexos al transporte
Cruces Fronterizos	15. Transporte, almacenaje y comunicaciones. (Final)	7. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	9733. Servicios relacionados con la agricultura, ganadería, construcción, transportes, financieros y comercio.	973301. Servicios a la navegación aérea.	64	Transporte y almacenaje	645. Servicios conexos al transporte
Terminales de Autobuses	15. Transporte, almacenaje y comunicaciones.	7. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte			64	Transporte y almacenaje	
Estacionamientos públicos	15. Transporte, almacenaje y comunicaciones.	9. Servicios comunales, sociales y personales.	97. Servicios relacionados con la agricultura, ganadería, construcción, transportes, financieros y comercio.			64	Transporte y almacenaje	645. Estacionamiento y pensiones para automóviles.
Carga de combustible en aeronaves	15. Transporte, almacenaje y comunicaciones.	9. Servicios comunales, sociales y personales.	97. Servicios relacionados con la agricultura, ganadería, construcción, transportes, financieros y comercio.			64	Transporte y almacenaje	645. Servicios conexos al transporte

<sup>12</sup> Para clasificar estas emisiones se consideró a los sectores mencionados como productores de bienes de consumo de vida larga.

Tipo de Fuente según el Inventario de emisiones	Sector en la MIP de Tijuana	Sector Censos Económicos	Subsector Censos Económicos	Rama Censos Económicos	Clase Censos Económicos	Rama Cuentas Nacionales	Grupo Cuentas Nacionales	Subgrupo Cuentas Nacionales
Autos Particulares	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones. (Demanda Final)	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7113. Autotransporte de pasajeros	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	641. Automotor de pasajeros	6412. Taxis
Taxis	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones.	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7113. Autotransporte de pasajeros	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	641. Automotor de pasajeros	
Pick up	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones. (Demanda Final)	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7113. Autotransporte de pasajeros	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	641. Automotor de pasajeros	
Camiones de pasajeros a gasolina	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones.	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7112. Autotransporte de carga	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	642. Automotor de carga	6411. ómnibus
Camiones de pasajeros a diesel	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones.	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7112. Autotransporte de carga	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	642. Automotor de carga	6411. ómnibus
Camiones de carga a gasolina	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones.	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7112. Autotransporte de carga	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	642. Automotor de carga	6421. Automotor de carga
Camiones de carga a diesel	15. Transporte, abastecimiento y comunicaciones. (Demanda Final)	17. Transportes y comunicaciones	71. Servicios de transporte	7112. Autotransporte de carga	64. Abastecimiento y comunicaciones	64. Transporte y abastecimiento	642. Automotor de carga	6421. Automotor de carga
Motocicletas	17. Servicios comunales, sociales y personales. (Demanda Final)	19. Servicios comunales, sociales y personales			68-73			
Combustión Residencial	17. Servicios comunales, sociales y personales. (Demanda Final)	19. Servicios comunales, sociales y personales						
Pintado de Carrocerías	17. Servicios comunales, sociales y personales.	9. Servicios comunales, sociales y personales.	96. Servicios de reparación y mantenimiento	9612. Servicios de reparación y mantenimiento automotriz.	961203. Servicios de reparación de carrocerías (botabarrera y pintura)	72. Otros servicios	720. Servicios de reparación	7201. vehículos automotrices, incluso talleres adscritos a agencias
Lavado en Seco (Fintorerías)	17. Servicios comunales, sociales y personales.	9. Servicios comunales, sociales y personales.	95. Servicios profesionales, técnicos, especializados y personales.	9530. Servicios de tintorería y lavandería.	953001. Servicios de tintorería y lavandería de ropa.	72. Otros servicios	720. Servicios de reparación	7211. Servicios de aseó y limpieza
Artes Gráficas	17. Servicios comunales, sociales y personales.	9. Servicios comunales, sociales y personales.	95. Servicios profesionales, técnicos, especializados y personales.	9510. Prestación de servicios profesionales, técnicos, especializados, excluye agropecuarios.	951009. Servicios de diseño artístico.	68. Servicios profesionales	684. Otros servicios profesionales	
Asados al carbon	17. Servicios comunales, sociales y personales.	9. Servicios comunales, sociales y personales.	93. Restaurantes y hoteles.	9310. Restaurantes, bares y centros nocturnos.	931014. Servicio de loncherías, taquerías y fortlerías.			
Tratamiento de Aguas Residuales	17. Servicios comunales, sociales y personales.	17. Servicios comunales, sociales y personales.				72. Otros servicios	722. Otros servicios	7221. saneamiento y aguas residuales.

La clasificación se dio bajo el criterio de ubicar dónde se generaba la emisión, si en la demanda intermedia ó en la demanda final; Dada la clasificación anterior, obtenemos el siguiente cuadro resumen.

Cuadro 4.4.  
Clasificación de las emisiones (cuadro resumen)

<i>Sector</i>	<i>Industria</i>	<i>Demanda Final</i>
1	Productos vegetales y animales; Labranza agrícola; y Corrales de engorda de ganado	
2	Minerales no metálicos	Producto de consumo de vida larga
3	Productos de consumo alimenticio y Panaderías	
4	Industria del vestido	Productos de consumo de vida media
5	Madera y derivados	Producto de consumo de vida larga
6	Productos de impresión	Productos de consumo de vida media
7	Industria química	Productos de consumo de vida media
8	Minerales no metálicos	Producto de consumo de vida larga
9		Producto de consumo de vida larga
10	Productos metálicos	Producto de consumo de vida larga
11	Diversos	
12		Construcción <sup>33</sup> ; Incendio de construcciones, caminos pavimentados y no pavimentados
13	Generación de energía eléctrica	
14	Combustión comercial; Comercialización y distribución de combustible; Distribución de gas LP	
15	Locomotoras; Aeronaves; Terminales de autobuses; Estacionamientos públicos; Taxis; Camiones de Pasajeros y de Carga a gasolina y diesel; y Carga de combustibles en aeronaves	Cruces Fronterizos; Autos particulares; Pick up; y Motocicletas
16		
17	Artes gráficas; Tratamiento de aguas residuales; Lavado en seco (tintorerías); Pintado de carrocerías. Asados al carbón	Combustión Residencial

<sup>33</sup> A pesar que se reconoce a la construcción como una actividad industrial, la Matriz Insumo Producto regionalizada de Tijuana, hecha a partir de la de Baja California, no registra producción alguna dentro de las relaciones intersectoriales, tan sólo en la demanda final, debido a que se considera a la construcción como Inversión; de ahí que se haya decidido ubicar toda la actividad de demanda final.

Ya teniendo la clasificación, se procede a sumar las toneladas correspondientes para cada tipo de emisión, quedándonos dos matrices de productos ambientales; la que denominamos como S, de productos ambientales generados por la industria, y la W de productos ambientales generados por la demanda final.

Cuadro 4.5.  
Matrices S y W del Modelo (tons/año)<sup>34</sup>

Sector	Productos desechados al ambiente por parte de las actividades de la Demanda Intermedia					Productos desechados al ambiente por parte de las actividades de la Demanda Final				
	PM 10	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	PM 10	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1. Agropecuario, Silvicultura y Pesca	615	NS	NS	1	NS	-	-	-	-	-
2. Minería	19	2	50	1	29	NS	NS	NS	-	0.33
3. Alimentos, Bebidas y Tabaco	20	163	46	279	182	-	-	-	-	-
4. Textiles, Prendas de Vestir, e Industria del Cuero	NS	NS	NS	NS	5	808	1.1	2.2	11.1	1,138
5. Industria de la Madera y Productos de la Madera	3	50	NS	5	1	NS	NS	NS	0.1	36.3
6. Papel, Productos de Papel, Imprentas y Editoriales	NS	NS	NS	NS	3	36.4	0.1	0.1	0.5	51.3
7. Sustancias Químicas, Derivados del Petróleo, Productos de Caucho y Plásticos	NS	NS	NS	NS	90	1,335	1.8	3.7	18.4	1,880
8. Productos de Metales no Ferrosos, excepto Derivados del Petróleo y Carbon	24	NS	3	11	195	NS	NS	NS	-	9.1
9. Industrias Metálicas Básicas	-	-	-	-	-	NS	NS	NS	-	5.3
10. Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo	1	1	3	6	259	NS	NS	NS	0.9	310
11. Otras Industrias Manufactureras	NS	NS	1	NS	1	-	-	-	-	-
12. Construcción	-	-	-	-	-	15,678	NA	607	14	50
13. Electricidad, Gas y Agua	1,043	21,267	339	3,099	70	-	-	-	-	-
14. Comercio, Restaurantes y Hoteles	2	NS	10	70	12,296	-	-	-	-	-
15. Transporte, Almacenaje y Comunicaciones	7,757	855	139,109	69,656	22,033	77	532	270,754	13,745	33,630
16. Servicios Financieros, Seguros y Actividades Inmobiliarias y de Alquiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17. Servicios Comunales, Sociales y Personales	202	NA	NA	NA	2,903	10	NS	46	335	13
<b>Total</b>	<b>9,686</b>	<b>22,338</b>	<b>139,561</b>	<b>73,128</b>	<b>38,067</b>	<b>17,944</b>	<b>535</b>	<b>271,413</b>	<b>14,125</b>	<b>37,123</b>

NS = No significativo, NA = No Aplica, NE = No estimado.

Fuente: elaboración propia en base al Inventario de emisiones por tipo de Fuente Tijuana-Rosarito 1998 en INE (2000).

Para las casillas con las siglas, NS, NA y NE, se opta por darles el valor de cero, en función de los siguientes criterios. NS significa que el desecho a la atmósfera por cierta

<sup>34</sup> El inventario presenta emisiones de productos de consumo de vida larga y media. Los primeros se clasificaron en los sectores 2, 5, 8, 9, y 10 y los segundos en los sectores 4, 6, y 7. Para estimar la proporción en que cada sector contribuyó se utilizaron los totales correspondientes de la Demanda Final, sacando un total de los sectores involucrados y obteniendo así proporciones que nos permitieron ponderar el dato de emisiones de dichos productos de consumo. Las ponderaciones fueron: 0.0091; 0.10044; 0.02533; 0.01470; 0.85862 respectivamente para los de vida larga y 0.37079; 0.01670; 0.61251, respectivamente para los de vida media.

fuelle, no excede la norma oficial mexicana (ver Cuadro A.2.5.), que se refiere a los límites a los que el desecho puede estar presente en el ambiente sin afectar gravemente la salud humana: NA significa que el desecho no se genera en ese sector; y NE, nos dice que la estación de monitoreo no registro los valores de dicho desecho para ese sector.

Si bien este Inventario no incluye el detalle de cada actividad económica, si incluye a las fuentes más importantes de desechos a la atmósfera para el caso de Tijuana, que son la generación de electricidad y el sector de transportes.

#### 4.4.3 Insumos Ambientales

Respecto a los Insumos Ambientales, el principal abastecedor es el aire, en especial la capa gaseosa que alcanza una altitud de 85 km , donde su composición aún permanece constante. La atmósfera esta formada de 78% de nitrógeno y 21% de oxígeno, quedando el restante 1% para otros elementos. (Océano 1987: 1172).

Como Insumos Ambientales que entran a la economía para ser procesados, también ocupan un lugar importante los combustibles fósiles, que varían en su composición de azufre, carbono y otros elementos; los cuales, contribuyen al importante proceso de combustión que da la energía necesaria para mover a la economía.

En general, se contemplaron cinco tipos de elementos como insumos ambientales para esta situación en particular: azufre (S), carbono (C), oxígeno (O), nitrógeno (N) e

hidrógeno (H). La información fue derivada a partir del Inventario de emisiones a la atmósfera Tijuana-Rosarito 1998 del INE que fue anteriormente utilizado.

La forma en como se realizó la estimación tuvo como fundamento la "Ley de Lavoisier" ó de la conservación de la masa, la cual enuncia que: "En todas las reacciones químicas la masa total de los cuerpos que en ellas intervienen permanece invariable. Lo que prácticamente quiere decir que el peso de un compuesto es igual a la suma de los pesos de los componentes" (Bruño 1938: 81).

Como bien sabemos, la validez de la primera ley de la termodinámica se cumple invariablemente, tal y como lo muestra el siguiente ejemplo: "El carbón que arde y parece aniquilarse, entra en combinación con el oxígeno del aire para formar gas carbónico (CO), cuyo peso es igual a la suma de los pesos del carbón y del oxígeno combinados" (Bruño 1938: 82).

Este principio fue de utilidad para estimar la contraparte de los cuatro gases contaminantes que analizamos. Sin embargo, para el caso de las partículas suspendidas, no fue posible estimar lo que el suelo y parte de la combustión contribuyen como insumo para cada actividad.

La estimación se dio a partir de los pesos atómicos de cada elemento, los cuales se muestran en la siguiente tabla..



Tabla 4.6  
**Peso atómico de los Insumos Ambientales a emplear**

Elemento	Símbolo	Peso Atómico
Azufre	S	32
Carbono	C	12
Oxígeno	O	16
Nitrógeno	N	14
Hidrógeno	H	1

(Fuente: Bruño 1938: 11)

Es decir, el peso atómico del compuesto CO es 28, que es igual a la suma del peso del carbono (12) más el peso del oxígeno (16). De esta manera se pudieron tener referencias sólidas para estimar la cantidad empleada en los procesos de cada Industria en Tijuana, de cada elemento considerado.

Habiendo enunciado lo anterior, se presentan a continuación las matrices U y V con los Insumos Ambientales a emplear.

**Cuadro 4.7**  
**Matrices U y V del Modelo (tons/año)**

<i>Sector</i>	<i>Insumos del ambiente utilizados por las actividades de la Demanda Intermedia</i>					<i>Insumos del ambiente utilizados por las actividades de la Demanda final</i>				
	S	N	O	H	C	S	N	O	H	C
1. Agropecuario, Silvicultura y Pesca	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
2. Minería	1	-	30	2	48	-	-	-	-	-
3. Alimentos, Bebidas y Tabaco	82	85	302	14	188	-	-	-	-	-
4. Textiles, Prendas de Vestir, e Industria del Cuero	-	-	-	-	5	1	3	9	88	1,051
5. Industria de la Madera y Productos de la Madera	25	2	28	-	1	-	-	-	3	34
6. Papel, Productos de Papel, Imprentas y Editoriales	-	-	-	-	3	-	-	-	4	47
7. Sustancias Químicas, Derivados de Petróleo, Productos de Caucho y Plástico	-	-	-	7	83	1	6	16	145	1,737
8. Productos de Metales no Ferrosos, excepto Derivados del Petróleo y Carbón	-	3	9	15	181	-	-	-	1	8
9. Industrias Metálicas Básicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
10. Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo	0.5	2	6	20	240	-	-	1	24	286
11. Otras Industrias Manufactureras	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
12. Construcción	-	-	-	-	-	-	4	357	4	306
13. Electricidad, Gas y Agua	10,634	943	12,983	5	210	-	-	-	-	-
14. Comercio, Restaurantes y Hoteles	-	21	54	946	11,354	-	-	-	-	-
15. Transporte, Almacenaje y Comunicaciones	428	21,200	128,375	1,695	79,956	266	4,183	164,544	2,587	147,081
16. Servicios Financieros, Seguros y Actividades Inmobiliarias y de Alquiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17. Servicios Comunes, Sociales y Personales	-	-	-	223	2,680	-	102	259	1	32
<b>Total</b>	<b>11,169</b>	<b>22,256</b>	<b>141,790</b>	<b>2,927</b>	<b>94,950</b>	<b>267</b>	<b>4,298</b>	<b>165,186</b>	<b>2,855</b>	<b>150,587</b>

Fuente: elaboración propia en base a la Ley de Lavoisier (Bruño 1938: 81) con los datos del inventario de emisiones por tipo de Fuente Tijuana-Rosarito 1998 en INE (2000).

Cada sector utiliza en mayor ó menor medida cada insumo, las casillas que aparecen vacías se deben a que no hubo registro en las matrices S y W, ó a que el monto es no significativo en términos de volumen.

El análisis a profundidad de los productos e insumos ambientales, se presenta a continuación. Dicho análisis girará en torno a dos ejes: el análisis del volumen y el análisis de intensidad

## CAPÍTULO 5

### LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA SOBRE EL RECURSO AIRE EN TIJUANA

## 5.1 La importancia del volumen de emisiones contaminantes.

A la contaminación atmosférica la analizaremos desde dos perspectivas, a través del volumen de contaminantes emitidos a la atmósfera y a través de la intensidad de dicha emisión. Dicha intensidad será medida a través de los índices directos e indirectos calculados para los productos e insumos ambientales.

Ambos elementos se complementan para lograr establecer un diagnóstico más completo de la situación en términos de polución del aire en Tijuana. Para los fines de analizar el volumen, recurrimos directamente al inventario de emisiones de Tijuana-Rosarito. Este análisis se hará para cada contaminante considerado en el inventario, expresándose las cantidades en toneladas por año. De esta manera, comenzamos con el caso de las partículas.

Al mismo tiempo que se presenten los resultados se irán valorando en función de los límites máximos que aparecen en el cuadro A.1.7 del Anexo, que nos expresa en toneladas por año las cantidades que ya son consideradas como contaminación, es decir, que ya tiene efectos dañinos a la salud humana.

### 5.1.1. Las partículas suspendidas.

Los resultados preliminares del Inventario nos dan el siguiente panorama para las partículas:

Cuadro 5.1  
Generación de  $PM_{10}$  por tipo de fuente

Sector MIP Tijuana	Tipo de Fuente	$PM_{10}$	%	% acumulado
12	Caminos No Pavimentados	14,141	40%	40%
18 <sup>35</sup>	Erosión por viento	7,500	21%	62%
15	Camiones de carga a diesel	7,325	21%	82%
12	Caminos Pavimentados	1,487	4%	87%
7	Productos de consumo de vida media	1,335	4%	91%
13	Generación de Energía Eléctrica	1,043	3%	93%
4	Productos de consumo de vida media	808	2%	96%
1	Corrales de engorda de ganado	592	2%	97%
15	Camiones de pasajeros a diesel	426	1%	99%
17	Asados al carbón	202	1%	99%
12	Construcción	51	0%	99%
18	Incendios Forestales	41	0%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosario 1998 en INE(2000)

Los más importante generadores de partículas son los caminos no pavimentados, la erosión por el viento y los camiones de carga a diesel, que llegan a representar el 82% de la generación total. Cabe mencionar, que dentro de la clasificación de las actividades del Inventario para incluirlas en los sectores de la MIP, existieron actividades difíciles de canalizar a un sector en particular; tal es el caso de la *erosión por viento*. No obstante, nos pareció relevante presentarla debido a que, como podemos observar, es una fuente importante de generación de partículas en Tijuana, muy ligado a los procesos de urbanización y asentamientos irregulares.

<sup>35</sup> El sector 18 se refiere a las actividades que aparecen en el Inventario de emisiones Tijuana-Rosario, que no pudieron clasificarse dentro de los sectores de la MIP de Tijuana.

**Cuadro 5.2**  
**Generación de PM<sub>10</sub> por parte de la Demanda Intermedia**

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	7,757	80%	80%
13	1,043	11%	91%
1	615	6%	97%
17	202	2%	99%
8	24	0%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Siendo más específicos, y en función del análisis seguido hasta ahora, vemos que las actividades de los sectores de la demanda intermedia más importantes en la generación de PM<sub>10</sub> son el de Transporte y la generación de Electricidad con un poco más del 90% del total, tan sólo esos dos sectores.

**Cuadro 5.3**  
**Generación de PM<sub>10</sub> por parte de la Demanda Final**

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
12	15,678	87%	87%
7	1,335	7%	95%
4	808	5%	99%
15	77	0%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Los sectores de demanda final que participan más en la generación de partículas son el de construcción y el de sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plásticos, con el 95% del total.

Cuadro 5.4  
**Generación total de PM<sub>10</sub> por parte de la economía**<sup>36</sup>

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
12	15,678	57%	57%
15	7,834	28%	85%
7	1,335	5%	90%
13	1,043	4%	94%
4	808	3%	97%
1	615	2%	99%
17	212	1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INF(2000)

Dentro del esquema de sectores económicos de la MIP de Tijuana, el sector más importante, considerando la demanda intermedia y final, en la generación de PM<sub>10</sub> es el de la construcción, con 57% del total, seguido del sector transporte y sustancias químicas. Hay que recordar que la erosión por viento, también contribuye de manera importante, como se vio anteriormente.

En este caso, no se pudo obtener una medida específica del máximo permisible de partículas suspendidas para que no dañen la salud humana, pero suponemos por lo anteriormente dicho en el cuadro 4.1 que los efectos son dignos de tomarse en cuenta.

#### 5.1.2. Bióxido de azufre.

La generación de bióxido de azufre, viene principalmente de la combustión de combustibles con alto contenido de azufre. Para nuestro caso, los sectores que utilizan más este tipo de combustibles y por lo tanto, generan mayores emisiones de SO<sub>2</sub> son:

<sup>36</sup> Se refiere a la suma de la generación de la demanda intermedia más la demanda final.

**Cuadro 5.5**  
**Generación de SO<sub>2</sub> por tipo de fuente**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>Tipo de Fuente</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
13	Generación de Energía Eléctrica	21,267	92.0%	92%
15	Autos Particulares	532	2.3%	94%
15	Camiones de carga a gasolina	442	1.9%	96%
15	Camiones de carga a diesel	298	1.3%	97%
3	Productos de consumo alimenticio	163	0.7%	98%
18	<i>Productos de consumo varios</i>	146	0.6%	99%
4	Productos de consumo de vida media	101	0.4%	99%
15	Taxis	75	0.3%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

El Inventario nos muestra de manera muy clara que el sector de Electricidad es el principal generador de SO<sub>2</sub>, con el 92% del total. En seguida de este sector, encontramos a algunos rubros del sector transporte. Vemos que el monto sobrepasa las 146 toneladas que es el límite máximo según el cuadro A.1.7 por mucho, y en seguida también otros rubros lo hacen.

**Cuadro 5.6**  
**Generación de SO<sub>2</sub> por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
13	21,267	95.2%	95%
15	855	3.8%	99%
3	163	0.7%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Los datos que nos presenta este cuadro, confirman al anterior, pudiendo observar que la diferencia entre el monto de generación de SO<sub>2</sub> del sector Electricidad y lo correspondiente del sector transporte es significativa, y entre ambos se da prácticamente el 100% de generación de bióxido de azufre en la región.



**Cuadro 5.7**  
**Generación de SO<sub>2</sub> por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	532	99.4%	99%
7	1.8	0.3%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

En el caso de las actividades de la demanda final, guardadas las debidas proporciones, el sector transporte vuelve a aparecer como el más importante bajo esta clasificación. lo que nos habla que la mayoría de la combustión de combustibles con alto contenido de azufre en la demanda final, se da en algunos autotransportes.

**Cuadro 5.8**  
**Generación total de SO<sub>2</sub> por parte de la economía**

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
13	21.267	93.0%	93%
15	1,387	6.1%	99%
3	163	0.7%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Por lo anterior, es evidente que la generación de SO<sub>2</sub> es un problema muy localizado en las plantas termoeléctricas de la CFE en Tijuana-Rosarito para 1998. En este último cuadro observamos, que en sólo dos sectores recae, según el inventario, la generación de bióxido de azufre, ésta, como dijimos antes, sobrepasa el límite máximo para dañar la salud humana en un monto considerable afectando así, principalmente al sistemas respiratorio humano.

### 5.1.3. Monóxido de carbono

Para el caso del monóxido de carbono, se presentan a continuación las actividades generadoras más importantes. Generalmente, el CO se forma debido a procesos de combustión incompleta de combustibles con alto contenido de carbono.

Cuadro 5.9  
Generación de CO por tipo de fuente

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>Tipo de Fuente</i>	<i>CO</i>	<i>%</i>	<i>% acumulada</i>
15	Autos Particulares	216,572	52.6%	53%
15	Camiones de carga a gasolina	49,343	12.0%	65%
15	Camiones de carga a diesel	40,310	9.8%	74%
15	Taxis	35,796	8.7%	83%
15	Pick up	32,992	8.0%	91%
15	Cruces Fronterizos	20,139	4.9%	96%
15	Camiones de pasajeros a gasolina	9,697	2.4%	98%
15	Camiones de pasajeros a diesel	2,342	0.6%	99%
15	Estacionamientos públicos	1,298	0.3%	99%
15	Motocicletas	1,051	0.3%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

La evidencia dada por el inventario es bastante evidente, el 100% de las actividades que generan CO son del sector transporte, encabezados por los autos particulares, con un poco más de la mitad de la generación de CO, seguido de los camiones de carga a gasolina y diesel, los taxis, pick ups y cruces fronterizos. Este es un de los contaminantes más importantes por sus graves efectos dañinos sobre el sistema circulatorio humano entre otras cosas más de enfermedades, como vemos varios rubros en particular rebasan la norma de 300 toneladas al año aunque los autos particulares se alejan de manera importante.

**Cuadro 5.10**  
**Generación de CO por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	139,109	99.7%	99.7%
13	339	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

**Cuadro 5.11**  
**Generación de CO por parte de la Demanda Final**

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	270,754	99.8%	99.8%
12	607	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Tanto para las actividades generadoras de CO en la demanda intermedia y final, el sector transporte contribuye en casi el 100% de las emisiones, lo cual es resumido por el siguiente cuadro.

**Cuadro 5.12**  
**Generación total de CO por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	409,863	99.7%	99.7%
12	607	0.1%	99.9%
13	339	0.1%	100.0%

Fuente: Elaboración propia en base al inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

La generación de CO es un problema importante si observamos las toneladas anuales que se generaron. Esta es la mayor cifra registrada por sectores en el inventario, lo cual debemos suponer, tuvo repercusiones importantes sobre la salud humana. Esto lo podemos confirmar con el cuadro A.1.7. del Anexo dado que por sector, se rebasa la norma de 300 toneladas al año por parte del sector transporte y es un foco rojo en el cual poner atención.

#### 5.1.4. Óxidos de nitrógeno

La denominación de Óxidos de Nitrógeno se refiere a una serie de sustancias compuestas de oxígeno (O) y nitrógeno (N) con diferentes composiciones en su número de átomos. Generalmente en su formación, el N mantiene el mismo número de átomos, a diferencia del O que reacciona de diversas formas. Los más comunes son el bióxido de nitrógeno y el óxido nítrico, que provienen principalmente de procesos de combustión.

Cuadro 5.13  
Generación de NO<sub>x</sub> por tipo de fuente

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>Tipo de Fuente</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	Camiones de carga a diesel	60,020	67.7%	68%
15	Autos Particulares	11,683	13.2%	81%
15	Camiones de pasajeros a diesel	3,489	3.9%	85%
15	Camiones de carga a gasolina	3,350	3.8%	89%
13	Generación de Energía Eléctrica	3,099	3.5%	92%
15	Taxis	1,926	2.2%	94%
15	Pick up	1,792	2.0%	96%
4	Productos de consumo de vida media	1,101	1.2%	97%
15	Camiones de pasajeros a gasolina	663	0.7%	98%
17	Combustión Residencial	335	0.4%	99%
3	Productos de consumo alimenticio	279	0.3%	99%
15	Cruces Fronterizos	231	0.3%	99%
15	Aeronaves	176	0.2%	99%
18	<i>Vegetación</i>	145	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Según el Inventario, la actividad más importante generadora de NO<sub>x</sub>, son los camiones de carga a diesel con el 68% del total de las emisiones. Seguido de los autos particulares, camiones de pasajeros a diesel y de carga a gasolina, y la generación de electricidad. Que sumados contribuyen en un 92% del total.

En este caso que casi todas las fuentes, generan mucho NO<sub>x</sub>, lo cual rebasa la norma establecida de 50 toneladas por año establecida en el cuadro A.1.7 del Anexo, afectando así a la salud de manera fuerte especialmente es las vías respiratorias.

**Cuadro 5.14**  
**Generación de NO<sub>x</sub> por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	69,656	95.3%	95%
13	3,099	4.2%	99%
3	279	0.4%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Es evidente que, como se pudo observar en el cuadro anterior, el sector más importante en la generación de NO<sub>x</sub>, es el de Transportes; el cual, en las actividades de demanda intermedia genera el 95% del total de emisiones, seguido por un 4% de la generación de electricidad.

**Cuadro 5.15**  
**Generación de NO<sub>x</sub> por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	13,745	97.5%	98%
17	335	2.4%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Para el caso de las actividades generadoras de NO<sub>x</sub> en la demanda final, el sector Transporte sigue siendo el dominante.

Cuadro 5.16  
**Generación total de NO<sub>x</sub> por parte de la economía**

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	83,401	95.6%	96%
13	3,099	3.6%	99%
17	335	0.4%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

En total, más de 83 mil toneladas de NO<sub>x</sub> fueron producidas por el sector transporte, teniéndose una diferencia importante en magnitud con las 3 mil toneladas generadas por el sector de generación de Electricidad, casi 28 veces más.. Nuevamente el problema esta muy localizado en este sector, que como tal, rebasa el límite de 50 toneladas por año, causando problemas serios en el sistema inmunológico del ser humano, al igual que el sector de Electricidad y de Servicios comunales, aunque en menor medida.

#### 5.1.5. Hidrocarburos

Existen varios tipos de HC, en general son compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno y se forman durante la combustión incompleta. Como vimos su descripción en el cuadro 4.1 en su escala más global, se pueden clasificar en olefinas, aromáticos y parafinas. Las primeras vienen de las emisiones vehiculares; las parafinas pueden aparecer en la evaporación en gasolineras; y los aromáticos vienen del uso de solventes en la industria, talleres de pintura y procesos diversos de combustión.

Cuadro 5.17  
Generación de HC por tipo de fuente

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>Tipo de Fuente</i>	<i>HC</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	Autos Particulares	27,230	27.5%	27%
14	Distribución de Gas L. P.	9,890	10.0%	37%
15	Camiones de carga a diesel	9,802	9.9%	47%
18	<i>Limpieza de Superficies en la Industria (Desengrasado)</i>	7,908	8.0%	55%
15	Camiones de carga a gasolina	5,813	5.9%	61%
18	<i>Uso Comercial y Doméstico de Solventes</i>	5,543	5.6%	67%
15	Taxis	4,503	4.5%	71%
15	Pick up	4,363	4.4%	76%
18	<i>Aplicación de Asfalto</i>	3,920	4.0%	80%
18	<i>Recubrimiento industrial de Superficies</i>	2,550	2.6%	82%
18	<i>Comercialización y distribución de combustible</i>	2,403	2.4%	85%
17	Lavado en Seco (Tintorerías)	1,988	2.0%	87%
7	Productos de consumo de vida media	1,880	1.9%	89%
15	Cruces Fronterizos	1,701	1.7%	90%
18	<i>Recubrimiento de Superficies Arquitectónicas</i>	1,647	1.7%	92%
18	<i>Vegetación</i>	1,195	1.2%	93%
15	Camiones de pasajeros a gasolina	1,142	1.2%	94%
4	Productos de consumo de vida media	1,138	1.1%	95%
18	<i>Emisiones por evaporación</i>	916	0.9%	96%
17	Artes Gráficas	715	0.7%	97%
15	Camiones de pasajeros a diesel	570	0.6%	98%
15	Motocicletas	336	0.3%	98%
10	Productos de consumo de vida larga	310	0.3%	98%
10	Productos metálicos	259	0.3%	99%
8	Minerales no metálicos	195	0.2%	99%
3	Panaderías	170	0.2%	99%
17	Pintado de Carrocerías	170	0.2%	99%
18	<i>Productos de consumo varios</i>	117	0.1%	99%
15	Estacionamientos públicos	109	0.1%	99%
7	Industria química	90	0.1%	99%
15	Aeronaves	83	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosario 1998 en INE(2000)

A diferencia de los casos anteriores, la generación de HC no se concentra en una actividad ó sector económico en especial. Dentro de las actividades establecidas en el inventario tenemos que los autos particulares son los mayores generadores de HC, seguido por la distribución de gas LP, los camiones de carga a diesel, y el desengrasado que contribuyen en conjunto al 55% de la generación total de HC. Casi todas las fuentes

particulares rebasan las 88 toneladas al año, que es el máximo permisible para este contaminante, sin embargo habrá que esperar lo que sucede cuando hablamos sectorialmente.

**Cuadro 5.18**  
**Generación de HC por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	22,033	57.9%	58%
14	12,296	32.3%	90%
17	2,903	7.6%	98%
10	259	0.7%	98%
8	195	0.5%	99%
3	182	0.5%	99%
7	90	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

En este caso, el análisis por sector nos aclara mejor el panorama, y en términos de las actividades de demanda intermedia generadoras de emisiones de HC, el de mayor peso es el sector transporte con el 58% del total, seguido de el sector comercio. Juntos contribuyen en 90% a la generación total de emisiones de hidrocarburos.

**Cuadro 5.19**  
**Generación de HC por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	33,630	90.6%	91%
7	1,880	5.1%	96%
4	1,138	3.1%	99%
10	310	0.8%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Para el caso de las actividades de demanda final generadoras de HC, la preponderancia está dada por el sector Transporte con el 91% de la generación total.



**Cuadro 5.20**  
**Generación total de HC por parte de la economía**

<i>sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	55,663.0	74.0%	74%
14	12,296.0	16.4%	90%
17	2,916.0	3.9%	94%
7	1,970.0	2.6%	97%
4	1,143.0	1.5%	98%
10	569.0	0.8%	99%
8	204.1	0.3%	99%
3	182	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario de emisiones Tijuana-Rosarito 1998 en INE(2000)

Este último cuadro nos presenta la generación total de HC por parte del sector Transporte, con un 74% del total, seguido de el sector comercio. Como se había mencionado, sectorialmente hablando, se puede observar que los Transportes han rebasado el máximo permisible de las 88 toneladas anuales, al igual que el sector de Comercio; el de Servicios Comunes, sociales y personales; el de sustancias químicas; el de Textiles, entre otras más.

## 5.2. La importancia del volumen de los insumos ambientales

Al igual que como lo hicimos para los productos ambientales, ahora analizaremos a los insumos ambientales. Primeramente desde el punto de vista del volumen de insumos que necesitan las actividades económicas para realizar sus procesos, para que posteriormente en otro subcapítulo, se analicen las intensidades con las que los diversos sectores económicos utilizan cada insumo.

Para el caso que nos ocupa, estos insumos entran en su gran mayoría como parte directa ó indirecta de los procesos de combustión para generar energía, generando contaminantes. Aunque como recursos naturales, participan en otras actividades, sin embargo, esos procesos no contribuyen a la contaminación en gran medida. Pasemos entonces a analizar a los insumos ambientales cuyas cantidades se presentan en toneladas anuales.

### 5.2.1. El Azufre

El Azufre se encuentra de forma natural en regiones volcánicas y de forma combinada en algunos metales y minerales. Se utiliza para la fabricación de ácido sulfúrico para motivos industriales, materias plásticas y pólvora; también se utiliza en la vulcanización del caucho y en la agricultura (protegiendo a la vid contra el oídio); se utiliza en cosmética; en farmacología; en medicina (dermatología), y en la refinación de varios tipos de combustibles (Océano 1987: 1190).

**Cuadro 5.21**  
**Utilización de S por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP</i> <i>Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>%</i>	<i>%</i> <i>acumulado</i>
13	10,634	95%	95%
15	428	4%	99%
3	82	1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Por parte de las actividades económicas de la Demanda Intermedia, el azufre es requerido en mayor parte por la industria de generación eléctrica, relacionado esto con la combustión de combustóleo por parte de las plantas termoeléctricas en la región.

**Cuadro 5.22**  
**Utilización de S por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP</i> <i>Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>%</i>	<i>%</i> <i>acumulado</i>
15	266	99.5%	99.5%
7	1	0.3%	99.8%
4	1	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

En cambio, hablando de los requerimiento de S por parte de las actividades de la Demanda Final, es el sector transporte el que absorbe la mayoría de este elemento.

**Cuadro 5.23**  
**Utilización de S por parte de la economía**

<i>Sector MIP</i> <i>Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>%</i>	<i>%</i> <i>acumulado</i>
13	10,634	93.0%	93.0%
15	694	6.1%	99.0%
3	82	0.7%	99.8%
5	25	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

En este cuadro resumen, podemos observar que el sector de generación de electricidad absorbe el 93% del total de S, seguido por el sector transporte, que junto con el anterior, requieren del 99% del total de S.

### 5.2.2. El Carbono

El elemento Carbono forma parte esencial de toda la materia orgánica y se presenta en diversas formas como el diamante en cristales transparentes, el grafito en laminillas, en el carbón vegetal y también como gas en la atmósfera. Es un componente esencial del petróleo y se caracteriza por ser un elemento muy inflamable y de fácil combinación con otros elementos. (Bruño 1938: 194-195).

Cuadro 5.24  
Utilización de C por parte de la Demanda Intermedia

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>C</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	79,956	84.2%	84.2%
14	11,354	12.0%	96.2%
17	2,680	2.8%	99.0%
10	240	0.3%	99.2%
13	210	0.2%	99.5%
3	188	0.2%	99.7%
8	181	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Hablando del C, las actividades del sector transporte son las mayores demandantes de C con el 84% del total. Seguidos por el sector comercio con el 12%. Entre ambos, se insume el 96% del total de C registrado.

**Cuadro 5.25**  
**Utilización de C por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>C</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	147,081	97.7%	97.7%
7	1,737	1.2%	98.8%
4	1,051	0.7%	99.5%
12	306	0.2%	99.7%
10	286	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Por su parte, las actividades de Demanda Final muestran el comportamiento señalado en el cuadro 5.25, el sector del transporte abarca la mayoría del C utilizado con casi el 98%, muy relacionado con el uso de combustibles con alto contenido de C.

**Cuadro 5.26**  
**Utilización de C por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>C</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	227,037	92.5%	92%
14	11,354	4.6%	97%
17	2,711	1.1%	98%
7	1,820	0.7%	99%
4	1,056	0.4%	99%
10	527	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

En este cuadro resumen podemos observar que en total, el sector de transportes ocupa el 92% del C del ambiente, el resto de los sectores insume menores cantidades, comparativamente hablando. Habrá que decir, que el monto consumido por el sector transporte es bastante elevado.

### 5.2.3. El Oxígeno.

"El oxígeno es el más esparcido de todos los elementos: constituye el 50% de la materia conocida, el O libre entra en proporción de 23 % en el peso del aire atmosférico; el O combinado forma los 88.8% del peso del agua, los 65% del cuerpo humano; entra en la composición de muchísimos minerales y materias orgánicas.... "El oxígeno es el agente de las combustiones efectuadas en el aire. lo que se expresa diciendo que el O es muy *comburente*" (Bruño 1938: 12 y14).

La principal función del O, es que permite mantener la vida de muchas especies, incluyendo al ser humano. Dentro de la economía, el O se emplea en operaciones metalúrgicas y químicas para obtener un gran número de reacciones; en medicina y tratamiento médicos; en vuelos estratosféricos; en la obtención del cemento; en soldaduras y en general en procesos de combustión de diversas magnitudes, para dar la energía a las actividades en la economía. (Océano 1987: 1190).

Cuadro 5.27  
Utilización de O por parte de la Demanda Intermedia

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	128,375	90.5%	90.5%
13	12,983	9.2%	99.7%
3	302	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Dentro de las actividades que realiza la Demanda Intermedia, el 90% del O es consumido por el sector transporte, muy probablemente debido a los procesos de combustión de combustibles diversos. Seguido del sector eléctrico, con el 9%. Ambos sectores son los que utilizan al O en mayores cantidades.

**Cuadro 5.28**  
**Utilización de O por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	164,544	99.6%	99.6%
12	357	0.2%	99.8%
17	259	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

El papel del sector transporte es más claro, debido a que este sector insume la mayor parte del O utilizado en procesos económicos.

**Cuadro 5.29**  
**Utilización de O por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	292,920	95.4%	95%
13	12,983	4.2%	99.6%
12	357	0.1%	99.8%
3	302	0.1%	99.9%
17	259	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

El Consumo de O por parte de la economía en Tijuana-Rosarito, es en grandes cantidades, inclusive es el elemento con el mayor volumen en este análisis, siendo el sector de transporte el más importante consumidor de O.

#### 5.2.4. El Nitrogeno

Es el elemento que forma gran parte de la composición atmosférica. Se utiliza para la fabricación de amoníaco, ácido nítrico, abonos nitrogenados y también para crear aerosoles. En forma combinada se usa en las industrias textil y de los colorantes; en la elaboración de

anestésicos en medicina, fertilizantes en agricultura; en explosivos; en el tratamiento de cementación del acero y en la elaboración de algunos combustibles. (Océano 1987: 1193)

**Cuadro 5.30**  
**Utilización de N por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP</i> <i>Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>%</i> <i>acumulado</i>
15	21,200	95.3%	95%
13	943	4.2%	99%
3	85	0.4%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Al igual que en el análisis anterior, el sector transporte es el mayor consumidor, en este caso de N, con 95% del total, aunque la cantidad es menor comparativamente hablando con el O. El sector de generación de electricidad utiliza el 5% del total de N y ambos utilizan en sus procesos al N en 99%

**Cuadro 5.31**  
**Utilización de N por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP</i> <i>Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>%</i> <i>acumulado</i>
15	4,183	97.3%	97.3%
17	102	2.4%	99.7%
7	6	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Por su parte, en la Demanda Final el 97% del total de N registrado fue utilizado por el sector transporte.

**Cuadro 5.32**  
**Utilización de N por parte de la economía**

<i>Sector MIP</i> <i>Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>%</i> <i>acumulado</i>
15	25,383	95.6%	95.6%
13	943	3.6%	99.1%
17	102	0.4%	99.5%
3	85	0.3%	99.8%
14	21	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6



En general, sumando a los requerimientos de N de la Demanda Intermedia y la Final, vemos que el sector de transporte insume casi el 96% de N registrado, seguido del sector de generación de electricidad con aproximadamente el 4%.

#### 5.2.5. El Hidrógeno.

Y por último el H. Este es un elemento que existe libre en pequeñas cantidades en la atmósfera, y en gases volcánicos. Combinado con el O forma el agua, es un componente del petróleo y también se utiliza para producir temperaturas elevadas, grasas comestibles, sustancias colorantes. (Océanos 1987: 1183-1184).

**Cuadro 5.33**  
**Utilización de H por parte de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>H</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	1,695	57.9%	57.9%
14	946	32.3%	90.2%
17	223	7.6%	97.8%
10	20	0.7%	98.5%
8	15	0.5%	99.0%
3	14	0.5%	99.5%
7	7	0.2%	99.7%
13	5	0.2%	99.9%
2	2	0.1%	100.0%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Como vemos el cuadro 5.33, su distribución es más amplia que en los casos anteriores. Aún así, el sector transporte requiere de más de la mitad del H registrado para sus actividades dentro de la Demanda Intermedia. El sector comercio ocupa el 32% y el sector de servicios comunales, sociales y personales el 7%.

**Cuadro 5.34**  
**Utilización de H por parte de la Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>H</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	2,587	90.6%	90.6%
7	145	5.1%	95.7%
4	88	3.1%	98.7%
10	24	0.8%	99.6%
6	4	0.1%	99.7%
12	4	0.1%	99.8%
5	3	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Hablando de la Demanda Final, el sector transporte vuelve a aparecer como el mayor consumidor de H con casi el 91% del total.

**Cuadro 5.35**  
**Utilización de H por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>H</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
15	4,282	74.0%	74.0%
14	946	16.4%	90.4%
17	224	3.9%	94.3%
7	152	2.6%	96.9%
4	88	1.5%	98.4%
10	44	0.8%	99.2%
8	16	0.3%	99.4%
3	14	0.2%	99.7%
13	5	0.1%	99.8%
6	4	0.1%	99.8%
12	4	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 4.6

Y sumando ambas demandas de la matriz Insumo-Producto Ambiental de Tijuana, tenemos que el 74% de H consumido, fue para el sector transporte, seguido del 16% del sector comercio, que en conjunto requirieron del 90% del H total registrado.

### 5.3 La idea de los impactos.

Una de las grandes ventajas del análisis Insumo-Producto es su análisis de impactos, que permite tener una idea de cómo reacciona la economía en general ante impulsos externos. Existen varios tipos de análisis de impactos (ó multiplicadores) entre los que se encuentran el multiplicador simple del producto, el multiplicador del ingreso, y el del empleo (Miller y Blair 1985: 140-147) En nuestro caso, sólo es de nuestro interés para los fines de esta investigación, el multiplicador simple del producto que refleja los efectos de los coeficientes de interdependencia sobre la economía entera, ante cambios inducidos en la demanda final.

En función de nuestros objetivos, nuestra matriz de coeficientes de interdependencia fue ponderada por los índices de emisión de cada contaminante con respecto a cada sector (ecuación 26), y por los índices de utilización de cada insumo (ecuación 25), para así obtener los impactos directos e indirectos de producir el valor monetario de un peso adicional sobre la generación de contaminación atmosférica y sobre la utilización de insumos del ambiente en términos de kg.

Será conveniente detenernos un poco para ahondar en la explicación de los impactos directos e indirectos dentro de la intuición que nos proporciona el análisis Insumo-Producto.

### 5.3.1. Impactos directos.

Revisemos primeramente los impactos directos de la producción. Dichos impactos están dados por los coeficientes técnicos  $a_{ij}$  derivados en la sección 4.3.2. Dichos coeficientes nos dicen que por cada peso de producción del sector  $i$ , se requieren  $a_{ij}$  pesos de producción de los otros sectores. Es decir, cada producción sectorial, se encuentra íntimamente relacionada con el resto debido a que necesita de insumos necesarios para su proceso, que dicho sector no produce y por lo tanto compra de otros sectores. Asimismo, la producción de este sector  $i$ , sirve de insumo para otros, dándose así las relaciones interindustriales del sistema.

Si hacemos a la demanda final del sector  $i = 1$  y al resto ceros, es decir, si inducimos un incremento de una unidad en la demanda final para el sector de nuestro interés, podemos obtener los impactos de primer orden, que no son otra cosa más que los coeficientes técnicos del sector  $i$ . Estos son los impactos directos ó de primer orden de la producción.

Con respecto a los impactos directos que tienen las actividades de producción y demanda final sobre la emisión de contaminantes, estos vienen dados por los índices de emisiones contaminantes correspondientes ( $\gamma$ ,  $\sigma$ ) de las ecuaciones (22) y (28). Por su parte, los impactos directos de las actividades de producción y demanda final sobre la utilización de insumos, vienen dados por los índices de utilización ( $\beta$ ,  $\eta$ ) de las ecuaciones (21) y (27).

El índice de emisiones contaminantes nos expresa la cantidad en kg de emisiones contaminantes a la atmósfera, que generan las actividades de la demanda intermedia y la demanda final, por cada peso de producción y de demanda final.

En tanto que el índice de utilización de insumos del ambiente nos expresan la cantidad en kg de insumos del ambiente, que utilizan las actividades de la demanda intermedia y la demanda final, por cada peso de producción y de demanda final.

### 5.3.2. Impactos indirectos.

Siguiendo a O'Connor y Henry (1975: 30-36) se detalla la idea del impacto indirecto. El efecto del impulso de demanda final descrito anteriormente, no termina ahí. Como dijimos anteriormente, haciendo a la demanda final 1 en el sector  $i$  y ceros en el resto, obtenemos un nuevo nivel de producción para cada sector, dado por los coeficientes técnicos, a través de la expresión:

$$AY = X^{(i)} \quad (38)$$

Donde  $A$  es la matriz cuadrada de coeficientes técnicos;  $Y$  es el vector de demanda final que tiene un 1 en el sector  $i$  de nuestro interés, y ceros en el resto; y  $X^{(i)}$  es el nuevo vector de producción resultante del impulso inicial de 1 en la demanda final y representa a los coeficientes técnicos del sector  $i$ .

Al multiplicar esa nueva producción  $X^{(1)}$  por la matriz de coeficientes técnicos  $A$ , obtenemos los efectos de segundo orden, cuya lógica radica en que el incremento en la producción  $X^{(1)}$  también requiere de insumos para alcanzar ese nuevo nivel de producción y por lo tanto, estos nuevos insumos incrementan el nivel de producción por segunda vez.

$$AX^{(1)} = X^{(2)} \quad (39)$$

Nuevamente al multiplicar  $X^{(1)}$  por la matriz de coeficientes técnicos, obtenemos el vector producción de efectos de segundo orden  $X^{(2)}$ , luego de que la economía se ha retroalimentado con el efecto inicial.

Seguidamente, para obtener los efectos de tercer orden, hacemos:

$$AX^{(2)} = X^{(3)} \quad (40)$$

Y así sucesivamente, a través de esta serie de pasos que podemos repetir hasta  $n$  veces, podemos obtener el efecto total que generó en la economía la inducción de una unidad adicional de demanda final en el sector  $i$ .

Generalmente los impactos de segundo orden son menores que los de primer orden, debido a que generalmente los coeficientes son menores que la unidad, igualmente los de tercer orden son menores que los de segundo, etc., es decir, que el efecto del estímulo inicial de demanda final es mayor al inicio, y posteriormente la economía lo va absorbiendo

cada vez en menor medida.<sup>37</sup> Esto sucede hasta que se llega a un punto en que no se da ningún otro incremento.

Ahora bien, debido a que:

$$\begin{aligned}
 X^{(1)} &= AY \\
 X^{(2)} &= A X^{(1)} = A^2 Y \\
 X^{(3)} &= A X^{(2)} = A^3 Y \\
 &\dots \\
 X^{(n)} &= A X^{(n-1)} = A^n Y
 \end{aligned}$$

Podemos observar que los efectos totales son dados por la suma de los vectores nuevos de producción:

$$X^{(1)} + X^{(2)} + X^{(3)} + \dots + X^{(n)} \quad (41)$$

O bien expresando en términos de demanda final:

$$X^{(n)} = Y + AY + A^2 Y + A^3 Y + \dots + A^n Y \quad (42)$$

$$X^{(n)} = [I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^n] Y \quad (43)$$

Lo cual podemos expresar como:

$$(I - A)^{-1} Y \quad (44)$$

---

<sup>37</sup> Al igual que como una piedra lanzada a un lago en tranquilidad genera ondas las cuales al alejarse más del centro son menos intensas y van desapareciendo.

Utilizando entonces el método de expansión de potencias<sup>38</sup> podemos derivar los efectos totales a través de la matriz inversa  $(I - A)^{-1}$ , denominada en el análisis Insumo-Producto, como "Inversa de Leontief".

Entonces los efectos totales en la economía de un incremento de 1 en la demanda final del sector  $i$ , son multiplicados por la Inversa de Leontief.

Una manera alternativa, pero no distinta, de observar la intuición de la inversa de Leontief es observando la producción acumulada en el tiempo. De hecho nuestra matriz  $A$  de coeficientes técnicos, nos expresa el *stock* acumulado de insumos que históricamente ha requerido la producción:

$$A X + Y = X \quad (45)$$

Es decir, la producción total  $X$ , es la suma de lo que se produjo en este periodo (dado por la demanda final  $Y$ ) más lo que ya se tenía acumulado en el pasado ( $A$ ) que se utilizó por la producción actual ( $X$ ), lo cual es indispensable para que se reproduzca la producción. De esta manera:

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (46)$$

---

<sup>38</sup> Donde:  $(I - A)^{-1} \approx [I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^n]$



La inversa de Leontief nos expresa la suma de la producción pasada y presente para producir  $X$ .

Si esta idea la aplicamos al análisis ambiental, podemos decir que, por ejemplo, la contaminación total ( $\mu X$ ) es la suma de la contaminación generada en el pasado, más la que se generó en este periodo, es decir:

$$\mu AX + \alpha Y = \mu X \quad (47)$$

Donde  $\mu$  y  $\alpha$  son índices de emisión que ponderan a los coeficientes técnicos y a la producción para tener una expresión en términos de contaminación. De esta forma:

$$\alpha Y = \mu X - \mu AX = \mu X(I - A) \quad (48)$$

$$\mu X = (I - A)^{-1} \alpha Y \quad (49)$$

Es decir, la contaminación total por parte de la producción ( $\mu X$ ), es el resultado de la contaminación generada en este periodo ( $\alpha Y$ ) ponderada por la contaminación generada por la producción en el pasado<sup>39</sup>. El mismo análisis puede aplicarse a los insumos ambientales.

Para los propósitos del trabajo, se aprovechó el tener dichos efectos indirectos para ponderarlos por los índices de emisión " $\gamma$ " de la ecuación (22) y así obtener los índices de emisiones contaminantes indirectos sobre la generación de contaminación atmosférica, debido al incremento de una unidad de la demanda final del sector  $i$ .

---

<sup>39</sup> Aunque hay contaminación que no se acumula, sí se acumula el generador de dicha contaminación

Pasemos entonces a los resultados del cálculo de los índices de emisiones, que junto con el análisis anterior del volumen, nos dan un esquema sólido de diagnóstico y entendimiento de las interrelaciones Economía-Ambiente en la región.

#### 5.4. Intensidades de emisión

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de modelo al caso de Tijuana. El objetivo de este subcapítulo, será la estimación de los índices ó intensidades de emisión de contaminantes. Estos índices nos indican, en que medida responde la generación de contaminantes ante impulsos de la demanda intermedia ó de la demanda final.

Tendremos dos tipos de índices de emisión: uno que nos exprese los impactos directos, al que denominaremos "índice de emisión contaminante directa", y que esta representado por " $\gamma$ " de la ecuación (22) para el caso de la demanda intermedia y " $\sigma$ " de la ecuación (28) para el caso de la demanda final; y otro que nos exprese los impactos directos e indirectos, que denominaremos "índice de emisión contaminante directa e indirecta", y que esta representado por " $\theta$ " de la ecuación (25); por último se presenta el "índice de emisión contaminante total" que es la suma de  $(\theta + \sigma)$ , que aglutina los impactos directos e indirectos de las diversas actividades económicas en general sobre la generación de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Habrà que mencionar que la matriz Insumo-Producto con la que se trabaja es la regionalización para la ciudad de Tijuana de 1993 hecha por el Departamento de Estudios Económicos de El Colegio de la Frontera Norte. No obstante que el Inventario de emisiones tiene datos para 1998, lo que se hizo fue suponer que los coeficientes técnicos eran estables durante este periodo, lo cual nos permitió trabajar con esta matriz.

#### 5.4.1. La atmósfera como receptora de la contaminación de las diversas actividades económicas en Tijuana.

Los resultados que se presentan a continuación, son solamente una estimación que nos ayuda a visualizar cuáles serían los probables valores reales, sin llegar a serlos. La aproximación que se hace en este estudio nos sirve para ver tendencias y observar magnitudes que pueden ser de utilidad para los interesados en el tema. Por lo tanto, este es solo un intento preliminar para intentar cuantificar parte de la importante relación entre la economía y el ambiente en Tijuana.

Dentro del análisis, los datos se presentan en *kg / peso de demanda final*. Y la interpretación del índice correspondiente se da en función de movimientos de la Demanda Final; es decir, el volumen de emisiones contaminantes generado por cada peso de producción de un sector, ó en términos de demanda final, por cada peso de demanda final (pdf).

Tabla 5.1  
 Índice de emisión contaminante directa de la actividades de la Demanda Intermedia sobre la generación de desechos a la atmósfera (γ)  
 (Kg / \$ de Demanda Final)

Desecho	Sector																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>PM10</b>	2.7245	3.6770	0.0215	-	0.0039	-	-	0.1201	-	0.0006	-	-	18.0501	0.0035	13.2785	-	0.0838
<b>SO2</b>	-	0.3870	0.1749	-	0.0652	-	-	-	-	0.0006	-	-	368.0447	-	1.4636	-	-
<b>CO</b>	-	9.6762	0.0493	-	-	-	-	0.0150	-	0.0018	0.0031	-	5.8667	0.0177	238.1288	-	-
<b>NOx</b>	0.0044	0.1935	0.2993	-	0.0065	-	-	0.0551	-	0.0036	-	-	53.6310	0.1242	119.2381	-	-
<b>HC</b>	-	5.6122	0.1952	0.0221	0.0013	0.0196	0.2011	0.9759	-	0.1535	0.0031	-	1.2114	21.8225	37.7164	-	1.2042

Tabla 5.2  
 Índices de emisiones contaminantes directas e indirectas de las actividades de la Demanda Intermedia sobre la generación de desechos a la atmósfera (θ)  
 (Kg / \$ de Demanda Final)

Desecho	Sector																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>PM10</b>	2.8989	4.2925	0.5382	0.1220	0.2825	0.3262	0.1291	0.4878	0.2228	0.1558	0.1163	0.0649	18.1669	0.4693	13.6543	0.3685	0.4985
<b>SO2</b>	0.2434	5.0893	0.6315	0.4015	1.2036	1.2473	0.7238	1.2684	1.8696	0.6404	0.4144	0.0430	368.3041	1.8747	1.9027	0.3606	0.6449
<b>CO</b>	1.2555	13.8426	1.8775	1.2888	4.0078	4.7388	1.6696	3.8869	2.3522	2.1452	1.6421	1.0165	7.7267	6.6447	244.4435	6.2097	6.5794
<b>NOx</b>	0.7092	2.7000	1.2983	0.7024	2.1680	2.5425	0.9349	2.0693	1.4332	1.1621	0.8764	0.5072	54.5972	3.6959	122.4562	3.1542	3.3789
<b>HC</b>	0.3050	7.1295	0.6114	0.3167	0.9052	1.2167	0.5850	2.0817	0.5489	0.6780	0.3822	0.2085	1.6577	23.0999	38.9569	1.1527	2.3807

Tabla 5.3  
Índices de emisiones contaminantes directas de las actividades de Demanda Final sobre la generación de desechos a la atmósfera ( $\sigma$ )  
(Kg/\$ de Demanda Final)

Desecho	Sector																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PM10	-	-	-	371.3849	-	1.3474	111.4025	-	-	-	-	155.8028	-	-	2.6344	-	0.0074
SO2	-	-	-	0.5056	-	-	0.1502	-	-	-	-	-	-	-	18.2010	-	-
CO	-	-	-	1.0112	-	-	0.3088	-	-	-	-	6.0322	-	-	9.263.1577	-	0.0340
NOx	-	-	-	5.1019	-	0.0185	1.5354	-	-	0.1385	-	0.1391	-	-	470.2501	-	0.2474
HC	-	-	-	523.0644	0.0557	1.8990	156.8815	0.0318	0.0822	47.7154	-	0.4969	-	-	1,150.5647	-	0.0096

Tabla 5.4  
Índices de emisiones contaminantes totales de la Economía sobre la generación de desechos a la atmósfera ( $\theta + \sigma$ )  
(Kg/\$ de Demanda Final)

Desecho	Sector																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PM10	2.8989	4.2925	0.5382	371.5069	0.2825	1.6737	111.5316	0.4878	0.2228	0.1558	0.1163	155.8676	18.1669	0.4693	16.2886	0.3685	0.5059
SO2	0.2434	5.0893	0.6315	0.9071	1.2036	1.2473	0.8740	1.2684	1.8696	0.6404	0.4144	0.0430	368.3041	1.8747	20.1038	0.3606	0.6449
CO	1.2555	13.8426	1.8775	2.3000	4.0078	4.7388	1.9783	3.8869	2.3522	2.1452	1.6421	7.0486	7.7267	6.6447	9,507.6012	6.2097	6.6134
NOx	0.7092	2.7000	1.2983	5.8044	2.1680	2.5610	2.4703	2.0693	1.4332	1.3006	0.8764	0.6463	54.5972	3.6959	592.7064	3.1542	3.6263
HC	0.3050	7.1295	0.6114	523.3811	0.9609	3.1157	157.4664	2.1135	0.6311	48.3934	0.3822	0.7053	1.6577	23.0999	1,189.5216	1.1527	2.3903

#### 5.4.2. Índices de emisión de Partículas Suspendidas.

Respecto a las partículas suspendidas, éstas pueden generarse debido a la combustión ó a los suelos, como se vio anteriormente. En términos exclusivamente de sectores económicos tenemos las siguientes intensidades.

Cuadro 5.36  
Índice de emisión directa de *PM10* por parte de las actividades de la Demanda Intermedia

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>PM 10</i>	<i>% Acumulado</i>
13	18.0501	48
15	13.2785	83
2	3.6770	92
1	2.7245	99
8	0.1201	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.1

Respecto al índice de emisión directa de partículas suspendidas, el sector con mayor índice de emisión es el sector Eléctrico con 18 kg por pdf, es decir que por cada peso que produce este sector genera 18 kg de forma directa, lo cual representa el 48% del total acumulado.

El sector de Transporte genera 13 kg de  $PM_{10}$  por cada peso de demanda final, y junto con el anterior sector, conforman a los emisores más importantes de forma directa. Junto con el sector de la minería, estos tres sectores contribuyen con el 92% de la generación de partículas de forma directa respecto a sus índices correspondientes.

**Cuadro 5.37**  
**Índice de emisión directa de *PM10* por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>PM 10</i>	<i>% Acumulado</i>
4	371.3849	58
12	155.8028	82
7	111.4025	99
15	2.6344	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.3

Refiriéndonos a las actividades de la demanda final, el sector correspondiente a la industria Textil (Textiles, Prendas de vestir e Industria del cuero) es el más dominante con 371 kg de partículas producidas por cada peso de demanda final. Este índice representa el 58% del total.

En segundo lugar encontramos al sector Construcción con 156 kg por pdf, y por último al sector de Sustancias Químicas con 111 kg de  $PM_{10}$  por pdf, que en forma acumulada, estos sectores representan el 99% del total en términos de índices directos de emisión de  $PM_{10}$ .

**Cuadro 5.38**  
**Índice de emisión directa e indirecta de *PM10* por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>PM 10</i>	<i>% Acumulado</i>
13	18.1669	43
15	13.6543	74
2	4.2925	84
1	2.8989	91
3	0.5382	92

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.2

Hablando de los efectos directos e indirectos que nos dan el total de emisión de partículas en la economía por parte de la producción, encontramos nuevamente al sector Electricidad con un total de 18 kg emitidos de partículas por cada pesos de demanda final.



Este sector es seguido por la industria del Transporte con 14 kg de partículas emitidas por pdf, en tanto el sector de la minería genera 4 kg de partículas por pdf. En total los índices de estos tres sectores emiten el 84% del total de kg de partículas por pdf.

Cuadro 5.39  
Índice de emisión directa e indirecta de *PM10* por parte de la economía

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>PM 10</i>	<i>% Acumulado</i>
4	371.5069	54
12	155.8676	77
7	111.5316	93
13	18.1669	96
15	16.2886	98
2	4.2925	99
1	2.8989	99
6	1.6737	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.4

Si juntamos lo emitido por la producción y por la demanda final obtenemos este índice; el cual nos indica que el sector de Industria de Textiles es el principal generador de  $PM_{10}$  con 372 kg de partículas emitidas a la atmósfera de Tijuana por cada peso de demanda final en dicho sector, seguido por el sector Construcción con 156 kg por pdf y por el sector de Sustancias químicas con 11 kg de partículas por pdf. Entre estos tres sectores se acumula el 93% del total de kg emitidos a la atmósfera de la ciudad por cada peso de demanda final.

### 5.4.3. Índices de emisión de Bióxido de Azufre.

A continuación veremos el análisis que arrojan los resultados para el caso del  $SO_2$ , que como recordaremos, es producido principalmente por la combustión de combustibles con alto contenido de azufre como el combustóleo.

Cuadro 5.40  
Índice de emisión directa de  $SO_2$  por parte de las actividades de la Demanda Intermedia

<i>Sector MIP Tijuana</i>	$SO_2$	% Acumulado
13	368.0447	99
15	1.4636	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.1

Refiriéndonos en primera instancia al índice de emisión directa de  $SO_2$  por parte de las actividades de demanda Intermedia, es dominante el sector Electricidad. Este sector genera 368 kg de bióxido de azufre por cada peso de demanda final en este sector, lo cual representa el 99% de la emisión en kg por pdf de  $SO_2$  en Tijuana.

Cuadro 5.41  
Índice de emisión directa de  $SO_2$  por parte de las actividades de Demanda Final

<i>Sector MIP Tijuana</i>	$SO_2$	% Acumulado
15	18.201	97
4	0.5056	99
7	0.1502	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.3

Ahora veamos el papel de las actividades de demanda final. El sector Transporte emite a la atmósfera 18 kg de  $SO_2$ , por pdf, lo cual es comparativamente inferior con la

anterior cantidad. En el análisis del cuadro 5.41, los kg del sector Transporte por pdf representan el 97% del total.

**Cuadro 5.42**  
**Índice de emisión directa e indirecta de  $SO_2$  por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	$SO_2$	% Acumulado
13	368.3041	95
2	5.0893	97
15	1.9027	97
14	1.8747	97
9	1.8696	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.2

Ya teniendo un punto de vista más integral con este índice directo e indirecto, las actividades de la Demanda Intermedia se presentan como sigue: el sector de Electricidad emite la mayor cantidad a la atmósfera con 368% kg por pdf de dicho sector, es decir, el 95% del total de kg por pdf en la demanda intermedia, es generado por este sector, lo cual nos indica un problema muy localizado.

El sector que le sigue muy lejos es el de Minería con 5 kg emitidos de  $SO_2$  por cada peso de demanda final; continuando con los sectores Transporte; Comercio; e Industrias metálicas básicas; que en conjunto representan el 98% de la emisión en kg de  $SO_2$  por pdf.

**Cuadro 5.43**  
**Índice de emisión directa e indirecta de  $SO_2$  por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	$SO_2$	% Acumulado
13	368.3041	91
15	20.1038	96
2	5.0893	97
14	1.8747	97
9	1.8696	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.4

Agrupando a las actividades de Demanda Intermedia y Demanda Final, encontramos este índice que nos enseña que en Tijuana, el sector que mas contribuye a la generación de SO<sub>2</sub> en términos de kg por pdf es el sector Eléctrico, con 368 kg emitidos a la atmósfera de este contaminante por cada peso de demanda final en este sector. En toda la economía, esto representa el 91% de la generación total en kg por pdf.

El sector que sigue de lejos al número 13 es el de transportes, con un índice de 20 kg de SO<sub>2</sub> por pdf. En seguida tenemos al sector de Minería con 5 kg emitidos por cada pdf, que en conjunto representan el 97% de total de kg de SO<sub>2</sub> emitido por pdf.

#### 5.4.4. Índices de emisión de Monóxido de Carbono

Pasemos ahora a revisar los resultados que arrojó el ejercicio para unos de los contaminantes más importantes por su efectos en la salud humana.

**Cuadro 5.44**  
**Índice de emisión directa de CO por parte de las actividades de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>% Acumulado</i>
15	238.12880	94
2	9.67620	98
13	5.86670	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.1

Al igual que en el caso anterior, el problema de generación de CO esta muy localizado. Veamos los siguiente, para el caso del índice de emisión directa de CO por parte

de las actividades de la Demanda Intermedia el sector que mayor aporta es el de Transporte con 238 kg de CO emitido a la atmósfera de la ciudad por cada pdf en dicho sector, lo cual viene a representar el 94% del total de kg emitidos de CO por pdf.

El sector de Minería aporta casi 10 kg por pdf, en tanto que el sector Eléctrico aporta casi 6 kg de CO por pdf, esto es, entre estos últimos tres sectores se genera el 100% del total de CO emitido en Tijuana en kg por pdf de las actividades de la Demanda Intermedia.

**Cuadro 5.45**  
**Índice de emisión directa de CO por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>% Acumulado</i>
15	9,263.1577	99.9
12	6.0322	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.3

Pasando a ver lo correspondiente para las actividades de la Demanda Final encontramos que el mayor índice lo tiene el sector transporte con la abrumadora cantidad de 9,263 kg por cada pdf en dicho sector, que viene a representar casi la totalidad de la emisión de CO en Tijuana en kg por pdf.

**Cuadro 5.46**  
**Índice de emisión directa e indirecta de CO por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>% Acumulado</i>
15	244.4435	79
2	13.8426	83
13	7.7267	85
14	6.6447	88
17	6.5794	90

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.2

Haciendo el análisis de índice directo e indirecto correspondiente a las actividades de la Demanda Intermedia, 244 kg se emitieron a la atmósfera por parte del sector Transporte por cada peso de demanda final de dicho sector, es decir su impacto total representó el 79% del total de la generación de CO en kg por pdf.

**Cuadro 5.47**  
**Índice de emisión directa e indirecta de CO por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>CO</i>	<i>% Acumulado</i>
15	9,507.6012	99
2	13.8426	99
13	7.7267	99
12	7.0486	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.4

Sumando lo hecho por las actividades de la Demanda Intermedia y Final, obtenemos estos índices. El sector Transporte contribuye en 9,508 kg de CO emitido a la atmósfera por cada peso de Demanda Final lo cual representa el 99% del total emitido en kg por pdf.

#### 5.4.5. Índices de emisión de Óxidos de Nitrógeno

Hablando a continuación de los óxidos de nitrógeno, precursores del ozono principalmente con el bióxido de nitrógeno, tenemos lo siguiente.

**Cuadro 5.48**  
**Índice de emisión directa de NO<sub>x</sub> por parte de las actividades de la Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>% Acumulado</i>
15	119.23810	69
13	53.63100	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.1

Refiriéndonos al índice de emisión directa por parte de las actividades de la Demanda Intermedia tenemos que el sector Transporte es el que tiene el mayor índice con 119 kg de emisión de NO<sub>x</sub> por cada peso de Demanda final en dicho sector, ocupando el 69% del total de kg generados por pdf.

Enseguida tenemos al sector de Electricidad, con casi 54 kg de NO<sub>x</sub> emitidos a la atmósfera por pdf. Entre ambos sectores se genera el 100% de kg de NO<sub>x</sub> por pdf emitido en la ciudad de Tijuana.

**Cuadro 5.49**  
**Índice de emisión directa de NO<sub>x</sub> por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>% Acumulado</i>
15	470.2501	98
4	5.1019	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.3

Refiriéndonos ahora a los resultados arrojados para este índice de emisión correspondiente a las actividades de Demanda Final, tenemos lo siguiente. El sector Transporte emite 470 kg de NO<sub>x</sub> a la atmósfera por cada pdf, siendo este sector el que más contribuye a la generación de NO<sub>x</sub> de todos lo considerados en el trabajo. Probablemente relacionado esto con los diversos procesos de combustión de dicho sector. Este monto

significa el 98% de las emisiones de NO<sub>x</sub> por pdf. El 100% lo completa el sector de Textiles.

**Cuadro 5.50**  
**Índice de emisión directa e indirecta de NO<sub>x</sub> por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>% Acumulado</i>
15	122.4562	60
13	54.5972	87
14	3.6959	88
17	3.3789	90
16	3.1542	92

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.2

Hablando del índice de emisión directa e indirecta de NO<sub>x</sub> por parte de la Demanda Intermedia, el sector de Transporte vuelve a destacarse como el principal, con un índice de 122 kg por cada pdf, lo cual representa el 60% del total de NO<sub>x</sub> emitido en kg por cada pdf.

Enseguida, a poco menos de la mitad en monto esta el sector Eléctrico con 54 kg de NO<sub>x</sub> generado por cada pdf. Ambos sectores juntos generan el 87% del total de kg por pdf de NO<sub>x</sub> emitidos a la atmósfera.

**Cuadro 5.51**  
**Índice de emisión directa e indirecta de NO<sub>x</sub> por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>% Acumulado</i>
15	592.7064	87
13	54.5972	95
4	5.8044	96
14	3.6959	96
17	3.6263	97

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.4



En resumen, la Demanda Intermedia y Final emiten lo siguiente. El sector 15 de Transportes genera casi 593 kg de NO<sub>x</sub> por cada pdf, esto es el 87% del total de kg generados por pdf.

Seguidamente el sector de Electricidad emite casi 55 kg de este contaminante a la atmósfera por cada pdf, en tanto que, el sector de Textiles, emite casi 6 kg de NO<sub>x</sub> por pdf. Entre los tres generan el 96% del total de kg emitidos por pdf.

#### 5.4.6. Índices de emisión de Hidrocarburos

Por último analizamos el caso de los HC, los cuales también son precursores de la formación de ozono, y que por sí mismos también afectan la salud humana. Como hemos visto anteriormente existe una gran variedad de tipos de HC, por lo cual los agrupamos en una sola medida en función de la clasificación de SEMARNAP.

Los resultados de la aplicación del modelo para el caso de los HC se presenta a continuación.

Cuadro 5.52  
Índice de emisión directa de HC por parte de las actividades de la Demanda Intermedia

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>% Acumulado</i>
15	37.71640	55
14	21.82250	86
2	5.61220	94
13	1.21140	96

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.1

Cabe mencionar que a diferencia de los contaminante anteriores, en el caso de la emisión de HC, ésta no es tan concentrada, sino que se distribuye a más sectores.

Refiriéndonos en primera instancia al índice de emisión directo, tenemos lo siguiente: el sector de Transporte es el que cuenta con el mayor índice con casi 38 kg por cada peso de demanda final en dicho sector, por su parte, el sector de Comercio, Restaurantes y Hoteles emite casi 22 kg de HC por pdf, y por su parte el sector de Minería

emite prácticamente 6 kg de HC por cada pesos de demanda final. Entre estos tres sectores se emite el 94% del total de kg de HC emitidos a la atmósfera de la ciudad de Tijuana.

Cuadro 5.53  
**Índice de emisión directa de HC por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>% Acumulado</i>
15	1,150.5647	61
4	523.0644	89
7	156.8815	97
10	47.7154	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.3

Pasando ahora al caso de la Demanda Final, el sector con el mayor índice es el de Transportes con 1,151 kg de HC emitidos a la atmósfera por cada pdf. Este sector comprende al 61% del total.

Seguidamente el sector de Textiles, contribuye en poco menos de la mitad de lo anterior a la polución por HC con 523 kg por pdf, por su parte, el sector de Sustancias químicas, Derivado del petróleo, Productos de caucho y plásticos emite 156 kg de HC por cada pdf. Entre los tres se genera el 97% de la contaminación por HC en kg por pdf.

**Cuadro 5.54**  
**Índice de emisión directa e indirecta de HC por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>% Acumulado</i>
15	38.9569	47
14	23.0999	75
2	7.1295	84
17	2.3807	87
8	2.0817	90

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.2

Analizando el caso de los índices de emisión directa e indirecta para las actividades de la Demanda Intermedia, es el sector de Transporte el que alcanza un mayor impacto en la economía con un total de 39 kg de HC por cada peso de demanda final en dicho sector, lo cual representa un 47% del total.

Por su parte, el sector de Comercio, cuenta con un monto igualmente importante, 23 kg de Hidrocarburos emitidos a la atmósfera por pdf. Enseguida tenemos al sector minero con 7 kg de HC por cada pdf. Entre los tres se emite el 84% del total.

**Cuadro 5.55**  
**Índice de emisión directa e indirecta de HC por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>HC</i>	<i>% Acumulado</i>
15	1,189.5216	61
4	523.3811	87
7	157.4664	95
10	48.3934	98
14	23.0999	99
2	7.1295	99
6	3.1157	99
17	2.3903	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.4

En total, los efectos de la actividad del aire sobre la polución atmosférica en Tijuana, refiriéndonos sólo al caso de HC esta como sigue: el sector Transporte es el líder

con un índice de 1.189 kg por cada peso de demanda final en dicho sector. Una cantidad importante. Por su parte, el sector de Textiles es el que cuenta con el segundo índice más importante en la emisión de HC 523 kg por pdf. El tercero en importancia es el de Sustancias químicas con un total de 57 kg de HC por pdf. Entre estos dos sectores, se emite el 95% de HC a la atmósfera de la ciudad de Tijuana en kg por cada peso de Demanda Final.

### 5.5. Intensidades de utilización.

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de modelo al caso de los insumos ambientales. Nuestro objetivo, en este caso será estimar los índices ó intensidades de utilización de los insumos ambientales considerados en este estudio. Estos índices nos indican, en que medida son utilizados los insumos ambientales ante impulsos de la demanda intermedia ó demanda final.

Siguiendo el mismo orden que en la sección anterior, en primer lugar se estiman dos tipos de índices de utilización: uno que nos exprese los impactos directos, al cual se llamará "índice de utilización directa", y que esta representado por " $\beta$ " de la ecuación (21) para el caso de la demanda intermedia y por " $\eta$ " de la ecuación (27) para el caso de la demanda final; y otro que nos exprese los impactos directos e indirectos, que denominaremos "índice de utilización directa e indirecta", y que esta representado por " $\phi$ " de la ecuación (25); por último se presenta el "índice de utilización total" que es la suma de  $(\phi + \eta)$ , que aglutina los impactos directos e indirectos de las diversas actividades económicas sobre la utilización de insumos del ambiente.

### 5.5.1. La intensidad de utilización de insumos ambientales por parte de las actividades económicas.

Al igual que en el anterior subcapítulo, los resultados que se presentan en esta sección, son solo una estimación.

También dentro de este análisis, los datos se presentan en *kg / peso de demanda final*; y la interpretación de los índices de utilización aquí presentados se da en función de movimientos de la Demanda Final; es decir, el volumen de insumos ambientales utilizados por un sector por cada peso de producción de dicho sector, ó en términos de demanda final, por cada peso de demanda final (pdf). Veamos a continuación los resultados.

Cabe hacer la aclaración que el análisis que aquí se presenta incluye a los insumos ambientales que fue posible derivar de los productos ambientales que ya se tenían en el Inventario, ayudados de la "Ley de Lavoisier", es decir, se analizan los insumos ambientales que se utilizaron exclusivamente para generar las cantidades de los contaminantes analizados; esto se hizo independientemente que la actividad económica mencionada, haya utilizado el mismo insumo ú otros, de otra forma ó para otros usos diferentes a los generadores de polución atmosférica.

Tabla 5.5

Índices de utilización directos de las actividades de la Demanda Intermedia sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\beta$ )  
(Kg / \$ de Demanda Final)

Insumo A	Sector																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>S</i>	-	0.1925	0.0874	-	0.0326	-	-	-	-	0.0003	-	-	184.0224	-	0.7319	-	-
<i>N</i>	-	-	0.0911	-	0.0020	-	-	0.0168	-	0.0011	-	-	16.3224	0.0578	50.2899	-	-
<i>O</i>	0.0031	5.8580	0.3238	-	0.0371	-	-	0.0468	-	0.0038	0.0018	-	224.6833	0.0966	219.7536	-	-
<i>H</i>	-	0.4316	0.0150	-	-	-	0.0155	0.0751	-	0.0118	-	-	0.0931	1.6787	2.9013	-	0.0926
<i>C</i>	-	9.3279	0.2014	0.0204	0.0012	0.0181	0.1856	0.9073	-	0.1425	0.0079	-	3.6327	20.1514	136.8703	-	1.1115

Tabla 5.6

Índices de utilización directos e indirectos de la actividad la Demanda Intermedia sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\phi$ )  
(Kg / \$ de Demanda Final)

Insumo A	Sector																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>S</i>	0.1217	2.5446	0.3158	0.2007	0.6018	0.6236	0.3619	0.6342	0.9348	0.3202	0.2072	0.0215	184.1520	0.9374	0.9514	0.1803	0.3225
<i>N</i>	0.2144	0.7600	0.3949	0.2138	0.6598	0.7738	0.2845	0.6285	0.4362	0.3536	0.2667	0.1543	16.6165	1.1248	37.2693	0.9600	1.0284
<i>O</i>	1.3325	12.3336	2.2918	1.4259	4.4001	5.1002	1.9663	4.2948	3.2760	2.3544	1.7552	0.9552	226.5479	7.3054	225.8203	5.9230	6.4327
<i>H</i>	0.0235	0.5483	0.0470	0.0226	0.0695	0.0919	0.0450	0.1601	0.0422	0.0521	0.0292	0.0160	0.1274	1.7769	2.9967	0.0887	0.1831
<i>C</i>	0.8196	12.5141	1.3690	0.8447	2.5532	3.1540	1.2555	3.5874	1.5148	1.5453	1.0552	0.6281	4.8418	24.1707	140.7217	3.7253	5.0173



Tabla 5.7  
Índices de utilización directos de las actividades de Demanda Final sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\eta$ )  
(Kg/S de Demanda Final)

	Sector																
Insumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>S</b>	-	-	-	0.2528	-	-	0.0751	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>N</b>	-	-	-	1.5536	-	-	0.4673	-	-	-	-	0.0423	-	-	-	143.1196	-
<b>O</b>	-	-	-	4.1275	-	-	1.3193	-	-	0.0970	-	-	3.5438	-	-	5,629,4640	-
<b>H</b>	-	-	-	40.2364	0.0043	0.1462	12.0682	0.0024	-	3.6710	-	-	0.0383	-	-	88.5049	-
<b>C</b>	-	-	-	483.2600	0.0514	1.7528	144.9460	0.0293	0.0759	44.0444	-	-	3.0438	-	-	5,031.9846	-

Tabla 5.8  
Índices de utilización total de la Economía sobre el uso de Insumos Ambientales ( $\phi + \eta$ )  
(Kg/S de Demanda Final)

	Sector																
Insumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>S</b>	0.1217	2.5446	0.3158	0.4535	0.6018	0.6236	0.4370	0.6342	0.9348	0.3202	0.2072	0.0215	184.1520	0.9374	10.0519	0.1803	0.3225
<b>N</b>	0.2144	0.7600	0.3949	1.7673	0.6598	0.7738	0.7518	0.6285	0.4362	0.3536	0.2667	0.1966	16.6165	1.1248	180.3889	0.9600	1.1037
<b>O</b>	1.3325	12.3336	2.2918	5.5534	4.4001	5.1002	3.2856	4.2948	3.2760	2.4514	1.7552	4.4990	226.5479	7.3054	5,855,2843	5.9230	6.6242
<b>H</b>	0.0235	0.5483	0.0470	40.2590	0.0738	0.2381	12.1132	0.1626	0.0422	3.7232	0.0292	0.0543	0.1274	1.7769	91.5016	0.0887	0.1839
<b>C</b>	0.8196	12.5141	1.3690	484.1047	2.6046	4.9067	146.2015	3.6167	1.5906	45.5897	1.0552	3.6719	4.8418	24.1707	5,172.7063	3.7253	5.0407

### 5.5.2. Índices de utilización del azufre

Iniciamos con el caso del análisis de los índices de utilización del azufre, este insumo ambiental lo encontramos en muchos lados y formas, incluido en algunos combustibles que son muy empleados por varios tipos de actividades económicas utilizan.

Cuadro 5.56  
Índice de utilización directa de S por parte de las actividades de Demanda Intermedia

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>% Acumulado</i>
13	184.0224	99
15	0.7318	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.5

Este índice nos muestra que el sector de Electricidad es el principal consumidor de azufre con 184 kg por cada peso de demanda final lo cual representa el 99% del total de kg por pdf.

**Cuadro 5.57**  
**Índice de utilización directa de S por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>% Acumulado</i>
15	9.1005	97
4	0.2528	99
7	0.0751	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.7

Dentro de las actividades de Demanda Final, el sector Transporte es el mayor consumidor de S con 9 kg por cada pdf, lo cual representa el 97% del total. Comparativamente hablando con el otro índice directo, la diferencia en magnitudes es amplia.

**Cuadro 5.58**  
**Índice de utilización directa e indirecta de S por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>% Acumulado</i>
13	184.152	95
2	2.5446	97
15	0.9514	97
14	0.9374	97
9	0.9348	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.6

Respecto a este índice vemos que el sector de Electricidad consume 184 kg por cada peso de Demanda Final. Esto representa el 95% del total de kg por pdf, lo cual sigue siendo una participación muy dominante. Las necesidades de sus inmediatos seguidores son muy pequeñas comparativamente hablando.

**Cuadro 5.59**  
**Índice de utilización directa e indirecta de S por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>S</i>	<i>% Acumulado</i>
13	184.152	91
15	10.0519	96
2	2.5446	97
14	0.9374	97
9	0.9348	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.8

Agrupando a las actividades de la Demanda Intermedia y la Final tenemos este índice que nos dice que el sector de Electricidad ocupa el 91% del total con 184 kg de S consumido por cada peso de demanda final en dicho sector, seguido del sector Transporte con 10 kg de S por pdf. El sector de Minería ocupa por su parte, 2 kg por pdf de S. Y entre los tres utilizan el 97% del total de los requerimientos de S.

### 5.5.3. Índices de utilización del Nitrógeno

Refiriendonos a otro insumo, como lo es el Nitrógeno, la aplicación del modelo nos arroja los siguientes resultados de la intensidad con que las diferentes actividades económicas utilizan este insumo ambiental.

**Cuadro 5.60**  
**Índice de utilización directa de N por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>% Acumulado</i>
15	36.2899	69
13	16.3224	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.5

Iniciando con el índice de utilización directa por parte de las actividades de la Demanda Intermedia tenemos que el sector con el mayor índice es el de transporte con 36 kg de N utilizado por cada peso de demanda final seguido con menos de la mitad, por el sector de Electricidad que utiliza 16 kg de N por pdf. Ambos consumen el 100% de este recurso.

**Cuadro 5.61**  
**Índice de utilización directa de N por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>% Acumulado</i>
15	143.1196	99
4	1.5536	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.7

Para las actividades de Demanda Final, los resultados son los siguientes: el sector de Transporte es el que tiene el índice más dominante con 143 kg de N utilizado por cada pdf, lo cual representa el 99% del total.

**Cuadro 5.62**  
**Índice de utilización directa e indirecta de N por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>% Acumulado</i>
13	184.152	95
2	2.5446	97
15	0.9514	97
14	0.9374	97
9	0.9348	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.6

Refiriéndonos a los efectos totales de la utilización de N por parte de las actividades de la Demanda Intermedia vemos que el sector de Electricidad consume 184 kg de N por cada pdf. Lo cual representa el 95% del total. Seguidamente el sector de Minería consume 2 kg de N por cada pdf. Entre los dos se insume el 97% del total.

Cuadro 5.63  
**Índice de utilización directa e indirecta de N por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>N</i>	<i>% Acumulado</i>
13	184.152	91
15	10.0519	96
2	2.5446	97
14	0.9374	97
9	0.9348	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.8

En total la economía consume el recurso N de la siguiente forma: El sector de Electricidad utiliza 184 kg de N por cada pdf, en tanto el sector de Transporte insume 10 kg por pdf y el sector de Minería insume 2 kg de N por cada peso de demanda final. Juntado a los tres se consume el 97% del total en kg por pdf.

#### 5.5.4. Índices de utilización del Oxígeno

Este importante recurso para la vida humana, representa a su vez un compuesto esencial para la combustión. Veremos cómo su uso es muy importante para las diversas actividades económicas.

**Cuadro 5.64**  
**Índice de utilización directa de O por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>% Acumulado</i>
13	224.6833	50
15	219.7536	99
2	5.858	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.5

Vemos en este índice de utilización directa como hay dos sectores dominantes, en primer lugar, el sector de Electricidad con un uso de 225 kg por cada pdf, seguido muy de cerca por el sector transporte con 220 kg por cada pdf. Entre los dos se demanda el 99% del total utilizado en kg por pdf.

**Cuadro 5.65**  
**Índice de utilización directa de O por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>% Acumulado</i>
15	5,629.4640	99.8
4	4.1275	99.9
12	3.5438	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.7

Refiriéndonos ahora a las actividades de la Demanda Final vemos que el sector de transporte tiene el dominio prácticamente completo debido a que utiliza 5,629 kg de O en

sus procesos por cada pdf, es decir un poco más de 5 toneladas y media. Esto casi es el 100% del total.

**Cuadro 5.66**  
**Índice de utilización directa e indirecta de O por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>% Acumulado</i>
13	226.5479	44
15	225.8203	88
2	12.3336	90
14	7.3054	92
17	6.4327	93

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.6

El efecto total para las actividades de Demanda Intermedia esta dado por este índice, donde tenemos que el sector de Electricidad consume 226.5 kg de O por cada pdf en tanto que el sector de transporte hace lo propio con casi 225.8 kg por cada pdf. De hecho ambos sectores ocupan el mismo porcentaje seguidos por el sector de Minería que consume 12 kg de O por cada pdf. Entre los tres sectores se consume el 90% del total de O consumido por diversas actividades económicas en kg por pdf.

**Cuadro 5.67**  
**Índice de utilización directa e indirecta de O por parte de la economía**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>O</i>	<i>% Acumulado</i>
15	5,855.2843	95
13	226.5479	99
2	12.3336	99
14	7.3054	99
17	6.6242	99

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.8

En total, la economía requiere del recurso oxígeno de la siguiente manera. El sector transporte consume 5,855 kg de O para sus actividades por cada peso de demanda final.



Seguido por el sector de Electricidad con 226 kg por pdf y mas abajo por el sector de Minería con 12 kg por cada pdf.

#### 5.5.5. Índices de utilización del Hidrógeno

Ahora pasemos a lo que es la revisión de los resultados arrojados por el modelo para el insumo ambiental H. Cabe mencionar que este es uno de los insumos menos consumidos de todos los analizados y generalmente será utilizado directamente del aire, reaccionando con otros elementos.

**Cuadro 5.68**  
**Índice de utilización directa de H por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>H</i>	<i>% Acumulado</i>
15	2.9013	55
14	1.6787	86
2	0.4316	94
13	0.0931	96
17	0.0926	98

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.5

Iniciando con el índice de utilización directa de H por parte de las actividades de la Demanda Intermedia, podemos observar que el sector con el mayor índice de utilización el sector Transportes con casi 3 kg de H por cada pdf, seguido muy de cerca por el sector de Comercio con 1.6 kg de H utilizado por cada pdf. En tercer lugar encontramos al sector de la Minería con 0.4 kg por pdf. En conjunto, los tres representan el 94% del total de utilización de H en kg por pdf.

**Cuadro 5.69**  
**Índice de utilización directa de H por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>H</i>	<i>% Acumulado</i>
15	88.5049	61
4	40.2364	89
7	12.0682	97
10	3.671	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.7

Dentro del índice de utilización directa de las actividades de la Demanda Final nuevamente vuelve a ser el sector de Transportes el primero. 88 kg de H es consumido por cada pdf en este sector, en tanto que el sector Comercio consume 40 kg de H por cada pdf, seguido del sector Sustancias químicas con 12 kg por pdf. Entre los tres sectores se utiliza el 97% del total consumido en términos de kg por pdf.

**Cuadro 5.70**  
**Índice de utilización directa e indirecta de H por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>H</i>	<i>% Acumulado</i>
15	2.9967	47
14	1.7769	76
2	0.5483	84
17	0.1831	87
8	0.1601	90

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.6

Este índice total para la Demanda Intermedia nos dice que sigue dominando el sector transporte con casi 3 kg utilizados de H por pdf. Le sigue el sector de Comercio con 1.7 kg por pdf y el sector Minería con 0.5 kg por pdf. Entre estos tres se tiene el 84% del total utilizado de H por las actividades de Demanda Intermedia en kg por pdf.

Cuadro 5.71  
**Índice de utilización directa e indirecta de *H* por parte de la economía**

<i>Sector MIP Código</i>	<i>H</i>	<i>% Acumulado</i>
15	91.5016	61
4	40.2590	87
7	12.1132	95
10	3.7232	98
14	1.7769	99

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.8

En forma total, la economía utiliza al insumo ambiental *H* de la siguiente forma. El sector de Transportes utiliza 91 kg de *H* para sus procesos por cada pdf, lo cual implica el 61% del total.

El sector de Textiles por su parte utiliza 40 kg por pdf, en tanto el sector de Sustancias químicas utilizó para sus procesos 12 kg de *H* por cada pdf. Estos tres sectores consumen el 95% del total en kg de *H* por cada pdf.

### 5.5.6. Índices de utilización del Carbono

El Carbono es un compuesto orgánico básico para la vida en el planeta, además, como veremos a continuación, para las actividades económicas juega un papel muy importante al ser un componente básico de muchos combustibles.

**Cuadro 5.72**  
**Índice de utilización directa de C por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>C</i>	<i>% Acumulado</i>
15	136.8703	79
14	20.1514	91
2	9.3279	96
13	3.6327	98
17	1.1115	99

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.5

De forma directa, el índice de utilización para las actividades de la Demanda Intermedia tiene la siguiente distribución. El sector Transporte utiliza C con 136.8 kg por cada pdf. Por su parte, el sector de Comercio utiliza de una manera más moderada el C con 20 kg por cada pdf. Y el sector de Minería utiliza C en 9.3 kg por cada pdf. Resultando que entre los tres sectores se tiene el 96 % de utilización de C en kg por cada pdf.

**Cuadro 5.73**  
**Índice de utilización directa de C por parte de las actividades de Demanda Final**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>C</i>	<i>% Acumulado</i>
15	5,031.9846	88
4	483.2600	97
7	144.9460	99
10	44.0444	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.7

Refiriéndonos ahora al índice de utilización directa de C pero por parte de las actividades de Demanda Final, aún sigue estando a la cabeza el sector de Transportes, en este caso, de una manera muy grande debido a que dicho sector utilizó 5,032 kg de C para sus actividades por cada pdf. Esto le representó ocupar el 88% del total.

Es de señalar que la anterior cifra no llegó a los niveles de 90% debido a la importante injerencia de otros sectores como el de Textiles, que aunque no muy grande como el anterior, si tiene un papel importante con 483 kg por pdf y el de Sustancias químicas que tiene casi 145 kg por pdf. En total los tres sectores representan el 99% del total en kg por pdf.

**Cuadro 5.74**  
**Índice de utilización directa e indirecta de C por parte de las actividades de Demanda Intermedia**

<i>Sector MIP Tijuana</i>	<i>C</i>	<i>% Acumulado</i>
15	140.7217	67
14	24.1707	79
2	12.5141	85
17	5.0173	87
13	4.8418	89

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.6

Este índice nos expresa cómo el sector de transportes consume casi 141 kg por pdf, en tanto el sector Comercio consume 24 kg por pdf. En tercer lugar tenemos al sector de Minería que utiliza C en 12 kg por pdf. Estos tres sectores en conjunto representan un 85% del total en kg por pdf.

Cuadro 5.75  
Índice de utilización directa e indirecta de C por parte de la economía

<i>Sector MIP Tijuana</i>	C	% Acumulado
15	5,172.7063	87
4	484.1047	96
7	146.2015	98
10	45.5897	99
14	24.1707	99

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 5.8

Por último, este índice que nos expresa los efectos en general de la Demanda Intermedia y Final en la utilización de C es el sector de Transporte el que tiene el índice mayor con 5,173 kg de dicho recurso utilizado por cada pdf, sin duda alguna la cifra es clara, el consumidor más importante de C y O dos elementos claves, es el sector 15 de Transporte.

CAPÍTULO 6  
CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo hemos podido observar cómo la economía no es una ciencia aislada de las demás, sino que puede interactuar, complementarse y ayudar a muchas otras en la solución de diversos problemas.

En general esa ha sido la intención de este trabajo, hacer economía aplicada enfocada a la solución de problemas regionales, bajo un enfoque multidisciplinario. Sin duda alguna el análisis económico aplicado a cuestiones ambientales en específico, puede dar mucho por analizar.

La problemática ambiental es extensa y compleja de ahí que tan solo se haya cubierto una pequeña parte de todo lo que implica el estudio y análisis de los fenómenos naturales, que, se quiera o no, siempre están muy vinculado a los fenómenos sociales.

Es claro que, en el caso de la ciudad de Tijuana, su propia dinámica la ha hecho susceptible de afectar su ambiente. Pasando por los diversos fenómenos de migración, y del Programa Industrial Fronterizo hasta el hecho de ser una de las fronteras más importantes del país con un estrecho vínculo con el estado americano de California.

Esto como hemos visto, ha presionado a los recursos de la región, debido al hecho a que la demanda por vivienda y servicios públicos, incrementa problemas tan relevantes como la erosión y la demanda de agua y, como se ha analizado con mayor



profundidad, la contaminación atmosférica surge como un foco importante de tomar en consideración por parte de las autoridades debido a la creciente demanda y uso de energía en la ciudad.

Si bien el propósito inicial de la gente al venir a esta ciudad fronteriza es buscar mejores niveles de vida, también es cierto que el deterioro de los recursos de la región no lo propicia, muy al contrario tiende a disminuirlo rápidamente.

Sin duda alguna la falta de planeación del trazo urbano juega un papel muy importante en la explicación de la situación ambiental. Tijuana, con una orografía accidentada, tiene pocas planicies aptas para las diversas actividades económicas y de vivienda, el espacio mal distribuido y los constantes asentamientos irregulares hacen difícil la labor de la naturaleza por regenerarse y absorber las contaminantes que se generan.

Hablando específicamente del problema de la calidad del aire en Tijuana, el gran incremento del parque vehicular y la quema de combustóleo en las termoeléctricas "Benito Juárez" se han identificado como los problemas más serios de contaminación atmosférica en la región. En los subcapítulos 5.1 y 5.4 se pudo tener un buen panorama al respecto con el volumen e intensidad de emisión de contaminantes.

Los sectores más involucrados son el 15 de Transporte, Almacenaje y Comunicaciones, con especial énfasis en los Transporte; y el sector 13 de

Electricidad, Gas y Agua con especial énfasis en Electricidad. En prácticamente todos los contaminantes analizados aparece el sector 15 en una posición "privilegiada", en especial en el caso del monóxido de carbono -el cual es uno de los contaminantes más importantes por sus dañinos efectos sobre la salud humana- donde la participación de los vehículos privados es muy grande respecto a la emisión de dicho contaminante.

Por su parte el sector 13 también es un participante importante en el análisis de estos contaminantes, muy en especial en lo referente a las emisiones de dióxido de azufre, debido a la quema de combustibles proveídos por "Petróleos Mexicanos" con alto contenido de azufre. Aquí al igual que en la mayoría de los casos, se encuentra la disyuntiva de promover la protección ambiental ó impulsar el crecimiento económico.

Por un lado, la energía de Tijuana es abastecida en un alto porcentaje por estas termoeléctricas, es decir, son indispensables para el funcionamiento de la economía, sin embargo, por el otro lado, la agresión al ambiente es fuerte lo cual implica que a largo plazo y sosteniendo este mismo ritmo, la energía que mueve a la ciudad no será sustentable, es decir, la misma quema de combustible creará más costos de los que se podrán cubrir.

Habría que mencionar que este estudio no tomó en cuenta factores muy importantes como la dispersión de contaminantes por viento, condiciones meteorológicas propias y orografía, debido a que era difícil su inclusión en el modelo propuesto, de tal manera que los resultados se presentan sólo de una manera muy general.

Algo que sin duda alguna ayudó mucho al análisis fue descubrir cuánto aporta cada sector a la contaminación atmosférica, por cada peso que se incrementa en la demanda final, es decir, que conocemos ya las intensidades con que cada sector emite contaminantes a la atmósfera.

De esta manera, junto con el volumen tenemos así un análisis integral de la calidad del aire en Tijuana, facilitado por la implementación de la metodología de Insumo-Producto Ambiental.

Cabe hacer mención de las bondades que nos dio la metodología a lo largo del ejercicio. De pronto, observar que un instrumento de planificación como el Insumo-Producto generalmente empleado para análisis de desarrollo y crecimiento económico, análisis estructurales de empleo e ingreso, puede flexibilizarse para incluir cuestiones ambientales, fue un motivo de grata sorpresa. De hecho la metodología aquí presentada, es considerada como la parte inicial de análisis más complejos de contabilidad ambiental la cual, ha sido puesto de moda por la Naciones Unidas.

Insumo-Producto gracias a sus análisis de flujos interindustriales, presenta una fotografía muy detallada de la economía que puede ser aprovechada como en este caso para ver quien contamina (insume) más y cómo lo hace.

Otra parte importante del análisis que enriqueció el trabajo, es la inclusión de los Insumos Ambientales, olvidados por muchos otros estudios pero claves para poder entender parte de la dinámica ambiental.

Dentro de los Insumos Ambientales que se consideraron, el oxígeno fue uno de los más demandados evidenciando como es un insumo altamente reactivo y sobre todo necesario para la actividad económica diaria, y cuya calidad habrá que cuidar en beneficio de la salud humana. Paradojicamente una molécula mas al elemento  $O_2$  se convierte en ozono, que ya es un gas dañino a la salud. De esta manera habrá que evitar que la calidad del aire en Tijuana que respiramos los habitantes de la región se deteriore.

Dentro de los sectores más demandantes de los Insumo Ambientales considerados Encontramos nuevamente al 15 y al 13 acompañado de Textiles, Sustancias Químicas y Minería, aunque estos tres en menor proporción.

Sin duda alguna, aquí el proceso clave que se encuentra en medio de los Insumos y Productos ambientales es la combustión, que no es otra cosa mas que la energía que la economía necesita para moverse.

La cuestión es que lo haga sustentablemente con estrategias definidas de largo plazo. Tijuana ha sido una ciudad de vanguardia y en este aspecto no puede ser la excepción. Probablemente una de las conclusiones más importantes del trabajo es que al menos en la evidencia que pudimos obtener, Tijuana no tiene problemas graves de

contaminación ambientales, comparativamente hablando con otras grandes urbes como lo es la ciudad de México ó Monterrey, pero pueden llegar a serlo si mantiene el mismo ritmo de consumo de energía, de ahí que sea necesario establecer un plan de ahorro energético de largo plazo con criterios sustentables y una planificación adecuada.

En primera instancia, habría que contar con un parque vehicular no tan viejo en circulación con convertidores catalíticos, para disminuir las emisiones de este tipo de fuentes, eficientar el transporte público y reglamentar firmemente los nuevos asentamientos y las diversas actividades económicas en su uso de suelo.

Además en las plantas termoeléctricas promover el cambio de combustible para generar energía, por uno menos contaminante como el gas natural. Si bien se han pensado soluciones a esta problemática, su implementación tendría que ser coordinada por un programa que las englobe, para así estar en condiciones de planificar mejor y que los esfuerzos no sean tan aislados.

Finalmente el fin último de este trabajo es crear elementos que ayuden en la planificación de un Desarrollo Sustentable en la región, el cual debe reconocer las limitantes de Desarrollo y Crecimiento Económico propias de un país en vías de desarrollo.

Con el desarrollo de estos indicadores, tenemos un mejor conocimiento de las interrelaciones entre la Economía y el Ambiente de Tijuana, lo cual es de gran ayuda para la elaboración y planeación de políticas públicas económico-ambientales.

Es grave irse a los extremos, proteger totalmente el deterioro ambiental significaría introducirse en un dilema ético al no contarse con los recursos económicos para atender necesidades básicas de la sociedad. Por otro lado, el privilegiar al Crecimiento Económico es reducir dicho crecimiento a largo plazo, pues este no es sustentable, es decir, tarde ó temprano habrá que limpiar al ambiente dañado lo cual será más caro en el futuro que en este presente.

La idea es tener un equilibrio entre estos enfoques, y partir de las circunstancias propias de la región en materia de población y economía, mejorar el trazo y ordenamiento urbano y en la medida de lo posible, ejercer políticas ambientales que cada vez más vayan corrigiendo la problemática de esta ciudad.

Como creyente del Desarrollo Regional, este puede ser muy bien promovido si el cuidado del ambiente y el desarrollo económico son llevado a cabo bajo criterios sustentables. El reto es hacer de estos dos elementos antagónicos, una convivencia armónica donde no haya vencedores ni vencidos, sino más bien un México mejor para todos.

ANEXO

INVENTARIO DE EMISIONES PARA TIJUANA-ROSARITO Y OTROS  
CUADROS.

**Cuadro A.1.1.**  
**Inventario de emisiones desagregado de Tijuana-Rosarito, 1998 (ton/año)**  
**Versión junio 2000**

<i>Tipo de Fuente</i>	<i>PM10</i>	<i>SO2</i>	<i>CO</i>	<i>NOx</i>	<i>GOI</i>
Generación de Energía Eléctrica	1,043	21,267	339	3,099	70
Industria química	NS	NS	NS	NS	90
Minerales metálicos	19	2	50	1	29
Misceláneos no metálicos	25	NS	1	11	105
Madera y derivados	5	50	NS	5	1
Productos vegetales y animales	NS	NS	NS	1	NS
Diversos	NS	NS	1	NS	1
Productos de consumo alimenticio	20	163	46	279	12
Industria del vestido	NS	NS	NS	NS	5
Productos de impresión	NS	NS	NS	NS	3
Productos de consumo varios	10	145	8	52	117
Productos metálicos	1	3	3	6	259
Productos de consumo de vida media	2,179	3	6	30	3,069
Productos de consumo de vida larga	NS	NS	NS	1	361
Servicios Urbanos	NS	NS	3	16	NS
Servicios Diversos	NS	NS	1	4	NS
Emisiones por evaporación	NS	NS	NS	1	916
<b>Servicios</b>					
Combustión Comercial	2	NS	10	70	3
Combustión Residencial	10	NS	46	335	13
Aviones	NE	NE	17	135	8
Aeronaves	NE	NS	295	176	83
Cruceros Fronterizos	12	NE	20,139	231	1,701
Terminales de Autobuses	NS	NE	10	7	2
Estacionamientos públicos	4	NE	1,298	12	109
Recubrimiento industrial de Superficies	NA	NA	NA	NA	2,530
Pintado de Carrocerías	NA	NA	NA	NA	170
Recubrimiento de Superficies Arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	1,647
Pintura de Tráfico	NA	NA	NA	NA	48
Limpieza de Superficies en la Industria (Desengrasado)	NA	NA	NA	NA	7,908
Lavado en seco (Fintorerías)	NA	NA	NA	NA	1,988
Artes Gráficas	NA	NA	NA	NA	715
Aplicación de Asfalto	NA	NA	NA	NA	3,920
Uso Comercial y Doméstico de Solventes	NA	NA	NA	NA	5,543
Comercialización y distribución de combustible	NA	NA	NA	NA	2,403
Carga de combustible en aeronaves	NA	NA	NA	NA	1
Distribución de Gas L.P.	NA	NA	NA	NA	9,890
Panaderías	NA	NA	NA	NA	170
Construcción	286	NA	NA	NA	NA
Asados al carbón	292	NE	NE	NE	26
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NS
Conales de engorda de ganado	592	NA	NA	NA	NA
Labranza Agrícola	23	NA	NA	NA	NA
Tratamiento de Aguas Residuales	NA	NA	NA	NA	14
Incendios Forestales	41	NE	392	NE	34
Incendios de Construcciones	NE	NA	607	14	50
Caminos Pavimentados	8,402	NA	NA	NA	NA
Caminos No Pavimentados	99,911	NA	NA	NA	NA
<b>Transporte</b>					
Autos Particulares	5	NE	216,572	11,683	27,230
Taxis	1	NE	35,796	1,926	4,503
Pick up	1	NE	32,992	1,792	4,363
Camiones de pasajeros a gasolina	NS	NE	9,607	663	1,142
Camiones de pasajeros a diesel	426	NE	2,342	3,439	570
Camiones de carga a gasolina	1	NE	49,347	3,350	5,813
Camiones de carga a diesel	7,325	NE	46,305	60,020	9,802
Motocicletas	NS	NE	1,051	39	336
<b>Suelos</b>					
Erosión por viento	7,506	NA	NA	NA	NA
Vegetación	NA	NA	NA	145	1,195
<b>TOTAL</b>	<b>108,043</b>	<b>22,600</b>	<b>411,378</b>	<b>87,588</b>	<b>99,078</b>

NA= No aplica, NE= No estimado, NS= No significativo

Fuente: INE 2000



Cuadro A.1.2.  
**Inventario de emisiones agregado de Tijuana-Rosarito, 1998 (ton/año)**  
 Última versión julio 2000

Tipo de Fuente	PM10	SO2	CO	NOx	HC
Cruces Fronterizos	71	NE	48,018	1,549	5,524
Autos Particulares	5	532	212,134	11,725	26,728
Taxis	1	75	29,923	1,654	3,770
Camiones de Pasaje	0	30	15,648	1,026	1,802
Cam de Carga a gasolina (G)	7	442	230,651	15,130	26,563
Cam de Carga a diesel (D)	4,250	298	26,973	34,255	5,723
Motocicletas	0	7	1,057	34	295
Suelos					
Erosión por viento	7,500	NA	NA	NA	NA
<b>TOTAL</b>	<b>13,678</b>	<b>61,393</b>	<b>565,627</b>	<b>75,824</b>	<b>91,019</b>

Cuadro A.1.3.  
**Parque vehicular de Tijuana-Rosarito**

Tipo	Número de vehículos	%
Automóviles Particulares	280,564	76
Taxis	6,596	1.8
Pick up	2,257	0.6
Camiones de Pasajeros	46,576	12.6
Camiones de Carga	31,050	8.4
Motocicletas	2,189	0.6
<b>Total</b>	<b>369,232</b>	<b>100</b>

Fuente: Secretaría de Planeación y Finanzas del Gob. del Edo, 1996, en INE (2000)

Cuadro A.1.4.  
**Cruce de vehículos en la Frontera Internacional, 1996.**

Mes	Número de vehículos		Mensual
	Garita Tijuana	Garita Otay	
ENERO	1,136,691	312,866	1,449,557
FEBRERO	1,078,233	309,958	1,388,191
MARZO	1,187,227	341,624	1,528,851
ABRIL	1,029,246	313,158	1,342,404
MAYO	1,072,739	343,026	1,415,765
JUNIO	1,097,670	319,150	1,416,820
JULIO	1,180,080	336,593	1,516,673
AGOSTO	1,209,103	344,168	1,553,271
SEPTIEMBRE	1,166,461	316,488	1,482,949
OCTUBRE	1,272,758	323,528	1,596,286
NOVIEMBRE	1,243,991	333,333	1,577,324
DICIEMBRE	1,323,733	356,800	1,680,533
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>13,997,932</b>	<b>3,950,692</b>	<b>17,948,624</b>

Fuente: Servicios de Inmigración y Naturalización de E.U.A., 1996 en INE (2000)

**Cuadro A.1.5.  
Valores normados para los contaminantes del aire en México**

Contaminante	Valores límite			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica (Para protección de la salud de la población susceptible)	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable		
Ozono (O <sub>3</sub> )	0.11 ppm (1 Hora)	1 vez cada 3 años	-	NOM-020-SSA1-1993
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 Horas)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993
Bóxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	0.13 ppm (24 Horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)	NOM-022-SSA1-1993
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0.21 ppm (1 Hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m <sup>3</sup> (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)	NOM-024-SSA1-1993
Partículas menores a 10µm (PM10)	150 µg/m <sup>3</sup> (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)	NOM-025-SSA1-1993
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m <sup>3</sup> (prom. Art. en 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993

Fuente: Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994, en INE (2000)

**Cuadro A.1.6.  
Estaciones de la Red de Monitoreo de Tijuana y parámetros que mide.**

Nº	Zona	Estación	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM10	Met
1	Noreste	ITT	X	X	X	X	X	X
2	Suroeste	Rosarito	X	X	X	X	X	X
3	Sureste	La Mesa	X	X	X	X	X	X
4	Noroeste	Playas de Tijuana	X	X	X	X	X	X
5	Noroeste	Centro de Salud					X	
6	Centro	COLEF					X	

Fuente: Primer Informe de la Calidad del Aire de la Ciudad de Tijuana 1997. Antecedentes, reporte de datos y recomendaciones, SEMARNAP, BC (1999).

## A.1.7

## Niveles de contaminación máximos

Gas	Fuente		Cantidad (10 <sup>6</sup> toneladas por año)	
	Principales fuentes contaminantes (fuentes antropogénicas)	Fuentes Naturales	Contaminación	Natural
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Combustión de carbón y petróleo, cocido de minerales sulfurados	Volcanes	146	6-12
Acido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	Procesos químicos, tratamiento de aguas negras	Volcanes, acción biológica en pantanos	3	30-100
Monóxido de carbono (CO)	Combustión, principalmente escapes de automóviles	Reacciones de terpenos en incendios forestales	300	>3000
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Combustión	Acción bacteriana en suelos	50*	60-270*
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	Tratamiento de desechos	Descomposición biológica	4	100-200
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	En forma indirecta por el uso de fertilizantes nitrogenados	Acción biológica en suelos	>17	100-450
<b>Hidrocarburos</b>	Combustión, escapes, procesos químicos	Procesos biológicos	<b>88</b>	Cifra: 300-1.000 terpenos 200
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Combustión	Descomposición biológica, liberación desde océanos	1.5 x 10 <sup>4</sup>	1.5 x 10 <sup>4</sup>

\* Expresado como toneladas de NO<sub>2</sub>

Fuente: Strauss, W y Mainwaring, S. J. (1993). **Contaminación del aire. Causas, efectos y soluciones.** Editorial Trillas, tercera edición, pp11-12.

Explicando brevemente este cuadro vemos dos columnas al final denominadas "contaminación" y "natural". La primera nos explican los autores nos representa el límite máximo en que puede haber emisiones a la atmósfera sin dañar severamente la salud humana y la última columna nos expresa lo que de forma natural se genera por el ambiente en sus diversos procesos. Hay cifras como vemos que son inclusive mayores a la contaminación, pero el autor explica son generadas en primera lejos de las urbes y absorbidos ó disueltos de formas naturales por las condiciones del lugar sean meteorológicas u orográficas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, María Luisa (1990) **Los municipios de las fronteras de México II. El medio ambiente**. Centro de Ecodesarrollo. Centro Nacional de Desarrollo Municipal. México
- Alvarez, Juan (1986) "Contaminación atmosférica: cuenca Tijuana-San Diego un caso estudio" en **Ecología y Frontera**, Juan Alvarez y Víctor M. Castillo editores, Escuela de Economía UABC, pp 137-156
- Alvarez, Juan y Víctor M. Castillo (1990) "El estado del medio ambiente en las relaciones México Estados Unidos: El caso de la región San Diego-Tijuana" en **Nuestra Economía**, Año 2, No. 4, enero-abril, Facultad de Economía. UABC, pp 33-44
- Ayres, Robert U. y Allen V. Kneese (1969) "Production, Consumption and Externalities" en **American Economic Review**, vol. LIX, no. 7, junio, pp 282-296
- Ayres, Robert U., Allen V. Kneese y Ralph C. d'Arge (1970) **Economics and the Environment. A Materials Balance Approach**. Resources for the Future. Washington D.C. The John Hopkins Press.
- XIV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1995). **Plan estratégico de Tijuana**. Departamento de Relaciones Públicas.
- XV Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1997). **Tijuana Hoy. Maquiladora e Industria**, no. 3, COPLADEM.
- Barrón, Martín (1992) **Guía Histórica de Baja California** Museo Regional de Historia, A.C. Editorial El sol del Baja S. de RL. Ensenada BC.
- Becerra Lizardi, Manuel (1989) " Problemática de costos del agua potable y alcantarillado en Tijuana" en **Agua y desarrollo regional**, Colegio de economistas de Baja California, Jorge Ceballos, Rogelio López, José Osuna, Hilario Gómez editores, pp. 65 - 69
- Belratti, Andrea (1996) **Models of Economic Growth with Environmental Assets**. Kluwer Academic Publishers.
- Bannock, Graham, R. E. Baxter y Ray Rees (1988) **Diccionarios de Economía**, Editorial Trillas.
- Blancas, Andrés (1999) "An Dynamic Input-Output Model of NAFTA's Effects on Pollution" en **Momento Económico**, pp 66-73.
- Booth, Douglas E. (1998) **The environmental consequences of growth: steady-state economics as an alternative to ecological decline**. Routledge, London and New York.

Brugués Rodríguez, Alejandro (1994) **Estimación de una matriz de Insumo-Producto para Baja California**, Tesis de Maestría en Economía Aplicada. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California. México.

Bruño, G. M. (1938) **Curso de Química**, París, Procuraduría general.

Burley, Peter y John Foster (1994) **Economics and Thermodynamics: New Perspectives on Economic Analysis**. Kluwer Academic Publishers. USA.

Call, Steven T. y William L. Holahan (1985) **Microeconomía**. Grupo editorial Iberoamérica

Caselli, Maurizio (1992) **La Contaminación Atmosférica. Causas y fuentes. Efectos sobre el clima, la vegetación y los animales**. Editorial Siglo XXI, primera edición.

Censo de Población y Vivienda del año 2000 (2000) Datos preliminares. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

Chen, Kan (1973) "Input-Output Economic Analysis of Environmental Impact" In **IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics**, Vol. SMC-3, no. 6, November. Páginas 539-547.

Clayton, Anthony M.H. and Nicholas J. Radcliff (1996) **Sustainability. A System Approach**. Westview Press. WWF.

Conway, John B. (1986) "Riesgos de salud potencial asociados con aguas residuales en la región San Diego Tijuana" en **Ecología y Frontera**, Juan Alvarez y Víctor M. Castillo editores, Escuela de Economía UABC, pp 57-62

Coupé, B.E.M.G. (1977) **Regional economic structure and environmental pollution. An application of interregional models**. Studies in applied regional science, Martinus Nijhoff Social Science Division, vol. 5.

Cumberland, John H. (1966) "A Regional Interindustry Model for Analysis of Development Objectives" en **Papers of the Regional Science Association**, vol. XVII, pp. 65-94.

Cumberland, John H. y Bruce N. Stram (1973) "An Interindustry Approach to Modeling Economic-Environmental Systems" en **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, vol. smc-3, no. 6, noviembre.

Cumberland, John H. y Bruce N. Stram (1974) *Empirical Application of Input-Output Models to Environmental Problems*, en **Advances in Input-Output Analysis**, Capítulo 18, Proceedings of the Sixth International Conference on Input-Output Techniques, Karen R. Polenske y Jiri V. Skolka editors, Ballinger Publishing, Vienna, abril. pp 365-388

Daly, Herman D. (1968) "On Economics as a Life Science" en **The Journal of Political Economy**, no. 76, mayo/junio, pp 392-406.

Daly, Herman E. (1999) **Ecological Economics and the Ecology of Economic, Essays in Criticism**, Edward Elgar Pub.

Departamento del Distrito Federal, DDF; Gobierno del Estado de México, GEM; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP; y Secretaría de Salud, SS (1996) **Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000**, Marzo, segunda reimpresión.

Encarta (2000) Enciclopedia Microsoft.

Environmental Protection Agency (EPA) y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) (1998) **United States-Mexico Border Environmental Indicators Report 1997**, U.S.-Mexico Border XXI Program.

Forsund, Finn R. (1985) *Input-Output Models, National Economic Models and the Environment*, en **Handbook of Natural Resource and Energy Economics**, capítulo 8, vol. 1, A.V. Kneese y J.L. Sweeney editores, Elsevier Science Publisher, pp 325-341

Ganster, Paul (1999) Tijuana, Basic Information, en **Institute for Regional Studies of the California**, [www.sdsu.edu](http://www.sdsu.edu)

Georgescu-Roegen, Nicholas (1966) **Analytical Economics**, Harvard University Press.

Gerber, James (1998) "The Effects of a Depreciation of the Peso on the Cross Border Retail Sales in San Diego County" en **Working Paper, San Diego Dialogue**,

Gerber, James (1999) "Whither the Maquiladora? A look at the Growth Prospects for the Industry After 2001" en **Working paper E-99-1, San Diego Dialogue**, abril.

Gobierno del Estado de Baja California, GEBC y Secretaría de Desarrollo Económico (1999) **Agenda Sectorial de Baja California**

Gobierno del Estado de Baja California, GEBC y Secretaría de Desarrollo Económico (1999) **Agenda de la Economía de Baja California**

Gobierno del Estado de Baja California, GEBC y Secretaría de Desarrollo Económico (1999) **Agenda de la Infraestructura del Estado de Baja California**

Gobierno del Estado de Baja California, GEBC (2000) Presentación de la ciudad de Tijuana, en [www.baja.gob.mx](http://www.baja.gob.mx)

Gobierno del Estado de Baja California, GEBC - Secretaría de Desarrollo Económico SDE (2000) **Estadísticas básicas de Baja California**, enero, no. 99.

Harte, John, Cheryl Holdren, Richard Schneider y Christine Shirley (1995) **Guía de las Sustancias Contaminantes. El libro de los tóxicos de la A a la Z**, Editorial Grijalbo

IBWC (2000) Background of the International Tijuana Border Sanitation Problem and Solutions, en [www.ibwc.state.gov](http://www.ibwc.state.gov)

Instituto Nacional de Ecología, INE y Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, CENICA. (1997) **Primer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas 1996**, Dirección General de Gestión e Información Ambiental, INE SEMARNAP, septiembre.

Instituto Nacional de Ecología, INE (1999) "Red de monitoreo de la calidad del aire" en [www.ine.gob.mx/dggia/cal\\_aire/libros/segu\\_info/](http://www.ine.gob.mx/dggia/cal_aire/libros/segu_info/)

Instituto Nacional de Ecología, INE (2000) "Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera en Tijuana-Rosarito" Presentación del Programa de Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 1999-2004 en el Ayuntamiento de la ciudad de Tijuana, junio.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (1994) **XIV Censo Industrial, XI Censo Comercial y XI Censo de Servicios. Censos Económicos. Baja California**

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (1994) **VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, Baja California**

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI y Gobierno del Estado de Baja California GEBC (1997) **Anuario Estadístico del Estado de Baja California**, Edición 1997.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, Gobierno del Estado de Baja California y H. Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1994) **Cuaderno Estadístico Municipal, Tijuana Estado de Baja California**.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (1994) **Sistema de Cuentas Nacionales**, Disco Compacto.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, Gobierno del Estado de Baja California y H. Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1997) **Cuaderno Estadístico Municipal, Tijuana Estado de Baja California**.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (1998) **El sector Energético en México**. Edición 1997.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, Gobierno del Estado de Baja California y H. Ayuntamiento Constitucional de Tijuana (1999) **Cuaderno Estadístico Municipal, Tijuana Estado de Baja California**.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (1999) **Sistema de Cuentas Nacionales de México**. La producción, salarios, empleo y productividad de la industria maquiladora de exportación 1990-1997 por región geográfica y entidad federativa.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (2000) Producto Interno Bruto Estatal, Precios e Inflación, Sistema de Cuentas Nacionales, [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx).

Isard, Walter. (1969) "Some Notes on the Linkage of the Ecologic and Economic Systems". **Papers and Proceedings, Regional Science Association**, vol. 22, pp. 83-96.

Isard, Walter. (1975) *Economic-Ecologic Conflict and Environmental Quality*, en **Introduction to Regional Science**, capítulo 14, Prentice Hall, pp 341-371

James, David (1985) *Environmental Economics, Industrial Process Models, and Regional-Residual Management Models*. en **Handbook of Natural Resource and Energy Economics**, capítulo 7, vol. 1, A.V. Kneese y J.L. Sweeney editores, Elsevier Science Publisher, pp 271-323

Jáuregui, Ernesto (1983) "Aspectos meteorológicos de la contaminación del aire a lo largo de la frontera norte de México" *Revista Stanley B. Editor Ecología y Desarrollo de la Región Fronteriza*. Segundo Reunión de Universidades de Mexico y Estados Unidos sobre Estudios Fronterizos. ANUIES/PROFMEX México, pp 105-126

Jerret, Michael and Sergio Rey (1993) "Green Accounting for Sustainable Development in the San Diego Region", en **Department of Geography, San Diego State University**. Research Project. San Diego.

Johnstone, Nick (1991) "Comparative Advantage, Transfrontier Pollution and the Environmental Degradation of a Border Region: The Case of the Californias" En **Journal of Borderland Studies** Vol. VII, No. 2. Octubre, Páginas 33-35

Kazimi, Camilla, Felipe Cuamea, Juan Alvarez, Alan Sweedler y Matt Fertig (1997) "Emissions From Heavy-Duty Trucks At The San Diego-Tijuana Border Crossing" en [www.sdsu.edu](http://www.sdsu.edu) Department of Economics, SDSU; Escuela de Economía, UABC Tijuana, Center for Energy Studies, Department of Physics, SDSU

Kneese, Alen V. (1977). **Economics and the Environment**. Penguin Books

Lacy, Rodolfo comp (1993) **La Calidad del Aire en el Valle de México**, El Colegio de México.

Lakshmanan T.R. y Roger Bolton (1986) *Regional Energy and Environmental Analysis*, en **Handbook of Regional and Urban Economics**, capítulo 14, vol. 1, Nijkamp p. Editor, Elsevier Science Pub, pp 581-628.

Leontief, Wassily (1970) "Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach" In **Input- Output Economics**. Second Edition 1986. Oxford University Press, pp 240-260.

Leontief, Wassily and Daniel Ford (1972) "Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results on Input-Output Computations" In **Input-Output techniques**.



**Proceedings of the Fifth International Conference on Input-Output Techniques.** A Broady and A. P. Carter. North Holland Publishing Company, pp 9-30.

Luptacik, Mikulas y Berhard Böhm (1994) "Reconsideration of Non-negative Solutions for the Augmented Leontief Model" en **Economic System Research**, vol. 6, no. 2, pp 167-176.

Mariña Flores, Abelardo (1993) **Insumo-Producto Aplicaciones Básicas al Análisis Económico Estructural.** UAM Azcapotzalco, primera edición, México.

Martínez Alier, Joan y Jordi Roca Jusmet (2000) **Economía Ecológica y política Ambiental**, colección textos de economía, FCE y Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

McGregor, Peter G., Iain H. McNicoll, J. Kim Swales y Ya Ping Yin (1999) "The Likely Environmental Impact of the Scottish Parliament's Economic Policies: An Environmental Computable General Equilibrium Analysis" documento presentado en el Seminario Internacional de Insumo-Producto Regional y Otras Aplicaciones, de la Universidad de Guadalajara, septiembre.

Méndez, Elizabeth Mungaray (1995) "La industria maquiladora en Tijuana: riesgo ambiental y calidad de vida". En **Comercio Exterior**. Vol. 4, No.2. Febrero. Páginas 159-163.

Miernyk, William H. (1973) "A regional Input-Output Pollution Abatement Model" In **IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics**, Vol. SMC-3, no. 6, November Páginas 575-577.

Miller, Ronald E. y Peter D. Blair (1985) **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**, Prentice Hall.

Montalvo Corral, Carlos (1992) **Costo ambiental del Crecimiento Industrial: el Caso de la Maquiladora Eléctrica en Tijuana, B.C.** Documentos de trabajo. Fundación Friedrich Ebert.

Morales Chávez, Rafael y Carlos Romero Manzano (1986) "Evaluación de la contaminación en Playas de Tijuana, BC. Reporte preliminar" en **Ecología y Frontera**, Alvarez, Juan y Víctor M. Castillo, Escuela de Economía UABC, pp 224-229

Nijkamp, Peter (1977). **Theory and Application of Environmental Economics.** Studies in Regional Science and Urban Economics, vol. 1, Ake Andersson and Walter Isard Editors, North Holland Pub. The Netherlands.

Nijkamp, Peter y Aura Reggiani (1998) *Evolutionary Approaches to Spatial-Economic Systems: The Relevance of Ecologically-Based Models.* In **The Economics of complex spatial systems**, capítulo 3. Elsevier North Holland. The Netherlands.

Nolasco, Margarita, Virginia Molina, Ma. Luisa Acevedo, Iván Roldán, Miguel A. Bravo, Salustia Merino (1992) **Breviario de los Municipios Fronterizos de México**. Centro de Ecodesarrollo. Centro Nacional de Desarrollo Municipal. Páginas 26-31

Océano (1987) **Enciclopedia Autoeducativa** Grupo editorial Océano, tomo 5, ciencias experimentales, naturales y aplicadas, España.

O'Connor, Robert y Edmund W. Henry (1975) **Input-Output Analysis and its Applications**, Hafner Press

Ortiz Monasterio, Fernando (1987) "Ejemplos de contaminación ambiental en la región fronteriza entre México y Estados Unidos" **Documentos de Trabajo** del Programa del Medio Ambiente del COLMEX. Enero.

Page, Talbot (1973) "Pollution Affecting Producers in an Input-Output Context" In **IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics**. Vol. SMC 3, no. 6, November Páginas 555-561.

Paredes Arellano, Eduardo (1989) "La importancia de los recursos hidráulicos en Baja California" en **Agua y desarrollo regional**. Colegio de economistas de Baja California. Jorge Ceballos, Rogelio López, José Osuna, Hilario Gómez editores. Páginas. 35 - 51

Pérez, Benigno Ruesga y E. Raymundo Reyes R. "Contaminación en regiones fronterizas I. Niveles de plomo en la gloria, BC" Juan Alvarez y Víctor M. Castillo (1986) **Ecología y Frontera**. Escuela de Economía UABC, pp 157-156.

Perman, Roger. Yue Ma and James McGilvray (1996) **Natural Resource and Environmental Economics**, Addison Wesley.

Perrings, Charles (1987) **Economy and Environment. A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems**, Cambridge University Press,

Restrepo, Iván y Theodore E. Downing. (1983) "Contaminación y sociedad: los problemas ocultos la frontera norte." Ross, Stanley R. Editor **Ecología y Desarrollo de la Región Fronteriza**. Segundo Reunión de Universidades de México y Estados Unidos sobre Estudios Fronterizos. ANUIES/PROFMEX México, pp 203-232

Richardson, Harry W (1972) *Input Output and the Environment* En **Input Output and Regional Economics**, capítulo 11, Weindenfeld and Nicolson. Great Britain.

Ruth, Matthias (1993) **Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics**. Kluwer Academic Publishers.

Sánchez, Roberto (1988) "El problema del drenaje Tijuana y San Diego: una fuente de conflicto binacional entre México y Estados Unidos" en **Estudios demográficos y urbanos**. vol. 3, no. 3, septiembre diciembre, COLMEX, pp. 479-506.

Sánchez, Roberto A. (1999) "El Desarrollo Sustentable en Tijuana: Una Perspectiva sobre las Opciones y los Retos" en **El desarrollo sustentable en la región Tijuana-San Diego**. Documentos preparados para un foro comunitario binacional. Center for US-Mexican Studies. UCSD, pp 21-46

Sañudo Wilhelmy, Sergio A. y Carlos E. Suárez Vidal (1984) "Variación temporal de la carga orgánica en las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, Baja California, México" **Ciencias Marinas**. Vol. 10 (2), pp. 107-118

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP, Delegación Baja California (1999). **Primer Informe de la Calidad del Aire de la Ciudad de Tijuana 1997. Antecedentes, reporte de datos y recomendaciones**, enero.

Strauss, W y Mainwaring, S. J. (1993). **Contaminación del aire. Causas, efectos y soluciones**. Editorial Trillas, tercera edición.

Sweedler, Alan R. (1999) "Energy Issues in the San Diego Tijuana Region" Brieting Paper Center for Energy Studies, San Diego State University, noviembre, [www.sdsu.edu](http://www.sdsu.edu)

Sweedler, Alan R, Paul Ganster, Margarito Quintero Núñez, Juan Álvarez (1997) "Sources of Air Pollution in the US-Mexico Border Region: Development of Data and Information" en [www.sci.sdsu.edu/ces/CES\\_Res\\_2/ResP2.html](http://www.sci.sdsu.edu/ces/CES_Res_2/ResP2.html), Center for Energy Studies, SDSU; Institute for Regional Studies of the California's SDSU; UABC Tijuana y Mexicali.

Tapia Grijalva, Marco Antonio (1989) " Situación y perspectivas del suministro de agua potable y el desalojo de aguas negras en Tijuana" en **Agua y desarrollo regional**, Colegio de economistas de Baja California, Jorge Ceballos, Rogelio López, José Osuna, Hilario Gómez editores, pp. 93 - 99

Thoss, Rainer (1974) *A generalized Input-Output Model for Residuals Management*. **Advances in Input-Output Analysis. Proceedings of the sixth International Conference on Input-Output Techniques**, capítulo 20, Karen R Polenske and Jiri V. Skolka editors, Viena, abril 22-26, pp. 411- 432

van den Bergh, Jeroen C.J.M. (1996) **Ecological Economics and Sustainable Development. Theory, Methods and Applications**, Edward Elgar

Victor, P.A. (1972) **Pollution, Economy and Environment**. Allend and Chwin. Londres

World Commission on Environment and Development, WECD. (1987) **Our Common Future**, Oxford University Press.