



Impacto Económico de la Descontaminación Ambiental

Eidy Maria Schmitter Schmitter¹

eidyss75@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-4129-8632>

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, UAGRM

Santa Cruz de la Sierra

RESUMEN

La idea es utilizar el modelo de insumo-producto de Wassily Leontief para realizar esta evaluación. El punto de partida es la imposibilidad de continuar contaminando los efluentes industriales sin tomar medida alguna de mitigación. Se considera tres sectores contaminantes de la economía a saber, productos de molinería y panadería, bebidas, y madera y productos de madera. Se utiliza las estadísticas de la contabilidad nacional publicadas por el INE para el año 2012. Con esta información se calcula la matriz de intercambios inter industriales y el sistema de precios de partida. Se calcula luego, la matriz ampliada incluyendo la información sobre contaminación y descontaminación para calcular el sistema modificado. Se concluye que las industrias sometidas a control, desvían sus costos incrementales sobre los consumidores finales provocando un alza de precios.

Palabras clave: *contaminación y descontaminación; efluentes industriales; insumo-producto; Santa Cruz de la Sierra; sistema de precios.*

¹ Autor Principal

Economic Impact of Environmental Decontamination

ABSTRACT

The idea is to use Wassily Leontief's input-output model to carry out this evaluation. The starting point is the impossibility of continuing to pollute industrial effluents without taking any mitigation measures. Three polluting sectors of the economy are considered, namely milling and bakery products, beverages, and wood and wood products. The national accounting statistics published by the INE for the year 2012 are used. With this information, the inter-industry exchange matrix and the initial price system are calculated. The expanded matrix is then calculated, including information on pollution and decontamination, in order to calculate the modified system. It is concluded that industries subject to control pass on their incremental costs to final consumers, resulting in a price increase.

***Keywords:** pollution and decontamination; industrial effluents; input-output; Santa Cruz de la Sierra; price system.*

Artículo recibido 18 mayo 2023

Aceptado para publicación: 18 junio 2023

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Santa Cruz ha tenido durante las últimas décadas un crecimiento económico y demográfico sin punto de comparación con otras urbes del país. Este crecimiento muestra aspectos positivos para la población que ve mejoras en su nivel de vida. Sin embargo, el desarrollo trae también aparejado, crecientes problemas de contaminación ambiental aparejada con el desarrollo industrial.

La contaminación se define como la alteración de la composición física, química o biológica del medio con efectos directos y nocivos sobre los seres vivos. En la actualidad, su origen está relacionado con la modernización incontrolada, causada por las altas tasas de migración, crecimiento industrial no planificado, explosión demográfica y la falta de verdaderas políticas de protección del medio ambiente.

Las fuentes de emisión contaminante de desechos líquidos y residuos sólidos tienen diverso origen y procedencia. Unos son de origen industrial y otros están asociados al consumo. Aunque ambos son de gravedad tal que demandan la instauración de los controles del caso, en esta investigación se aborda los problemas de contaminación de los efluentes en las industrias de productos de molinería y panadería, de bebidas, y de la madera y productos de madera.

El objetivo de esta investigación es así, identificar el impacto de la descontaminación ambiental sobre el nivel de precios de venta de los bienes producidos por las empresas contaminantes. Para precisar los alcances de esta investigación, en primer lugar, se caracteriza la contaminación ambiental, como la contaminación de los efluentes. En segundo lugar, se describe las empresas contaminantes en 3 sectores de los 35 de la clasificación de las cuentas nacionales, a saber, productos de molinería y panadería, de bebidas, y de la madera y productos de madera. En tercer lugar, se utiliza el modelo de insumo-producto desarrollado por el economista norteamericano de origen ruso, Wassily Leontief, para evaluar el impacto de la descontaminación de los efluentes sobre el precio de venta de los productos elaborados por las empresas pertenecientes a estos tres sectores. (Puchet, 2001)

La continuación de esta presentación está organizada como sigue: en la segunda sección se describe los tres sectores de la economía seleccionados; en la tercera se establecen las características de la contaminación ambiental; en la cuarta se propone el modelo de evaluación de impacto, terminando en las conclusiones.

Los sectores económicos sujetos a evaluación

Características de la contaminación ambiental

La contaminación ambiental reviste formas diversas alterando la calidad del aire, del suelo y del agua. Estos procesos revisten una complejidad tal que es necesario abordarlos por separado. Es lo que se pretende en esta investigación cuando se propone focalizar la atención en la contaminación del agua.

La propia contaminación del agua es el hecho de una serie de actividades relacionadas con la producción y el consumo. Los mismos procesos productivos son tan variados que abordarlos en general lleva a no poder definirlos con la precisión del caso.

En este sentido, la preocupación inicial de esta investigación se refiere a la contaminación del agua originada en los procesos industriales. De esta manera, se pretende focalizar la atención en las industrias pertenecientes a los rubros de alimentos, bebidas, y muebles y madera.

Con respecto a la industria de alimentos, se ha podido observar que las aguas usadas en estos procesos industriales presentan exceso de sólidos en suspensión, materia orgánica, bajo contenido de oxígeno disuelto en el agua, abundancia de aceites y grasas disueltos o en suspensión, presencia de fosfatos y nitratos.

En cuanto a la industria productora de bebidas gaseosas, se encuentra que las aguas usadas y vertidas en los torrentes de evacuación de aguas servidas, muestran presencia de hidróxido de sodio, jabones, incremento del PH del líquido acidificando el agua, y presencia de ácido fosfórico.

Con respecto a la industria del mueble y de la madera, las aguas usadas por sus procesos industriales muestran la presencia de sólidos sedimentables, sólidos totales, ácido clorhídrico, aceites y grasas.

En el *Tabla 5*, se observa las características específicas de la contaminación cuantificadas por el Laboratorio de Procesos Químicos de la UAGRM. Molinería y panadería sobresalen con las magnitudes más elevadas. En efecto, ya sea en términos de la demanda biológica de oxígeno, química, grasas y aceites, sulfuro y amonio, este sector lleva la delantera en la contaminación del efluente.

Miligramos por litro

Tabla 5: *La contaminación ambiental*

Parámetros	Productos de molinería y panadería	Bebidas	Madera y productos de madera
<i>DBO5</i>	<i>95.0</i>	<i>11.0</i>	<i>9.0</i>
<i>DQO</i>	<i>183.0</i>	<i>21.5</i>	<i>20.0</i>
<i>Grasas y Aceite</i>	<i>15.0</i>	<i>12.0</i>	<i>9.0</i>
<i>Sólidos Suspendedos</i>	<i>16.0</i>	<i>32.0</i>	<i>23.0</i>
<i>Sulfuro</i>	<i>12.0</i>	<i>5.0</i>	<i>1.0</i>
<i>Amonio</i>	<i>36.10</i>	<i>0.02</i>	<i>0.42</i>

Fuente: Lab. PQ. UAGRM, 2022

En efecto, la demanda biológica de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación de un efluente. Normalmente se mide transcurrido cinco días de reacción. Se expresa en miligramos de oxígeno consumido por una población microbiana. La demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancia susceptible de ser oxidadas por medios químicos que hay en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación de un efluente, y se expresa en miligramos de oxígeno por litro.

Las grasas y aceites son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de espumas. Estas espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos de tratamiento de un agua residual.

Los sólidos en suspensión son una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después de secado.

Los sulfuros son característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen mucho menos de 1 ppm. Comunican muy mal olor al agua, lo cual permite su detección. Son especialmente corrosivos para las aleaciones de cobre.

El amonio está presente en el medio ambiente. Procede de procesos metabólicos industriales. El amonio es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales.

Evaluación de impacto de la descontaminación sobre los precios

El sistema insumo-producto

Para evaluar el impacto de la descontaminación ambiental sobre los precios se utiliza el modelo de Leontief. Se trata de un modelo de equilibrio general conocido también bajo el nombre de insumo producto. El punto de partida del modelo insumo producto expresado en términos físicos, es una ecuación (1), en la cual el producto total x , se descompone entre la producción absorbida por los sectores industriales como insumos para la producción Ax , y el producto a disposición para el consumo final y .

$$x = Ax + y \quad (1)$$

Un elemento clave en esta formulación lo desempeña la matriz A , que representa el estado de la tecnología. Cada uno de los coeficientes de esta matriz que se escribe a_{ij} , significa la cantidad del i ésimo bien necesario para la producción de una unidad del j ésimo bien. La evaluación de este coeficiente es posible a partir de los registros de los intercambios interindustriales expresados en unidades físicas, donde x_{ij} representa la magnitud del i ésimo bien adquirido por la j ésima industria, mientras x_j viene a ser el producto de esta misma industria como aparece en (2).

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (2)$$

Existe también, una versión del modelo donde las relaciones no aparecen ya en términos de flujos físicos, sino más bien de los precios asociados en el equilibrio, a cada uno de los bienes producidos. En este sentido, la ecuación básica del modelo es una ecuación en la cual, el precio de cada bien p , es igual a la suma del costo de los insumos que se utilizan en su producción $A'p$, más el valor agregado v , tal como aparece en (3).

$$p = A'p + v \quad (3)$$

En esta ecuación (3) se observa que aparece también, la matriz de coeficientes técnicos transformada por los intercambios de filas y columnas. En efecto, no se trata de la matriz en su forma original sino más bien su transpuesta.

Es a partir de (3) que se puede encontrar una fórmula que permita la evaluación de los precios en función del valor agregado una vez conocida la matriz de coeficientes técnicos, tal como aparece en (4). En este sentido, se puede caracterizar la economía por la tecnología prevaleciente.

$$p = (I - A')^{-1}v \quad (4)$$

La economía boliviana en el 2012

Esto en cuanto los aspectos conceptuales del modelo. En cuanto a los aspectos empíricos, para poner el modelo en acción en la perspectiva de los problemas medioambientales, se han utilizado los datos de la contabilidad nacional de la economía boliviana correspondiente al año 2012.

El punto de partida es entonces lo que en la presentación del Instituto Nacional de Estadística INE, aparece bajo el nombre de "*Bolivia: matriz de insumo - producto 2012, en miles de bolivianos de 1990*", (*Cuadro A.1.1*).

En ausencia de información sobre los intercambios interindustriales expresados en unidades físicas, las entradas de esta matriz expresadas en moneda constante (bolivianos de 1990), son el punto de partida para la evaluación de los coeficientes técnicos de producción a_{ij} , (*Cuadro A.1.2*).

Se dispone así, de los elementos intervinientes en la fórmula (4), necesarios para la evaluación de los precios de los 35 sectores constitutivos de la economía boliviana, tal como aparecen en el *Cuadro A.1.3*.

Antes de comentar las magnitudes del sistema de precios tal como aparecen en este cuadro, se han hecho algunas evaluaciones con el fin de comparar los valores observados con los valores calculados mediante el modelo.

En este sentido, el valor del consumo intermedio que según la fórmula (1) se escribe Ax , es comparado con esta misma magnitud tal como aparece en las estadísticas de las cuentas nacionales. Resultado de la comparación, las diferencias son nulas salvo en los sectores correspondientes a 3. Coca, 6. Petróleo y gas natural, 29. Servicios financieros, donde las diferencias son significativas.

Con la misma idea en mente, se compara la demanda final tal como aparece en la ecuación (1), y , con las magnitudes observadas en la estadística de las cuentas nacionales, dando los resultados siguientes. En todos los sectores las diferencias son nulas salvo en 5. Silvicultura, caza y pesca, 6. Petróleo y gas natural, 17. Papel y productos de papel, 26. Comercio, y 29. Servicios financieros.

Se tiene en consecuencia, el sistema de precios tal como aparece en este *Cuadro A.1.3*.

La contaminación ambiental en el modelo

Para evaluar el impacto de la descontaminación ambiental sobre el sistema de precios, se utiliza el enfoque propuesto por Fontela² en base al modelo insumo-producto. En este sentido, propone introducir en la matriz de coeficientes técnicos de producción A , una línea y una columna, denotando esta matriz ampliada como A^+ .

En este sentido los 3 coeficientes diferentes de cero en la línea añadida, correspondientes a los 3 sectores bajo análisis, a saber, 10. Productos de molinería y panadería, 13. Bebidas, y 16. Madera y productos de madera, se evalúan a partir del volumen del efluente resultante de las actividades productivas de cada sector tal como aparecen en la *Tabla 6*

Metros cúbicos por mes

Tabla 6: *Contaminación del Efluente²*

Sector	Efluente
<i>10. Productos de molinería y panadería</i>	<i>2700</i>
<i>13. Bebidas</i>	<i>3850</i>
<i>16. Madera y productos de madera</i>	<i>900</i>

Fuente: SAGUAPAC,1999

Según datos proporcionado por SAGUAPAC³, el costo del tratamiento del efluente asciende a 3.64 BS/M³. De esta manera, el costo anual de la descontaminación por sector tal como aparece en el *Tabla 7*, es más elevado en el sector bebidas que en los dos otros.

Bolivianos por año

Tabla 7: *Costo de la descontaminación*

Sector	Costo
10. Productos de molinería y panadería	117936
13. Bebidas	168168
16. Madera y productos de madera	39312

Fuente: SAGUAPAC,1999

² Fontela, 1975.

³ Fuente: Ing. Calvimontes, encargado de las lagunas de oxidación del Parque Industrial.

Resta tan sólo referir estas magnitudes monetarias al valor bruto de la producción para obtener los coeficientes unitarios de contaminación tal como aparecen en el *Tabla 8*

Tabla 8: *Coefficientes de contaminación*

Sector	Efluente
10. Productos de molinería y panadería	0.040
13. Bebidas	0.051
16. Madera y productos de madera	0.027

Fuente: SAGUAPAC, 1999

En cuanto a la nueva columna de la matriz de coeficientes técnicos, todos sus elementos son nulos salvo aquel que se encuentra sobre la línea 18. Substancias y productos químicos, en el entendido que los insumos para la descontaminación son producidos por este sector.

El procedimiento de cálculo de este último elemento de la matriz aumentada es como sigue. Sobre la base del costo de tratamiento del efluente, se calcula el complemento 32% refiriéndolo a continuación, a la magnitud del valor bruto de la producción del sector comprometido en la provisión de los insumos necesarios a la descontaminación.

Disponiendo ahora de la matriz de coeficientes técnicos de producción aumentada A^+ , tal como aparece en la *Tabla 1*, por el procedimiento descrito se evalúa el nuevo sistema de precios observando su incremento con respecto al sistema de precios en ausencia de descontaminación. Resulta entonces que las industrias transfieren sobre el consumidor, el costo de la descontaminación encareciendo en un caso, considerablemente, el precio de venta como se observa en el *Tabla 9*.

Tabla 9: *Cambios en la estructura de precios*

	Precio	Precio modificado	Diferencia	Incremento en %
10. Productos de molinería y panadería	0.55	1.03	0.48	86
13. Bebidas	0.49	0.54	0.05	10
16. Madera y productos de madera	0.53	0.55	0.02	5

Fuente: Elaboración propia

Se tiene entonces que según el sector, el precio de venta sube 5%, 10% y 86%. Se observa así, en primer lugar, que la descontaminación de los efluentes ocasiona un incremento de los precios de venta del producto en cada uno de los sectores considerados, lo cual no contradice por decir, el sentido común.

Lo que podría llamar la atención es el incremento que experimenta el sector 10. *Productos de molinería y panadería*, igual al 86%.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La contaminación se define como la alteración de la composición física, química o biológica del medio con efectos directos y nocivos sobre los seres vivos. En la actualidad, su origen está relacionado con procesos industriales contaminantes como ser los originados en la producción de alimentos, bebidas y muebles.

Estos tres sectores económicos sujetos a evaluación son lo suficientemente importantes como para considerarlos sujetos de evaluación. En efecto, el valor bruto de la producción en los sectores de molinería y panadería, bebidas, y madera es igual a 7618 millones de bolivianos para el año 2012. La importancia relativa de cada sector es tal que el de bebida tiene un valor relativo igual 43 %, molinería y panadería tiene un 39%, terminando el grupo, el sector de la madera con un valor relativo igual de 18%.

Con respecto a la industria de alimentos, las aguas usadas presentan exceso de sólidos en suspensión, materia orgánica, bajo contenido de oxígeno disuelto en el agua, abundancia de aceites y grasas disueltos o en suspensión, presencia de fosfatos y nitratos.

En cuanto a la industria productora de bebidas, muestran presencia de hidróxido de sodio, jabones, y presencia de ácido fosfórico.

Con respecto a la industria del mueble y de la madera, las aguas usadas por sus procesos industriales muestran la presencia de sólidos sedimentables, sólidos totales, ácido clorhídrico, aceites y grasas.

En base a las estadísticas del INE se calcula la matriz de coeficientes técnicos que permite la evaluación del sistema de precios. Cuando el sistema cambio como resultado de la inclusión de las actividades descontaminantes, los precios de venta suben en 5%, 10% y 86%. Se observa así, en primer lugar, que la descontaminación de los efluentes ocasiona un incremento de los precios de venta del producto en cada uno de los sectores considerados, lo cual no contradice por decir, el sentido común.

METODOLOGÍA

Plan de investigación

El diseño metodológico búsqueda de la información ha estado dado sobre lo que quería hacer contaminación acuífera para eso es que he recabar la información de la página del INE. Análisis de datos he usado la estadística inferencial esta los modelos de regresión lineal la estadística descriptiva los porcentajes como en Bolivia cuanta plata genera.

Las empresas están en la ciudad el urbano es mayor cantidad de empresas.

La investigación está desarrollada sobre 3 modelos:

- El modelo de insumo-producto de Wassily Leontief para realizar esta evaluación.
- El modelo lineal.
- Para evaluar el impacto de la descontaminación ambiental sobre el sistema de precios, se utiliza el enfoque propuesto por Fontela.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, & WCDF. (1992). *Métodos Normalizados para Análisis de Agua Potable y Residual*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.

Fontela, E. (1975). *Curso de contabilidad nacional*. Ginebra, Universidad de Ginebra, Suiza: Facultad de Economía.

Fontela, E., & Pulido, A. (1993). *Análisis input-output. Modelos, datos y aplicaciones*. Madrid, España: Pirámide.

Malavé, A., Silva Acuña, R., & Martínez, M. A. (2016). *Riesgos Asociados a las Aguas Residuales Tratamiento y Reutilización en los Sistemas Agrícolas*. Madrid, España: Académia Española. doi:ISBN: 978-3-8417-6303-7

ONU. (2016). *Estadísticas de PIB*. Nueva York, EE.UU.

OPS, & OMS. (1988). *Control de la Calidad de agua potable en sistemas de abastecimientos para pequeñas comunidades* (Vol. III). Ginebra, Suiza: OMS publicaciones.

Organización Panamericana de la Salud. (1997). Guía para la calidad de Agua Potable. En OPS, *Criterios relativos a la salud y otra información* (Vol. III, pág. 350). Washington DC, EE.UU.

Puchet, M. (2001). *Wassily Leontief, un creador de sus tiempos*. UNAM. Mexico DF: Comercio Exterior.

Rodriguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2006). *Tratamiento avanzado de aguas residuales industriales*. (J. Sota, Ed.) Madrid, España: Elecé Industria gráfica.

SAGUAPAC. (1999). En SAGUAPAC, *Procedimientos técnicos administrativos del servicio de alcantarillado sanitario para descargas de efluentes industriales y especiales* (Segunda ed., pág. 37). Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia.

A.2.2.Resultados

Resultados:																			
	Ci_cal	Ci_obs	dif	%	Df_cal	Df_obs	dif	%		V.A.	precio+	dif_prix	inc%						
1	1775177	1774687	491	3E-04	1053347	1053837	-491	0,0005		0,68	0,78	0,0001	1						
2	1445152	1445152	0	0	31436	31436	0	0		0,52	0,68	0,0002	1						
3	852	528	324	0,614	54863	55187	-324	0,006		0,86	0,87	0,00002	1						
4	1811591	1811074	518	3E-04	425095	425612	-518	0,001		0,61	0,80	0,004	1						
5	504722	481938	22784	0,047	55950	78733	-22784	0,29		0,57	0,64	0,0001	1						
6	340564	1221317	-880753	0,721	4763657	3882904	880753	0,23		0,47	0,64	0,0003	1						
7	542261	540709	1551	0,003	2233033	2234585	-1551	0,0007		0,71	0,78	0,0003	1						
8	444702	444702	0	0	2432719	2432719	0	0		0,19	0,64	0,002	1						
9	121126	121126	0	0	803291	803291	0	0		0,29	0,56	0,001	1						
10	928876	928876	0	0	1998126	1998126	0	0		0,19	1,03	0,48	1,86						
11	274485	274269	216	8E-04	834903	835119	-216	0,0003		0,25	0,56	0,0003	1						
12	625769	607204	18565	0,031	2691424	2709989	-18565	0,007		0,15	0,50	0,01	1						
13	1293275	1291914	1362	0,001	1998277	1999638	-1362	0,0007		0,31	0,54	0,05	1,10						
14	26889	26889	0	0	126110	126110	0	0		0,20	0,31	0,0001	1						
15	951320	945770	5550	0,006	1039479	1045029	-5550	0,005		0,25	0,40	0,0003	1						
16	666385	666385	0	0	814167	814167	0	0		0,25	0,55	0,02	1,05						
17	914096	886165	27930	0,032	96291	124221	-27930	0,22		0,17	0,25	0,0001	1						
18	2636550	2520528	116022	0,046	900604	1016626	-116022	0,11		0,08	0,11	0,0002	1						
19	2324588	2339040	-14452	0,006	1130785	1116333	14452	0,01		0,19	0,22	0,0002	1						
20	1483744	1464278	19466	0,013	309140	328606	-19466	0,06		0,38	0,56	0,0003	1						
21	569562	553662	15900	0,029	405032	420933	-15900	0,04		0,05	0,29	0,0002	1						
22	1233131	1234322	-1190	1E-03	3717856	3716665	1190	0,0003		0,01	0,03	0,0001	1						
23	227823	229494	-1671	0,007	500277	498606	1671	0,003		0,06	0,10	0,0000	1						
24	510440	528823	-18384	0,035	902623	884239	18384	0,02		0,53	0,67	0,0004	1						
25	179092	178062	1030	0,006	3579021	3580051	-1030	0,0003		0,35	0,64	0,001	1						
26	0	0	0	0	4897530	-4897530	9795059	2		0,59	0,79	0,0005	1						
27	3221822	3282247	-60425	0,018	3634535	3574110	60425	0,02		0,46	0,57	0,001	1						
28	630285	625284	5000	0,008	999143	1004143	-5000	0,005		0,51	0,76	0,001	1						
29	426592	2037869	-1611278	0,791	2297494	686216	1611278	2		0,63	0,80	0,0009	1						
30	1985520	2007047	-21526	0,011	322588	301061	21526	0,07		0,52	0,65	0,0005	1						
31	0	0	0	0	1555344	1555344	0	0		0,93	0,97	0,0001	1						
32	694677	685639	9039	0,013	1617892	1626930	-9039	0,006		0,54	0,74	0,02	1						
33	383360	386482	-3122	0,008	2166600	2163478	3122	0,001		0,36	0,64	0,02	1						
34	0	0	0	0	151107	151107	0	0		1	1	0	1						
35	0	0	0	0	5058258	5058258	0	0		0,65	0,82	0,004	1						
cont.										0,41	0,42	0,42							