

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO EXPERIMENTAL PARA EVALUAR EL IMPACTO DE VERTIMIENTOS DE LA PTAR “LA TOTORA” SOBRE LA POBLACIÓN ALEDAÑA, 2016

Jorge S. García Blásquez Morote, Abel N. Juscamayta Tomasevich, Hernán P. Quispe Misaico

Instituto de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales – Área de Protección y Control Ambiental
E-mail: ayacucho.uri@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Construir un modelo experimental para evaluar el impacto de vertimientos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorita” sobre la población aledaña. **Materiales y Métodos:** Diseño no experimental y nivel descriptivo y correlacional. **Resultados:** La comunidad campesina “La Totorilla” considera que la calidad de vida de sus miembros, se vieron alteradas por presencia de la PTAR, por malos olores y riesgo de contraer enfermedades respiratorias, gastrointestinales y parasitarias. Un 51.4% de encuestados reporta que acude a un centro de salud, el 22,8% consultan un médico y el 25.8% acude a una farmacia para su tratamiento. Se determinaron los parámetros del estudio econométrico mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), utilizando el método de regresión lineal múltiple, cuya ecuación fue:

$$M = -1,448829351 + 0,234692752 * CDS - 7,10543 * 10^{-15} * CT + 59,32248147 * GE$$

Conclusiones: Se identificó la relación de causalidad entre la concentración de carga contaminante en los efluentes vertidos y el número de consultas médicas por enfermedad relacionada con el agua residual. El modelo empírico demuestra, que a pesar de los costos invertidos por la PTAR para disminuir la carga contaminante del afluente, no se observa disminución relevante en la tasa de morbilidad. Del análisis de los métodos de valoración económica basados en costos, se observa que la mejor metodología para el presente estudio fue la de Costos de Mitigación, encontrando con su implementación, que los costos anuales a causa de la externalidad negativa fue de aproximadamente 289 099,97 soles.

Palabras clave: Costos de mitigación; Valoración económica; Mínimos cuadrados ordinarios.

CONSTRUCTION OF AN EXPERIMENTAL MODEL TO EVALUATE THE IMPACT OF DROP-OUT OF THE "TOTORA" WWTP ON THE ALEDAÑA POPULATION, 2016

ABSTRACT

Objectives: To build an experimental model to evaluate the impact of discharges from the Wastewater Treatment Plant "La Totorita" on the surrounding population of the WWTP. **Materials and Methods:** Non-experimental research design and descriptive and correlational research level. **Results:** The peasant community of Totorilla considers that the life quality of them was altered by the presence of the WWTP, due to bad smells and respiratory, gastrointestinal and parasitic diseases. 51.4% of them go to health facility for treatment, 22.8% go to a private medical doctor and 25.8% go to a pharmacy. The parameters of the econometric study were determined by ordinary least squares (OLS), using the multiple linear regression method. The regression equation was as follows:

$$M = -1,448829351 + 0,234692752 * CDS - 7,10543 * 10^{-15} * CT + 59,32248147 * GE$$

Conclusions The causal relationship between the concentration of pollutant load in the effluent discharged by the WWTP and the number of medical consultations for diseases related to wastewater was identified. The empirical model shows that despite the costs invested by the WWTP to reduce the pollutant load of the tributary, there is no significant decrease in the morbidity rate. From the analysis of economic valuation methods based on costs, it is observed that the best methodology for the present study was Mitigation Costs, finding with its implementation, that the annual costs due to the negative externality was approximately 289 099, 97 soles.

Keywords: Mitigation costs; Economic valuation; Ordinary least squares.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha tenido la necesidad de evaluar los impactos socioeconómicos que generan las actividades de desarrollo, productivas, de consumo, sobre el deterioro del recurso hídrico, como punto de partida para el diseño de políticas, planes y proyectos que mejoren la eficiencia de uso del agua.

La revolución industrial, además de ser el gran suceso que transformó el mundo económico, constituyó el mayor detonante de la contrariedad que experimenta hoy el conjunto de países respecto a la degradación ambiental y en

especial sobre la cantidad y calidad del agua dulce.

Los impactos a los que se refieren en la investigación son los de categoría directa, los relacionados con la contaminación hídrica ocasionados por la acción de los vertimientos puntuales de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) la “Totorita” de Ayacucho.

El estudio de valoración se orienta a considerar los impactos directos de contaminación del agua por vertimientos, y los impactos indirectos que causan los gases y olores emanados de la planta de tratamiento de aguas residuales [PTAR] la “Totorita” sobre la población que reside próximo al cauce del

río la Alameda de la ciudad de Ayacucho.

Para la valoración económica y ambiental, que posibilite cuantificar los costos de gastos y/o cargas de los individuos para atenuar los impactos sobre la salud cuando se manifiestan los efectos de la contaminación, se consideró el método de costos de mitigación [MCM].

Se elaboró y administró una encuesta considerando la salud pública y sostenibilidad territorial para verificar el número de casos de enfermedades infecciosas y parasitarias relacionadas con el agua y los gases en la población residente y aledaña a la PTAR “La Totorá” y en las márgenes del río Alameda del distrito El Nazareno de la ciudad de Ayacucho.

El objetivo principal del estudio fue cuantificar y analizar la magnitud de los costos sociales, traducido en daños a la salud de la población asentada río abajo, en razón de la eficiencia en la administración de la PTAR la “Totorá”. En términos económicos, la pérdida de bienestar de la sociedad por enfermedades se traduce en costos directos e indirectos

(costos de salud). Parte de estos costos los debe asumir la persona enferma (medicinas, dietas, etc.), otra parte el sector privado (pérdida de productividad en las empresas por ausencia de trabajadores) y otra parte el Estado (consultas médicas subvencionadas en centros de salud, vacunas, medicina, subsidios, etc.). Por tanto, las pérdidas económicas afectan a todos los actores de la sociedad, no solamente al paciente.

Los objetivos de la investigación fueron: **a)** Construir un modelo experimental para evaluar el impacto de vertimientos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” sobre la población aledaña a la PTAR; **b)** Identificar los parámetros fisicoquímicos del agua residual en los puntos de muestreo con el fin de comprobar el impacto sobre el río Alameda y la salud de la población y **c)** determinar el costo social generado por el impacto de los vertimientos sobre la salud de la población aledaña al PTAR, para promover inversión requerida que contrarreste la morbilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los puntos de muestreo para determinar las concentraciones de contaminantes fueron:

Tabla 1. Puntos de muestreo de agua residual

Nº Estación	Descripción	Coordenada de la Estación de Muestreo		
		Altitud	Latitud	Longitud
1	A 30 m. río arriba del vertido de efluentes de la PTAR “La Totorá” (cauce del río Alameda).	2624,50 msnm	13°8’28.524” S	74°12’23.970” O
2	A la salida de la PTAR “La Totorá”	2625,60 msnm	13°8’27.510” S	74°12’23.772” O
3	A 35 m. río abajo, después de la confluencia del efluente de la PTAR “La Totorá” con el río Alameda.	2617,0 msnm	13°8’26.856” S	74°12’22.608” O



Figura 1. Contaminantes orgánicos en el efluente de la PTAR - 2016

MÉTODOS

La metodología empleada fue la de una investigación no experimental cuantitativa debido a que las variables no son manipuladas deliberadamente y el diseño fue una

investigación descriptiva y correlacional, debido a que se determina el grado de relación o asociación causal entre dos o más variables y con la aplicación de técnicas estadísticas se estima la correlación.



Figura 2. Efluentes de la PTAR en el cauce del río Alameda - 2016

RESULTADOS

Los resultados en el estudio econométrico mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO), fueron obtenidos utilizando

datos de CDS, CT y GE; así como la variable M y el procedimiento de cálculo de coeficientes de la ecuación de MCO se muestra en la Tabla 2.

i = mes	u = CDS	v = CT	z = GE	y = #Aten	u ²	uv	uz	uy	v ²	vz	vy	z ²	zy
1	395,50	114,4	0,74	124	156420	45245	292,7	49042	13087	84,656	14185,6	0,5476	91,76
2	448,25	104,2	0,74	105	200928	46707	331,7	47066	10857	77,108	10941	0,5476	77,7
3	377,64	127,1	0,74	122	142611	47998	279,4	46072	16154	94,054	15506,2	0,5476	90,28
4	392,6	124,9	0,74	140	154134	49035	290,5	54964	15600	92,426	17486	0,5476	103,6
5	475,25	130,9	0,74	197	225862	62210	351,7	93624	17134	96,866	25787,3	0,5476	145,78
6	459,25	120,5	0,74	212	210910	55339	339,8	97361	14520	89,17	25546	0,5476	156,88
7	503,33	165,4	0,74	132	253341	83250	372,4	66439	27357	122,396	21832,8	0,5476	97,68
8	474,75	136,0	0,74	138	225387	64566	351,3	65515	18496	100,64	18768	0,5476	102,12
9	457,50	126,1	0,74	133	209306	57690	338,6	60847	15901	93,314	16771,3	0,5476	98,42
10	427,00	125,0	0,74	149	182329	53375	316,0	63623	15625	92,5	18625	0,5476	110,26
11	463,00	132,0	0,74	147	214369	61116	342,6	68061	17424	97,68	19404	0,5476	108,78
12	412,00	176,5	0,74	151	169744	72718	304,9	62212	31152	130,61	26651,5	0,5476	111,74
Σ	5286,07	1447	8,88	1750	2345345	699253	3911,7	774828	213310	1171,42	231505	6,5712	1295

De la resolución del sistema de ecuaciones, se obtuvieron los valores de los coeficientes:

$$a_0 = -1,448829351$$

$$a_1 = 0,234692752$$

$$a_2 = -7,10543E-15$$

$$a_3 = 59,32248147$$

La ecuación de regresión fue:

$$M = -1,448829351 + 0,234692752 * CDS - 7,10543 * 10^{-15} * CT + 59,32248147 * GE$$

Para el método de Costos de Mitigación, en la determinación del Costo de Mitigación Total o Costo Social, se requirieron los datos siguientes de la encuesta:

¿Cuánto, en promedio, cree usted que ha gastado en el tratamiento sugerido?

- a) Menos de 50 soles = 9
- b) Entre 50 y 100 soles = 11
- c) Entre 100 y 150 soles = 3
- d) Más de 150 soles = 8, (200 soles).
- e) No respondieron = 4



Figura 3. Costo de tratamiento en función al número de encuestados

Numeric Summary

File Edit Style Options

Rank 289 Eqn 7 $y=a+bx^3$

r^2	Coef Det	DF Adj r^2	Fit Std Err	F-value
0.2178599532	0.0000000000	69.916917069	0.5570868136	

Parm	Value	Std Error	t-value	95% Confidence Limits		P> t
a	161.2031981	59.78978081	2.696166400	-96.0514655	418.4578617	0.11443
b	-0.05571866	0.074651615	-0.74638248	-0.37691863	0.265481318	0.53325

Area Xmin-Xmax	Area Precision
1086.8096693	0.0000000000

Function min	X-Value	Function max	X-Value
87.041664161	11.000000000	159.69878946	3.0000032422

1st Deriv min	X-Value	1st Deriv max	X-Value
-20.22587289	11.000000000	-1.504407021	3.0000032422

2nd Deriv min	X-Value	2nd Deriv max	X-Value
-3.677431435	11.000000000	-1.002936930	3.0000032422

Soln Vector	Covar Matrix
Direct	LUDecomp

r^2	Coef Det	DF Adj r^2	Fit Std Err	Max Abs Err
0.2178599532	0.0000000000	69.916917069	70.584296345	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Statistic	P>F
Regr	2723.2494	1	2723.2494	0.557087	0.53325
Error	9776.7506	2	4888.3753		
Total	12500	3			

Date: Apr 6, 2018 Time: 11:33:25 AM File Source: c:\program files (x86)\tablecurve2dv5.01

De la figura 3 y tabla 3 se deduce un costo mínimo de tratamiento de S/. 87,04.

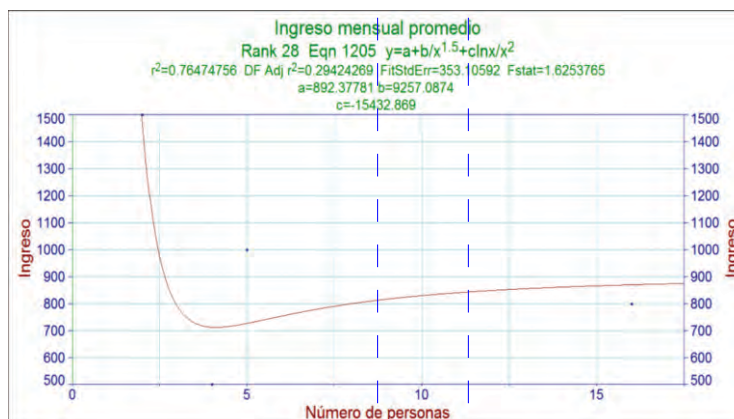


Figura 4. Ingreso mensual promedio en función al número de encuestados.

Tabla 4. Resumen de ingreso mensual promedio de encuestados.

■ Numeric Summary

File Edit Style Options

Rank 289 Eqn 7 $y=a+bx^3$

r^2	Coef Det	DF	Adj r^2	Fit Std Err	F-value
0.2178599532	0.0000000000	69.916917069	0.5570868136		

Parm	Value	Std Error	t-value	95% Confidence Limits		P> t
a	161.2031981	59.78978081	2.696166400	-96.0514655	418.4578617	0.11443
b	-0.05571866	0.074651615	-0.74638248	-0.37691863	0.265481318	0.53325

Area Xmin-Xmax	Area Precision
1086.8096693	0.0000000000

Function min	X-Value	Function max	X-Value
87.041664161	11.000000000	159.69878946	3.0000032422
1st Deriv min	X-Value	1st Deriv max	X-Value
-20.22587289	11.000000000	-1.504407021	3.0000032422
2nd Deriv min	X-Value	2nd Deriv max	X-Value
-3.677431435	11.000000000	-1.002936930	3.0000032422

Soln Vector	Covar Matrix				
Direct	LUDecomp				
r^2	Coef Det	DF	Adj r^2	Fit Std Err	Max Abs Err
0.2178599532	0.0000000000	69.916917069	70.584296345		

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Statistic	P>F
Regr	2723.2494	1	2723.2494	0.557087	0.53325
Error	9776.7506	2	4888.3753		
Total	12500	3			

Date	Time	File Source
Apr 6, 2018	11:33:25 AM	c:\program files (x86)\tablecurve2dv5.01

De la figura 4 y tabla 4 se determina el ingreso mínimo promedio de S/. 712,04.

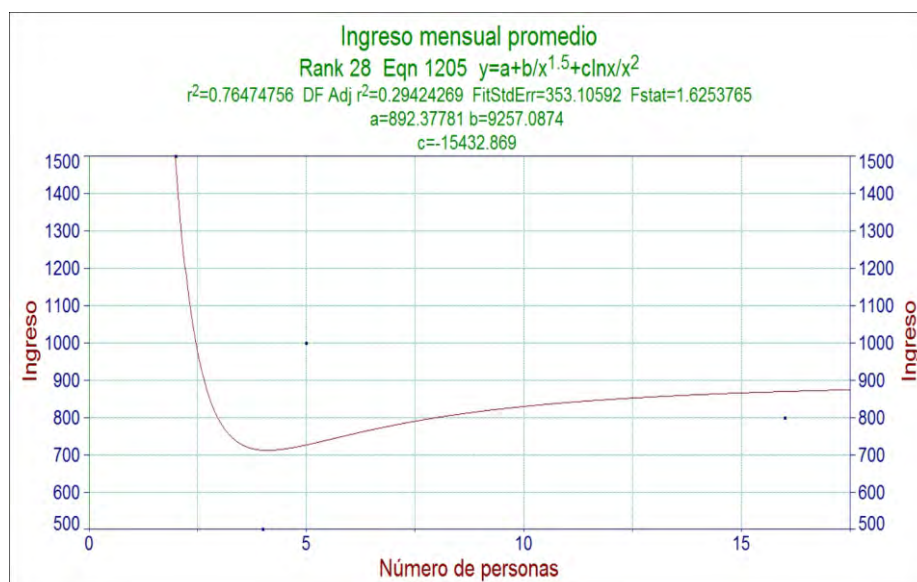


Figura 5. Costo de medicamentos genéricos en función al número de encuestados.

Tabla 5. Resumen de costo de medicamentos genéricos adquiridos por encuestados.

■ Numeric Summary

File Edit Style Options

Rank 164 Eqn 1423 $y^1=a+bx+cx^2$

r^2	Coef Det	DF	Adj r^2	Fit Std Err	F-value
0.9948079076			0.9844237229	8.0561252921	95.800289674

Parm	Value	Std Error	t-value	95% Confidence Limits		P> t
a	0.012902891	0.002089531	6.175018229	-0.01364712	0.039452897	0.02524
b	-0.00375685	0.000928885	-4.04447497	-0.01555945	0.008045750	0.05604
c	0.000373896	8.14825e-05	4.588673436	-0.00066144	0.001409230	0.04436

Area Xmin-Xmax	Area Precision
1533.7556570	2.944658e-10

Function min	X-Value	Function max	X-Value
46.164295988	12.000000000	288.53120938	5.0239196431

1st Deriv min	X-Value	1st Deriv max	X-Value
-61.55407099	6.7817098633	61.554070985	3.2661280802

2nd Deriv min	X-Value	2nd Deriv max	X-Value
-62.25395845	5.0239190532	15.563489612	8.0685037403

Soln Vector	Covar Matrix
Direct	LUDecomp

r^2	Coef Det	DF	Adj r^2	Fit Std Err	Max Abs Err
0.9948079076			0.9844237229	8.0561252921	6.6457448772

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Statistic	P>F
Regr	12435.099	2	6217.5494	191.601	0.00519
Error	64.901155	2	32.450577		
Total	12500	4			

Date	Time	File Source
Apr 6, 2018	11:17:06 AM	c:\program files (x86)\tablecurve2dv5.01

De la figura 5 y tabla 5 se determinó el costo mínimo de medicamentos genéricos de S/.46,16.

$$CMT = f(C_s)$$

$$C_s = CPr + CPu$$

$$CPr \text{ Total} = 7422,9 \times 941/35 = 199\,569,97 \text{ soles}$$

$$CPu = (1750 \times 5) + (1750 \times 46,16) = 89\,530 \text{ soles}$$

$$CMT \sim C_s = 289099.97 \text{ soles.}$$

DISCUSIÓN

Los parámetros de relación entre variables dependientes e independientes del estudio econométrico mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO), fueron determinados por método de regresión lineal múltiple.

$$M = -1,448829351 + 0,234692752 * CDS - 7,10543 * 10^{-15} * CT + 59,32248147 * GE$$

En base a los parámetros del modelo econométrico, el número de consultas médicas mensuales debe ser mayor a lo hallado en los datos suministrados por el Centro Salud “Villa San Cristóbal” del distrito de Nazareno de Ayacucho, ello obedece al trabajo de campo, a las preferencias de las personas por auto medicarse o consumir remedios caseros.

El coeficiente de cantidad de carga contaminante de materia

orgánica e inorgánica disuelta y suspendida (**CDS**) en los vertimientos de la PTAR al río Alameda, refleja una relación directa con el número de consultas médicas cuya referencia está en función de las enfermedades respiratorias, digestivas, infecciosas y parasitarias.

Se plantea una relación directa entre **M** (consultas médicas) y cantidad de carga contaminante suspendida (**CDS**). Si la cantidad de **CDS** se incrementa en 20%, el número de consultas se incrementará en 19, ascendiendo a 153 atenciones, caso contrario, si el **CDS** disminuye en un 20%, las atenciones disminuirían en 18, obteniéndose un total de 116 consultas.

El coeficiente del costo total (**CT**) de tratamiento de las aguas residuales en la PTAR ($-7,10543 \times 10^{-15}$) muestra un comportamiento negativo respecto a las consultas médicas (**M**) ante cambios en el costo de operación y mantenimiento de la PTAR.

Un aspecto de gran utilidad que influye en la percepción de los pobladores sobre los efectos de la contaminación del río Alameda, fue la permanencia en sus viviendas. Un 59 % de encuestados considera estar afectados, cuya estancia en su vivienda fue superior a 9 horas diarias.

La encuesta, fue útil para inferir la auto percepción de los

pobladores sobre la importancia de la PTAR para la recuperación del recurso hídrico, y no así en el efecto de la depreciación del valor de sus viviendas. El 100 % de los entrevistados advierte que la PTAR afecta su salud y su calidad de vida, mientras que el 77% considera que fueron afectados en el precio de sus viviendas.

En los gastos particulares, solamente se considera lo que la persona afectada pagó para lograr una mejoría en su salud, una vez percibida la externalidad. Es decir, el gasto informado por el paciente no refleja, en todos los casos, una recuperación total del nivel de bienestar perdido o en otras palabras, el costo privado mínimo al que se incurre debido al daño causado por el impacto ambiental.

Teniendo en cuenta la renta promedio de la población (S/.712.00), se observa que el monto que deja de percibir por los días de incapacidad física, representa el 13,3% del ingreso promedio del paciente. Esta situación resulta relevante si se tiene en cuenta que de los afectados, aproximadamente 66 % son trabajadores independientes u ocasionales, mientras que el 23 % de ellos son empleados remunerados. Lo que implica que el sector productivo, en el caso de los primeros, no le retribuye los días no laborados a la persona afectada.

AGRADECIMIENTO

Igualmente extendemos el agradecimiento al SEDA - Ayacucho, a la PTAR “LA Totora”, a la Dirección Regional de Salud – Ayacucho y RED 406 Unidad Regional de Salud Huamanga.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilera K, Y Alcántara, V. (2011). De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica. Centro de Investigación para la Paz. Edición Electrónica. Madrid-España.

Álvarez, G. (2008), Calidad de agua. Dirección de Salud Pública. Ministerio de la Protección Social. Bogotá.

Delgado, G. (2013). Ecología Política del Extractivismo en América Latina: Casos de Resistencia y Justicia Socio ambiental. Ed. Glacso. Argentina

Fernández, M. (2006). Valoración Económica de la Calidad del Agua de la Cuenca Alta del río Campo Alegre. Instituto Alexander Von Humboldt.

Galarza, E. (2010). La Economía de los Recursos Naturales. Universidad del Pacífico: Centro de Investigación. Lima – Perú.

Gelvez, D. y Sepúlveda, D. (2011). Evaluación Económica y Ambiental de los Impactos Generados por los Vertimientos Puntuales de la PTAR Río Frio sobre la Población Aledaña del Municipio de Girón. Universidad Industrial de Santander, Colombia.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L (2014). Metodología de la Investigación. 6ta. Edición. México. Mc Graw Hill.

Mendieta, J. (2000). Economía del Medio Ambiente. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Santa Fe. Colombia.

Ministerio del Ambiente. (2015). Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Perú

SAAR Van Hauwermeiren. (2001), Manual de Economía Ecológica. Instituto de Ecología Económica, Ed. Abya-Yala, Ecuador.