

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA



VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS CAMBIOS EN LA
CALIDAD DEL AGUA Y SU IMPACTO EN LA SALUD EN
ZONAS URBANO MARGINALES DE PUNO (2012-2017)

TESIS

Presentado por la Bachiller Gremary Antonieta Aza Mengoa

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ECONOMISTA

PROMOCIÓN 2016

PUNO - PERU
2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERIA ECONÓMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ECONÓMICA

TESIS

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA
Y SU IMPACTO EN LA SALUD EN ZONAS URBANO MARGINALES
DE PUNO, (2012-2017)

PRESENTADA POR:

Bach. GREMARY ANTONIETA AZA MENGOA

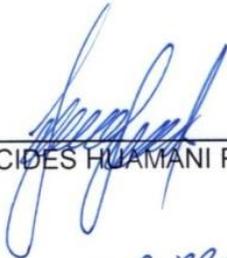
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ECONOMISTA



APROBADA POR:

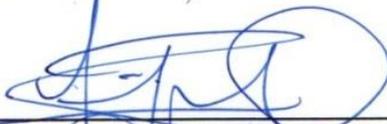
PRESIDENTE:


Dr. ALCIDES HUAMANI PERALTA

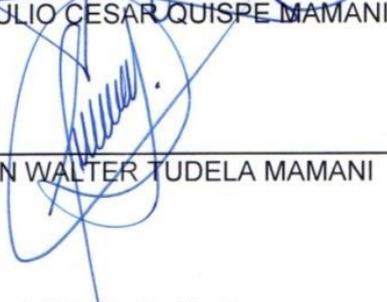
PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. AUDBERTO MILLONES CHAFLOQUE

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. JULIO CESAR QUISPE MAMANI

DIRECTOR / ASESOR:


Dr. JUAN WALTER TUDELA MAMANI

Área : Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente

Tema : Valoración Económica del Medio Ambiente.

Fecha de Sustentación: 03 - 04 - 2018

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres Edgar y Martha, por educarme desde pequeña con ese afán de superación, por todos sus sacrificios que me trajeron hasta aquí y por apoyarme en cada aventura académica. A mi hermano mellizo Edgar, por su compañía en todos los malos y buenos momentos, por sus consejos, gracias por creer en mí. A ellos gracias porque significaron mi principal motivación para culminar esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano y la Facultad de Ingeniería Económica por permitirme mejorar mis capacidades académicas a lo largo de mi carrera.

Al Dr. Juan Walter Tudela Mamani por creer en mi proyecto, por sus consejos, paciencia, motivación y compromiso no sólo en el presente trabajo, sino también en mi proceso formativo como ingeniero economista.

Al Ing. Fran Lino Tala miembro del PEBLT y al Ing. Ignacio Pastor Salas miembro de EMSA Puno S.A. por su disposición en colaborar y brindar toda la información necesaria para el desarrollo de la presente investigación.

INDICE

INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	45
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	46
2.1. MARCO TEÓRICO.....	46
2.1.1. Aplicación de la teoría económica al recurso agua:	46
2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	73
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	74
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	74
3.1.1. Tipo y nivel de la investigación:	74
3.1.2. Método función de daño: Función de costos de insumos químicos de tratamiento del agua cruda.	75
3.1.3. Modelo ARIMA	77
3.1.3. Datos:	81
3.1.3.1. Parámetros de calidad del agua:	81
3.1.3.2. Costos y agua Producida:	86

3.1.3.2. Enfermedades gastrointestinales:	88
3.1.4. Estimación del modelo:	88
3.1.4.1. Enfermedades gastrointestinales:	88
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	94
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	94
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS	108
ANEXOS.....	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Puntos de acumulación de residuos sólidos sin tratamiento de la ciudad de puno	37
Figura 2: Mapa de efluentes clandestinos de aguas servidas y drenajes fluviajes sin tratamiento en la ciudad de puno	41
Figura 3: Proceso de tratamiento de agua potable	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ramas de la economía y el medio ambiente.	21
Tabla 2. Clasificación de servicios ecosistémicos.....	23
Tabla 3. Distribución del agua en el Perú por vertientes.....	29
Tabla 4. Disponibilidad de agua por vertientes.	30
Tabla 5. Categorías de aguas superficiales.....	32
Tabla 6. Estándares de calidad del agua.	33
Tabla 7. Población Estimada del distrito de Puno.....	34
Tabla 8. Evolución de la población y área urbana de Puno: 1954-2017.....	35
Tabla 9. Distrito de Puno: División política en centros poblados según Censo 2007....	35
Tabla 10. Composición física de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Puno .	38
Tabla 11. Fuentes de captación de agua cruda para potabilización - EMSA PUNO	42
Tabla 12. Servicios ecosistémicos de los humedales: Estructuras y funciones relacionadas.	47
Tabla 13. Metodologías de Valoración Económica.....	59
Tabla 14. Microorganismos que provocan diarrea.....	72
Tabla 15. Estadísticos descriptivos.....	81
Tabla 16. Estadísticos descriptivos costos en insumos químicos y producción de agua potable.....	86
Tabla 17. Estimación econométrica de la función de costos Cobb Douglas.....	94
Tabla 18. Estimación econométrica función de costos Cobb Douglas Reducido.....	95
Tabla 19. Escenarios de evaluación del modelo de costos.....	98
Tabla 20. Estimación del Modelo de Series de Tiempo ARIMA para las EDAS.....	99

INDICE DE ACRÓNIMOS

CIES	Consortio de Investigación Económica y Social
CIQ	Costo de Insumos Químicos.
DAP	Disposición a pagar.
ECA	Estándares de calidad del Agua
EDAS	Enfermedades Diarreicas Agudas
LMP	Límites Máximos Permisibles
MA	Millenium Ecosystem Assesment (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio)
MINAM	Ministerio del Ambiente
SE	Servicios Ecosistémicos

RESUMEN

Los impactos humanos en el medio ambiente pueden afectar servicios ecosistémicos muy valiosos como el de provisión de agua potable. La contaminación cambia la calidad del agua y puede significar incrementos en los costos de producción de agua potable. La presente tesis investiga los cambios en la calidad del agua de la Bahía del Lago Titicaca, en la ciudad de Puno, debido al incremento en la contaminación experimentada en los últimos años por el crecimiento de la población. El lugar de estudio es el punto de captura de agua Chimú, principal fuente de agua para la ciudad, ubicada en la bahía exterior del lago al sur de la ciudad.

Para comprender las consecuencias de los cambios en la calidad del agua por la contaminación y los efectos económicos de la misma, se utilizó el método de función de daño que analiza la variación de los costos de tratamiento del agua potable en el tiempo respecto a los cambios en los parámetros de calidad del agua usando un modelo econométrico de costos. Se analizan los datos históricos disponibles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y los costos de los insumos químicos utilizados para el tratamiento del agua potable, desde Enero 2012 a Diciembre 2016.

La función de daño está representada por la función de costo Cobb Douglas. El costo total de los insumos químicos se explica por la cantidad de agua producida en m³ y la calidad del agua se analiza mediante las variaciones de Sólidos Disueltos y Oxígeno. El modelo demuestra que los costos de insumos químicos en los que incurre EMSA PUNO incrementan en un 43% cuando los sólidos disueltos incrementan en un 100% y un 35% cuando el nivel de oxígeno incrementa en un 100%. Se plantearon 4 escenarios donde el ahorro en costos por una disminución del 10% en STD es S/.5,216.00, en el porcentaje de saturación del oxígeno es S/. 4,246.025, una disminución del 30% en STD permite ahorrar S/.15,649.63, en el porcentaje de saturación del oxígeno S/.12,738.00, del 50%

en STD permite ahorro en S/.26,082.72, en el porcentaje de saturación del oxígeno S/.21,230.12 y ante una disminución del 70% en STD el ahorro es de S/.36,515.82 y en el porcentaje de saturación del oxígeno S/.29,722.17.

Finalmente se analizó los efectos sobre la salud humana debido al consumo de agua contaminada mediante la descripción de la prevalencia de casos de enfermedades diarreicas agudas reportados en los centros de salud del distrito de Puno, especialmente en áreas urbanas marginales y cercanas al lago, Huerta Huaraya, los Uros y Vallecito. El método estadístico de series temporales ARIMA predice que a Octubre de 2018 la incidencia de EDAS disminuye en el tiempo, lo que indica mejoras en el acceso al agua potable.

Palabras Clave: Agua potable, calidad del agua, servicios eco sistémicos, valor del agua, valoración ambiental.

ABSTRACT

Human impacts to the environment can affect very valuable ecosystem services as is the provision of clean drinking water. Pollution changes water quality and lead to potential increases in treatment costs for potable water supply. This study investigates the changes in water quality of the Bay of Titicaca Lake, in Puno city, due to the increased pollution experienced in the last years by the growth of population. The place of study is the water capture point Chimu, which is the main source of water for the city, located in the outer bay of the lake.

To understand the consequences of changes in water quality by pollution and the economic effects of it, we use the method of damage function which analyzes the variation of drinking water treatment costs related to changes in water quality parameters on time by using a econometric model of costs. Historic data available of physical, chemical and microbiological parameters and costs of chemical inputs used for drinking water treatment are analyzed from January 2012 to December 2016.

Damage function is represented by the cost function Cobb Douglas. The total cost of chemical inputs is explained by the quantity of produced water and the water quality is explained by the variations of dissolved solids and oxygen. The model demonstrates that the costs of chemical inputs incurred by EMSA PUNO increase by 43% when dissolved solids increase by 100% and by 35% when the oxygen level increases by 100%. Four scenarios were proposed where the cost savings per month by a 10% decrease in STD is S/. 5,216.54, in percentage of oxygen saturation it is S/. 4,246.02, a decrease of 30% in STD saves S/.15,649.63, in percentage of oxygen saturation S/.12,738.07, 50% in STD allows savings in S/. 26,082.72, in percentage of oxygen saturation S/.21,230.12 and in a decrease of 70% in STD the saving is of S/.36,515.82 and in the percentage of oxygen saturation S/.29,722.175.

Finally, the effects on human health due to the consumption of contaminated water is analyzed by describing the prevalence of reported cases of acute diarrheal diseases in the health centers of Puno district, especially in marginal urban areas near the lake: Huerta Huaraya, Los Uros and Vallecito. The ARIMA time series statistical method predicts that as of October 2018, the incidence of diseases decreases over time, indicating that there are improvements in access to potable water.

Keywords: drinking water, environmental assessment, ecosystem services, water quality, water value.

INTRODUCCIÓN

El Lago Titicaca, ubicado en el Altiplano entre Perú y Bolivia, es el más alto, además de navegable, de los Grandes Lagos del Mundo y representa el cuerpo de agua dulce más grande de Sud América. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) califica el agua dulce como un servicio de provisión de beneficio directo por su uso doméstico, la agricultura y el uso industrial. Además el agua dulce y el ciclo hidrológico permiten también a los ecosistemas como el Titicaca brindar otros Servicios Ecosistémicos (SE) tales como los culturales, de regulación y de soporte (Millenium Ecosystem Assesment, 2005a). Todos estos servicios benefician a las comunidades ribereñas y grandes centros urbanos como Puno y Juliaca por el lado peruano y El Alto en Bolivia, siendo así más de 2,5 millones de habitantes que dependen directa o indirectamente de sus recursos naturales (Lazzaro & OBLT, 2016)

Sin embargo, la presión ambiental antropogénica que el lago recibe por el acelerado y desordenado crecimiento de los centros urbanos, los bajos niveles económicos y la indiferencia generalizada por la problemática ambiental, han contribuido al incremento gradual de la contaminación y deterioro del agua dulce desde hace más de 30 años (PNUMA, 2011a). En la actualidad, la bahía interior de Puno presenta signos alarmantes de eutrofización acelerada y aunque la contaminación en la bahía exterior no es tan evidente, las zonas costeras y someras son las más vulnerables y afectadas (Lazzaro & OBLT, 2016). Así uno de los últimos informe del monitoreo de calidad del agua realizado por La Autoridad del Lago Titicaca (2014) señala que la bahía exterior presenta en su mayoría niveles de PH y nitrógeno por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental y el punto de monitoreo frente a la estación Chimú incumple además con los estándares de fosfato, arsénico total y plomo total. Lo cual es preocupante pues la empresa

prestadora de servicios de agua potable de la ciudad de Puno EMSA PUNO S.A. capta el 90% de agua directamente del lago por medio de la planta de captación “Chimu” (EMSA PUNO S.A., 2017). Por lo cual, estos signos de contaminación del agua, ¿Tendrán alguna implicancia económica?.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: en el capítulo 2 se proporciona una revisión de la literatura académica existente respecto a los estudios relacionados a nivel internacional y local. El capítulo 3 presenta las metodologías empleadas mientras que los resultados y discusiones se describen en el capítulo 4. El capítulo 5 presenta las conclusiones, en el capítulo 6 se exponen las recomendaciones y en el capítulo 7 las referencias. Por último, se finaliza con una recopilación de los anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es reconocido que la degradación y desaparición de los humedales reduce la capacidad de proveer agua en cantidad y calidad suficientes en el futuro. El agua dulce contaminada y degradada propende la aparición de enfermedades y la muerte de los seres humanos. Los países en desarrollo son los más vulnerables pues las alternativas tecnológicas para el tratamiento de aguas no están inmediatamente disponibles (M.A., 2005). La diferencia entre el costo social y el privado que acarrea el cambio en la calidad del agua se denomina externalidad. Para evitar dichas externalidades es necesario que se tomen acciones antes de que existan amenazas severas contra la salud humana para dirigir políticas hacia la reducción de la producción causal y la inversión en tecnologías limpias (Aguilar, Pérez, & Avila, 2010), además la contaminación del agua puede reducirse si se valoran económicamente los cambios en la calidad mediante el impacto en el bienestar de las personas (Mendez, 2014).

Existe una extensa actividad científica, técnica-operativa realizada en el área del Lago Titicaca, sin embargo es posible identificar que aún prevalecen vacíos de información puntuales. Hace falta una línea base para identificar el valor de los servicios hidrológicos que permitan la adecuada gestión del Lago Titicaca. (Pouilly, Lazaro, & Aguirre, 2014). Los costos ambientales de la contaminación generalmente no están considerados dentro de la decisión política y se requieren estudios que contemplen las externalidades ambientales e identifiquen los actores sociales e institucionales corresponsales en la degradación de los Servicios Ecosistémicos del lago (Aguirre, Pouilly, & Lazzaro, 2014). Además el trabajo científico actual ignora las consecuencias potenciales de las variaciones de calidad del agua como es en el tratamiento de agua potable (Keeler et al., 2012).

La discusión sobre el valor económico asignado al Servicio Ecosistémico de provisión de agua potable afectado por la contaminación, no puede proceder si antes no se reconoce la importancia de la relación entre el recurso agua y su calidad (Freeman, Herriges, & Kling, 2014). La presente investigación resolverá el problema relacionado al efecto económico de la contaminación del lago sobre el flujo del Servicio Ecosistémico de provisión de agua potable, pues existe un vacío en el conocimiento sobre la relación existente entre el nivel de calidad de agua de la Bahía de Puno y el costo de su tratamiento para el consumo humano de los habitantes de Puno. Además pretende contribuir al conocimiento científico aplicando el enfoque de Servicios Ecosistémicos a la valoración económica del lago, proponiendo así un punto de partida que permita una mejor toma de decisiones en los procesos de gestión, recuperación y uso sostenible del recurso más importante en este estudio: el agua.

PROBLEMA GENERAL.

¿Cuáles son los efectos de los cambios en la calidad del agua en los costos de tratamiento de agua potable?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

¿Cómo afecta el cambio en la calidad del agua a los costos de tratamiento de agua que se destina para consumo humano?

¿Cómo los cambios en los indicadores físico-químicos y microbiológicos afectan la calidad del agua?

¿Existe prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua de baja calidad en las poblaciones de los barrios urbano marginales de Puno?

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**1.2.1. El Desarrollo sostenible un nuevo instrumento de política ambiental:**

El crecimiento económico y los procesos productivos se han apoyado en el uso de recursos naturales desde siempre. Se pueden distinguir tres etapas históricas en la relación existente entre la economía y la naturaleza.

La primera inicia con el surgimiento de la ciencia económica, en el siglo XIX donde los paradigmas imperantes en Europa fueron el mercantilismo y el movimiento fisiocrático. La doctrina mercantilista de los siglos XVI al XVIII defendía la acumulación de la plata y el oro como principal exponente de riqueza de una nación y los fisiócratas, consideraban a la tierra como la principal fuente de riqueza; el objetivo económico se centraba en aumentar la producción y el rendimiento agrícola. Todavía

no existía ninguna preocupación por la naturaleza, se creía que la tierra constituía una fuente inagotable de recursos al servicio del hombre.

La segunda etapa inicia en el siglo XX y la revolución marginalista, caracterizada por establecer una ruptura entre lo físico y lo económico, obviando casi por completo el papel de la naturaleza, estudiando a los recursos naturales sólo como factores de la producción perfectamente sustituibles entre sí (Hernández, 2014).

El tercer periodo, se caracteriza por la necesidad de reincorporar la naturaleza al estudio de la ciencia económica, debido a las secuelas que la industrialización ha causado en el ambiente. Existen dos crisis en esta etapa durante el siglo XX: la crisis medioambiental de las sociedades industriales y la crisis del petróleo en el contexto de una sociedad altamente dependiente de este energético.

Las teorías y escuelas económicas que guiaban el proceso de acumulación constante que justifica el crecimiento económico eterno, no pudieron resolver estas crisis y el problema de la escasez de recursos era agravado por el enfoque neoclásico que confiaba en las fuerzas del mercado y en el principio del laissez-faire como mecanismo adecuado para conseguir el bienestar colectivo. Es aquí donde el debate teórico y político aparece con la idea de valorizar e internalizar las externalidades socio ambientales concibiendo el concepto de sostenibilidad (Hernández, 2014).

La aceptación global de este concepto inició con la conferencia de las Naciones Unidas sobre desarrollo económico en 1972 que aún tenía un título antropocéntrico: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano o Conferencia de Estocolmo. Después de 20 años en 1992 se desarrolla la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en Río de Janeiro. Es ahí donde se reconoce globalmente que el desarrollo económico está ligado con el ambiente y el

concepto de desarrollo sostenible adquiere mayor fuerza. Diez años después en la designación de la Cumbre de la Tierra (Río+10) en Johannesburgo, se promete dos cosas: Ver la Tierra como un todo olvidando el antropocentrismo y continuar con la agenda 21 firmados en Río de Janeiro.

La preocupación ambiental internacional siguió esta secuencia dando cada vez mayor importancia a la naturaleza y poniendo especial énfasis en los recursos hídricos (RH). Es así que el año 2011 se publica el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, un marco de acción global que compromete a todos los países a salvar la diversidad biológica y mejorar sus beneficios para las personas (PNUMA, 2011b). Se establecen los objetivos de AICHI, dentro de los cuales los objetivo 11 y 14 tienen que ver con preservar los ecosistemas acuáticos y sus servicios, gestionarlos efectiva y eficientemente, así como restaurarlos y protegerlos para contribuir a la salud, la vida y el bienestar sobre todo de las poblaciones vulnerables.

Del mismo modo, la agenda 2030 de la ONU plantea dentro de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible, dos objetivos claros: el número 6 establece garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos; el objetivo 14 se refiere a conservar y utilizar en forma sostenible los recursos hídricos (CEPAL, 2016).

Junto con esta preocupación creciente, la ciencia económica desarrolla tres enfoques académicos que analizan los efectos de las actividades económicas tienen sobre la misma La Economía de los Recursos Naturales y la Economía Ambiental, inscritas en la corriente del pensamiento neoclásico, y la Economía Ecológica, con una visión interdisciplinaria (Pérez Espejo, Ávila Foucat, & Aguilar Ibarra, 2010). La tabla 1 muestra las principales diferencias entre las tres.

Tabla 1. Ramas de la economía y el medio ambiente.

RAMAS	CARACTERÍSTICAS	CONCEPTOS BÁSICOS	IMPLICACIONES ECONÓMICAS
Economía de los Recursos Naturales	Parte de la economía clásica, diferenciando entre recursos renovables y no renovables según su tasa de recuperación. Utiliza la teoría del control óptimo y los conceptos neoclásicos de optimización en el tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos renovables • Recursos agotables • Tasa óptima de explotación • Régimen de propiedad de los recursos naturales 	<p>Recursos renovables: no deben explotarse más allá de su capacidad de renovación.</p> <p>Recursos no renovables: la tasa de explotación es igual a cero; por lo tanto la tasa de aumento del precio del recurso deber ser igual a la tasa de descuento de la sociedad.</p>
Economía Ambiental	Parte de la economía neoclásica. Los recursos naturales son vistos como factores de la producción. Analiza el efecto en el medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallos de mercado. • Externalidades. • Comportamiento de los productores. • Deseo de los consumidores 	<p>Deben cuantificarse e internalizarse las externalidades.</p> <p>Utilización de intervención estatal a través de la política ambiental.</p>
Economía Ecológica	Parte de las ciencias ambientales. Tiene un carácter multidisciplinar; estudia la integración de las variables ambientales, sociales, económicas, políticas y éticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Leyes de la termodinámica. • Entropía. • Procesos ecosistémicos. • Modelo económico Alternativo. 	<p>Elaboración de un modelo económico alternativo.</p> <p>Políticas ambientales basadas en el conocimiento científico de los ecosistemas. Políticas transversales que tomen en cuenta aspectos de equidad, ética y justicia.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a Pérez Espejo et. al. (2010).

1.2.2. La valoración económica como instrumento de gestión hídrica basado en el desarrollo sostenible:

El deterioro de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad nos alertan cada vez más de una crisis. Sobre todo en el recurso hídrico por la disminución en su disponibilidad tanto en cantidad y calidad. Este problema ha ido agravándose con el tiempo

básicamente por el ordenamiento del recurso, es decir una gestión inadecuada. La incapacidad de transformar los patrones de desarrollo neoclásicos hizo plantear la pregunta sobre cómo generar nuevos modelos de gestión que permitan el manejo adecuado de la naturaleza dentro de este sistema, que aumente su cobertura sin impactar el medio ambiente de forma irresponsable e irreversible y vincule mejor a todos los tomadores de decisión con la conservación de los ecosistemas.

La conservación y gestión de la naturaleza requiere de estudios sobre la asignación de los recursos escasos que aporten argumentos técnicos para la cuantificación de los beneficios del ambiente. La valoración económica permite visualizar esta importancia traduciendo en unidades monetarias los cambios en el bienestar de las personas debido a variaciones en cantidades o calidades en la naturaleza. Los inicios de la valoración económica parten con la Economía Ambiental mediante el desarrollo de métodos para valorar e internalizar los impactos económicos (externalidades) sobre el ambiente en la toma de decisiones. Sin embargo la Economía Ecológica hace una crítica a este enfoque y plantea que la economía neoclásica (base de la Economía Ambiental) descuida en gran medida la contribución económica de la naturaleza al restringir su alcance de análisis a los bienes y servicios ecosistémicos que tienen un precio. Se incurre en una infravaloración sistemática, y la economía ecológica establece que aquellos bienes y servicios de la naturaleza que no son comercializados son externalidades positivas con valores monetarios que deberían considerarse e incorporarse en la toma de decisiones (Gómez-Baggethun, De Groot, Lomas, & Montes, 2009).

Para capturar una imagen más completa del valor económico del medio ambiente, la Economía Ecológica plantea reconocer la estrecha dependencia que existe entre las

características y procesos de los ecosistemas y aquellos propios de las sociedades humanas, no sólo desde la mirada de la economía, sino aplicando también un enfoque combinado de distintas ramas científicas como la Ecología. Es así que parte de una definición que engloba todos los beneficios que los humanos reciben del ecosistema denominándolos “Servicios Ecosistémicos” y los clasifica en servicios de provisión, regulación, soporte y culturales (Ver tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de servicios ecosistémicos.

SERVICIOS	DESCRIPCIÓN
APROVISIONAMIENTO	Alimento, agua dulce, madera y fibra, combustible.
REGULACIÓN	Del clima, de crecidas, enfermedades, purificación del agua.
CULTURALES	Estéticos, espirituales, educacionales, recreativos.
SOPORTE	Ciclo de nutrientes, formación de suelo, producción primaria.

Fuente: (Millenium Ecosystem Assesment, 2005b)

La investigación científica alrededor de los SE inició en los años 80 con el propósito de incrementar el interés público en la conservación de la biodiversidad resaltando los beneficios de las funciones ecosistémicas como servicios (Gómez-Baggethun et al., 2009). Luego en los 90 el término Servicios Ecosistémicos se vuelve popular con (Daily et al., 1997) que publica un libro sobre los servicios de la naturaleza y Robert Constanza (Constanza et al., 1997) desarrolla una evaluación económica que por primera vez establece términos monetarios a la naturaleza, evalúa cuánto valen los SE del planeta y concluye con un valor de tres trillones de dólares, es decir tres veces el PBI del planeta. Ambos exponentes sientan las bases de la reflexión sobre este enfoque.

El 2003 se publica una gran evaluación global, auspiciada por la ONU y promovida por 1900 científicos de 95 países donde se reúnen para investigar cuáles son los vínculos entre el manejo de los ecosistemas y el bienestar humano. El Millenium Ecosystem Assesment (2005b) es el primer resultado de esta evaluación y

publica varios reportes dirigidos a distintos actores, tomadores de decisiones, empresas, a la convención de biodiversidad, etc.

Asimismo el año 2007 los ministros del ambiente de los países del G8+5 propusieron iniciar el proceso de análisis del beneficio económico mundial de la diversidad biológica, los costos de la pérdida de la biodiversidad y de la falta de medidas de protección frente a los costes de conservación efectiva. Se estableció la iniciativa global Economía de los ecosistemas y biodiversidad ¹ enfocada en “hacer visibles los valores de la naturaleza”. Partió mediante la elaboración de tres informes de estudio: el primero para establecer un contexto de valoración (2008), el segundo apuntando a los usuarios finales en términos de conceptos, análisis de políticas internacionales, nacionales y locales; y análisis sobre oportunidades para los negocios y las empresas en identificar y gestionar la biodiversidad y ecosistemas (2010), el tercero implementó llamadas de acción mediante proyectos de país y sectores/biomas (TEEB, s.f.).

Al momento presente, se ven impactos concretos en la toma de decisiones y la gestión del recurso a nivel global a través de la promoción generalizada de la valoración económica para crear instrumentos de gestión en pos de la conservación basados en el mercado, como los mercados para Servicios Ecosistémicos y los llamados esquemas de pagos por Servicios Ecosistémicos (Gómez-Baggethun et al., 2009; Laterra et al., 2011).

¹ The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB)

1.2.3. Política medio ambiental y del agua en el Perú:

La Política Nacional Medio Ambiental en el Perú ha sido institucionalizada, lo que comprueba la importancia que ha tenido el desarrollo sustentable en las políticas públicas nacionales, sobre todo en el recurso hídrico. La gestión ambiental nacional se entendió como la necesidad de articular los diferentes actores del gobierno y de un manejo descentralizado, incluyendo la participación privada y social. Es así que el año 2004 se crea el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), con la finalidad de guiar la aplicación de las políticas, planes y programas a la conservación del medio ambiente y el aprovechamiento sostenible de sus recursos.

El año 2009 se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se designa como la autoridad ambiental nacional, el órgano rector del sector ambiente y del SNGA. Dentro de sus funciones estableció la Política Nacional del Ambiente² (PNA) y sus ejes estratégicos: 1) La conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de diversidad biológica, 2) Gestión integral de la calidad ambiental, incluyendo el control integrado de la contaminación, de la calidad de agua y aire, el manejo de residuos sólidos y calidad de vida en ambientes urbanos, 3) Gobernanza Municipal y 4) Compromisos y Oportunidades Ambientales. Seguidamente, el año 2011 se elaboró el Plan Nacional de Acción Ambiental poniendo especial énfasis en la meta nro 1: El tratamiento del 100% de aguas residuales y el 50% de reutilización de las mismas.

² Aprobada por el Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM.

El año 2011 se crea el Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA 2011-2021)³ y contempla el objetivo de inventariar, evaluar y valorar el patrimonio natural para su conservación, gestión sostenible y su articulación en las Cuentas Ambientales (MINAM, 2015). Entendiendo que la Gestión Ambiental precisa de ciertas herramientas, estas pueden estar enfocadas hacia procesos (Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Medio Ambientales) o productos (Análisis del Ciclo de Vida, Ecoetiquetas, Tutela del Producto). La ley y reglamento de Ley del Sistema Nacional De Evaluación De Impacto Ambiental (SEIA) aprobado el 2009 precisa la valoración económica del patrimonio natural como contenido de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y dispone ciertas metodologías de valoración económica basados en la economía ecológica y el enfoque de servicios ecosistémicos (Ministerio del Medio Ambiente - MINAM, n.d.). Sin embargo a pesar de los avances en materia de política, aún hacen falta mejoras en el Planteamiento y Gestión Ambiental, se crearon los instrumentos pero hace falta la aplicación de los necesarios para una buena gestión.

a) La gestión del agua:

El agua constituye patrimonio de la Nación y es un bien de uso público que debe ser usado en armonía con el interés social y el desarrollo del país. Por ello el estado ha promovido la mejora de políticas en pos de la conservación del recurso a lo largo del tiempo. La ley General de las Aguas de 19694 estableció a las aguas, sin excepción como propiedad del Estado, su dominio es inalienable e imprescindible, además, no existe propiedad privada ni derechos adquiridos sobre ella. De igual manera la Reforma Agraria del mismo año erradicó la propiedad agraria y eliminó el dominio sobre el agua que poseían los terratenientes.

³ Aprobado por el Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM. Alineado a la PNA.

⁴ Vigente hasta el año 2008.

Sin embargo esta ley no permitía la gestión racional del recurso, tenía un enfoque agrarista que impedía una integrada gestión multisectorial y limitaba la resolución de conflictos (Sevilla, 2015). Es así que el año 2009 con la aprobación de la Ley de Recursos Hídricos (LRH) N°29338 se crea el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH) que tiene como rector a la Autoridad Nacional del Agua⁵, con el fin de establecer un mejor sistema para la gestión del agua⁶. Se mantiene los mismos principios de la ley General de las Aguas, pero se introduce cambios, la antigua ley fue desarrollada desde la visión de la oferta. La cantidad y calidad eran administradas separadamente por autoridades sectoriales

Además se cambiaron las prioridades del uso del agua para la resolución de conflictos. En primer lugar, el uso primario, que incluye el uso directo en las fuentes para las necesidades humanas; en segundo lugar, el uso poblacional, que es el uso para los servicios de agua potable y alcantarillado; y por último, el uso productivo (Postigo de la Motta, 2010).

b) Valoración económica del agua:

Los estudios sobre los recursos naturales y el medio ambiente de índole económica en el Perú han incrementado en los últimos años enfocados sobre todo en la tendencia creciente en el deterioro y degradación de los mismos a causa del dinamismo económico que el país está experimentando (CIES, 2012). Respecto a las investigaciones de recursos naturales resaltan por su mayoría las de impactos

⁵ Mediante el Decreto Legislativo 997 del 13 de marzo de 2008. Es el ente máximo técnico-normativo del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH) el cual forma parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SGNA).

⁶ El Decreto Legislativo 1083 establece el marco normativo para promover el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos incentivando el desarrollo de la cultura de uso eficiente de dichos recursos entre todos los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, sea esta pública o privada.

sobre los recursos hídricos por parte del sector minero y el sector pesquero que afectan a la economía local y nacional (CIES, 2012).

En los estudios del medio ambiente las investigaciones han seguido la línea neoclásica analizando las fallas del mercado en la economía, es decir los problemas ambientales que afectan a los agentes económicos involucrando la valoración de los bienes y servicios ambientales. La mayor parte de estudios en el Perú se han enfocado en la valoración ambiental en áreas naturales enfocados al sector turismo y respecto al servicio hídrico la mayoría determinando la disposición a pagar por el tratamiento de aguas residuales usando el método de valoración contingente (CIES, 2012).

Sin embargo, tal como señala el último informe de la Investigación Económica y Social en el Perú (CIES, 2012) hacen falta investigaciones que consideren los cambios que provocan la contaminación en la economía así como la respuesta a las preguntas: ¿Cuán importantes son los ecosistemas en la economía?, ¿cuál es el ahorro generado por los ecosistemas en las diversas actividades económicas?. Así como investigaciones que desarrollen el enfoque de servicios eco sistémicos y respecto al recurso hídrico estudiar el valor del agua para cada actividad económica y el costo de los impactos ambientales.

En la región de Puno el interés por el estudio ambiental se ha reflejado en el incremento de investigaciones sobre la contaminación del lago y la calidad del agua desde la década de los 80 (Callata, 2015; Paco, 2008; Pouilly et al., 2014). En el área económica destacan los estudios de valoración usando el método de valoración contingente (Cayo, 2014; Galvez, 2013; Salas, 2014) determinando la

disposición a pagar (DAP) por parte de los habitantes de Puno por un incremento en la calidad del agua y descontaminación del lago.

Tudela (2012) realizó un estudio acerca de la DAP por parte de los turistas para la conservación de la Reserva Natural del Titicaca, calculando una tarifa de acceso de S/.27.00 por persona. Además calculo el valor de uso recreativo del lago, un aproximado de S/5'916,699 anuales, o su equivalente en dólares US\$2'191,370. Sin embargo no existe evidencia de estudios acerca de los costos económicos que acarrea la contaminación del lago, ni menos sus efectos en la provisión de agua potable.

c) Disponibilidad de agua en el Perú:

La disponibilidad de los RH en el Perú es limitada y desigual, se distribuyen en tres vertientes: Pacífico, Atlántico y Titicaca; con un total de 159 cuencas. Asimismo las fuentes del Agua en el Perú están distribuidas entre superficiales y subterráneas. Entre glaciares, lagos y lagunas ríos y acuíferos. Por el volumen de agua disponible en el Perú se ubica entre los 20 países más ricos de agua en el mundo. (Ver tabla 3).

Tabla 3. Distribución del agua en el Perú por vertientes.

Vertiente Hidrográfica	Nro de Cuencas	Superficie (1000 km2)	Tipo de Fuente				
			Glaciares		Lagos y Lagunas	Ríos	Acuíferos
			N°	Km2	N°	N°	Hm3
PACÍFICO	62	279,7	1129	878	3896		2700
ATLÁNTICO	84	958,5	1824	1113	7441		n.i
TITICACA	13	47,0	91	50	841		n.i
Total	159	1 285.2	3044	2041	12201	1007	

Fuente: Elaboración propia en base a Autoridad Nacional del Agua (2015).

La distribución de agua en las vertientes es desigual pues, la vertiente del Pacífico con menor oferta hídrica (2%) alberga a la mayor población demandante (66%), mientras que la vertiente del Atlántico con mayor oferta hídrica (97%) en

el país tiene un excedente respecto a la población que demanda su recurso (31%). La vertiente del Titicaca alberga al 3% de la población y oferta el 1% del total de agua en el país (Ver tabla n°4).

Tabla 4. Disponibilidad de agua por vertientes.

Vertiente Hidrográfica	Población	Disponibilidad de Agua					Distribución Hídrica por población (M3/hab/año)
		Aguas Superficiales		Aguas Subterráneas	Total		
		(MMC anuales)	(%)	(MMC anuales)	(MMC anuales)	(%)	
Pacífico	65,98	35,632	2,02	2,849	38 841	2.18	2067
Atlántico	30,76	1 719,814	97,42	Sin datos	1,719 814	97.26	198,121
Titicaca	3,26	9877	0,56	Sin datos	9 877	0.56	10,735
Total	100	1,765,323	100	2849	1,768,172	100	62,655

Fuente: Elaboración propia en base a Autoridad Nacional del Agua (2015).

El agua como recurso natural renovable satisface tanto la demanda de actividades productivas y poblacionales. A nivel nacional el Perú consume 20 072 millones de m³ de agua/año, de los cuales el uso consuntivo se establece en su mayoría en los sectores agrícola (85%), seguido de poblacional (6,6%), industrial (6.09%) y minero (1.09%).

Sin embargo a pesar de la abundancia relativa de las aguas superficiales en el Perú, el crecimiento demográfico actual, los cambios de uso territorial, que priorizan el uso urbano del agua y su desigual distribución espacial determinan una situación crítica de la disponibilidad del agua en la calidad y cantidad deseadas, sobre todo en aquellas fuentes de agua destinadas al consumo humano pues esta situación crítica compromete la salud de las personas. El Diagnóstico de la Calidad de los Recursos Hídricos en el Perú 2000-2012 ha identificado la problemática de la calidad del agua asociada a los vertimientos de aguas residuales no tratadas, manejo y disposición inadecuada de los residuos sólidos, pasivos ambientales, minería informal e ilegal, y características naturales (Castro Vargas, 2015).

Dada esta problemática el año 2015 se aprueba la Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos y dentro de ella la política 2 establece la gestión de calidad, con el fin de promover la protección y recuperación de la calidad de los RH en las fuentes naturales y ecosistemas relacionados con los procesos hidrológicos. El año 2016 se desarrolla la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos (2016-2025) desarrollada a través de tres líneas de acción: 1) Recuperación de la calidad de los RH (reducción de la carga contaminante aportada por vertimientos de aguas residuales y remediación de pasivos ambientales), 2) Protección de los RH, 3) Fortalecimiento institucional para la gestión de los RH.

d) Marco legal de la calidad del agua:

La normativa específica sobre calidad de las aguas de la fuente es muy amplia, en el ámbito sectorial, la LRH establece en su artículo 79, que la autorización de los vertimientos de agua residual tratada a un cuerpo de agua continental o marina, está sujeta a previa opinión técnica favorable de las autoridades ambientales y de salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad del Agua (ECA-Agua) y los Límites Máximos Permisibles (LMP). Estos constituyen los objetivos de calidad aplicables a los cuerpos de agua naturales y se definen en función de su uso actual o potencial del cuerpo de agua. Para la categoría de uso poblacional y recreacional se establecen estándares de calidad basados en la siguiente categorización:

Tabla 5. Categorías de aguas superficiales

SUBCATEGORÍA	TIPO	DESCRIPCIÓN
Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1)	Aguas que pueden ser utilizadas para consumo humano por simple desinfección
	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento provisional (A2)	Aguas que pueden ser utilizadas para consumo humano mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes incluyendo su desinfección.
	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A3)	Aguas que pueden ser utilizadas para consumo humano si son sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.
Aguas superficiales destinadas para recreación	Contacto primario (B1)	Aguas para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similar.
	Contacto secundario (B2)	Aguas para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

Fuente: (MINAM, 2017)

Los ECA-Agua comprenden magnitudes físico-químicas, inorgánicas, orgánicas que determinan los niveles de concentración de los parámetros máximos que las fuentes de agua deberían presentar para considerarlos en la calidad adecuada (Ver Tabla 2 del ANEXO). Asimismo los LMP son aquellos valores límites aplicables al vertimiento de efluentes líquidos a una determinada fuente de agua, son de cumplimiento obligatorio y se miden en la propia descarga. Se establecen por los diferentes sectores productivos y de servicios. Están dados por

parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a la emisión, que al ser excedida puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

- Decreto Supremo N°004-2017-MINAM:

En el Perú, las normas mínimas de calidad del agua potable están establecidas en el decreto N°004-2017, donde se regulan las medidas máximas que puede tener el agua para consumo humano frente a sus variables de calidad tanto física, química y bacteriológica.

Los principales estándares para las fuentes de agua superficial con destino al consumo humano por tratamiento convencional se presentan la tabla 6.

Tabla 6. Estándares de calidad del agua.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Turbiedad	UNT	5
Temperatura	°C	3
Conductividad	(uS/cm)	1600
Sólidos Totales Disueltos	Mg/L	1000
Potencial de Hidrógeno (ph)	Unidad de pH	5.5-9.0
Nitratos	Mg/L	50
Nitritos	Mg/L	3
Fosfatos	Mg/L	0.15
Sulfatos	Mg/L	250
Oxígeno Disuelto	Mg/L	>=5
Demanda Química de Oxígeno	Mg/L	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg/L	5
Coliformes Totales	NMP/100ml	**
Coliformes Fecales	NMP/100ml	**

Fuente: (MINAM, 2017)

1.2.4. El entorno regional:

1.2.4.1. Zona De Estudio:

La presente investigación se centra en el análisis de la calidad del agua que demanda el distrito de Puno, localizado en la parte sureste del Perú, en el departamento de

Puno, provincia de Puno a una altura de 3800 m.s.n.m aproximadamente. Es el principal centro de orden político administrativo a nivel departamental, y un destino turístico importante por su ubicación a las orillas del Lago Titicaca.

a) Caracterización socioeconómica:

El incremento poblacional en los últimos años se ha desarrollado de manera acelerada en la ciudad, pasando de tener 40,453 habitantes (año 1970) en 281 has, con una densidad poblacional de 144hab/ha; a 144,685 habitantes (año 2017) (Ver tabla N°7).

Tabla 7. Población Estimada del distrito de Puno

AÑO	POBLACIÓN
2000	118,252
2001	120,179
2002	122,079
2003	123,938
2004	125,727
2005	127,418
2006	128,993
2007	130,463
2008	131,856
2009	133,218
2010	134,578
2011	135,933
2012	137,256
2013	138,548
2014	139,816
2015	141,064
2016	142,863
2017	144,685

Fuente: INEI.

b) El proceso de urbanización en la ciudad de Puno:

La evolución de la población en el tiempo ha demostrado un proceso de urbanización acelerada, se estima que el área urbana de Puno comprende

actualmente una superficie de 2940 has. Con el paso del tiempo ha absorbido la mayoría de centros poblados colindantes y los terrenos con pendientes aceptables para la urbanización ya se encuentran ocupados casi en su totalidad (Ascencio Costa & Pineda Arce Latorre, 2008). (Ver tablas N°8 y N°9)

Tabla 8. Evolución de la población y área urbana de Puno: 1954-2017

CENSO	POBLACIÓN	ÁREA OCUPADA URBANA	DENSIDAD
1954	24, 459 habitantes	199.54 has	123 Hab./Ha
1970	40,453 habitantes	281.00 has	144 Hab./Ha
1981	67,628 habitantes	734.86 has	92 Hab./Ha
1993	96,717 habitantes	1344.80 has	72 Hab./Ha
2007	122,932 habitantes	1566.64 has	78 Hab./Ha
2017	*144,685 habitantes	*1949.47 has	*64 Hab./Ha

Fuente: Elaboración Propia en base a Censos del INEI.

*Datos estimados.

Tabla 9. Distrito de Puno: División política en centros poblados según Censo 2007

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTROS POBLADOS	
			NOMBRE	DISTRIBUCIÓN
Puno	Puno	Puno	Puno	Urbana
			Totorani	Urbana
			Ojherani	Rural
			Ichu	Urbana
			Jayllihuaya	Urbana
			Cancharani	Rural
			Mirador Parque	Rural
			Chimu	Rural
			San Salvador	Rural
			Uros Chulluni	Rural
			Rancho Punco	Rural
Población Dispersa				

Fuente: Elaboración Propia en base al Censo 2007 del INEI.

Este proceso de crecimiento urbano condiciona fuertemente el soporte físico ambiental, la colindancia con la Bahía Interior del Lago Titicaca y además la cadena de formaciones rocosas que circunvalan el territorio, limitan naturalmente la estructura y definiendo los límites reales del crecimiento ocasionando así un desbalance entre el flujo de residuos y la capacidad ambiental para soportarlos.

c) Gestión de residuos sólidos:

La Gestión de residuos sólidos en la ciudad se ha visto agravada principalmente por los patrones de crecimiento. Actualmente la ciudad de Puno genera un aproximado de 93,14 toneladas de basura al día, en el casco urbano la generación per cápita es de 0,53 kg/hab/día y la generación per cápita total es de 0,69 kg/hab/día (Municipalidad Provincial de Puno, 2013).

La capacidad operativa para la recolección, transporte, equipamiento, almacenamiento y barrido de residuos sólidos tiene limitaciones. No se cuenta una planta de reaprovechamiento de residuos, por lo que la disposición final de los residuos generados van al botadero municipal controlado ubicado a 8km de la ciudad de Puno, al sur oeste del cerro Cancharani a una altitud de 4000 m.s.n.m.. Además cuando la basura no es recolectada por el servicio municipal o, en su defecto, al no existir recolectores próximos a sus domicilios, la población opta por depositar los desechos en las calles (PNUMA, 2011a).

De este modo los puntos de acumulación de residuos en el área urbana desbordan diariamente los volúmenes de recojo, quedando expuesta y desparramada con el consecuente desplazamiento de gran parte de su volumen

hacia las escorrentías superficiales que acaban en la bahía menor (Ascencio Costa & Pineda Arce Latorre, 2008).

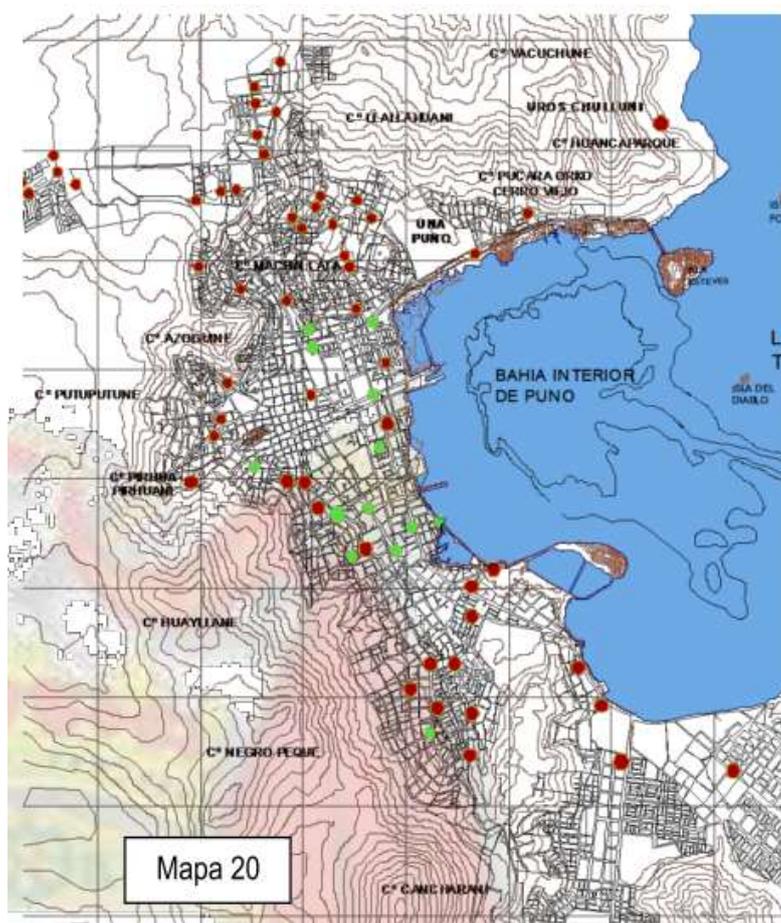


Figura 1. Puntos de acumulación de residuos sólidos sin tratamiento de la ciudad de Puno

Fuente: Actualización y Modificación del Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Puno 2008-2012 (Ascencio Costa & Pineda Arce Latorre, 2008)

En cuanto a la composición de la basura, la materia orgánica es por mucho el principal componente de los desechos urbanos, destacan también los plásticos y demás residuos no biodegradables. (Ver tabla n°10)

Tabla 10. Composición física de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Puno

Materiales	%
Residuos Compostificables	64.18
Materia Orgánica	61.38
Madera, follaje	2.8
Residuos comerciales reciclables inorgánicos	13.72
Papel	1.64
Plástico PET	1.84
Plástico Duro	1.85
Vidrio	2.47
Cartón	3.76
Metales ferrosos	1.73
Caucho, cuero, jebe	0.42
Residuos reciclables, inorgánicos. No comerciales	6.40
Tetrapack	0.39
Papel periódico	3.89
Telas Textiles	2.11
Residuos Noreciclables	3.81
Bolsas de despacho envolturas de alimentos y otros similares	3.32
Tecnopor y similares	0.49
Residuos domésticos peligrosos	8.76
Restos de medicina, focos, etc.	0.35
Residuos de servicios higiénicos. Pañales descartables.	8.41
Residuos domésticos inertes y otros	3.13
Residuos inertes (porcelana, tierra, cenizas)	1.02
Otros	2.12

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos del Distrito de Puno (Municipalidad Provincial de Puno, 2013).

1.2.4.2. Disponibilidad y usos del SE de provisión de agua: Servicios básicos de agua y saneamiento:

Los servicios básicos de agua y saneamiento en las localidades de Puno, Ilave y Desaguadero son brindados por La Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno S.A. (EPS EMSAPUNO S.A.), es una entidad con Personería Jurídica de Derecho Público de carácter privado y con autonomía técnica, administrativa y

económica constituida bajo la modalidad de Sociedad Anónima; es normada por la Ley N° 23583 Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 24948 Ley de la Actividad Empresarial del Estado, Ley N° 26887 Ley General de Sociedades y el D. Ley 601, Ley N° 26338 Ley General de Servicios de Saneamiento y su Reglamento aprobado con D.S. N° 09-95-PRES. Su presupuesto pertenece al Pliego de los Municipios, específicamente dentro de las empresas Municipales organismos que conforman la actividad empresarial del Estado (EMSA PUNO S.A., 2017).

EMSAPUNO S.A. está afiliada a la Asociación Nacional de Entidades prestadoras de servicio de Saneamiento en el Perú ANEPSSA PERU, cuenta con la certificación ISO 9001-2008, que le permite garantizar la calidad del servicio tanto de agua como de alcantarillado en la ciudad de Puno.

a) Sistema de alcantarillado sanitario:

Está compuesto por una red de tuberías mayores y menores instaladas de forma subterránea en todas las vías de la ciudad a la cual se conectan los desagües domiciliarios para recoger las aguas servidas que son llevadas mediante las cámaras de bombeo (electrobombas) y algunas por gravedad hasta el sistema de tratamiento “Laguna El Espinar” conformado por dos lagunas de estabilización primaria y secundaria (EMSA PUNO S.A., 2012).

Las lagunas “El Espinar” fueron construidas en áreas inundables y se ubican en el extremo sur de la ciudad de Puno, entre la Isla El Espinar y el barrio Chanu Chanu frente al cuartel Manco Cápac. Consta de un sistema de cámara de rejas que retiene los sólidos a la llegada de las aguas residuales, así como otros complementos para el tratamiento en las dos lagunas de estabilización (primaria

y secundaria). La laguna El Espinar fue construida en 1972 en un área de 21 hectáreas, en ese tiempo cubría la demanda de un promedio de 30,000 habitantes y la capacidad era de 5 toneladas por día. El año 1985 quedó inoperativa por las lluvias que incrementaron el nivel del lago e inundaron la misma. Entre los años 1995-1996 se rehabilitó la antigua planta ampliando su capacidad de tratamiento hasta cubrir el 70% del total de las aguas servidas producidas por la ciudad de Puno (EMSA PUNO S.A., 2012).

Sin embargo, la oferta de estos servicios presenta ciertas limitaciones. Actualmente la población oscila entre los 150 000 habitantes, el porcentaje de la población servida respecto al servicio de alcantarillado al año 2012 era del 78%, lo que significa un promedio de 30,000 habitantes carentes de este servicio (EMSA PUNO S.A., 2012) y muchos otros que optan por las conexiones clandestinas alternas al sistema de alcantarillado que provocan el flujo de aguas residuales sin tratamiento directamente hacia el lago (Ascencio Costa & Pineda Arce Latorre, 2008) (Ver Figura 2).

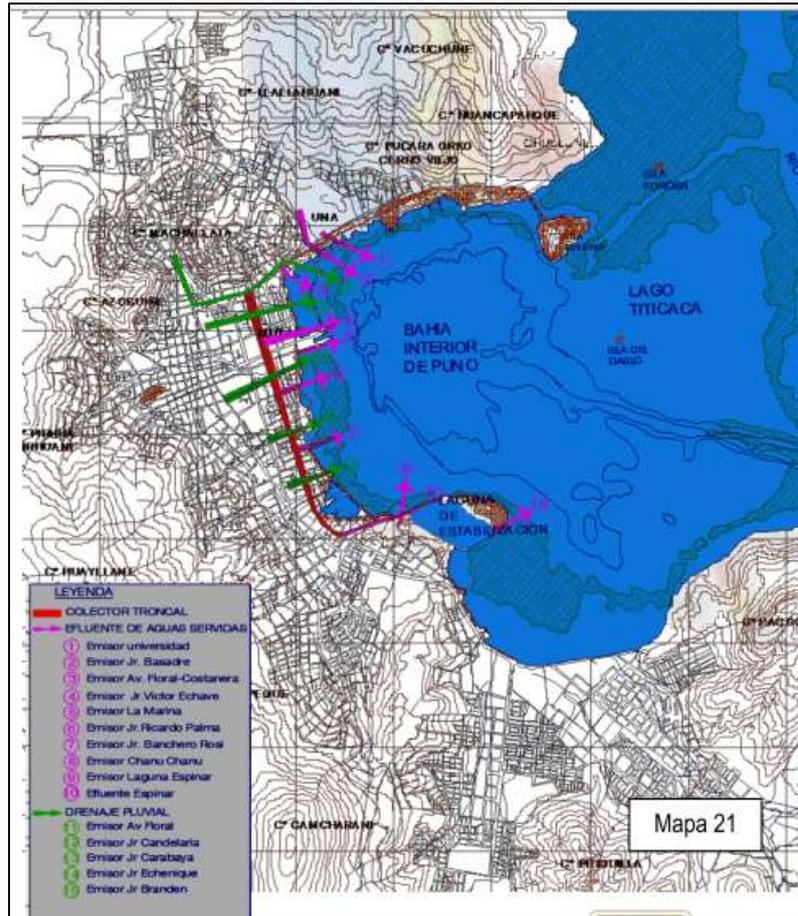


Figura 2: Mapa de efluentes clandestinos de aguas servidas y drenajes fluviales sin tratamiento en la ciudad de Puno

Fuente: Actualización y Modificación del Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Puno 2008-2012 (Ascencio Costa & Pineda Arce Latorre, 2008)

El ingreso de materia a la laguna de estabilización es de 21 toneladas en promedio por día, superior a la capacidad de la planta (EMSA PUNO S.A., 2013). Debido a que el tratamiento de las lagunas es de tipo biológico, la sobrecarga y falta de limpieza de lodos de la laguna primaria impide que se cumpla adecuadamente dicho tratamiento. Respecto a las aguas fluviales, corresponde al sistema de evacuación de aguas fluviales su recolección más no al sistema de alcantarillado (EMSA PUNO S.A., 2013). Si el agua de lluvia se evacúa por el sistema de alcantarillado causa la colmatación y obstrucción ocasionando rebalses por las casas de registro, aniegos e inundaciones que desembocan directamente en el lago. Un mayor volumen de agua en las lagunas

de estabilización sobrepasa la capacidad de estas impidiendo cumplir la función para las que fueron construidas. Todas estas limitaciones han generado un impacto negativo creciente en la Bahía Interior de Puno que provoca la evidente eutrofización parcial de sus aguas.

1.2.5. Sistema de agua potable:

La empresa EMSA PUNO S.A. capta el agua que posteriormente potabiliza y distribuye de 3 fuentes de captación: Totorani, Aracmayo y Chimú.

Tabla 11. Fuentes de captación de agua cruda para potabilización - EMSA PUNO

FUENTE	DESCRIPCIÓN
Chimú	Se encuentra localizado en la Bahía Exterior de Puno al lado sureste de la ciudad. Capta el agua directamente del Lago Titicaca, tiene una capacidad de captación de 450 l/s. Significa el 90% de la producción total del agua.
Totorani	Está ubicada sobre la Carretera Panamericana que va a Tiquillaca, Vilque, Mañazo, entre otros lugares, en la cota 3.960 msnm. Captura las aguas provenientes del río Totorani y vertientes. Tiene una capacidad de producción entre 18 l/s y 36 l/s. Abastece por gravedad a su área de influencia.
Aracmayo	Está conformado por 4 manantiales, captura aguas provenientes del río Aracmayo y vertientes, la producción media oscila entre 2 l/s y 7 l/s. Abastece por gravedad a su área de influencia.

Fuente: (EMSA PUNO S.A., 2017)

a) Sub Sistema de captación Chimú:

La “captación” del agua en este subsistema es de tipo Caisson, comprende una estructura metálica en forma de anillo circular apoyada a 40m hacia el interior del lago y dos tuberías tendidas a 435 metros al interior del lago. El proceso de captación se realiza con ayuda de tres electrobombas del tipo turbina vertical de 180 l/s y 180 HP, las cuales cuentan con una capacidad de extracción de hasta 450 l/s. El agua captada va hacia la planta de tratamiento ubicada a 4 kilómetros en Aziruni – Salcedo (EMSA PUNO S.A., 2017).

b) El proceso de potabilización del agua:

La potabilización del agua capturada en la estación Chimu se realiza en la Planta De Tratamiento De Agua Potable Aziruni. El agua capturada es sometida a ciertos procesos físicos y químicos para su potabilización (EMSA PUNO S.A., 2017). (Ver Figura 3).

- 1) El proceso comienza en la Sala química en la que se adhieren coagulantes como el policloruro de aluminio. Se aprovecha la turbulencia producida por el resalto hidráulico.
- 2) Floculación: Flujo vertical con pantallas de concreto, vertedero rectangular, produce agitación lenta para promover el crecimiento de flóculos.
- 3) Filtración: Batería de 07 filtros donde drena el agua por el lecho filtrante de arena, el lavado de los filtros es por flujo ascendente.
- 4) Cloración: Es una cámara especial, se le agrega “cloro”, sustancia necesaria para eliminar los microorganismos.
- 5) Almacenamiento del Agua Potable en Cisternas: El agua tratada se almacena en dos cisternas para asegurar su abastecimiento y antes de su salida pasa por un riguroso control de calidad en el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aziruni.
- 6) Impulsión: El agua tratada pasa por dos estaciones de bombeo y se impulsa mediante motores generados por electricidad. Elevando a dos cámaras de carga hacia el cerro Huayna Pucara y Chejoña.

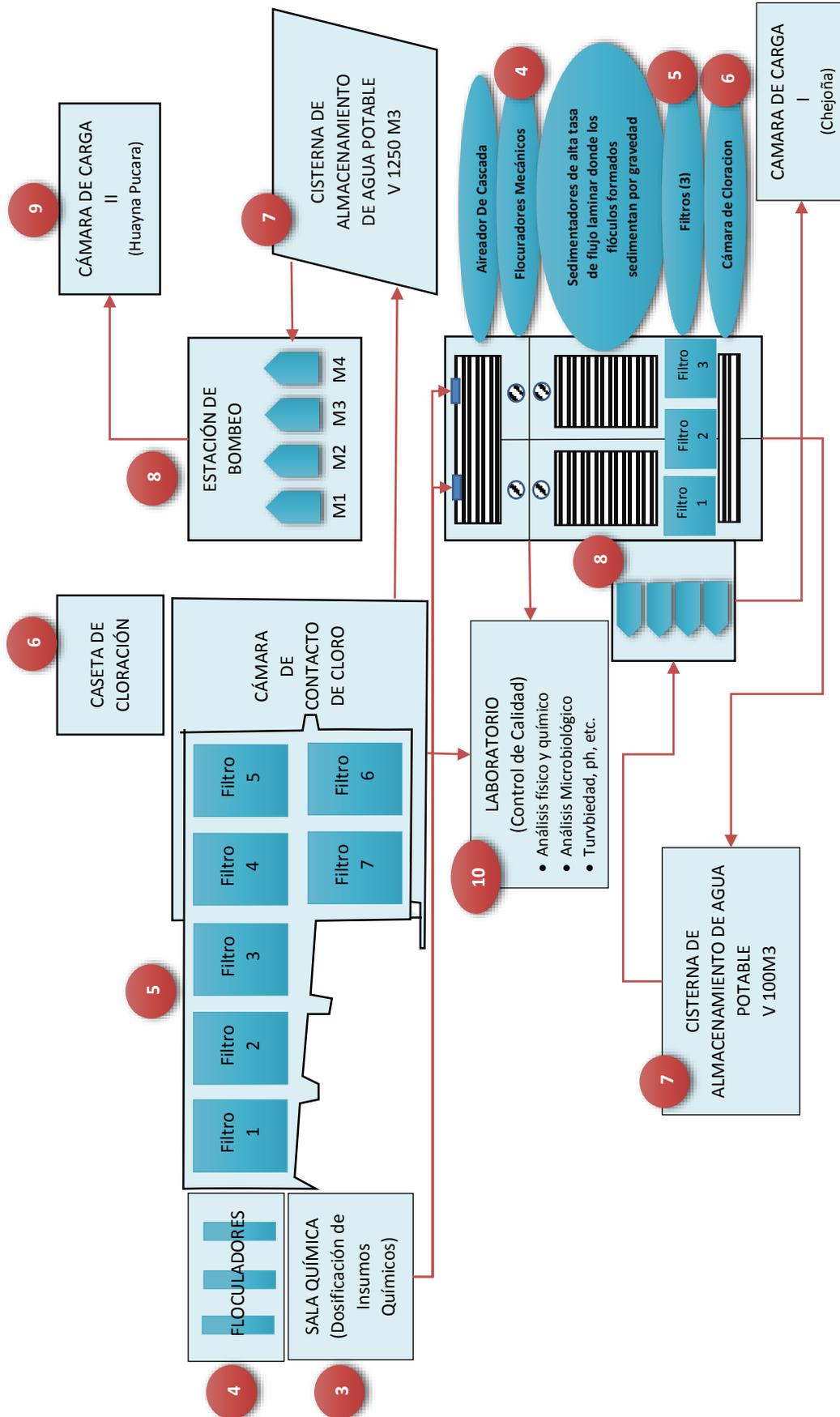


Figura 3. Proceso de tratamiento de agua potable
Fuente: (EMSA PUNO S.A., n.d.)

Se realiza el control de calidad en cada una de las etapas del proceso de producción del agua potable, mediante ensayos de laboratorio controlando permanentemente cada proceso desde la planta de tratamiento, reservorios, y redes domiciliarias; supervisado por la SUNASS, DIGESA, y garantizado por laboratorios certificados.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación existente entre el nivel de calidad de agua de la bahía de Puno y el costo de su tratamiento para consumo humano de los habitantes de Puno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar cómo el cambio en la calidad del agua afecta los costos de tratamiento de agua que se destina para el consumo humano.

Determinar cómo los cambios en los indicadores físico-químicos y microbiológicos afectan la calidad del agua.

Caracterizar la prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua de baja calidad en las poblaciones de los barrios urbano marginales de Puno.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Aplicación de la teoría económica al recurso agua:

a) Los humedales como proveedores de bienes y servicios:

El agua por sí mismo tiene un valor, se usa para beber, irrigación, la agricultura, la generación de energía, etc. Incluso su uso es prioritario para la producción de ciertos bienes comercializables como es en la industria tecnológica y de la salud. Los ecosistemas acuáticos como los lagos, son un factor clave en el ciclo del agua y la regulación de la cantidad de agua disponible y su calidad. Estos Humedales conservan distintas funciones que permiten el flujo de ciertos servicios ecosistémicos importantes. La Economía del Ecosistema y la Biodiversidad⁷ (2013) clasifican los beneficios otorgados por los ecosistemas acuáticos de la siguiente manera:

⁷ (TEEB por sus siglas en inglés)

Tabla 12. Servicios ecosistémicos de los humedales: Estructuras y funciones relacionadas.

SERVICIO ECOSISTÉMICO	ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL ECOSISTEMA
Protección Costera	Atenúa y/o disipa el oleaje, amortigua los vientos.
Control de Erosión	Proporciona estabilización y retención de suelos.
Protección de inundaciones	Regula y controla el flujo de agua.
Provisión de Agua	Recarga y descarga de agua.
Purificación de Agua	Proporciona la captura de nutrientes y contaminantes, así como prevención de eutrofización en los cuerpos de agua.
Secuestro de Carbono	Genera sedimentación por actividad biogeoquímica y producción biológica.
Regulación de la temperatura, precipitación.	Regulación y estabilización del clima
Provisión de materia prima y alimento.	Genera productividad biológica y diversidad.
Mantiene las actividades de pesca, caza y forrajeo.	Provee hábitat reproductivo adecuado, espacios para criaderos y de protección.
Turismo, Recreación, educación e investigación.	Provee un paisaje único y estético, hábitat adecuado para una diversa flora y fauna.
Cultura, espiritual y beneficios religiosos, valores de legado.	Provee paisajes únicos y estéticos de significado cultural, histórico y espiritual.

Fuente: The Economics of Ecosystem and Biodiversity for Water and Wetlands (2013)

b) El agua como bien económico:

Definir el agua como un “bien económico” parte del concepto que este recurso genera algún beneficio, es decir tiene utilidad o un valor para los seres humanos. Este valor puede analizarse según cada servicio y/o beneficios generado. Para conocer el flujo de los servicios es importante evaluar el estado de los ecosistemas que los producen, tanto en calidad y en cantidad, lo que implica explorar los impactos y posibles amenazas que pondrían en peligro el flujo de sus beneficios. La adecuada gestión del agua necesita información del flujo de estos servicios y cómo cambian debido a los impactos, los indicadores capturan las diferentes dimensiones del valor del agua y son prácticos para las decisiones de política.

Por ejemplo, la gestión del agua potable depende del servicio de provisión de agua por parte de un ecosistema, para esto es necesario conocer la oferta y demanda del recurso, la cantidad de personas (millones) y el total de agua que demandan (m³), así como la capacidad del ecosistema para proveer agua en la cantidad y calidad (indicadores de ph, nitrógeno, carbono, etc) deseadas. La purificación del agua es también importante para la gestión de agua potable, el agua capturada deberá cumplir ciertos estándares de calidad que el ecosistema naturalmente debe regular para que pueda ser utilizada como insumo de la producción de agua potable. Asignar un valor monetario a la provisión de agua potable y su calidad implica obtener una aproximación a un precio de mercado.

c) El precio del agua y su calidad.

Los precios reflejan el costo de oportunidad de los bienes, motivo por el que desempeñan un papel primordial al proporcionar información a los consumidores y productores para la toma de decisiones. La lógica económica es clara y racional, el precio es el elemento regulador de la oferta y la demanda, un aumento de precios provocará una reducción en el consumo y simultáneamente un incremento en la producción; por el contrario, una reducción en los precios incentiva un mayor consumo y restringe la producción.

Sin embargo, la calidad del agua no posee un mercado natural de distribución y tampoco un precio. La ausencia de este precio del agua y de muchos otros servicios de la naturaleza no es la única responsable de la degradación ambiental, pero sí una de las más importantes. En una economía de mercado los precios se determinan por la interacción privada de los consumidores y de los productores, pero existen circunstancias en las que se ve obstaculizada, provocando precios

distorsionados que no reflejan este costo de oportunidad. En el contexto económico estas circunstancias se denominan fallas del mercado.

d) Fallas de mercado:

Se denomina así a la situación en la que la asignación de recursos por parte del mercado no es eficiente, y está relacionado con los siguientes aspectos según (Azqueta, Alviar, Dominguez, & O'Ryan, 2007):

Externalidades ambientales: Ocurren cuando las acciones de un consumidor y/o productor tienen un efecto directo en el bienestar de otro agente (utilidad del consumidor o el nivel de producción de alguna firma) sin que los últimos hayan elegido esa modificación y sin que sus costos de reflejen en los precios de mercado, es decir no existe una contraparte monetaria que compense tal efecto. Pueden ser positivos y negativos.

La contaminación del agua es un ejemplo clásico de externalidad negativa, se origina a partir de muy diversas fuentes, entre ellas las descargas del drenaje doméstico, los desechos sólidos de la comunidad, los efluentes de desperdicios industriales, y los residuos de las actividades agrícolas. Afecta a muy diversas actividades económicas, como las de la industria, la pesca, el turismo y el desarrollo urbano, así como la calidad de la vida en general. La corrección de las externalidades requiere considerar el hecho y obrar en consecuencia, identificar quien es el causante de la externalidad y quién el perjudicado.

Al respecto, Panayotou (1994) señala: Esto es simple cuando se define que la externalidad es de carácter privado y está en manos de ciertos agentes contaminantes, así pueden compararse las variaciones en los costos de acuerdo a los niveles de daños de cada actividad y los beneficios de limitarlas en determinados grados. El resultado económicamente más eficiente será la

combinación en que el bienestar social se maximice con la interiorización de esa externalidad. Lo cual será posible mediante un mecanismo de mercado siempre y cuando la externalidad sea de carácter privado, o por lo menos está concentrada y sea lo bastante importante como para que los beneficios de la interiorización sean viables para todas las partes involucradas. Sin embargo, muchas veces la contaminación se distribuye entre tantos agentes que toman decisiones (contaminadores y afectados), que los costos de transacción pueden ser tan altos que no se compensen los beneficios de interiorizar la externalidad. En este caso la corrección de la externalidad será un bien público, pues el mercado no funciona de manera eficaz y la intervención del gobierno se justifica si éste es capaz de interiorizar la externalidad con más efectividad de los costos que el mercado.

Las maneras de lograr esto han sido por medio de la aplicación de gravámenes a las actividades que crean daños a bienestar social e incrementan costos, así como la aplicación de subsidios para las actividades que disminuyen costos o aumentan el bienestar. También se crean derechos de propiedad para destacar su cumplimiento a través de la corte jurídica, en la que las partes implicadas se reunirán a negociar creándose así un mercado para la externalidad que no existía en *un* principio (Bannock, 2007).

Bienes públicos: Cuando están involucrados varios emisores y recipientes, las externalidades, como la contaminación del agua, se pueden considerar "males" públicos, y es válido ver su corrección como un bien público. Los bienes públicos están en las antípodas de los bienes privados que se comercializan en el mercado, y se caracterizan por dos propiedades (Azqueta et al., 2007):

- i. No exclusión, si el bien se ofrece a una persona cualquiera, se ofrece también a todas las demás. Por ejemplo los vecinos del malecón, se reúnen

y acuerdan limpiar toda la lenteja de agua de las orillas del lago que están frente a sus viviendas. Puede que los vecinos estén preocupados sólo por el bienestar de sus familias, sin embargo, cualquiera que fuera el motivo de dicha medida, no pueden impedir que el resto de personas, incluidos los que no viven a orillas del lago, se beneficien de ella, ya sea por tener la dicha de ver el lago más limpio, o disminuya el olor fétido que se sentía al pasar por allí.

- ii. No rivalidad en el consumo, si una persona consume el bien público en cuestión no impedirá que otra también lo consuma. Por ejemplo, el hecho de que yo pueda nadar en el lago o recoger agua para diversos usos, no impedirá que otro también pueda hacerlo. Aun cuando la exclusión del bien sea posible, (p. ej., si se impide a alguien el acceso al malecón y al lago) se viola el punto óptimo de Pareto, según el cual no se debe perder ninguna oportunidad de elevar el bienestar de una persona, si eso no causa perjuicio alguno al bienestar de todas las demás.

Dadas estas propiedades, los incentivos de una persona para pagar por garantizarse el acceso al bien, son escasos. Sabe que si ella paga, todos los demás se beneficiarán en igual manera y que si no lo hace, nadie podrá impedirle el disfrute. De este modo, ninguna firma podría recuperar el costo de producir el bien a través del mercado. Por lo tanto el mercado no puede proveer el bien público, a pesar de que sea una buena aportación al bienestar social.

El Medio Ambiente incluye muchos bienes públicos, que van desde la calidad ambiental y la protección de cuencas, hasta el equilibrio ecológico y la diversidad biológica. Además los servicios que se requieren para interiorizar una externalidad como es la contaminación del agua, pueden considerarse como

bienes públicos. Más aún, muchas externalidades incluyen la provisión de bienes públicos, como el agua pura y la protección de las cuencas. En vista que es muy costoso excluir del disfrute de los beneficios de los bienes públicos a quienes no los pagan, esos bienes no pueden ser suministrados por el mercado. Esto justifica las actividades de muchos gobiernos para proveer bienes públicos y la financiación de los mismos con los impuestos en general.

Que los bienes sean públicos no significa que sean gratuitos, sólo quiere decirse que no pueden cobrarse directamente por su consumo, pero como tienen un costo de producción equivalente al del privado y se proveen en cantidades fijas, tendrán que pagarse por medio de impuestos, basados entonces en el concepto de la “capacidad de pago”, y no en la cantidad del bien que se haya consumido. Por el otro lado, los bienes privados se proveen a un cierto precio, que refleja los costos de producción a largo plazo, y los consumidores los compran en la cantidad que cada uno desea, según sus ingresos y sus propios gustos o preferencias.

Mercados no competitivos: El precio de ciertos bienes/servicios de la naturaleza se ve distorsionado cuando no existe un mercado perfectamente competitivo. Las imperfecciones surgen cuando las acciones de un vendedor o comprador, o los de un número pequeño de ellos, tienen una influencia perceptible en el precio. Esto puede ser por la existencia de barreras en el ingreso al mercado, lo que resulta en el desarrollo de prácticas monopolísticas por las firmas existentes. Un mercado monopolístico entonces, presenta las siguientes características:

- Existe un solo producto disponible en el mercado y no cuenta con sustitutos.
- Existe un solo productor y muchos consumidores.
- La información es imperfecta y sólo la posee la empresa monopolística.

Las barreras de entrada al mercado se derivan de la tecnología y del tamaño de los mercados, surgiendo lo que se conoce como monopolio natural. Un claro ejemplo de ello son los sistemas de agua potable y alcantarillado. Una sola empresa es capaz de abastecer estos servicios al mercado por un costo menor, pues existen rendimientos crecientes a escala. Una vez que se hizo la inversión en todo el sistema de captura, tratamiento, distribución, etc de agua, utilizarlo tendrá un costo promedio cada vez menor mientras más usuarios se adhieran al servicio.

El precio es fijado por el monopolista y los consumidores deciden la cantidad que están dispuestos a comprar. La cantidad ofrecida del producto está dada por la condición de maximización, cuando se iguala el ingreso marginal al costo marginal; el precio estará dado por la máxima disposición a pagar por cada cantidad del producto. Sin embargo la presencia del monopolio provoca precios mentirosos en la economía y la asignación del recurso no es eficiente. Para promover el nivel socialmente óptimo de la producción, el gobierno puede establecer un subsidio para que se produzca la cantidad deseada y se corrija esta distorsión del mercado.

c) Contaminación óptima:

Ya se analizó las principales razones por las que el agua carece de un precio, y cómo esta carencia ha contribuido a un nivel de utilización de los recursos naturales por debajo de su nivel óptimo, es decir a la degradación de la naturaleza. Sopesar cuidadosamente los beneficios que proporcionan la naturaleza y los costos que esto conlleva, permitirá alcanzar el equilibrio deseado para la conservación ambiental. El análisis económico brinda ciertos elementos que guían

el camino para alcanzar este nivel óptimo basado en un análisis del bienestar y los costos de proporcionarlo (Azqueta et al., 2007).

En el caso de la provisión de agua potable, el bienestar que un individuo alcanza dependerá de la cantidad que se le provea. Según la ley del decrecimiento de la utilidad marginal del consumo, cuanto más agua consume, menos bienestar le traerá tener un litro más (porque las unidades adicionales las destinará a actividades menos importantes), esta evolución está dada por la curva de beneficio marginal (BMg). Los costos de proporcionar esa satisfacción están dados por la curva de costo marginal (CMg), que son aquellos en los que se incurre por llevar los litros adicionales a las personas (Ver gráfico 1).

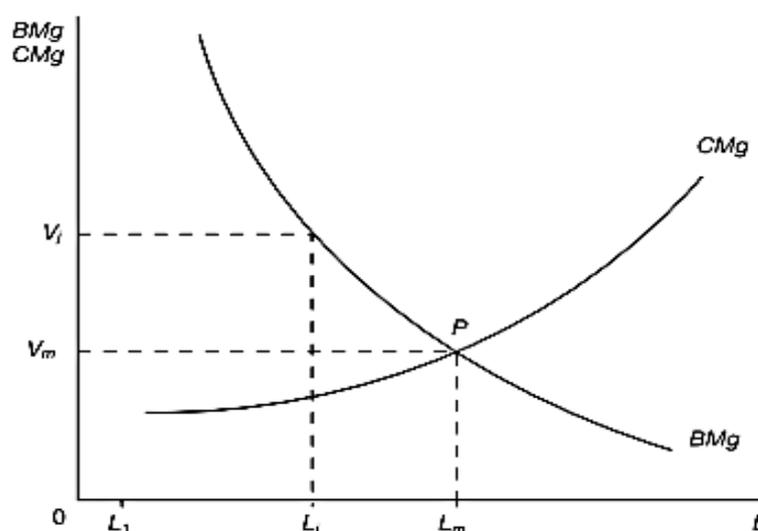


Gráfico 1. Beneficio Marginal y Costo Marginal

Fuente: (Azqueta et al., 2007).

El gráfico representa que proporcionar un litro adicional (L) de agua añade más al coste total de la empresa que lo que le costó suministrar el anterior y menor beneficio a la persona que lo consume (V). El punto “P” es el óptimo, aquel en el que el valor que proporciona en términos de bienestar la última unidad consumida del bien es igual al valor que se sacrifica para producirla.

Sin embargo, encontrar el verdadero punto óptimo depende de que se hayan reflejado todos los costes en los que la sociedad incurre para suministrar agua y éste no es el caso. La empresa consideró los costos que se reflejan en su contabilidad: costos de personal, mantenimiento, energía, etc. Sin embargo, el proceso de suministro de agua es más complejo, pues el recurso es capturado de una fuente con una determinada calidad, y en una cantidad dada; para devolverlo al ciclo hidrológico en otro punto con una calidad distinta y en menor cantidad; es por ello que hay costos ambientales que deberían añadirse (Panayotou, 1994) (Azqueta et al., 2007), como son:

- El costo de oportunidad del recurso agua en el punto donde fue captada. El agua in situ cumplía ciertas características en calidad de los que dependen otros servicios ecosistémicos: hábitat para especies, recreación, etc.
- Costos de impacto ambiental por obras de ingeniería para asegurar la provisión (construcción de estaciones de captura) y el transporte de agua.
- Costos por la depuración del agua utilizada que es devuelta en una calidad inferior a la del agua capturada. Y las externalidades negativas derivadas por la degradación del medio receptor.

El coste marginal inicial que se reflejaba en el gráfico 1 es una infravaloración del costo total que supone el suministro de agua. No se incluye el valor del agua en sí, ni la degradación ambiental que la captación, traslado y utilización suponen. Es por ello que se puede afirmar que el usuario no está pagando por el bien el valor que la sociedad sacrifica para producirlo, el resultado es un consumo excesivo del bien y la degradación ambiental. Calcular estos costos marginales ambientales, permite introducir una mejor información sobre el valor económico total de los bienes y servicios que el ecosistema provee para una mejor toma de

decisiones por parte de los productores y consumidores y de este modo tomar en cuenta la sustentabilidad global.

2.1.2. Concepto de valor:

a) Origen:

Al concepto de “valor” se le atribuyen distintos significados, valores éticos, culturales o sociales. Para los ecologistas por ejemplo, el valor significa “Aquello que es deseable o digno de valorar por su existencia; objeto o calidad que posee valor intrínseco”. En contraste los economistas difieren en la definición de valor: “Un equivalente justo o apropiado en dinero, commodities, etc.”. La economía representa el “valor” mediante una suma de dinero que puede tener un efecto equivalente en el bienestar o las utilidades de los individuos (Freeman et al., 2014). Estos dos diferentes usos del término en cada ciencia permiten la importante distinción entre el valor “intrínseco” y el valor “instrumental”.

El desarrollo de la teoría del valor en las ciencias económicas tuvo sus inicios con los economistas clásicos. Adam Smith y David Ricardo, máximos exponentes de este periodo, consideraban al trabajo como principal fuente de riqueza, y por lo tanto como una medida exacta del valor de los bienes. Posteriormente, el desarrollo de la economía neoclásica con Jevons, Menger y Walras, permite un giro a la teoría del valor. Sosteniendo que el valor de los bienes surge a partir de sus precios que dependen de la utilidad marginal que los mismos proporcionan al consumirse. Se concibe a los individuos como “racionales” que buscan maximizar sus beneficios y utilidades.

En este sentido, la economía actual supone que la contraposición entre el consumidor (demanda - utilidad) y el productor (oferta - beneficios) es esencial

para determinar el valor de un bien y/o servicio. Este está dado por el punto de equilibrio en el cual el consumidor y el productor maximizan su utilidad y beneficios respectivamente en base a un precio y al libre mercado.

b) El valor económico total:

El valor puede tener distintos tipos, acorde al sentido literal del término y las diferentes personas y colectivos; el valor económico total es la suma de todos los distintos componentes (Ver gráfico 2).

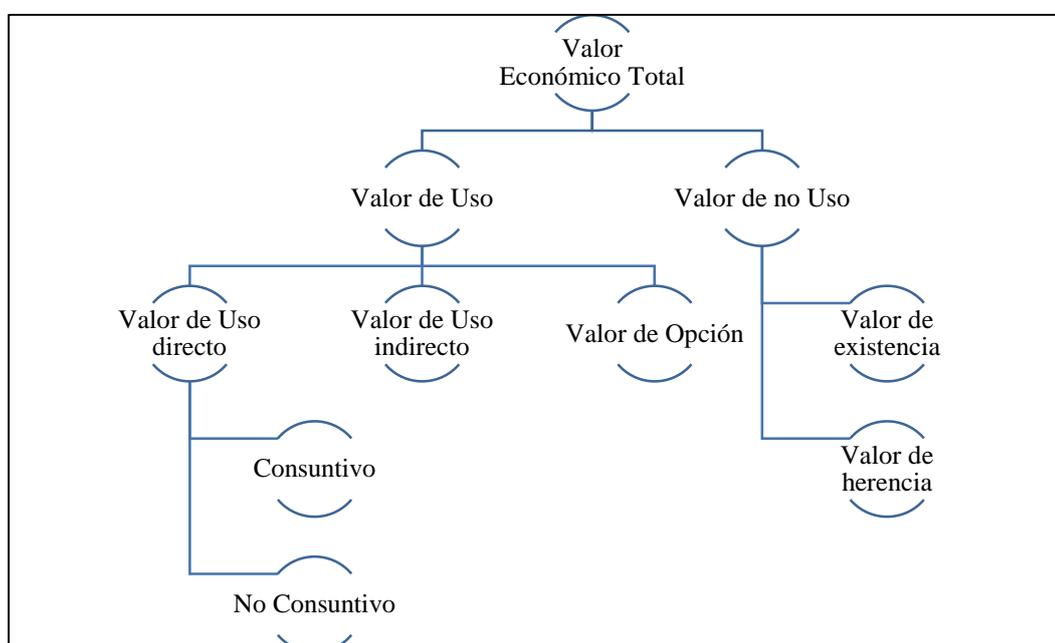


Gráfico 2. Tipología del valor económico total

Fuente: Elaboración Propia en base a Azqueta et. al. (2007).

Una primera clasificación del valor económico ambiental puede establecerse entre tres tipos de valores: valor de uso, valor de no uso y valor de opción (Azqueta et al., 2007).

Valor de Uso: Representa el valor instrumental que adquiere la naturaleza. Las personas usan los bienes y servicios ambientales, cualquier cambio que ocurra en su disponibilidad, accesibilidad y/o calidad afectarán los beneficios que proporcionan a las personas. En el caso del agua, la utilización del recurso para la

producción agrícola, de agua potable o el simple disfrute del paisaje tiene beneficios directos, tengan o no un valor monetario poseen un valor de uso real. El valor de uso puede ser directo, por ejemplo los peces o indirecto, el plancton.

Valor de Opción: Comprende la disposición a pagar por conservar la opción de utilizar el recurso en el futuro aunque en el presente no esté siendo utilizado. Por ejemplo, existe una reserva natural de agua que no se utiliza, esto no supone una pérdida de bienestar, sin embargo su preservación o mejora eleva el bienestar de las personas en vista de la creciente escasez de agua.

Valor de no Uso: Es aquel que no está ligado a la utilización, consuntiva o no consuntiva, presente o futura del bien. Es denominado también “valor de existencia”, aunque no se haga uso del recurso directa ni indirectamente, se valora el simple hecho de que el recurso exista, ya sea por las características de valor simbólico, la herencia, la creencia en el derecho de otros seres vivos, el altruismo, etc. Su desaparición supondría una pérdida de bienestar.

2.1.3. Métodos de valoración económica:

Las principales aportaciones recientes de la teoría económica se centran en la búsqueda de métodos de cálculo que permitan poner un valor a los bienes y servicios ecosistémicos, ya sea de forma parcial o integral. La decisión sobre valorar el agua y los cambios en el bienestar dependen generalmente del objetivo de la valoración, la información disponible, el bien/servicio ecosistémico, el tipo de valor económico, los recursos financieros, el tiempo, entre otros. Una clasificación ampliamente aceptada en la teoría divide las técnicas en dos categorías: método de preferencias reveladas, aquí la información proviene del mundo real, de las observaciones en el comportamiento de los mercados de los bienes relacionados, y método de preferencias

declaradas, en este caso la información es producto de generar escenarios hipotéticos (Freeman et al., 2014) . (Ver tabla n°12)

Tabla 13. Metodologías de Valoración Económica

Preferencias reveladas	<ul style="list-style-type: none"> • Método de cambios en la productividad • Método de Precios Hedónicos • Método de costos de viaje • Costos evitados.
Preferencias declaradas	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración contingente. • Experimentos de elección.

Fuente: Elaboración propia en base a Zegarra Méndez (2014)

Como la valoración se relaciona con la existencia o no de un precio de mercado, Zegarra Méndez (2014) describe los métodos antes mencionados para la valoración del agua de acuerdo a los siguientes aspectos:

2.1.3.1 . Valoración del agua cuando existe un mercado y un precio:

Los métodos bajo la existencia de un mercado brindan información sobre la importancia del recurso a partir de la información disponible de mercado. La existencia de mercados del agua en el mundo es rara, sin embargo en países como Chile y Estados Unidos se permiten su funcionamiento a través de *mercados de derechos de agua* donde se forma un precio por estos el cual debe reflejar las condiciones de demanda y oferta. Otra situación es la *provisión de los servicios de agua potable y alcantarillado* por empresas monopólicas, que fijan un precio regulado por una autoridad, regularmente bajo un subsidio. La información sobre las tarifas y el consumo de los usuarios permite calcular la demanda y estimar un valor del agua, sin embargo bajo la existencia de un subsidio se corre el riesgo de subestimar el valor del recurso.

2.1.3.2. Métodos cuando no hay un mercado de referencia:

Se justifican cuando no se dispone de información de mercado para valorar económicamente los bienes y servicios ecosistémicos y en el caso que se requiera generar información sobre el valor del agua para la toma de decisiones sobre situaciones en las que el recurso está amenazado por cambios en la calidad y cantidad. La información se obtiene directamente de los individuos a través de encuestas, se crea un mercado y escenarios hipotéticos para identificar las preferencias de los individuos y determinar el valor que se le otorga.

- a) *Método de costo de viaje*: Este método fue pensado para la valoración de lugares recreacionales visitados por la población. Se basa en los costos que se incurren para disfrutar de los servicios ecosistémicos proporcionados por un sitio determinado. Los costos de viaje que incurre un individuo son la representación del valor económico del servicio de recreación del lugar.
- b) *Método de valoración contingente (MVC)*: Con este método se construye un escenario lo más realista posible donde se provee el SE a valorar. Es un método muy popular para estimar el valor de los SE relacionados al agua existentes o por crearse, por ejemplo políticas o programas para preservar la calidad del agua. El investigador explica el servicio y crea un escenario hipotético en el cual los individuos declaran su disposición a pagar (DAP) por los servicios.
- c) *Método de experimentos de elección*: A diferencia del MVC, este método permite valorar el SE de acuerdo a las diferentes características específicas que posee para analizar el valor que se le otorga de acuerdo a cada uno de sus atributos. Estima también las medidas de bienestar relacionadas a los cambios

en estos atributos. Los individuos indican una elección hipotética entre una serie de alternativas, estas elecciones reflejan el costo de oportunidad de los diferentes atributos del SE y su DAP por los cambios en cada uno.

2.1.3.3 . Métodos cuando existen mercados relacionados:

Dada la situación de que no exista un mercado directamente observable como en el caso anterior, sí existen mercados relacionados con transacciones en las que el agua es uno de los elementos de transacción.

- a) *Método de precios hedónicos:* Se utiliza para valorar los servicios ecosistémicos que afectan al mercado inmobiliario. El acceso al agua es un referente para calcular un precio “implícito” del servicio y por lo tanto el valor que los agentes otorgan al agua como característica relevante de la cual depende el precio de una vivienda.
- b) *Método de costos evitados:* Se utiliza para medir los gastos que incurrirían los agentes económicos para reducir o evitar las externalidades ambientales no deseadas, en aquellas situaciones que los bienes y servicios ecosistémicos son sustituidos por opciones tecnológicas y/o artificiales. Estos costos de evitar ciertos daños sobre el ecosistema dan información sobre el valor de los SE que se proveen.
- c) *Método de cambios en la productividad:* Consiste en estimar el valor de uso de un bien o servicio ecosistémico a través de su contribución en la producción de un bien que cuenta con mercado. Se basa en la teoría de la función de producción donde el SE es un insumo del proceso de producción. Una variación en el SE implicará una variación en la producción del bien relacionado en el mercado. El enfoque de la función de daño en este caso

estima algunas relaciones físicas sobre los cambios de la calidad ambiental y alguna medida de daño o pérdida en la producción (Freeman et al., 2014).

2.1.4. Determinación del valor económico de la calidad del agua:

La calidad del agua es una característica muy importante que muchas veces no ha tomado un lugar protagonista en la valoración a pesar de ser un servicio ecosistémico condicionante para la provisión de otros como es el de agua potable. La metodología seleccionada para este trabajo está basada en el enfoque de la Función daño, ampliamente utilizada para valorar la calidad del agua, sobre todo la relacionada al agua para consumo humano. El desarrollo de este enfoque parte de la teoría que se de generar un modelo del valor ambiental y los recursos.

Según Freeman (2014), hallar el valor económico del flujo de los servicios del ecosistema requiere el uso de la teoría y técnica económica, los valores deben estar basados en otros tipos de conocimiento. Estimar el valor de la calidad del agua y sus beneficios dependerá de la relación entre las concentraciones de contaminantes (dimensiones físicas y biológicas del agua) y su repercusión en las actividades humanas. En este sentido propone iniciar la valoración con establecer un modelo económico que ayuda a hacer más visible esta relación. Para comenzar la valoración de la calidad del agua se puede partir del análisis de 3 etapas de relaciones funcionales:

- i. La primera tiene que ver con lo trabajado anteriormente: Relacionar alguna medida de la calidad ambiental del recurso con las intervenciones humanas que lo afectan, es decir las actividades no reguladas en la economía de mercado (fallas de mercado) y/o las acciones del gobierno para prevenir o aminorar los impactos de estas actividades (regulaciones por medio de

derechos de propiedad, subsidios, impuestos, etc) para incrementar el valor de los SE proporcionados por el ambiente.

$$q = q[G, R(G)] \quad (1.2.1)$$

Donde:

q: Medida cualitativa o cuantitativa del atributo del SE.

G: Intervención del gobierno.

R(G): Medida de las respuestas privadas a la regulación del gobierno.

- ii. El segundo conjunto relaciona los usos humanos del ambiente o el recurso y su dependencia con los atributos del medio ambiente, físicos y biológicos (calidad). Se establece una función de alguna actividad, como por ejemplo la producción de agua potable (output), dependiente de los insumos, dentro de ellos la calidad ambiental, por ejemplo la calidad del agua capturada. Estas funciones representan el interface entre las ciencias naturales y la economía como ciencia social.

$$X = X[q, Y(q)] \quad (1.2.2)$$

Donde:

X: Niveles de actividades que involucran el uso del recurso (p.e. nivel de producción)

Y: Otros insumos en la producción de SE o actividades basadas en el recurso.

- iii. La tercera relación resuelve el valor económico mediante una función del valor (*V*) dependiente de los usos del medio ambiente (*X*), es decir de los flujos de SE. Esta función establece los juicios de valor que la sociedad ha adoptado, con el propósito de bienestar económico, derivado del uso del medio ambiente y/o el recurso.

$$V = V(X) \quad (1.2.3)$$

Sustituyendo (1.2.2). en (1.2.3) tenemos:

$$V = V(X[q[G, R(G)], Y[G, R(G)]] \tag{1.2.4}$$

El gráfico 3 ilustra estas tres etapas que guían la resolución del valor económico del ambiente. Para el caso de la valoración del recurso agua y los cambios en la calidad tenemos:

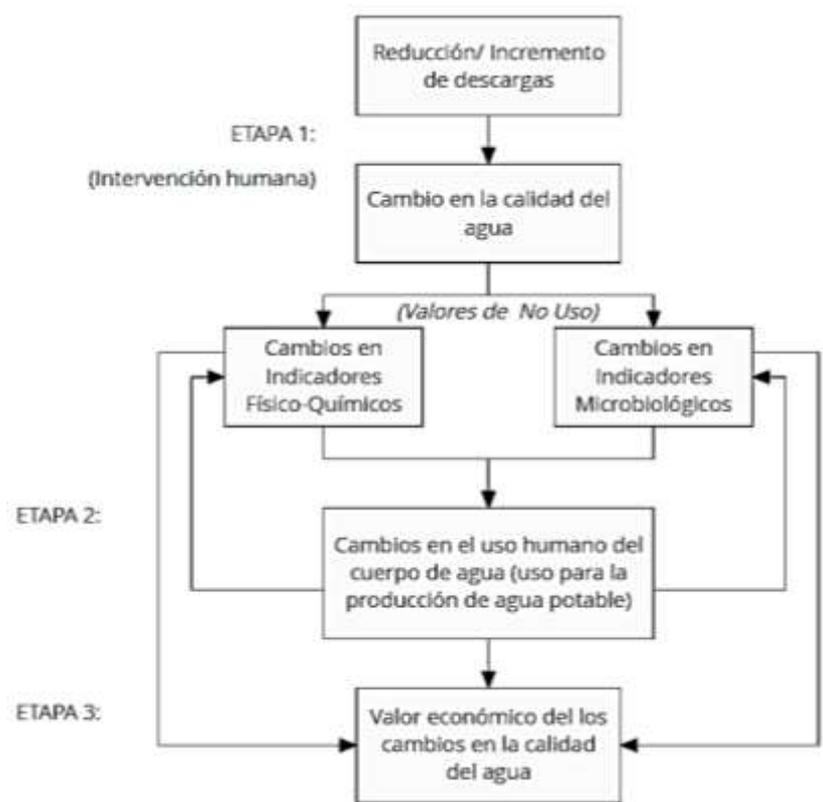


Gráfico 3. Etapas de la resolución del valor económico ambiental.

Fuente: Elaboración propia en base a Freeman et al. (2014)

2.1.5. Aplicación de la función de daño:

El enfoque de la función de daño estudia los efectos las externalidades negativas como la contaminación en el bienestar de los individuos. La tarea es estimar en términos económicos los cambios en el bienestar de los individuos asociados a los cambios en la calidad (q). En este sentido, los beneficios derivados de un incremento en q pueden calcularse desde observaciones del mercado por ejemplo en el ahorro en costos por mejoras en la calidad.

a) Teoría de costos:

Los costos se definen económicamente como aquellos costos de factores de producción determinados por la magnitud del pago necesario para mantener el recurso dentro de su uso actual, es decir es la remuneración que ese factor en su mejor empleo recibiría (Nicholson, 2005). Dicho esto, resulta útil analizar la estructura de costos de una empresa, para ello se utilizan las funciones de costo total. Así, para un conjunto cualquiera de los precios de factores y para un nivel cualquiera de producción, el costo total mínimo contraído por la empresa es:

$$C = C(p_k, p_w, x)$$

Donde:

p_k : precio del capital

p_w : Precio del Trabajo

x : Cantidad producida de bien o servicio.

La senda de expansión de una empresa demuestra que a medida que la producción incrementa, los costos también lo hacen por el mayor uso de factores y por lo tanto el mayor pago realizado por sus “alquileres”. A menudo resulta conveniente analizar el costo unitario de cada producto, en economía se utilizan dos medidas de costo unitario:

- Costo Promedio, es el costo por unidad de producto:

$$\text{Costo promedio} = CP(p_k, p_w, x) = \frac{C(p_k, p_w, x)}{x}$$

- Costo Marginal, es el costo de producir una unidad más. Se deriva de una variación del nivel de producción:

$$\text{Costo Marginal} = CMg(p_k, p_w, x) = \frac{\partial C(p_k, p_w, x)}{\partial x}$$

Las curvas de costos muestran las relaciones entre los costos y cantidades producidas, la construcción de estas curvas parten del supuesto que los precios de los factores y el nivel de tecnología no cambian. La variación de los mismos provocaría el desplazamiento de las curvas. (Ver Gráfico 4 a y b).

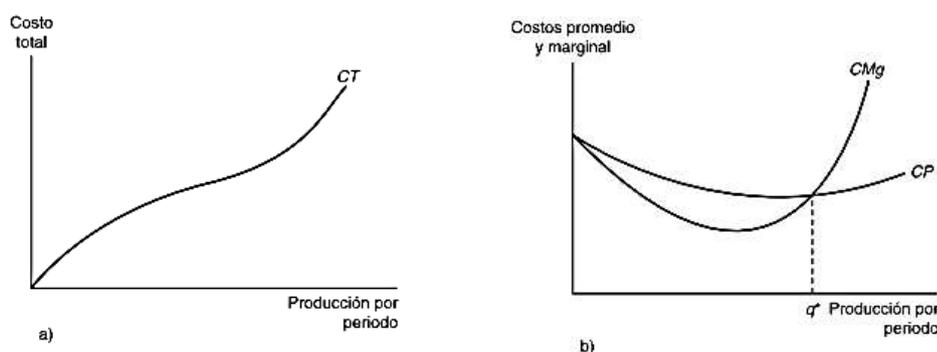


Gráfico 4. Curvas de costos de producción

Fuente: (Nicholson, 2005)

Las representaciones matemáticas de estas curvas pueden darse mediante las funciones de costos. Dentro de ellas se describe una de las más representativas:

- Función de Costos Cobb Douglas:

Dada por:

$$C(p_k, p_w, x) = p_k \cdot k + p_w \cdot w = x^{1/\alpha+\beta} \cdot B \cdot p_k^{\alpha/\alpha+\beta} \cdot p_w^{\beta/\alpha+\beta}$$

Donde: $B = (\alpha + \beta)\alpha^{-\alpha/\alpha+\beta}\beta^{-\beta/\alpha+\beta}$ es una constante.

Las características de esta función permiten asegurar que será convexa, lineal o cóncava de la producción dependiendo de que haya rendimientos decrecientes ($\alpha + \beta < 1$), constantes ($\alpha + \beta = 1$), o crecientes a escala ($\alpha + \beta > 1$). Además, un incremento en el precio de algún factor incrementa el costo, y la magnitud de este incremento estará determinada por la importancia relativa del factor que es reflejada por el exponente en la función de

producción. Por último, la función es homogénea de grado uno en los precios de los factores.

b) La calidad como factor de producción:

Hay 3 maneras en que la calidad puede afectar la utilidad los individuos (Freeman et al., 2014):

- La calidad produce utilidad directamente como un insumo en la producción de un bien mercadeable que proporciona utilidad.
- La calidad puede ser un insumo en la producción doméstica de la utilidad flexible de productos básicos.
- La calidad puede producir utilidad directamente en la función de utilidad del individuo.

Cuando la calidad es un factor de producción de un bien mercadeable, las variaciones en la misma devengarán en variaciones en los costos de producción del bien y/o servicio, y por lo tanto en variaciones de precio y/o cantidad del mismo:

Se asume que un bien x es producido mediante la siguiente función de producción:

$$x = x(k_i, l, q)$$

Donde:

k : Capital

l : Trabajo

q : Medida de la calidad, por ejemplo calidad del agua⁸.

⁸ Se considera que el producto marginal de q es positivo.

Dados los precios de los factores, y asumiendo el comportamiento de minimizar costos, se tiene la función de costos:

$$C = C(p_k, p_w, q, x)$$

Donde:

p_k : precio del capital

p_w : Precio del Trabajo

q : Medida de la calidad, por ejemplo calidad del agua⁹.

x : Cantidad producida de bien o servicio.

Desde que q puede ser definida y medida en términos de los cambios en las variables de mercado relacionadas a la industria del bien x . Un cambio en q puede causar movimientos en la curva de costos y la curva de demanda de factores. La consecuencia de estos movimientos depende de las condiciones en los mercados de factores y del producto. Los cambios en q pueden producir entonces incrementos en el bienestar mediante dos canales:

Variaciones en el precio de los consumidores de x : Si se asume que el bien x es producido en una industria competitiva bajo las condiciones de costo constante es decir, la oferta de factores de la industria es infinitamente elástica. Se asume que un cambio en la calidad afecta la curva de costos en una proporción significativa para los productores en el mercado. Como resultado la curva de oferta se traslada a la izquierda causando una disminución en el precio y un incremento de la cantidad total. El beneficio de la reducción de precio otorgada a los consumidores se mide por la cantidad que estaban dispuestos a pagar menos la cantidad que realmente pagan.

⁹ Se considera que el producto marginal de q es positivo.

Variaciones en los ingresos y beneficios de los dueños de los factores usados en la producción del bien x . Considere un solo productor tomador de precios en todos los mercados, si el cambio en q afecta sólo a este productor, el precio del bien no cambiará. Pero si el cambio en q afecta los costos marginales de la producción, el costo marginal de la firma y las curvas de demanda se desplazan hacia abajo. En este caso el beneficio es igual al incremento en las quasi rentas de la firma. El beneficio será transmitido a los dueños de los factores fijos. Los beneficios pueden ser medidos por los cambios en los beneficios y rentas de los factores fijos. Sin embargo si la oferta de los productores afectados por los cambios en q es menos que perfectamente elástica, algunos beneficios se trasladarán a los factores a través de cambios en los precios y rentas de los factores. Los beneficios de los factores pueden ser aproximadas por las áreas a la izquierda de la curva de oferta del factor.

Los efectos en ambos canales están dados por el grafico n° 5. Cuando la curva de oferta de la industria se traslada a S'' , el precio disminuye a p'' . El beneficio de los consumidores de x es aproximado por los cambios en los excedentes del consumidor, el área $p'BCp''$. Parte de este beneficio es a expensas de una reducción en los excedentes de los productores y factores, la ganancia neta de un detrimento en el precio es BCF . La curva de oferta S'' más abajo resulta en excedentes del factor y quasi rentas iguales a $p''CE$. El incremento neto a los productores y factores es $AFCE$, los beneficios totales están dados por el área $ABCE$.

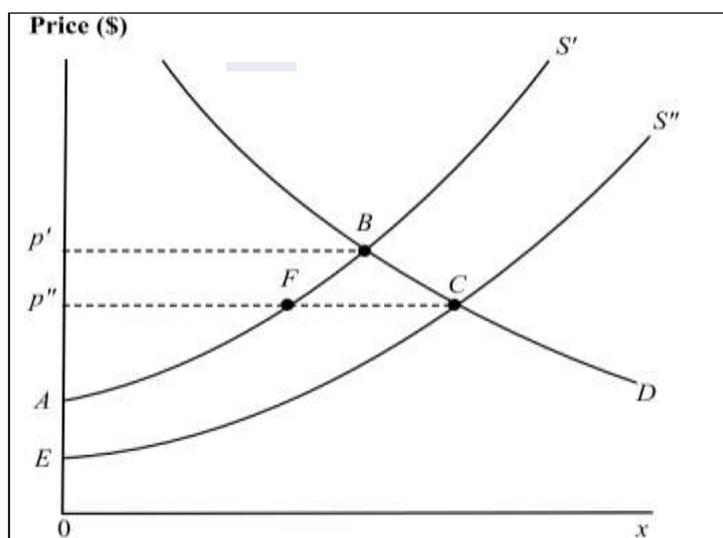


Gráfico 5. Efectos de precios e ingresos en la curva de oferta en el bienestar por cambios en calidad “q”

Fuente: (Freeman et al., 2014)

Implementar estas cantidades requiere del conocimiento de los efectos de los cambios en q en el costo de producción, las condiciones de oferta del bien x y su curva de demanda, así como la oferta de los factores. Hay dos casos especiales en los que la estimación de los beneficios es relativamente sencilla:

- Cuando la calidad es un sustituto perfecto de otros factores en la producción de un bien. Un incremento en la calidad conlleva a la reducción en los costos de un factor. Por ejemplo si una mejora en la calidad del agua resulta en una disminución de las necesidades de clorinización para la oferta de agua potable, la disminución en los costos de clorinización por unidad de agua producida pueden ser calculados fácilmente. Cuando el cambio en el costo total no afecta el costo marginal y la producción, el ahorro en costos es una verdadera medida del beneficio de un cambio en la calidad. Caso contrario, los beneficios deben incluir el efecto del menor costo en la cantidad consumida del bien y su precio. Sin embargo si la reducción de los costos marginales es pequeña o la curva de costo marginal es inelástica, el correspondiente aumento de la producción será

relativamente pequeño. Pero la disminución del costo total podría seguir siendo utilizada para proporcionar una aproximación de los verdaderos beneficios.

- Cuando el conocimiento del costo, la demanda y la estructura del mercado sugieren que los beneficios de un cambio en q se acumula a los productores. Los beneficios pueden estimarse por los cambios observados o predichos en el ingreso neto por la cantidad vendida/usada de factores. Si la unidad de producción es relativamente pequeña en comparación al mercado del producto final y los factores variables, se puede suponer que los precios de los productos y factores variables seguirán fijos después del cambio en q . El aumento de la productividad se acumula en los factores fijos de producción en forma de ganancia o cuasi-renta.

2.1.5. Enfermedades relacionadas al nivel de calidad del agua.

La falta de acceso al agua potable, junto al saneamiento y la higiene deficientes, es lo que más contribuye a las defunciones ocasionadas por enfermedades diarreicas. La salud puede verse comprometida por la presencia de virus, parásitos o bacterias que habitan en el agua y la contaminan ya sea en la fuente misma, por la infiltración del agua de escorrentía contaminada, en el interior del sistema de tuberías, o incluso en los pozos protegidos (Organización Mundial de la Salud, 2013). La tabla 14 describe los distintos tipos de microorganismos que ocasionan la diarrea. La transmisión por el uso y la exposición al agua se debe a la presencia de bacterias, principalmente los *Escherichia coli*.

Tabla 14. Microorganismos que provocan diarrea

TIPO	SUBTIPO	TRANSMISIÓN
Virus	Rotavirus	Contaminación fecal-oral o gotículas de transmisión aérea.
Bacterias	Escherichia coli	Por el agua y alimentos contaminados.
	Shigella	Por contacto de persona a persona. Indirectamente por alimentos y agua contaminada.
	Campylobacter jejuni	Presente en heces de niños mayores inmunizados, propagación por aves de corral y otros animales.
	Vibrio cholerae	Por el agua y alimentos contaminados.
	Salmonella	Ingesta de productos de origen animal contaminados.
Protozoos	Giardia duodenalis	Trans. Fecal oral
	Entamoeba histolytica	
	Cryptosporidium	

Fuente: Elaboración Propia en base a Organización Panamericana de la Salud, (2008)

a) Enfermedades diarreicas:

La diarrea es la deposición, tres o más veces al día (o con una frecuencia mayor que la normal para la persona) de heces sueltas o líquidas, suele ser un síntoma de una infección del tracto digestivo, que puede estar ocasionada por los diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos descritos anteriormente. La infección se transmite por alimentos o agua de consumo contaminados, o bien de una persona a otra como resultado de una higiene deficiente (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Los tipos clínicos de enfermedades diarreicas se pueden clasificar según su gravedad en:

- Diarrea acuosa aguda.
- Diarrea sanguinolenta aguda también llamada disentería.
- Diarrea persistente.
- Diarrea con desnutrición grave.

Las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, sin embargo son enfermedades prevenibles y tratables (Organización Mundial de la Salud, 2013).

HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

HIPÓTESIS GENERAL

La menor calidad del agua de la bahía de Puno, provoca un incremento en los costos de tratamiento de agua dirigido al consumo humano.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

El cambio en la calidad del agua afecta los costos de tratamiento de agua que se destina para el consumo humano de manera negativa.

Los cambios en los indicadores físico-químicos y microbiológicos afectan la calidad del agua.

Existe prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua de baja calidad en las poblaciones urbano marginales de Puno.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo y nivel de la investigación:

Tipo de investigación: La presente investigación es básica, porque tiene el fin de incrementar el conocimiento de los principios fundamentales de la realidad mediante la ciencia económica-ecológica. Comprende el enfoque cuantitativo pues es secuencial y probatoria (Fernandez & Baptista, 2014).

Nivel de investigación: Tiene el alcance analítico y descriptivo porque involucra un análisis situacional y se describen los resultados del análisis. Correlacional (Fernandez & Baptista, 2014) pues tiene como finalidad conocer la relación entre el nivel de calidad del agua del lago que es extraída y los costos de su tratamiento para el consumo humano.

3.1.2. Método función de daño: Función de costos de insumos químicos de tratamiento del agua cruda.

Para medir el efecto económico de la contaminación del agua y entender las consecuencias de los cambios en la calidad del agua observando los cambios en los costos de tratamiento de agua cruda se aplicará el método de Función de Daño (Freeman et al., 2014) el cual involucra tres aspectos:

- Estimar una función de dosis/respuesta que relaciona alguna medida de contaminación con una medida del daño. En este caso será el cambio en la calidad del agua (dosis) con el efecto ocasionado por ese cambio en un punto receptor (respuesta) es decir en los costos de tratamiento.
- Aplicar esa función para estimar el tamaño del daño.
- Multiplicar el resultado por una unidad de valor.

El primer paso entonces, será relacionar las variables explicativas de contaminación con las variables dependientes: el costo de tratamiento de agua, que será representado por la función de costos de insumos químicos utilizados para el tratamiento de agua cruda. Esta función ha sido implementada en las estimaciones econométricas a partir de trabajos de investigación internacionales, Sarmiento, Marcelo & Villa (2005) proponen una función de costos de tipo translogarítmica¹⁰ que introduce variables descriptivas de las características de la calidad del agua cruda (físicas, químicas, microbiológicas) en la función de costos de insumos químicos. Así se tiene:

¹⁰ La función de costos translogarítmica involucra todas las posibles interacciones entre los argumentos de la función de producción y en este caso toma en cuenta las posibles relaciones entre las cantidades de agua producida y las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

$$CIQ = f(W_i, Cal_i^{FIS}, Cal_i^{QUIM}, Cal_i^{MIC})$$

Donde:

CIQ: Son los costos de insumos químicos de operación de la planta de tratamiento de agua.

W_i : Volumen de agua producida (en m³) por la planta en el periodo de referencia “i”..

$Cal_i^{FIS}, Cal_i^{QUIM}, Cal_i^{MIC}$: Representan propiedades física, químicas y microbiológicas del agua en el periodo de referencia “i”.

De acuerdo al procedimiento de Sarmiento et al. (2005) se considera que la variación en los precios de los insumos químicos no tiene significancia por lo que no debería sesgar los coeficientes de las otras variables en el modelo. Para ello se neutralizan estos posibles efectos de los precios de los insumos químicos deflactando la serie de costos de tratamiento de agua cruda, es decir se creará la serie de gastos en insumos químicos mediante la multiplicación de los precios por cantidades, (p.e. precio del cloro por la respectiva cantidad utilizada en cada periodo) esta serie se generará en base a un mismo y único precio de un periodo base, en este caso del año 2013.

Seguidamente, se consideró la estimación de la función doble logarítmica Cobb Douglas debido a que representa un caso particular de las funciones translogarítmicas con propiedades más restrictivas en el sentido que descarta los efectos que tienen las interacciones entre las variables explicativas (cantidad de agua producida, características físicas, químicas y microbiológicas) sobre la variable dependiente (costos de insumos químicos). La función doble logarítmica COBB-DOUGLAS está representada por:

$$\ln(CIQ) = \beta_0 + \beta_1 \ln(W_i) + \beta_2 \ln(Cal_i^{FIS}) + \beta_3 \ln(Cal_i^{QUIM}) + \beta_4 \ln(Cal_i^{MIC}) + e_i$$

Donde:

W_i : Volumen de agua producida (en m³) por la planta en el periodo de referencia

“i”.

Cal_i^{FIS} : Representa las propiedades físicas del agua en el periodo de referencia “i”.

Cal_i^{QUIM} : Representa las propiedades químicas del agua en el periodo de

referencia “i”.

Cal_i^{MIC} : Representa las propiedades microbiológicas del agua en el periodo de

referencia “i”.

β_0 : Término constante del modelo

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: Elasticidades .

Los coeficientes " $\beta_0 \dots \beta_4$ " representan los cambios porcentuales de los costos en insumos químicos ante cambios del 1% en el volumen y la calidad de agua (Sarmiento et al., 2005).

3.1.3. Modelo ARIMA:

Con el fin de caracterizar la prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua de baja calidad y predecir su comportamiento en el futuro, se analizaron series temporales desde el punto de vista estocástico mediante el modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), el análisis se basa en un modelo explícito derivado de tres componentes AR (autorregresivo), I (integrado) y MA (Medias Móviles).

El modelo ARIMA permite describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores debidos al azar, en este caso sobre los casos reportados de

enfermedades gastrointestinales en la Red de Salud Puno especialmente en los centros de salud de los barrios urbano-marginales de la ciudad de Puno, principalmente aquellos cercanos al lago en los que el servicio de agua potable es limitado (Uros Chulluni, Vallecito, Huerta Huaraya, Puerto de Puno). La base de datos se estructuró en una serie histórica que comprende los meses Enero 2013 hasta Octubre 2017.

Como señala Grisales (1999) “las series de tiempo son indispensables para la construcción de sistemas de vigilancia epidemiológica sobre eventos seriales que conforme a los hallazgos, permitan la implementación de medidas de control y valoración del impacto de las intervenciones sanitarias en la población”, para desarrollar este modelo se siguió con la metodología de Bob Jenkins resumida en cuatro fases:

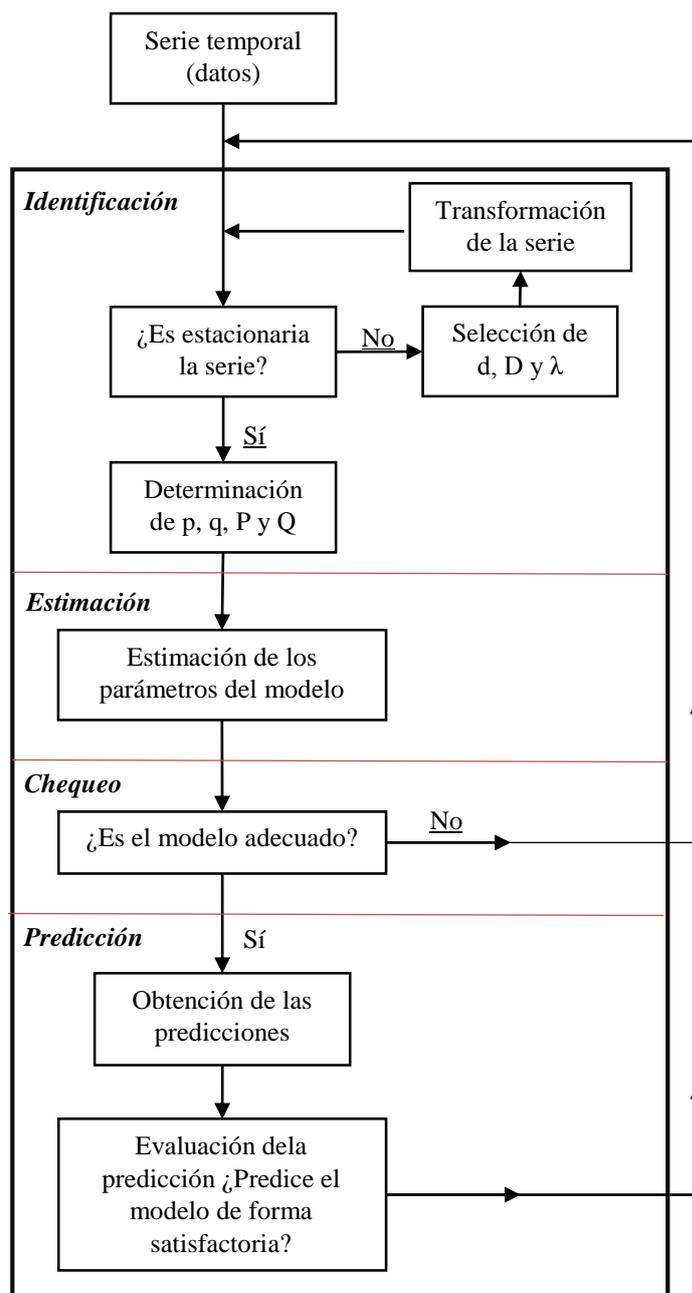


Gráfico 6. Metodología Box Jenkins

Fuente: Elaboración Propia en base a (Pérez, 2006)

- 1) Identificar el posible modelo ARIMA que sigue la serie por lo que se requiere:
 - Someter a la serie a una prueba de estacionariedad mediante un test de raíz unitaria.

Formulación del Test ADF (Dikey Fuller Aumentado)

$$\Delta Y_t = \theta_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{j=1}^{\rho=1} \phi_j \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde: $\gamma = \theta_1 - 1$ y θ_1 es el coeficiente autorregresivo de Y_{t-1}

Planteamiento de la hipótesis de ADF :

$H_0: \gamma \geq 0$ ($|\theta_1| \geq 1$) La serie estudiada tiene raíz unitaria, por lo tanto no es estacionaria.

$H_1: \gamma \leq 0$ ($|\theta_1| \geq 1$) La serie estudiada no tiene raíz unitaria, por lo tanto es estacionaria.

- En caso de que la serie acepte la hipótesis nula, convertir la serie en una serie estacionaria.

2) Mediante la función de autocorrelación parcial se determina un modelo ARMA para la serie estacionaria.

- Proceso Autorregresivo (AR):

Un proceso autoregresivo de orden p, sigue la siguiente forma:

$$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3} + \dots + Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

- Proceso de media móvil MA(q):

En los modelos de MA, Y_t , depende de la perturbación estocástica solamente y de los rezagos de esta, adoptará la siguiente forma si se sigue el proceso estocástico:

$$Y_t = \varepsilon_t + \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_{t-2} + \dots + \varepsilon_{t-q}$$

3) Los parámetros AR y MA del modelo se estiman por máxima verosimilitud y se obtienen sus errores estándar y los residuos del modelo. Se aplica el test de Jarque Bera de normalidad de los residuos, para identificar que los mismos no tienen estructura de dependencia y siguen un proceso de ruido blanco, es decir

si la información puede ser modelable. Se repite las etapas anteriores hasta obtener un modelo adecuado.

- 4) Predecir los datos y evaluar la predicción.

3.1.3. Datos:

3.1.3.1. Parámetros de calidad del agua:

Los datos a partir de los cuales se realizó la estimación fueron proporcionados por el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, estos comprenden los parámetros de calidad del agua analizados a 20% de profundidad. La serie de datos mensual se dispuso entre Enero - 2008 y Noviembre – 2016 con datos faltantes para algunos meses (Ver Tabla 2 del ANEXO). De acuerdo a estas disponibilidades, las propiedades estadísticas de las variables se resumen en la tabla 15.

Tabla 15. Estadísticos descriptivos

	NÚM. DE OBSERVACIONES	MÍN.	MÁX.	MEDIA
TURBIEDAD	108	0.0	14.6	1.69
TEMPERATURA	74	11.5	20.6	15.17
CONDUCTIVIDAD	72	528.0	1936.0	1351.38
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	72	320.0	1080.0	721.09
TRANSPARENCIA	60	0.5	7.0	4.00
PH	72	5.3	9.96	8.70
SALINIDAD	64		1.8	0.74
NITRATOS	72	0.1	7.7	1.44
NITRITOS	74	0.0	0.1	0.01
FOSFATOS	74	0.0	1.6	0.37
SULFATOS	72	118.6	754.0	277.60
OXIGENO	62	45.5	201.0	89.17
OXIGENO DISUELTO	48	4.2	12.7	6.77
DBO	42	4.0	45.6	11.07
COLIFORMES TOTALES	28	8.0	24000	1937.52
COLIFORMES FECALES	28	0	4300	703.63

Fuente: Elaboración Propia en base a PELT (2008-2016) Informes Anuales sobre los parámetros ambientales a 20% de Profundidad.

a) Parámetros físicos:

Responden a variables como turbiedad, temperatura y la cantidad de sólidos disueltos así como la propiedad de conductividad en el agua. Es una manera de medir los cuerpos extraños que se encuentran en el agua y que por lo general son solubles en ésta. Si bien estas características físicas no son directamente responsables de problemas de salud relacionados con la contaminación del agua, sí son indicadoras de que algo no está bien con el agua cruda y en especial pueden afectar su consumo si no cumplen con las normas mínimas.

Dentro de los parámetros físicos tomados en cuenta en el estudio están turbiedad, temperatura, conductividad, transparencia, sólidos totales disueltos. El comportamiento observado de las variables en el periodo evaluado fue el siguiente:

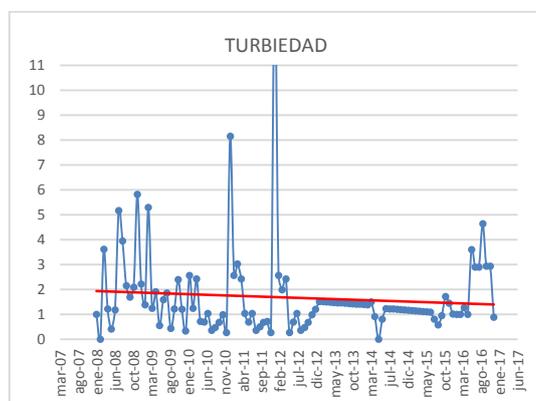


Gráfico 7. Turbiedad

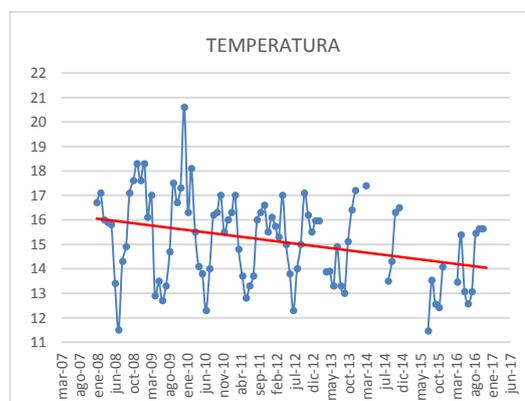


Gráfico 8. Temperatura



Gráfico 9. Conductividad

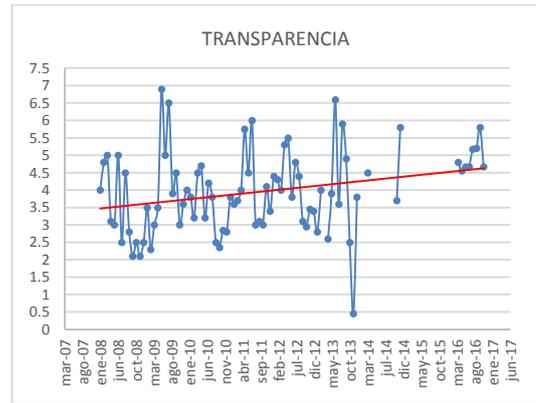


Gráfico 10. Transparencia

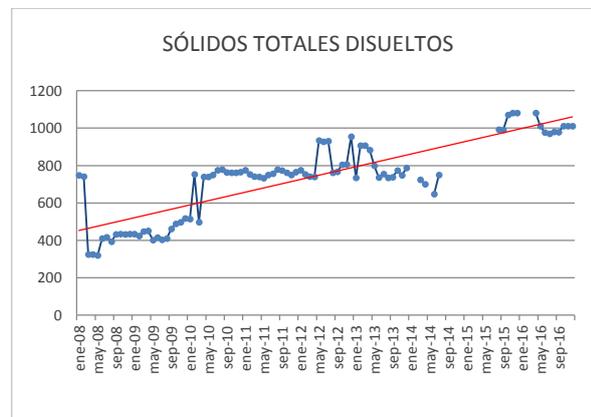


Gráfico 11. Sólidos Totales Disueltos

Fuente: Elaboración Propia en base a PELT (2008-2016) Informes Anuales sobre los parámetros ambientales a 20% de Profundidad.

b) Parámetros químicos:

Las características químicas tienen que ver con los compuestos, elementos o moléculas que están presentes en el agua y que pueden poner en riesgo la salud humana por ser tóxicos o venenosos. Entre estos se miden concentraciones de nitratos y nitritos, el pH, la presencia de metales pesados, las sales minerales, moléculas tóxicas como las que están presentes en los pesticidas, entre otras, para que se tomen las medidas adecuadas y se eliminen en el proceso de potabilización.

Los parámetros químicos para los cuales se tiene información disponible son el PH, Salinidad, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, Oxígeno, Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno. Dentro de los parámetros físicos tenidos en

cuenta en el estudio están turbiedad, temperatura, conductividad, transparencia.

El comportamiento observado de las variables en el periodo evaluado fue el siguiente:

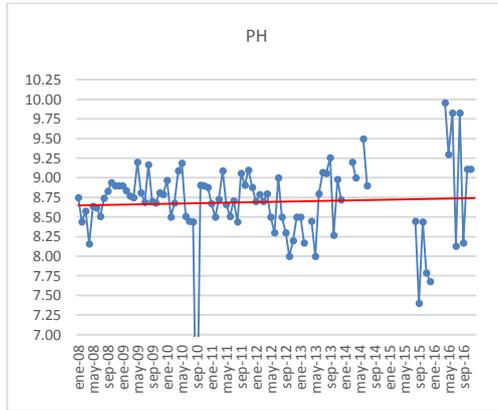


Gráfico 12. PH

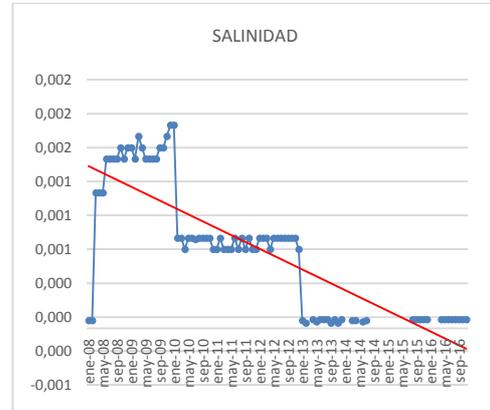


Gráfico 13. Salinidad

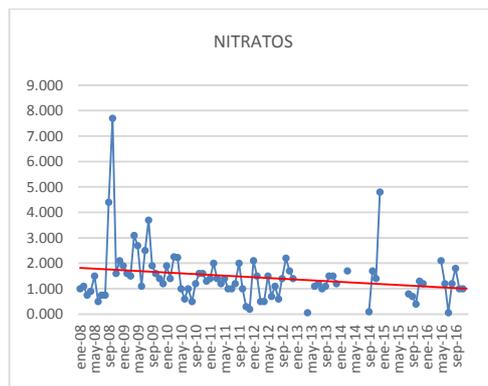


Gráfico 14. Nitratos

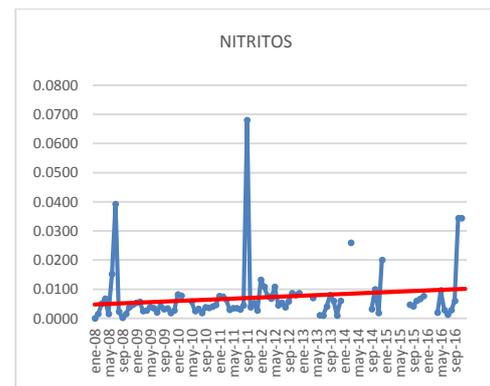


Gráfico 15. Nitritos

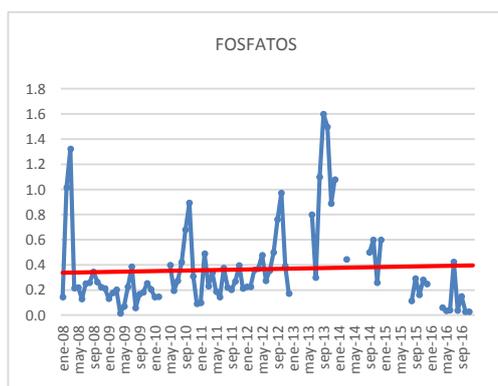


Gráfico 16. Fosfatos

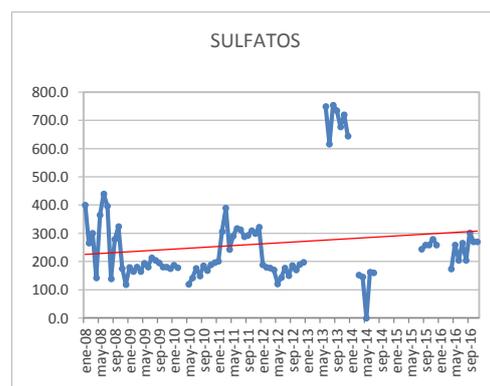


Gráfico 17. Sulfatos

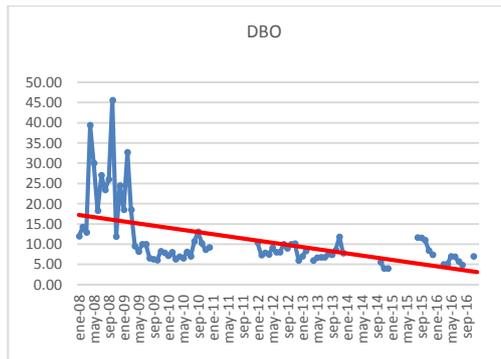


Gráfico 18. Demanda Bioquímica de Oxígeno

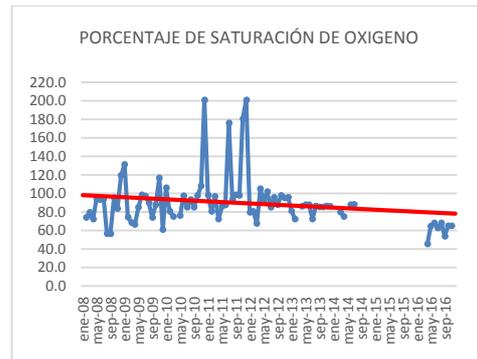


Gráfico 19. Porcentaje de Saturación de Oxígeno

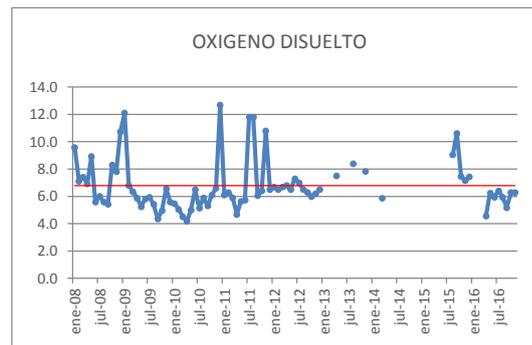


Gráfico 20. Oxígeno Disuelto

Fuente: Elaboración Propia en base a PELT (2008-2016) Informes Anuales sobre los parámetros ambientales a 20% de Profundidad.

c) Parámetros microbiológicos:

Tienen que ver con la presencia de microorganismos en las aguas que generalmente son patógenos y fuentes de enfermedades gastrointestinales, en particular se mide la presencia de la bacteria *Escherichia coli* 3, que generalmente está asociada a la presencia de excretas en el agua y los coliformes totales.

La data sobre parámetros microbiológicos disponible consta de medidas de coliformes totales y coliformes fecales. La evolución de los mismos en el tiempo se denota a continuación:

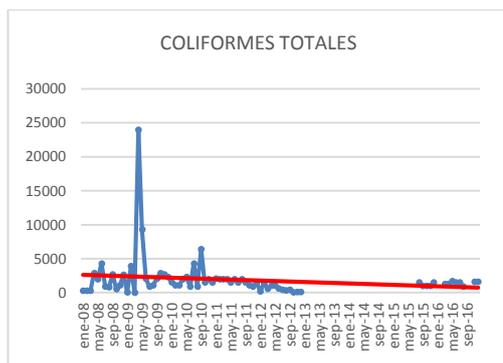


Gráfico 21. Coliformes Totales

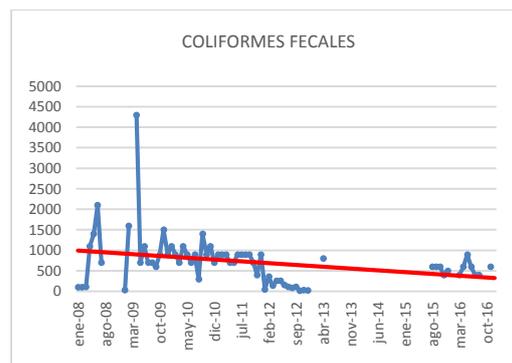


Gráfico 22. Coliformes Fecales

Fuente: Elaboración Propia en base a PELT (2008-2016) Informes Anuales sobre los parámetros ambientales a 20% de Profundidad.

3.1.3.2. Costos y agua producida:

La información sobre los costos fueron proporcionados por la Empresa Prestadora de Servicios EMSA PUNO, se dispuso de series de datos mensuales para los gastos en los insumos químicos en kg entre Enero - 2007 y Junio – 2017; los años 2009, 2011 y 2015 no contaban con información, así como los meses noviembre y diciembre para el año 2014 (Ver Tabla 3 del ANEXO). Los costos totales en soles se hallaron multiplicando los gastos en kg por los precios de los insumos químicos, por los precios de los mismos dispuestos para el año 2013 indicados en el Estudio Tarifario de EMSA Puno aprobado por la SUNASS (2013), el mismo se consideró para la deflactación para el resto de años. Los estadísticos descriptivos para ambas variables se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos costos en insumos químicos y producción de agua potable

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Gasto total en insumos químicos	87	5768,58	22899,72	9874,3124	3219,76661
Producción total de agua	95	365622,00	626233,00	469633,1684	78625,11387

Fuente: Elaboración Propia en base a EMSA PUNO S.A (2007-2017) Informes Mensuales de Producción de Agua Potable.

Dentro de la estructura de costos de EMSA PUNO S.A. se encuentran los costos de explotación que considera: i) los costos de operación y mantenimiento y ii) costos administrativos. Los costos de operación y mantenimiento incluyen aquellos gastos periódicos o recurrentes para operar y mantener, desde el punto de vista técnico, las instalaciones de los servicios de agua potable y alcantarillado, de esta forma comprenden los desembolsos en energía e insumos químicos (SUNASS, 2013). Los gastos en insumos químicos comprenden los desembolsos por la compra de Sulfato de Cobre, Cloro Líquido, Hipoclorito de Calcio 65% y Policloruro de Aluminio. La evolución del costo total mensual en insumos químicos es el siguiente: (Ver gráfico 20)

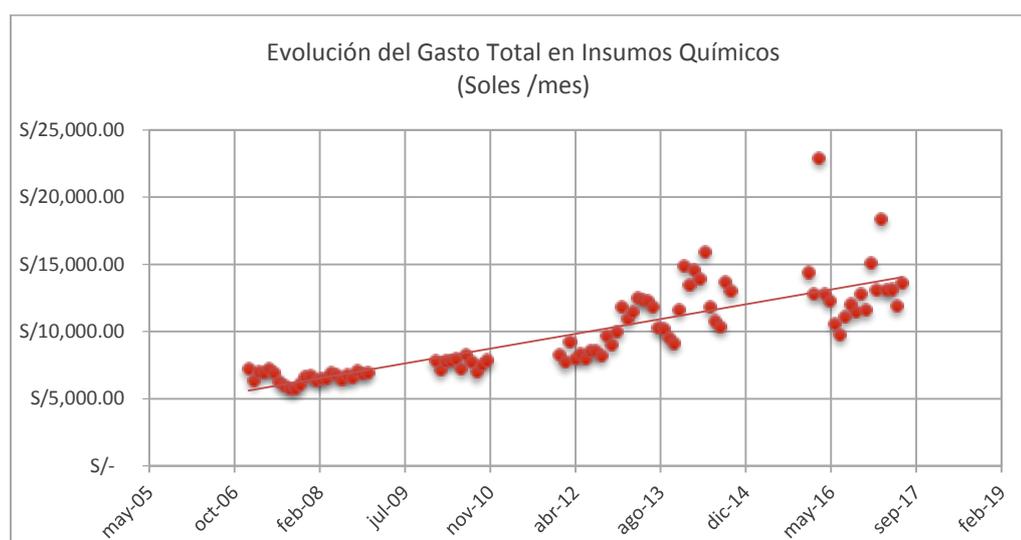


Gráfico 23. Evolución del gasto total en insumos químicos

Fuente: Elaboración Propia en base a EMSA PUNO S.A (2007-2017) Informes Mensuales de Producción de Agua Potable.

En cuanto a la información de la cantidad de agua potable producida medida en metros cúbicos se contó con datos mensuales para el periodo Enero 2007- Junio 2017; sin embargo para los años 2012 y 2014 se tuvo ciertos datos mensuales faltantes, y para el año 2016 faltantes en su totalidad. La tabla 4 del Anexo presenta todas las series temporales empleadas en las estimaciones. La evolución de los mismos es como sigue:

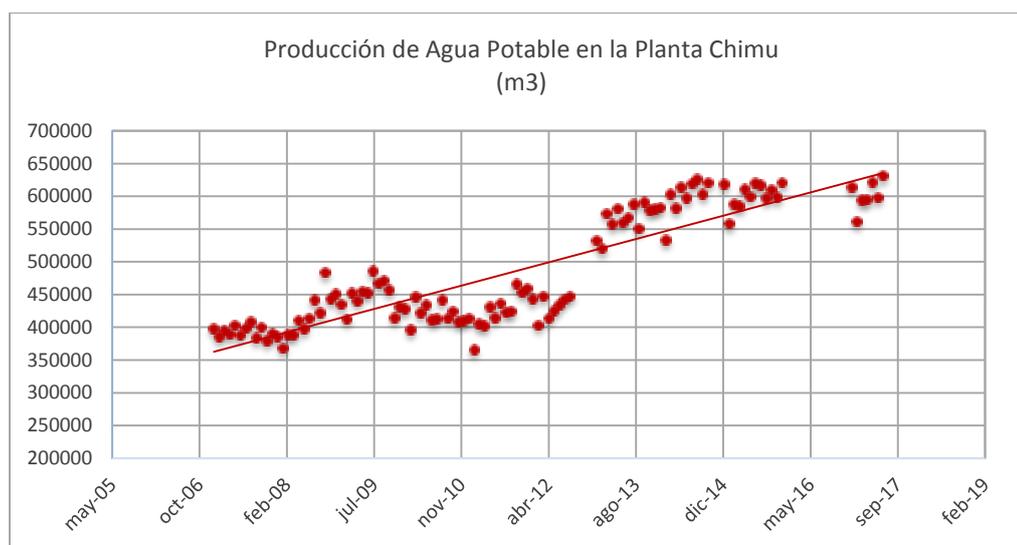


Gráfico 24. Producción de agua potable en la planta Chimú

Fuente: Elaboración Propia en base a EMSA PUNO S.A (2007-2017) Informes Mensuales de Producción de Agua Potable.

3.1.3.2. Enfermedades gastrointestinales:

Los datos utilizados para la determinación de la incidencia de enfermedades gastrointestinales fueron proporcionados por la Dirección de Salud Puno, estos comprendieron los casos reportados desde Enero 2013 a Octubre 2017 (Ver Anexo) sobre los casos reportados de Enfermedades Diarreicas Agudas en los centros de salud de los barrios urbano-marginales de la ciudad de Puno. Se consideraron los centros de salud Uros Chulluni, Vallecito, Huerta Huaraya y Puerto de Puno, dada su cercanía al lago y deficiencia en el abastecimiento de agua potable.

3.1.4. Estimación del modelo:

3.1.4.1. Enfermedades gastrointestinales:

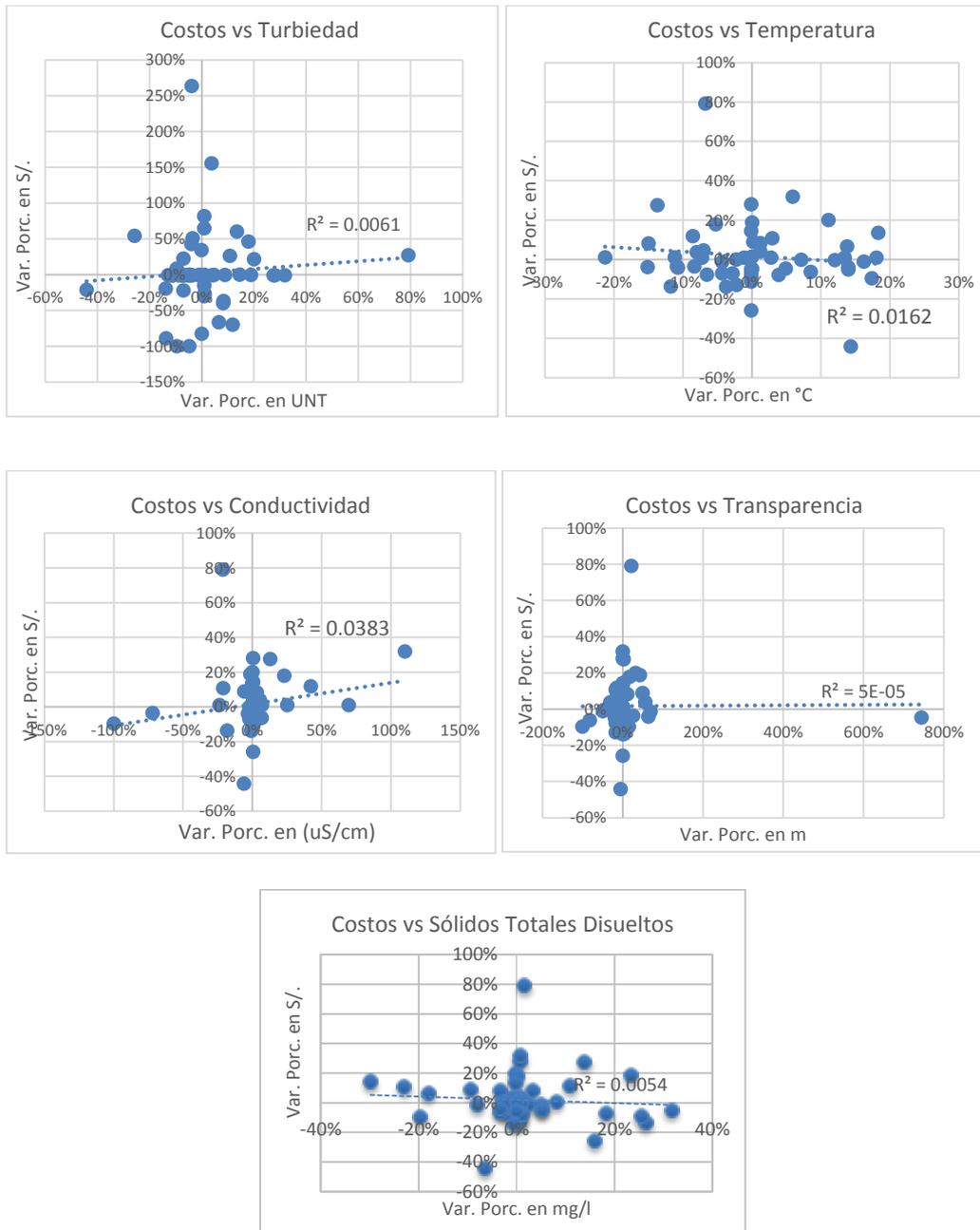
Para estimar el modelo que mejor describe los efectos de las variables de calidad de agua en los costos de producción mediante desembolsos en insumos químicos en la planta de Aziruni de EMSA PUNO, se consideró usar datos entre Enero 2012 y Diciembre 2016 debido a la disponibilidad de información coincidente en todas

las variables. Los datos faltantes en estos periodos se estimaron por regresión lineal mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, el uso de los parámetros microbiológicos se omitieron por la falta de datos en el periodo de investigación. Los Anexos F presentan las estimaciones por MCO.

Además, se evaluó si existe relación entre las variables mediante el análisis de la variabilidad de los costos de insumos químicos respecto a las variaciones en los parámetros, para establecer qué variables eran pertinentes incluir en el modelo depurado de costos.

a) Costos vs parámetros físicos:

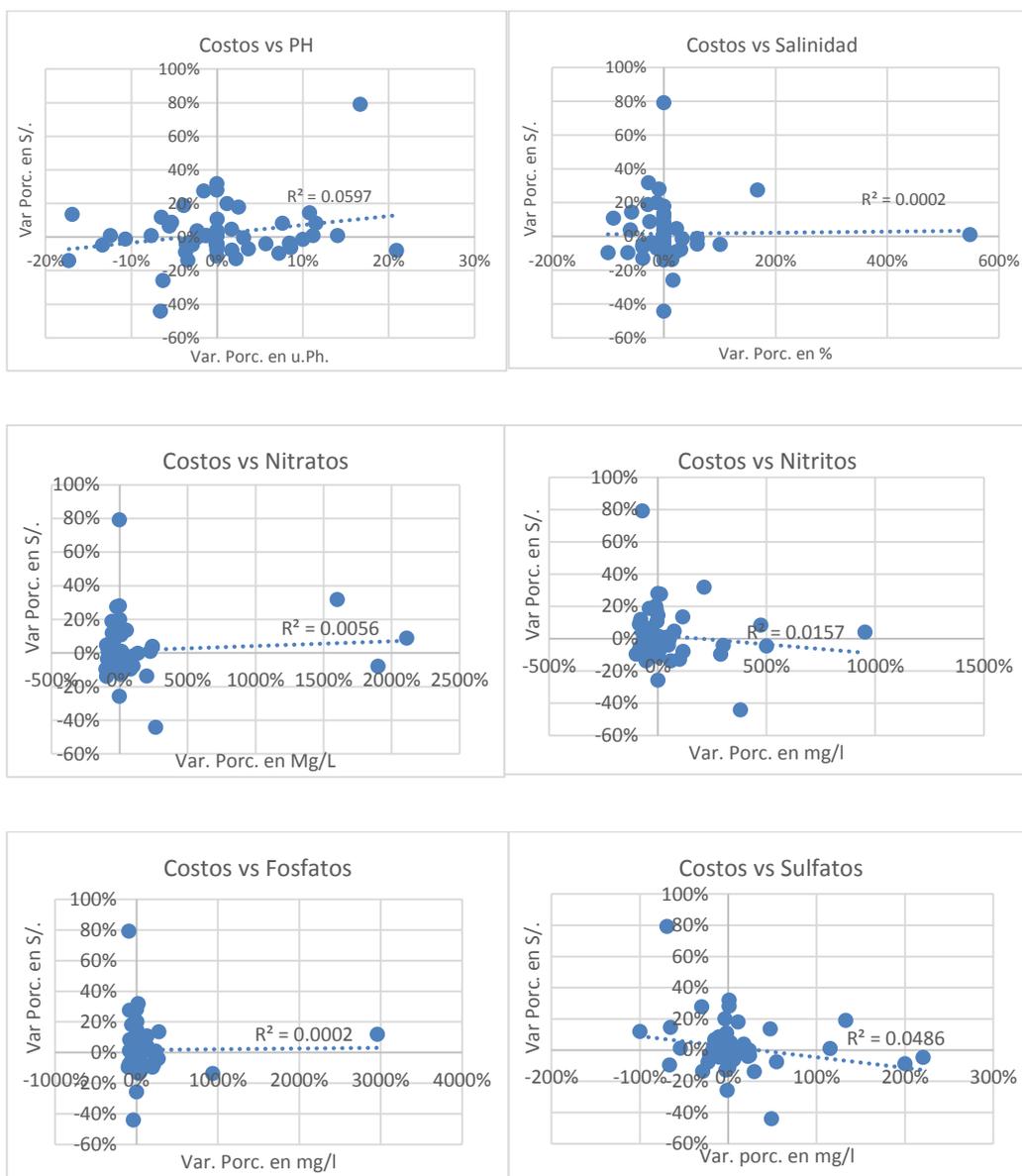
Las variaciones porcentuales de los costos analizados respecto a variaciones en los parámetros demuestran que existe una tendencia positiva respecto a la turbiedad, conductividad y sólidos totales disueltos, se puede esperar que cuando exista una variación positiva en estas variables repercuta en un cambio directamente proporcional en los costos de insumos químicos. Este resultado coincide con los hallazgos de Sarmiento et. al. (2005). La temperatura muestra una relación inversa, una variación negativa en la temperatura se relaciona con variación positiva en costos. La variable transparencia no demuestra una tendencia clara por lo que no puede definirse una relación específica entre la variación de los costos y las variaciones en la misma.

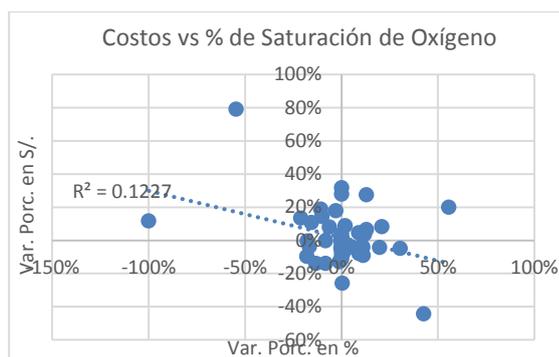
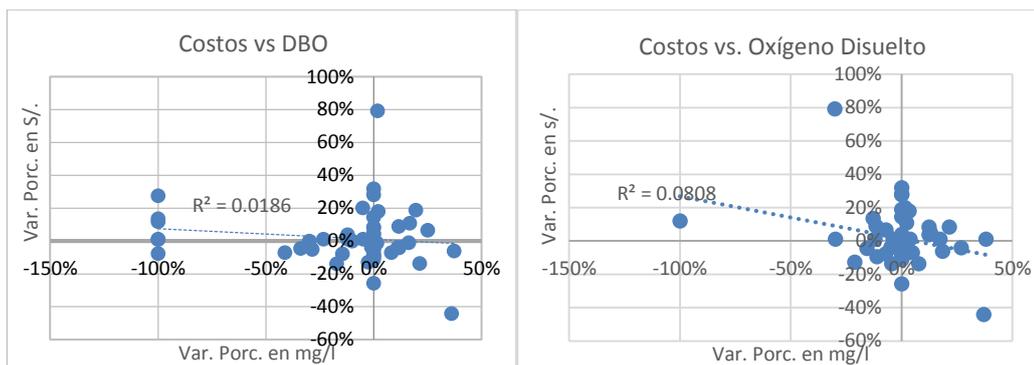


b) Costos vs parámetros químicos:

Las variaciones porcentuales de los costos analizados respecto a variaciones en los parámetros químicos demuestran que existe una relación poco clara para la mayoría de los mismos; de este modo las variaciones en los costos no corresponden a la salinidad, los nitratos, nitritos, y fosfatos de forma clara ya sea positiva o negativamente. Para el caso del ph y los sulfatos la relación es un poco más clara. A variaciones positivas en los niveles de ph, le corresponden variaciones directamente proporcionales en los costos y a

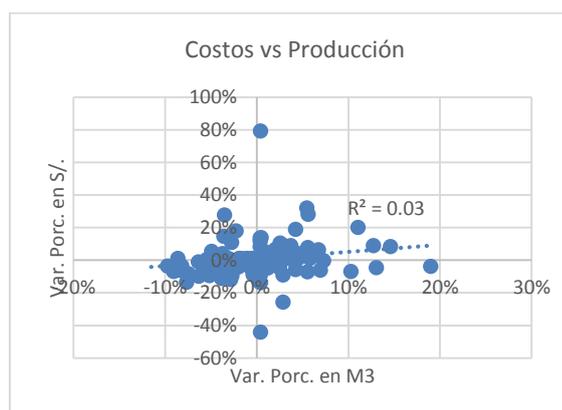
variaciones negativas en los niveles de sulfatos, variaciones positivas en los costos. Más clara aún es la respuesta del porcentaje de saturación de oxígeno y oxígeno disuelto respecto a variaciones en costos. Variaciones negativas en estas variables corresponden a variaciones directamente proporcionales en los costos.





c) Costos vs producción:

La relación entre las variaciones porcentuales de ambas variables sigue el patrón esperado, incrementos en la producción corresponden a incrementos en los costos.



Bajo la evaluación gráfica se estableció que las variables más adecuadas para considerar dentro del modelo debido a la mayor relación evidente respecto a los costos, son: productividad temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos ph, sulfatos, porcentaje de saturación de oxígeno y oxígeno

disuelto. Asimismo se estableció el uso de datos desde enero 2012 a diciembre 2016 debido a la mayor coincidencia de información para estas variables.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

a) Efecto de los cambios en la calidad del agua sobre los costos de tratamiento de agua potable:

Para estimar el modelo econométrico de costos se consideró el agua producida en metros cúbicos y los valores en los parámetros de calidad de agua presentados en la sección anterior. Se generaron los logaritmos de cada variable para eliminar la estacionalidad en los datos. El primer modelo econométrico estimado con las variables consideradas anteriormente dio como resultado la Tabla N° 17.

Tabla 17. Estimación econométrica de la función de costos Cobb Douglas

Dependent Variable: LCIQ Method: Least Squares Date: 11/30/17 Time: 01:36 Sample: 2012M01 2016M12 Included observations: 60				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12.09860	2.728730	-4.433783	0.0000
LY	1.197666	0.182616	6.558379	0.0000
LT	0.024606	0.228241	0.107808	0.9146
LCOND	0.058788	0.085922	0.684206	0.4969
LSD	0.443078	0.151222	2.929983	0.0051
LPH	0.122679	0.375383	0.326811	0.7451
LS	0.012601	0.037217	0.338568	0.7363
LO	0.292460	0.120902	2.418990	0.0192
LOD	0.238316	0.186690	1.276535	0.2075

R-squared	0.686349	Mean dependent var	9.379796
Adjusted R-squared	0.637149	S.D. dependent var	0.221412
S.E. of regression	0.133372	Akaike info criterion	-1.053865
Sum squared resid	0.907195	Schwarz criterion	-0.739713
Log likelihood	40.61595	Hannan-Quinn criter.	-0.930983
F-statistic	13.95013	Durbin-Watson stat	1.400793
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

Las probabilidades estadísticas de cada variable explicativa en el primer modelo no son significativas a excepción de las variables de oxígeno, sólidos disueltos y la producción de agua. Por ello se generó un nuevo modelo sólo con las variables significativas. Los resultados de la estimación del modelo econométrico de costos Cobb Douglas para los insumos químicos se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 18. Estimación econométrica función de costos Cobb Douglas Reducido

Dependent Variable: LCIQ				
Method: Least Squares				
Date: 11/30/17 Time: 01:42				
Sample: 2012M01 2016M12				
Included observations: 60				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-11.30762	1.998882	-5.656973	0.0000
LY	1.224681	0.153760	7.964879	0.0000
LSD	0.426768	0.131004	3.257673	0.0019
LO	0.348977	0.095655	3.648270	0.0006
R-squared	0.671703	Mean dependent var	9.379796	
Adjusted R-squared	0.654115	S.D. dependent var	0.221412	
S.E. of regression	0.130217	Akaike info criterion	-1.174894	
Sum squared resid	0.949557	Schwarz criterion	-1.035271	
Log likelihood	39.24681	Hannan-Quinn criter.	-1.120279	
F-statistic	38.19236	Durbin-Watson stat	1.254668	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia

Se verificó que el modelo no cuenta con problemas de heteroscedasticidad ni multicolinealidad en las variables, y se concluyó que la estimación es la más adecuada (Ver Tablas 27 y 28 del Anexo) Según los resultados, las variables incluidas en el modelo explican un 67.2% la variabilidad total de los costos de insumos químicos de

operación ($R^2 = 0.671703$) a un 95% de confianza. A partir de los resultados presentados en la tabla 18 podemos establecer el modelo econométrico ganador de la función de costos de insumos químicos mediante la siguiente ecuación:

$$CIQ = (Producción)^{1.225} * (Sólidos T. Disueltos)^{0.427} * (Oxígeno)^{0.35}$$

La interpretación de esta ecuación permite afirmar el valor de las elasticidades costos de la producción, sólidos disueltos y oxígeno:

a) *Elasticidad Costo – Producción*: $\varepsilon = \frac{\Delta\%CIQ}{\Delta\%Y} = 1.225$

b) *Elasticidad Costo – Sólidos Totales Disueltos*: $\varepsilon = \frac{\Delta\%CIQ}{\Delta\%SD} = 0.427$

c) *Elasticidad Costo – Oxígeno*: $\varepsilon = \frac{\Delta\%CIQ}{\Delta\%O} = 0.35$

En el estudio realizado por (Sarmiento et al., 2005) “Propuesta metodológica para la evaluación del impacto de la contaminación de las cuencas hídricas del país: Estudio de caso del río “La vieja”, se comprobó que existe una estrecha relación entre la contaminación por las características físicas, químicas y microbiológicas de la cuenca hídrica “La Vieja” en Colombia y los costos de insumos químicos de operación. En este trabajo de investigación se quiso evaluar la situación de la bahía del Lago Titicaca y el impacto de otras formas de contaminación hídrica. Con los resultados previos se demuestran las hipótesis general de la investigación de que una menor calidad del agua de la Bahía de Puno, especialmente del punto Chimú, provoca un incremento en los costos de tratamiento de agua potable.

Así, ante un aumento del 100% en la producción de agua (medido en m³), los costos en insumos químicos en los que incurre EMSA PUNO para el tratamiento de agua potable subirían en un 122.5%; muy cercado al resultado del estudio de Sarmiento

(2005) subirían en un 116%. Cuando los sólidos totales disueltos incrementan en un 100%, los costos químicos suben en un 42.7%, superior al encontrado por Sarmiento (14.7%) y ante un incremento en un 100% en los niveles de oxígeno los costos de insumos químicos suben en un 35%.

Ahora bien, para valorar económicamente los cambios en calidad del agua, los resultados hallados de las elasticidades de cada variable ($SDT=0.43$, $O=0.35$) permiten realizar un análisis de escenarios ante distintas disminuciones en los niveles de contaminación, es decir disminuciones en el valor promedio de los parámetros de sólidos disueltos (901.0 mg/l) y oxígeno (87.51%), los cuales fueron calculados con los datos del periodo de investigación (2012-2016).

Se plantearon 4 escenarios: el primero supone que los promedios de los parámetros de contaminación disminuyen en 10%, el segundo en 30%, el 50% y por último en 70%. (Ver tabla N°19) El valor económico de estos cambios está dado por el ahorro económico derivado de las disminuciones en el gasto de insumos químicos para cada disminución en los niveles de porcentaje de saturación de oxígeno y los sólidos totales disueltos.

Para el cálculo del ahorro en costos se utilizó el costo promedio en los que incurre EMSA PUNO durante el periodo de la investigación, 2012-2016, $\overline{CTQ} = S/.121,315.00$, este costo promedio se multiplicó por el porcentaje en disminución correspondiente a cada escenario resultando así el ahorro total en costos. Se analizó los escenarios de disminución en los parámetros de sólidos disueltos y oxígeno por separado y se consideró el criterio de CETERIS PARIBUS en el resto de variables asumiendo así que sólo varían los sólidos disueltos y oxígeno en cada caso.

Tabla 19. Escenarios de evaluación del modelo de costos.

ESCENARIOS	%Sólidos Disueltos	Valor del parámetro	%Costos Insumos Químicos	Ahorro en costos (S/.)
1	-10%	810.99	-4.3 %	5,216.54
2	-30%	630.77	-12.9 %	15,649.63
3	-50%	450.55	-21.5%	26,082.72
4	-70%	270.33	-30.1	36,515.82
ESCENARIOS	%Oxígeno	Valor del Parámetro	%Costos Insumos Químicos	Ahorro en costos (S/.)
1	-10%	78.76	-3.5%	4,246.025
2	-30%	61.26	-10.5%	12,738.075
3	-50%	43.76	-17.5%	21,230.125
4	-70%	26.25	-24.5%	29,722.175

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del comportamiento de las variables dadas sus elasticidades frente a los costos de insumos químicos en los distintos escenarios denotan que existe un ahorro o beneficio económico debido a mejoras en los indicadores ambientales de Sólidos Totales Disueltos y Oxígeno. Evidentemente el mayor ahorro en costos se presenta en disminución de los parámetros en un 70%, para el caso de STD significan S/. 36,515.82 y para el Oxígeno S/. 29,722.175.

b) Prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua de baja calidad en las poblaciones de los barrios urbano marginales de Puno:

De acuerdo a la metodología de Box-Jenkins (Pérez, 2006), primeramente se analizó la estacionalidad de la serie de datos mensuales de casos reportados de EDAS en el distrito de Puno durante el periodo Enero 2013 y Octubre 2017. El gráfico de la serie muestra cierta estacionalidad con una tendencia poco apreciable (Ver gráfico 22). Mediante el test de raíz unitaria de Dickey Fuller se comprueba y se concluye que la serie es estacionaria (Ver Tabla 29 del Anexo).

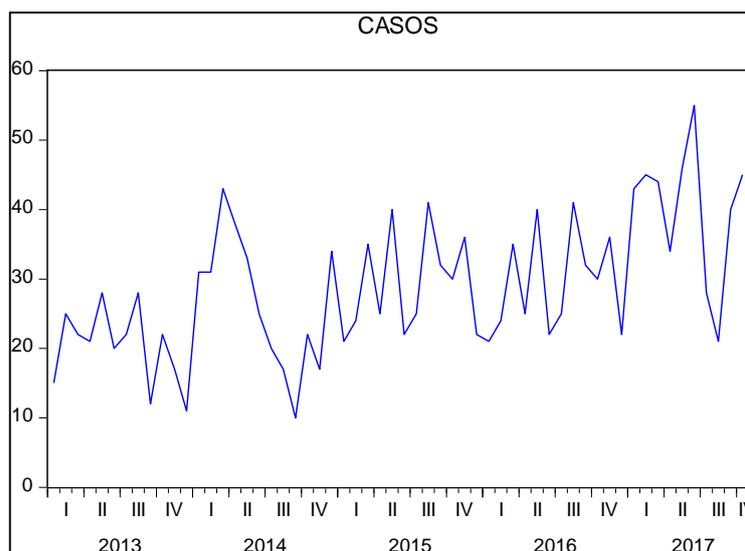


Gráfico 25. Casos reportados de Enfermedades Diarreicas Agudas (2013-2017)

Fuente: Elaboración Propia en base a MINSA (2013-2017) Registros de consulta externa de los Establecimientos de Salud en el distrito de Puno.

Seguidamente se estima el modelo ARMA, la prueba de autocorrelación demuestra que existe un comportamiento sinusoidal para la correlación parcial que permite AR 1 Y MA 1 (Ver Tabla 29 del Anexo). El modelo ARMA especificado es como sigue:

Tabla 20. Estimación del Modelo de Series de Tiempo ARIMA para las EDAS

Dependent Variable: EDAS				
Method: ARMA Maximum Likelihood (BFGS)				
Date: 11/29/17 Time: 23:54				
Sample: 2013M01 2017M10				
Included observations: 58				
Convergence achieved after 15 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	28.89982	2.965553	9.745170	0.0000
AR(1)	0.833864	0.134962	6.178531	0.0000
MA(1)	-0.557704	0.216368	-2.577575	0.0127
SIGMASQ	79.51760	22.35576	3.556917	0.0008
R-squared	0.183556	Mean dependent var		28.81034
Adjusted R-squared	0.138198	S.D. dependent var		9.955087
S.E. of regression	9.241633	Akaike info criterion		7.357130
Sum squared resid	4612.021	Schwarz criterion		7.499229
Log likelihood	-209.3568	Hannan-Quinn criter.		7.412481
F-statistic	4.046833	Durbin-Watson stat		1.901661
Prob(F-statistic)	0.011459			

Inverted AR Roots	.83
Inverted MA Roots	.56

Fuente: Elaboración Propia

La prueba de correlación parcial demuestra que el modelo ARMA (1) es suficiente con un retardo, pues se observa que tanto la función de autocorrelación, como la función de autocorrelación parcial no tienen retardos claramente significativos y además las probabilidades asociadas al estadístico Q son casi todas mayores que 0,05, lo que indica que los residuos del modelo estimado se comportan como ruido blanco.

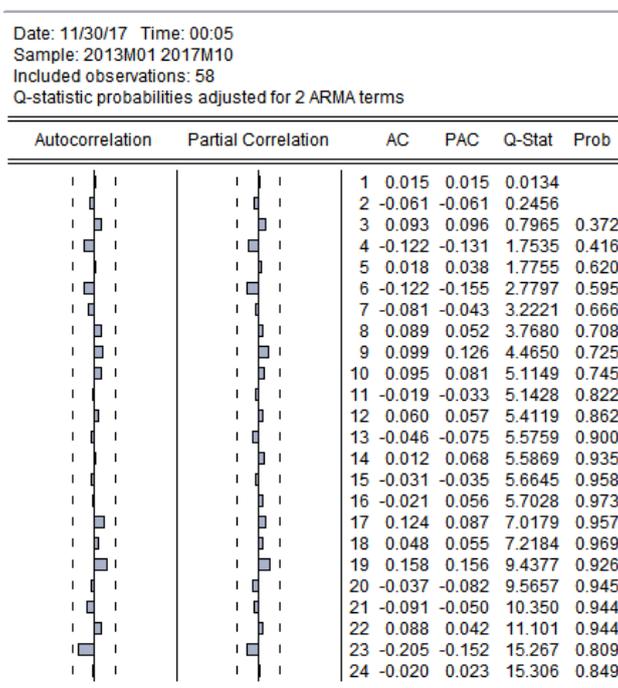


Gráfico 26. Autocorrelación y Autocorellación Parcial del modelo ARIMA

Fuente: Elaboración Propia

Así también se comprobó la normalidad en los residuos mediante el test de Jarque-Bera con una probabilidad de 20% mayor a 5% por lo que se concluye que el modelo presenta normalidad y es posible modelar la serie.

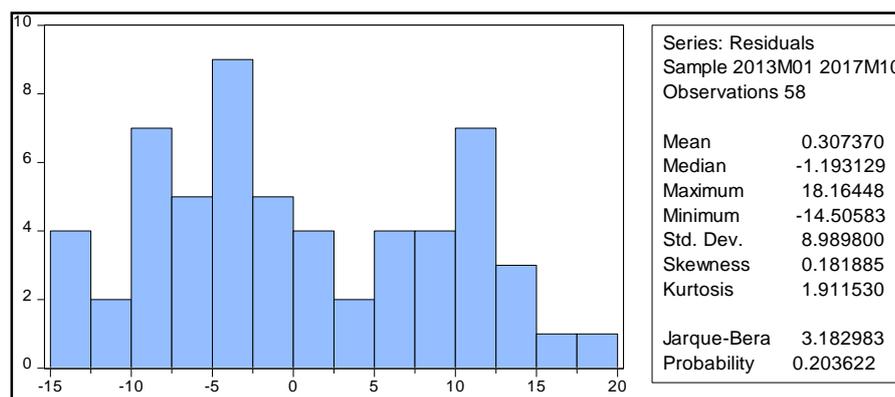


Gráfico 27. Test de Normalidad Jarque Bera

Fuente: Elaboración propia

Todos los componentes del modelo son significativos, el modelo explica en un 18% la serie y se especifica de la siguiente manera:

$$EDAS_T = 28.9 + 0.84 * EDAS_{T-1} + \varepsilon_T - 0.56 * \varepsilon_{T-1}$$

Donde:

$EDAS_T, EDAS_{T-1}$: Casos reportados de EDAS en el periodo “T” y “T-1”.

$\varepsilon_T, \varepsilon_{T-1}$: Ruido blanco en el periodo “T” y “T-1”

Del modelo se deduce que el incremento en 100% de los casos reportados de EDAS en el mes anterior resultan en un incremento del 84% en los casos del mes siguiente. La predicción del modelo para Octubre 2018 se aprecia en el gráfico 25, la predicción demuestra claramente la evolución de los casos reportados de EDAS en la ciudad de Puno con una tendencia decreciente.

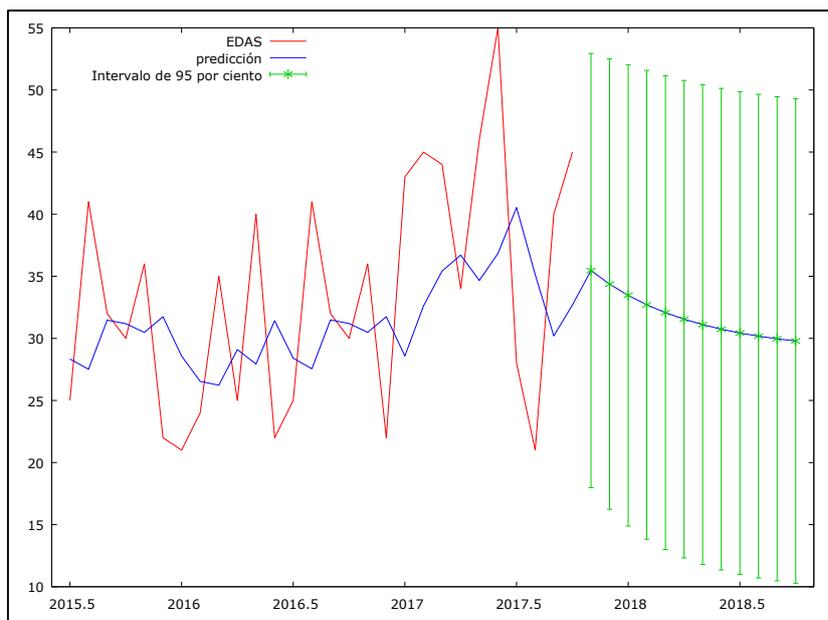


Gráfico 28. Proyección de EDAS

Fuente: Elaboración Propia.

El modelo ARIMA permite afirmar la hipótesis específica de la investigación pues la prevalencia de enfermedades gastrointestinales en los barrios urbanos marginales es evidente, sin embargo se proyecta que las EDAS irán disminuyendo en el tiempo.

CONCLUSIONES

El modelo de Costos Cobb Douglas planteado en la presente investigación permitió determinar cómo el cambio en la calidad del agua afecta los costos de producción de agua potable, específicamente aquellos incurridos en el uso de insumos químicos para el tratamiento del agua capturada del lago Titicaca en la ciudad de Puno. Los STD y el oxígeno son aquellas variables de calidad del agua e indicadores del nivel de contaminación cuyo comportamiento repercute significativamente sobre los costos de agua potable. El incremento del 100% en el nivel de STD significará un incremento del 42.7% en los costos. Si los niveles de oxígeno incrementan en un 100%, los costos lo hacen en un 35%, y si la producción de agua incrementa en 100% los costos lo harán en un 122.5%. Si bien es cierto, los insumos químicos son sólo una parte del total de costos en los que incurre EMSA PUNO para la producción de agua potable, sin embargo el ahorro en costos de insumos químicos resulta significativo cuando se toma en cuenta la disminución en los niveles de calidad ambiental en el agua. Así bajo el análisis de 4 escenarios se obtuvo que si en el peor de los casos, los niveles de STD disminuyen en un 10%, el ahorro en costos sería de S/.5,216.00 mensuales y en el mejor de los casos si los STD disminuyen en un 70% el ahorro sería S/.36,515.82 mensuales. Del mismo modo se analizó las disminuciones en el nivel de oxígeno, en el peor de los casos bajo una disminución de 10% el ahorro sería S/.4,246.025 mensuales y en el mejor de los casos, la disminución de un 70% resultaría en un ahorro de S/.29,722.175 mensuales. Estos resultados permiten comprender mejor el comportamiento de las variables de calidad del agua y plantear medidas de control, prevención y/o mejora de la misma que generen beneficios sociales. La presente

investigación permitió encontrar el valor de los beneficios a través el ahorro en costos para EMSA PUNO por el tratamiento de agua potable.

Determinar cómo los cambios en los indicadores físico-químicos y microbiológicos afectan la calidad del agua no fue posible mediante la generación de un índice de calidad global del agua que tomara en cuenta todos los parámetros, pues la información brindada por el PELT contenía ausencia de datos en periodos largos e interrumpidos. Por ello, analizar el efecto de todos parámetros en la calidad general del agua fue complicado. Las tendencias proyectadas con los datos faltantes de ciertas variables presentaron contradicciones como es el caso de la turbiedad y transparencia, que a pesar de ser variables relacionadas, demostraron tendencias divergentes en el tiempo. Sin embargo el análisis gráfico de la evolución de otros parámetros de calidad fue más claro, tal es el caso de la conductividad, temperatura y salinidad. Todos ellos con pendientes más pronunciadas que indicaban la presencia y el incremento de la contaminación en el tiempo aunque a niveles mínimos. A Noviembre del 2016 los niveles de temperatura, Sólidos Totales Disueltos, Potencial de Hidrógeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno demostraban sobrepasar las cantidades mínimas permitidas en los estándares de calidad (ECA) impuestos por el Ministerio del Ambiente del Perú.

La prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua de baja calidad, en este caso, las Enfermedades Diarreicas Agudas se analizaron mediante casos reportados en los centros de salud de zonas urbano marginales de Puno, en especial aquellas cercanas al lago, como fueron: Huerta Huaraya, El Puerto, Vallecito, Los Uros. Los casos reportados y el análisis de series de tiempo aplicado a los mismos demostró que existe una tendencia decreciente en la incidencia de estas enfermedades,

es decir los casos reportados seguirán disminuyendo en el tiempo. Esto puede atribuirse al incremento y mejora en el acceso a agua potable en la ciudad de Puno.

RECOMENDACIONES

La presente investigación permitió aplicar la metodología económica incorporando variables ambientales en un modelo de costos Cobb Douglas. Demostró que es posible tener resultados significativos que permitan evaluar los daños ambientales como es la contaminación del agua, respecto a los efectos en las variables económicas, muchas veces más fáciles de comprender por presentarse en términos monetarios. Tener una aproximación de valor derivado de los posibles ahorros en costos por evitar la contaminación, permite de manera sencilla, rápida y asequible para el público en general, visualizar una cantidad monetaria que sirva como punto de partida para comprender el valor agua, conservar el recurso y no permitir la degradación de los ecosistemas. La contaminación del agua genera disminución en los beneficios sociales y la mejora en la calidad, un ahorro económico.

Sin embargo, para facilitar la investigación y formulaciones de políticas urgentes, es necesaria información disponible que permita incorporar más variables ambientales a los modelos económicos. Información actualizada y frecuente hacen más fácil la estimación de modelos que reflejen correctamente la realidad y sirvan como instrumento de política ambiental y económica en miras a la conservación y el manejo sostenible de los ecosistemas y los recursos que se encuentran en ellos. Además, para continuar con la valoración de los ecosistemas es necesario tener en cuenta que hallar el valor correcto de los ecosistemas y de recursos como el agua implica valorar además de la calidad otros servicios ecosistémicos como recreación, culturales, etc. En este sentido, la investigación sobre el Lago Titicaca amerita mayor precisión y amplitud en su desarrollo, el lago posee valores uso y no uso que no pueden resumirse solamente a los beneficios por el acceso al agua potable. Hallar cada uno de los valores de los servicios ecosistémicos permitiría una visión más amplia del valor real del Lago

Titicaca. Tanto la investigación andina ambiental y la económica debería enfocarse en desarrollar metodologías específicas que se apliquen a nuestra realidad, tomando en cuenta los matices de cada ciencia involucrada.

Finalmente, en el caso de la bahía interior de Puno los indicadores de calidad del agua demuestran que es urgente el diseño e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir la propagación de la contaminación del agua. La inversión en este tipo de proyectos permitiría el ahorro en costos de tratamiento de agua potable mediante la disminución en los niveles de sólidos totales disueltos y de oxígeno. Por otro lado, mientras más se postergue estas inversiones los niveles de contaminación incrementarán y por lo tanto se usarán más recursos para descontaminar y tratar el agua, los desembolsos en costos serán mayores. Se recomienda a corto plazo la limpieza de la bahía y la laguna el espinar, a largo plazo la construcción de la planta o en su defecto invertir en nuevas captaciones de agua para asegurar la oferta de este recurso en el futuro.

REFERENCIAS

- Aguilar, A., Pérez, R., & Avila, S. (2010). Soluciones de la Teoría Económica para la Contaminación del Agua. En A. C. Aguilar, *Calidad del Agua: Un enfoque Multidisciplinario* (págs. 221-243). Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Económicas UNAM.
- Aguirre, M., Pouilly, M., & Lazzaro, X. (2014). *Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca*. Quito, Ecuador. Retrieved from <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-015.pdf>
- Ascencio Costa, A. L., & Pineda Arce Latorre, J. V. (2008). *Actualización y Modificación del Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Puno 2008-2012*. Puno. Retrieved from http://munipuno.gob.pe/descargas/transparencia/plan_puno/plan_puno_actualizacion_2011/PDU_PUNO_ACTUALIZACION.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos*. Lima . Retrieved from www.ana.gob.pe
- Azqueta, D., Alviar, M., Dominguez, L., & O’Ryan, R. (2007). *Introducción a la Economía Ambiental*.
- Callata, F. (2015). *Monitoreo de la Calidad del Agua de la Bahía Interior de Puno - Lago Titicaca*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cayo, N. (2014). *Valoración Económica Ambiental Según La Disponibilidad A Pagar Por El Turismo Rural Vivencial En La Isla Taquile 2013*. Comuni@cción, 5(2), 25–34.
- CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible una Oportunidad para América Latina y el Caribe*. Retrieved from <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>
- CIES. (2012). *La Investigación Económica y Social en el Perú 2007 – 2011*.
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., ... Woodwell, G. M. (1997). Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. Retrieved from <https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue2.pdf>
- EMSA PUNO S.A. (n.d.). *Memoria Anual 2016*. Puno.
- EMSA PUNO S.A. (2012). *Plan Maestro Optimizado EPS EMSAPUNO S.A. 2012-2042* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- EMSA PUNO S.A. (2017). *Plan Operativo Institucional 2017*.
- Freeman, M., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2014). *The Measurement of Environmental Resources*. (RFF Press, Ed.) (III). Mc Graw Hill.
- Galvez, N. (2013). *Valoración Económica de la Reserva Nacional del Titicaca Puno-Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Gómez-Baggethun, E., De Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2009). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69, 1209–1218.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- Grisales, H. (1999). Una Aplicación de los Modelos ARIMA en la Predicción de la Mortalidad por ataque con arma de fuego y explosivos para la ciudad de Medellín de 1997 al año 2000. *Salud Pública*, 16.
- Lattera, P., Jobbágy, E. G., Paruelo, J. M., Abdo, M., Achinelli, M. L., Alcaraz-Segura, D., ... Zamora, J. P. (2011). Servicios Ecosistémicos en Argentina. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 744.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lazzaro, X., & OBLT. (2016). *EL OBSERVATORIO BINACIONAL DEL LAGO TITICACA (OBLT)*. *Programas transversales etiquetados*. Retrieved from <http://borea.mnhn.fr/fr/OBLT>
- Lead, C., Aylward, B., Bandyopadhyay, J., Belausteguigotia, J.-C., Börkey, P., Cassar, A., ... Rijsberman, F. (n.d.). Freshwater Ecosystem Services. Retrieved from <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.312.aspx.pdf>
- Mejia, E., Rosales, F., Rojas, J. y Molina, C. (2014). Evaluacion de la calidad del agua. *Atlas de La Cuenca Lerma-Chapala*, 101–102.
- Millenium Ecosystem Assesment. (2005a). Ecosystem Conditions and Human Well-being. *World Reosurce Institute, EEUU*, 155. <https://doi.org/10.1079/PHN2003467>
- Millenium Ecosystem Assesment. (2005b). *Millenium Ecosystem Assesment: Estado Actual y Tendencias*.
- MINAM. DECRETO SUPREMO N°004-2017 (2017). Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2015). *Guía Nacional De Valoración Económica Del Patrimonio Natural*. Retrieved from <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per143842anx.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente - MINAM. (n.d.). Manual de valoración económica del patrimonio natural Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural Director General. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/MANUAL-VALORACIÓN-14-10-15-OK.pdf>

- Municipalidad Provincial de Puno. (2013). Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos del Distrito de Puno.
- Nicholson. (2005). *Teoría Microeconómica. Principios Básicos y Ejercicios*. (CENGAGE Learning, Ed.) (9th ed.). South Western. Retrieved from <http://latinoamerica.cengage.com>
- Organización Mundial de la Salud. (20AD). *Lucha Contra las Enfermedades Transmitidas por el Agua en los Hogares*. Suiza. Retrieved from http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2008). *Tratamiento de la diarrea: Manual Clínico para los Servicios de Salud*. Washigton D.C. Retrieved from <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/166083/1/9789275329276.pdf>
- Paco, J. (2008). Evaluacion de la contaminacion del lago titicaca, (185), 20.
- Panayotou, T. (1994). Fallas De Mercado y Degradación del Ambiente. *Ecología, Medio Ambiente Y Desarrollo: Debate Crecimiento vs. Desarrollo*, 57–84.
- Pérez Espejo, R., Ávila Foucat, S., & Aguilar Ibarra, A. (2010). *Introducción a las Economías de la Naturaleza*. (I. de I. E. UNAM, Ed.), *Problemas del Desarrollo* (Vol. 43). México: Breviarios de Investigaciones Económicas. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- PNUMA. (2011a). Perspectivas del Medio Ambiente en el Sistema Hídrico. Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa (TDPS), 187.
- PNUMA. (2011b). *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi*. Retrieved from <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>
- Postigo de la Motta, L. (2010). *Valor Económico y Gestión del Agua Potable y Alcantarillado en el Perú: El Caso de la Ciudad de Lima*. UNAM.
- Pouilly, M., Lazaro, X., & Aguirre, M. (2014). *Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca*. Quito, Ecuador. Retrieved from <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-015.pdf>
- Salas, F. (2014). *Beneficio Económico Del Proyecto De Recuperación, Regeneración Y Restauración De La Calidad De Agua De La Bahía Interior De Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Sarmiento, A., Marcelo, D., & Villa, J. (2005). *Propuesta Metodológica para la evaluación del impacto de la contaminación de las cuencas hídricas del país: Estudio de caso del río "la Vieja."* *Archivos de Economía*. Colombia.
- Sevilla, J. (2015). Rol de la Autoridad Nacional del Agua en el Marco del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. *Agua Y Más*, 1, 4–7.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS. (2013). *Estudio Tarifario: Determinacion De La Fórmula Tarifaria, Estructura Tarifaria Y Metas*

De Gestión Aplicable A La Empresa Municipal De Saneamiento Básico De Puno Sociedad Anónima EMSAPUNO S.A. (2013th ed.). Puno.

Tudela, J. (2012). Valoración económica de los beneficios ambientales de políticas de gestión en la Reserva Nacional del Titicaca. *Economía Y Sociedad*, 80(CIES), 30–37.

Zegarra Méndez, E. (2014). *Economía del Agua: Conceptos y Aplicaciones para una Mejor Gestión*. (GRADE, Ed.). Lima. Retrieved from <http://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/LIBROGRADEECONOMIAAGUA.pdf>

ANEXOS

TABLA 1. Estándares de Calidad de Aguas Superficiales para Consumo Humano

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃ -) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ -) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C _n - C _m)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xileno	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benz(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCPF)	mg/L	0,009	0,009	**
Organoclorados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDE)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Cadmato				
Alicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Móno choletas	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoos, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estados evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Fuente: (MINAM, 2017)

TABLA 2. Parámetros de Calidad de Agua en el punto Chimu.

	TURBIE DAD	TEMPER ATURA	CONDUC TIVIDAD	TRANSP AREN CIA	PH	SALINID AD	NITRAT OS	NITRITO S	FOSFAT OS	SULFAT OS	OXIGEN O	OXIGEN O DISUELTO	DBO	COLIFO RMES TOTALES	COLIFO RMES FECALES
ene-08	1.00	16.70	1500.00	4.00	8.75	0.07	1.00	0.00	0.15	400.20	-	9.59	12.00	280.00	100.00
feb-08	0.00	17.10	1480.00	4.80	8.44	0.07	1.10	0.00	1.02	266.40	74.00	7.12	14.23	280.00	100.00
mar-08	3.61	16.00	654.00	5.00	8.58	1.20	0.75	0.01	1.32	301.00	79.50	7.42	12.89	310.00	110.00
abr-08	1.22	15.90	649.00	3.10	8.16	1.20	0.90	0.01	0.22	142.20	72.40	6.92	39.40	2900.00	1100.00
may-08	0.41	15.80	638.00	3.00	8.64	1.20	1.50	0.00	0.22	366.00	95.00	8.94	30.00	2000.00	1400.00
jun-08	1.18	13.40	825.00	5.00	8.62	1.50	0.50	0.02	0.13	440.00	93.60	5.59	18.30	4300.00	2100.00
jul-08	5.17	11.50	820.00	2.50	8.51	1.50	0.75	0.04	0.25	397.00	94.00	6.01	27.00	900.00	700.00
ago-08	3.95	14.30	817.00	4.50	8.74	1.50	0.75	0.00	0.26	139.80	56.56	5.59	23.40	800.00	-
sep-08	2.15	14.90	826.00	2.80	8.83	1.50	4.40	0.00	0.35	279.50	56.60	5.42	26.00	2692.84	-
oct-08	1.69	17.10	873.00	2.10	8.94	1.60	7.70	0.00	0.27	324.50	95.40	8.30	45.60	550.00	-
nov-08	2.09	17.60	866.00	2.50	8.90	1.50	1.60	0.00	0.23	175.60	83.90	7.80	11.90	1100.00	-
dic-08	5.82	18.30	870.00	2.10	8.90	1.60	2.10	0.00	0.22	118.60	119.50	10.73	24.50	2629.02	-
ene-09	2.21	17.60	870.00	2.50	8.90	1.60	1.90	0.01	0.13	180.40	131.30	12.11	18.50	63.00	34.00
feb-09	1.38	18.30	847.00	3.50	8.84	1.50	1.60	0.01	0.18	165.60	74.60	6.81	32.70	3900.00	1600.00
mar-09	5.29	16.10	893.00	2.30	8.77	1.70	1.50	0.00	0.21	180.80	68.70	6.34	18.50	8.00	-
abr-09	1.24	17.00	896.00	3.00	8.75	1.60	3.10	0.00	0.02	164.80	66.40	5.88	9.50	24000.00	4300.00
may-09	1.91	12.90	803.00	3.50	9.20	1.50	2.70	0.00	0.07	194.80	85.00	5.25	8.20	9300.00	700.00
jun-09	0.55	13.50	834.00	6.90	8.81	1.50	1.10	0.00	0.23	181.20	98.60	5.83	10.00	2100.00	1100.00
jul-09	1.58	12.70	807.00	5.00	8.69	1.50	2.50	0.00	0.39	214.00	97.30	5.95	10.00	900.00	700.00
ago-09	1.85	13.30	821.00	6.50	9.17	1.50	3.70	0.00	0.06	204.80	90.10	5.42	6.50	1100.00	700.00
sep-09	0.43	14.70	923.00	3.90	8.70	1.60	1.90	0.00	0.17	196.40	74.00	4.35	6.30	2100.00	600.00
oct-09	1.22	17.50	982.00	4.50	8.68	1.60	1.60	0.00	0.19	180.80	87.80	4.97	6.10	2900.00	900.00
nov-09	2.39	16.70	998.00	3.00	8.81	1.70	1.40	0.00	0.26	181.20	116.90	6.57	8.30	2700.00	1500.00
dic-09	1.20	17.30	1036.00	3.60	8.79	1.80	1.20	0.00	0.21	176.00	61.20	5.58	7.90	2300.00	900.00
ene-10	0.33	20.60	1025.00	4.00	8.97	1.80	1.90	0.01	0.15	187.60	106.30	5.48	7.20	1500.00	1100.00
feb-10	2.56	16.30	1515.00	3.80	8.50	0.80	1.40	0.01	0.15	178.40	80.70	5.06	8.00	1100.00	900.00
mar-10	1.24	18.10	1014.00	3.20	8.68	0.80	2.26	-	-	-	75.10	4.51	6.30	1100.00	700.00
abr-10	2.42	15.50	1477.00	4.50	9.09	0.70	2.23	-	-	-	-	4.20	6.90	2000.00	1100.00

may-10	29	0.71	14.10	1479.00	4.70	9.19	0.80	1.00	0.01	0.40	120.60	76.20	5.00	6.50	2300.00	900.00
jun-10	30	0.69	13.80	1498.00	3.20	8.51	0.80	0.60	0.00	0.20	142.20	97.50	6.50	8.10	900.00	700.00
jul-10	31	1.04	12.30	1553.00	4.20	8.45	0.79	1.00	0.00	0.28	176.80	85.00	5.14	7.00	4300.00	900.00
ago-10	32	0.35	14.00	1561.00	3.80	8.44	0.80	0.50	0.00	0.42	149.60	93.40	5.90	10.70	900.00	300.00
sep-10	33	0.47	16.20	1524.00	2.50	5.30	0.80	1.20	0.00	0.68	185.60	85.00	5.30	13.10	6400.00	1400.00
oct-10	34	0.67	16.30	1532.00	2.35	8.91	0.80	1.60	0.00	0.89	169.20	97.80	6.10	10.28	1500.00	900.00
nov-10	35	0.98	17.00	1529.00	2.85	8.90	0.80	1.60	0.00	0.31	189.20	108.20	6.60	8.65	2000.00	1100.00
dic-10	36	0.27	15.50	1531.00	2.80	8.88	0.70	1.30	0.00	0.09	196.80	201.00	12.70	9.20	1500.00	700.00
ene-11	37	8.15	16.00	1520.00	3.80	8.67	0.70	1.40	0.01	0.10	202.00	98.30	6.10	-	2100.00	900.00
feb-11	38	2.56	16.30	1483.00	3.60	8.50	0.80	2.00	0.01	0.49	306.50	80.70	6.30	-	2000.00	900.00
mar-11	39	3.02	17.00	1489.00	3.70	8.73	0.70	1.40	0.01	0.23	390.00	96.90	5.90	-	2000.00	900.00
abr-11	40	2.42	14.80	1466.00	4.00	9.09	0.70	1.20	0.00	0.34	243.50	72.30	4.67	-	2000.00	700.00
may-11	41	1.04	13.70	1478.00	5.75	8.66	0.70	1.40	0.00	0.19	291.00	86.10	5.63	-	1500.00	700.00
jun-11	42	0.69	12.80	1562.00	4.50	8.51	0.80	1.00	0.00	0.15	318.50	87.40	5.73	-	2000.00	900.00
jul-11	43	1.04	13.30	1515.00	6.00	8.71	0.70	1.00	0.00	0.38	313.00	176.00	11.80	-	1500.00	900.00
ago-11	44	0.35	13.70	1533.00	3.00	8.44	0.80	1.20	0.00	0.22	289.00	93.40	11.80	-	2000.00	900.00
sep-11	45	0.49	16.00	1551.00	3.10	9.06	0.70	2.00	0.07	0.20	293.50	98.50	6.06	-	1500.00	900.00
oct-11	46	0.67	16.30	1529.00	3.00	8.91	0.80	1.00	0.00	0.27	310.50	97.80	6.40	-	1100.00	700.00
nov-11	47	0.71	16.60	1507.00	4.10	9.10	0.70	0.30	0.01	0.40	300.00	180.50	10.80	-	900.00	400.00
dic-11	48	0.27	15.50	1511.00	3.40	8.88	0.70	0.20	0.00	0.21	322.50	201.00	6.50	-	1500.00	900.00
ene-12	49	1.46	16.10	1911.00	4.40	8.70	0.80	2.10	0.01	0.23	188.80	79.60	6.70	10.40	185.00	46.25
feb-12	50	2.56	15.74	1871.00	4.30	8.79	0.80	1.50	0.01	0.23	179.60	80.70	6.50	7.30	1435.00	358.75
mar-12	51	1.99	15.30	1858.00	4.00	8.70	0.80	0.50	0.01	0.36	177.80	67.50	6.70	7.90	565.00	141.25
abr-12	52	2.42	17.00	1863.00	5.30	8.80	0.70	0.50	0.01	0.37	171.00	105.00	6.80	7.50	1035.00	258.75
may-12	53	0.27	15.00	1527.00	5.50	8.50	0.80	1.50	0.01	0.48	121.80	91.10	6.50	9.10	1035.00	258.75
jun-12	54	0.69	13.80	1535.00	3.80	8.30	0.80	0.70	0.00	0.28	143.40	102.00	7.30	8.00	635.00	158.75
jul-12	55	1.04	12.30	1532.00	4.80	9.00	0.80	1.10	0.01	0.36	178.00	85.00	7.00	8.00	435.00	108.75
ago-12	56	0.35	14.00	1534.00	4.40	8.50	0.80	0.60	0.00	0.50	150.80	96.00	6.50	10.00	335.00	83.75
sep-12	57	0.47	15.00	1550.00	3.10	8.30	0.80	1.40	0.01	0.76	186.80	88.00	6.30	9.00	435.00	108.75
oct-12	58	0.67	17.10	1572.00	2.95	8.00	0.80	2.20	0.01	0.97	171.20	97.80	6.00	10.00	75.00	18.75
nov-12	59	0.98	16.20	1936.00	3.45	8.20	0.80	1.70	0.01	0.39	190.40	95.00	6.20	10.20	125.00	31.25
dic-12	60	1.20	15.50	1896.00	3.40	8.50	0.70	1.40	0.01	0.17	198.00	96.00	6.50	6.00	115.00	28.75
ene-13	61	1.51	15.96	1500.00	2.80	8.50	0.07	-	-	-	-	81.00	-	7.00	-	-
feb-13	62	1.50	15.96	1480.00	4.00	8.17	0.05	-	-	-	-	72.30	-	8.37	-	-

TABLA 3. Gastos en Insumos Químicos

		CLORO (K)	HPH (K)	POLICLORURO DE ALUMINIO	SULFATO DE COBRE	GASTO TOTAL
1	ene-07	S/ 5,791.52	S/ 1,447.10	-	-	S/ 7,238.62
2	feb-07	S/ 5,035.90	S/ 1,340.20	-	-	S/ 6,376.10
3	mar-07	S/ 5,627.26	S/ 1,414.51	-	-	S/ 7,041.76
4	abr-07	S/ 5,566.24	S/ 1,401.73	-	-	S/ 6,967.97
5	may-07	S/ 5,791.52	S/ 1,447.10	-	-	S/ 7,238.62
6	jun-07	S/ 4,890.41	S/ 2,027.50	-	-	S/ 6,917.91
7	jul-07	S/ 5,674.19	S/ 614.30	-	-	S/ 6,288.49
8	ago-07	S/ 5,387.90	S/ 614.30	-	-	S/ 6,002.20
9	sep-07	S/ 5,172.01	S/ 596.57	-	-	S/ 5,768.58
10	oct-07	S/ 5,162.62	S/ 614.30	-	-	S/ 5,776.92
11	nov-07	S/ 5,495.84	S/ 596.57	-	-	S/ 6,092.41
12	dic-07	S/ 6,026.18	S/ 614.30	-	-	S/ 6,640.48
13	ene-08	S/ 6,047.69	S/ 652.04	-	-	S/ 6,699.73
14	feb-08	S/ 5,723.88	S/ 624.36	-	-	S/ 6,348.25
15	mar-08	S/ 5,803.59	S/ 678.05	-	-	S/ 6,481.64
16	abr-08	S/ 5,778.68	S/ 689.12	-	-	S/ 6,467.80
17	may-08	S/ 6,241.97	S/ 723.22	-	-	S/ 6,965.19
18	jun-08	S/ 5,987.91	S/ 821.97	-	-	S/ 6,809.88
19	jul-08	S/ 5,559.49	S/ 857.95	-	-	S/ 6,417.43
20	ago-08	S/ 6,227.03	S/ 592.26	-	-	S/ 6,819.29
21	sep-08	S/ 5,808.57	S/ 750.01	-	-	S/ 6,558.58
22	oct-08	S/ 6,351.57	S/ 750.01	-	-	S/ 7,101.58
23	nov-08	S/ 6,142.34	S/ 701.85	-	-	S/ 6,844.19
24	dic-08	S/ 6,241.97	S/ 725.10	-	-	S/ 6,967.07
25	ene-09	-	-	-	-	-
26	feb-09	-	-	-	-	-
27	mar-09	-	-	-	-	-
28	abr-09	-	-	-	-	-
29	may-09	-	-	-	-	-
30	jun-09	-	-	-	-	-
31	jul-09	-	-	-	-	-
32	ago-09	-	-	-	-	-
33	sep-09	-	-	-	-	-
34	oct-09	-	-	-	-	-
35	nov-09	-	-	-	-	-
36	dic-09	-	-	-	-	-
37	ene-10	S/ 6,462.87	S/ 1,364.56	-	-	S/ 7,827.42
38	feb-10	S/ 6,462.87	S/ 709.00	-	-	S/ 7,171.87
39	mar-10	S/ 7,020.55	S/ 785.39	-	-	S/ 7,805.94
40	abr-10	S/ 6,077.18	S/ 1,754.70	-	-	S/ 7,831.88
41	may-10	S/ 5,920.82	S/ 2,084.80	-	-	S/ 8,005.62
42	jun-10	S/ 6,462.87	S/ 785.39	-	-	S/ 7,248.26
43	jul-10	S/ 6,890.25	S/ 1,364.56	-	-	S/ 8,254.81
44	ago-10	S/ 6,963.22	S/ 785.39	-	-	S/ 7,748.61
45	sep-10	S/ 6,202.27	S/ 785.39	-	-	S/ 6,987.66
46	oct-10	S/ 6,780.80	S/ 785.39	-	-	S/ 7,566.19
47	nov-10	S/ 7,077.88	S/ 785.39	-	-	S/ 7,863.27
48	dic-10	-	-	-	-	-
49	ene-11	-	-	-	-	-
50	feb-11	-	-	-	-	-
51	mar-11	-	-	-	-	-
52	abr-11	-	-	-	-	-
53	may-11	-	-	-	-	-

54	jun-11	-	-	-	-	-	-
55	jul-11	-	-	-	-	-	-
56	ago-11	-	-	-	-	-	-
57	sep-11	-	-	-	-	-	-
58	oct-11	-	-	-	-	-	-
59	nov-11	-	-	-	-	-	-
60	dic-11	-	-	-	-	-	-
61	ene-12	S/ 7,496.24	S/ 810.21	-	-	S/ 8,306.45	
62	feb-12	S/ 6,953.19	S/ 771.33	-	-	S/ 7,724.53	
63	mar-12	S/ 7,904.92	S/ 1,370.05	-	-	S/ 9,274.97	
64	abr-12	S/ 7,261.10	S/ 746.45	-	-	S/ 8,007.56	
65	may-12	S/ 7,501.84	S/ 810.21	-	-	S/ 8,312.05	
66	jun-12	S/ 7,272.30	S/ 746.45	-	-	S/ 8,018.75	
67	jul-12	S/ 7,244.31	S/ 1,306.29	-	-	S/ 8,550.60	
68	ago-12	S/ 7,736.97	S/ 810.21	-	-	S/ 8,547.18	
69	sep-12	S/ 7,401.06	S/ 810.21	-	-	S/ 8,211.27	
70	oct-12	S/ 8,873.44	S/ 810.21	-	-	S/ 9,683.65	
71	nov-12	S/ 8,229.62	S/ 777.55	-	-	S/ 9,007.18	
72	dic-12	S/ 8,050.48	S/ 1,929.89	-	-	S/ 9,980.36	
73	ene-13	S/ 9,912.96	S/ 1,952.00	-	-	S/ 11,864.96	
74	feb-13	S/ 9,878.40	S/ 1,081.60	-	-	S/ 10,960.00	
75	mar-13	S/ 10,638.72	S/ 833.60	-	-	S/ 11,472.32	
76	abr-13	S/ 11,376.00	S/ 1,120.00	-	-	S/ 12,496.00	
77	may-13	S/ 11,226.24	S/ 1,121.60	-	-	S/ 12,347.84	
78	jun-13	S/ 11,347.20	S/ 972.80	-	-	S/ 12,320.00	
79	jul-13	S/ 9,953.28	S/ 1,856.00	-	-	S/ 11,809.28	
80	ago-13	S/ 9,175.68	S/ 1,120.00	-	-	S/ 10,295.68	
81	sep-13	S/ 9,066.24	S/ 1,120.00	-	-	S/ 10,186.24	
82	oct-13	S/ 9,267.84	S/ 288.00	-	-	S/ 9,555.84	
83	nov-13	S/ 8,444.16	S/ 678.40	-	-	S/ 9,122.56	
84	dic-13	S/ 11,064.96	S/ 576.00	-	-	S/ 11,640.96	
85	ene-14	S/ 11,763.10	S/ 462.54	S/ 2,257.99	S/ 423.31	S/ 14,906.94	
86	feb-14	S/ 10,633.18	S/ 330.39	S/ 1,881.66	S/ 634.96	S/ 13,480.19	
87	mar-14	S/ 11,911.78	S/ 165.19	S/ 1,881.66	S/ 634.96	S/ 14,593.59	
88	abr-14	S/ 12,363.75	S/ 396.46	S/ 717.82	S/ 423.31	S/ 13,901.34	
89	may-14	S/ 13,142.80	S/ 892.05	S/ 614.67	S/ 1,269.93	S/ 15,919.44	
90	jun-14	S/ 10,573.71	S/ 396.46	S/ 426.51	S/ 423.31	S/ 11,819.99	
91	jul-14	S/ 9,527.04	S/ 396.46	S/ 213.25	S/ 634.96	S/ 10,771.72	
92	ago-14	S/ 9,146.44	S/ 396.46	S/ -	S/ 846.62	S/ 10,389.52	
93	sep-14	S/ 10,371.51	S/ 1,189.39	S/ 451.60	S/ 1,693.23	S/ 13,705.74	
94	oct-14	S/ 10,936.47	S/ 396.46	S/ 827.93	S/ 846.62	S/ 13,007.48	
95	nov-14	-	-	-	-	-	
96	dic-14	-	-	-	-	-	
97	ene-15	-	-	-	-	-	
98	feb-15	-	-	-	-	-	
99	mar-15	-	-	-	-	-	
100	abr-15	-	-	-	-	-	
101	may-15	-	-	-	-	-	
102	jun-15	-	-	-	-	-	
103	jul-15	-	-	-	-	-	
104	ago-15	-	-	-	-	-	
105	sep-15	-	-	-	-	-	
106	oct-15	-	-	-	-	-	
107	nov-15	-	-	-	-	-	
108	dic-15	-	-	-	-	-	
109	ene-16	S/ 13,059.48	S/ 212.04	S/ 1,127.12	S/ -	S/ 14,398.64	

110	feb-16	S/	11,494.63	S/	318.06	S/	966.10	S/	-	S/	12,778.79
111	mar-16	S/	12,696.89	S/	8,622.92	S/	1,127.12	S/	452.79	S/	22,899.72
112	abr-16	S/	11,513.72	S/	318.06	S/	966.10	S/	-	S/	12,797.88
113	may-16	S/	11,341.96	S/	-	S/	966.10	S/	-	S/	12,308.07
114	jun-16	S/	9,643.53	S/	-	S/	966.10	S/	-	S/	10,609.64
115	jul-16	S/	8,816.58	S/	-	S/	966.10	S/	-	S/	9,782.68
116	ago-16	S/	9,688.06	S/	-	S/	966.10	S/	452.79	S/	11,106.96
117	sep-16	S/	10,616.79	S/	-	S/	966.10	S/	452.79	S/	12,035.69
118	oct-16	S/	10,044.29	S/	-	S/	966.10	S/	452.79	S/	11,463.18
119	nov-16	S/	10,953.93	S/	-	S/	966.10	S/	905.58	S/	12,825.62
120	dic-16	S/	9,726.23	S/	-	S/	966.10	S/	905.58	S/	11,597.91
121	ene-17	S/	10,804.85	S/	3,301.12	S/	987.36	S/	-	S/	15,093.33
122	feb-17	S/	9,933.70	S/	325.06	S/	987.36	S/	1,851.01	S/	13,097.13
123	mar-17	S/	6,540.12	S/	9,339.94	S/	1,359.14	S/	1,156.88	S/	18,396.08
124	abr-17	S/	11,767.02	S/	325.06	S/	987.36	S/	-	S/	13,079.43
125	may-17	S/	12,163.59	S/	-	S/	987.36	S/	-	S/	13,150.94
126	jun-17	S/	9,940.20	S/	975.17	S/	987.36	S/	-	S/	11,902.73
127	jul-17	S/	12,657.67	S/	-	S/	987.36	S/	-	S/	13,645.03

Fuente: (EMSA PUNO S.A., 2007-2017)

TABLA 4. Producción de Agua Potable por año (m3)

PERIODO	Producción de Agua Potable en la Planta Chimú M3
ene-07	397093
feb-07	385635
mar-07	395454
abr-07	389690
may-07	403308
jun-07	387540
jul-07	398649
ago-07	408412
sep-07	384334
oct-07	399572
nov-07	379796
dic-07	390818
ene-08	385310
feb-08	368138
mar-08	388655
abr-08	388795
may-08	410411
jun-08	397285
jul-08	414058
ago-08	441884
sep-08	422000
oct-08	483505
nov-08	443709
dic-08	450733
ene-09	435013
feb-09	412207
mar-09	452124
abr-09	440718
may-09	454653
jun-09	452445
jul-09	486084
ago-09	467032
sep-09	471199
oct-09	456641
nov-09	414246
dic-09	431639
ene-10	428193
feb-10	396146
mar-10	446507
abr-10	421899
may-10	433747

jun-10	411186
jul-10	413014
ago-10	441588
sep-10	413502
oct-10	424290
nov-10	408341
dic-10	409995
ene-11	413233
feb-11	365622
mar-11	404973
abr-11	402295
may-11	431393
jun-11	415033
jul-11	436593
ago-11	423329
sep-11	424006
oct-11	466619
nov-11	453467
dic-11	459264
ene-12	443388
feb-12	403045
mar-12	447523
abr-12	413189
may-12	424912
jun-12	434172
jul-12	442824
ago-12	447349
sep-12	-
oct-12	-
nov-12	-
dic-12	-
ene-13	532236
feb-13	520062
mar-13	573489
abr-13	557571
may-13	581010
jun-13	560139
jul-13	567394
ago-13	588320
sep-13	550752
oct-13	590843
nov-13	578877
dic-13	580127
ene-14	583067
feb-14	533501

mar-14	602967
abr-14	581524
may-14	613966
jun-14	597123
jul-14	618810
ago-14	626233
sep-14	603568
oct-14	620813
nov-14	-
dic-14	-
ene-15	618308
feb-15	558053
mar-15	588528
abr-15	584896
may-15	611214
jun-15	599431
jul-15	619823
ago-15	616689
sep-15	597339
oct-15	610242
nov-15	598781
dic-15	620902
ene-16	-
feb-16	-
mar-16	-
abr-16	-
may-16	-
jun-16	-
jul-16	-
ago-16	-
sep-16	-
oct-16	-
nov-16	-
dic-16	-
ene-17	614339
feb-17	561291
mar-17	593864
abr-17	594726
may-17	621455
jun-17	598232
jul-17	631227

Fuente: (EMSA PUNO S.A., 2007-2017)

TABLA 5. Casos De Enfermedades Diarreicas al Año 2013

ESTABLECIMIENTO DE SALUD	CATEGORIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
I-1 - 00003258 - HUERTA HUARAYA	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	3	2	1	-	-	-	2	1	1	1	2	1	14
	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	5
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
I-2 - 00003263 - PUERTO PUNO	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	2	5	5	9	14	9	15	13	5	5	4	3	89
	A01 - FIEBRES TIFOIDEA Y PARATIFOIDEA	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	3
	A03 - SHIGELOSIS	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
I-3 - 00003255 - VALLECITO	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	1	1	2	6	2	2	-	-	1	5	4	6	30
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
	A06 - AMEBIASIS	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	4	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	8
	A08 - INFECCIONES INTESTINALES DEBIDAS A VIRUS Y OTROS ORGANISMOS ESPECIFICA	-	2	8	4	5	8	4	12	5	4	1	-	53
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	3	11	3	1	4	1	-	1	-	2	5	-	31
TOTAL		15	25	22	21	28	20	22	28	12	22	17	11	243

Fuente: (MINSA, 2013-2017)

TABLA 6. Casos De Enfermedades Diarreicas al Año 2014

ESTABLECIMIENTO DE SALUD	CATEGORIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
I-1 - 00003261 - LOS UROS	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
I-2 - 00003263 - PUERTO PUNO	A06 - AMEBIASIS	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	4
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	10	10	5	3	7	4	2	4	2	3	1	8	59
	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	8	-	-	3	-	7	-	-	-	-	-	-	18
I-3 - 00003255 - VALLECITO	A06 - AMEBIASIS	2	4	19	15	15	1	1	-	-	1	-	-	58
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	-	3	7
	A08 - INFECCIONES INTESTINALES DEBIDAS A VIRUS Y OTROS ORGANISMOS ESPECIFICA	-	-	1	3	2	1	3	-	-	-	-	-	10
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	-	10	1	-	1	4	4	8	5	13	9	13	68
	Total general		22	25	28	25	26	17	10	14	9	19	11	24

Fuente: (MINSA, 2013-2017)

TABLA 7. Casos De Enfermedades Diarreicas al Año 2015

ESTABLECIMIENTO DE SALUD	CATEGORIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
I-1 - 00003258 - HUERTA HUARAYA	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	1	1	-	-	3	-	2	2	-	1	1	12
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
I-2 - 00003263 - PUERTO PUNO	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	2	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	6
	A06 - AMEBIASIS	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
I-3 - 00003255 - VALLECITO	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	5	4	12	7	12	3	11	13	15	13	16	7
	A03 - SHIGELOSIS	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	3
	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Total general	A06 - AMEBIASIS	-	6	7	6	-	1	2	2	2	2	3	31
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2
	A08 - INFECCIONES INTESTINALES DEBIDAS A VIRUS Y OTROS ORGANISMOS ESPECIFICA	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	8
	A09 - OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO Y NO ESPECIFICADO	10	3	11	12	23	16	10	24	14	13	15	14
Total general		21	24	35	25	40	22	25	41	32	30	36	22

Fuente: (MINSA, 2013-2017)

TABLA 8. Casos De Enfermedades Diarreicas al Año 2016

ESTABLECIMIENTO DE SALUD	CATEGORIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
I-1 - 00003258 - HUERTA HUARAYA	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
I-2 - 00003263 - PUERTO PUNO	A01 - FIEBRES TIFOIDEA Y PARATIFOIDEA	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
I-3 - 00003255 - VALLECITO	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	A03 - SHIGELOSIS	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	-	11	2	1	-	-
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	A06 - AMEBIASIS	4	1	3	1	1	1	1	3	1	1	-	-
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
	A08 - INFECCIONES INTESTINALES DEBIDAS A VIRUS Y OTROS ORGANISMOS ESPECIFICA	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
Total general		4	1	3	1	3	1	2	23	4	2	-	4

Fuente: (MINSA, 2013-2017)

TABLA 9. Casos De Enfermedades Diarreicas al Año 2017

EESS	CATEGORIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
I-1 - 00003258 - HUERTA HUARAYA	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
I-2 - 00003263 - PUERTO PUNO	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
I-3 - 00003255 - VALLECITO	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	-	1	9	1	-	3	2	1
	A05 - OTRAS INTOXICACIONES ALIMENTARIAS BACTERIANAS	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
	A06 - AMEBIASIS	2	9	4	7	1	2	2	1	7	2
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	-	1	2	1	4	3	-	1	-	-
	A08 - INFECCIONES INTESTINALES DEBIDAS A VIRUS Y OTROS ORGANISMOS ESPECIFICA	-	-	-	-	2	-	-	-	-	6
SD - 00024337 - PIAS LAGO TITICACA	A04 - OTRAS INFECCIONES INTESTINALES BACTERIANAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	A06 - AMEBIASIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	A07 - OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Total general		2	12	7	10	18	6	3	5	10	20

Fuente: (MINSA, 2013-2017)

TABLA 10. Estimación Econométrica por MCO del Gasto en Insumos Químicos

Dependent Variable: GASTO
Method: Least Squares
Date: 11/25/17 Time: 18:26
Sample: 2012M01 2014M08
Included observations: 32

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8169.808	580.4045	14.07606	0.0000
OBS	153.0692	29.95200	5.110484	0.0000
R-squared	0.465403	Mean dependent var		10733.72
Adjusted R-squared	0.447583	S.D. dependent var		2221.193
S.E. of regression	1650.896	Akaike info criterion		17.71649
Sum squared resid	81763707	Schwarz criterion		17.80809
Log likelihood	-281.4638	Hannan-Quinn criter.		17.74685
F-statistic	26.11704	Durbin-Watson stat		0.772157
Prob(F-statistic)	0.000017			

TABLA 11. Estimación Econométrica por MCO de la Turbiedad

Dependent Variable: TURB
Method: Least Squares
Date: 11/25/17 Time: 13:12
Sample: 1 78
Included observations: 78

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.188285	0.456983	4.788550	0.0000
OBS	-0.012105	0.010051	-1.204308	0.2322
R-squared	0.018726	Mean dependent var		1.710154
Adjusted R-squared	0.005815	S.D. dependent var		2.004444
S.E. of regression	1.998608	Akaike info criterion		4.248086
Sum squared resid	303.5770	Schwarz criterion		4.308514
Log likelihood	-163.6753	Hannan-Quinn criter.		4.272276
F-statistic	1.450358	Durbin-Watson stat		1.905186
Prob(F-statistic)	0.232208			

TABLA 12. Estimación Econométrica por MCO de la Temperatura

Dependent Variable: TEMPERATURA
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 13:37
 Sample: 1 72
 Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.96047	0.409872	38.94015	0.0000
OBS	-0.015372	0.009758	-1.575306	0.1197
R-squared	0.034237	Mean dependent var		15.39938
Adjusted R-squared	0.020441	S.D. dependent var		1.738718
S.E. of regression	1.720856	Akaike info criterion		3.950905
Sum squared resid	207.2942	Schwarz criterion		4.014146
Log likelihood	-140.2326	Hannan-Quinn criter.		3.976082
F-statistic	2.481588	Durbin-Watson stat		0.794514
Prob(F-statistic)	0.119695			

TABLA 13. Estimación Econométrica por MCO de la Conductividad

Dependent Variable: CONDUCTIVIDAD
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 13:40
 Sample: 1 72
 Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	856.1295	55.55400	15.41076	0.0000
OBS	12.88610	1.322652	9.742625	0.0000
R-squared	0.575549	Mean dependent var		1326.472
Adjusted R-squared	0.569485	S.D. dependent var		355.4820
S.E. of regression	233.2447	Akaike info criterion		13.76944
Sum squared resid	3808217.	Schwarz criterion		13.83268
Log likelihood	-493.6998	Hannan-Quinn criter.		13.79461
F-statistic	94.91875	Durbin-Watson stat		0.543823
Prob(F-statistic)	0.000000			

TABLA 14. Estimación Econométrica por MCO de la Transparencia

Dependent Variable: TRANSPARENCIA
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 13:43
 Sample: 1 72
 Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.701017	0.279984	13.21868	0.0000
OBS	0.002560	0.006666	0.383988	0.7022
R-squared	0.002102	Mean dependent var		3.794444
Adjusted R-squared	-0.012154	S.D. dependent var		1.168439
S.E. of regression	1.175518	Akaike info criterion		3.188680
Sum squared resid	96.72903	Schwarz criterion		3.251921
Log likelihood	-112.7925	Hannan-Quinn criter.		3.213856
F-statistic	0.147447	Durbin-Watson stat		1.408279
Prob(F-statistic)	0.702151			

TABLA 15. Estimación Econométrica por MCO del PH

Dependent Variable: PH
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 13:45
 Sample: 1 72
 Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.723208	0.117599	74.17743	0.0000
OBS	-0.001899	0.002800	-0.678307	0.4998
R-squared	0.006530	Mean dependent var		8.653889
Adjusted R-squared	-0.007662	S.D. dependent var		0.491862
S.E. of regression	0.493743	Akaike info criterion		1.453781
Sum squared resid	17.06475	Schwarz criterion		1.517022
Log likelihood	-50.33613	Hannan-Quinn criter.		1.478958
F-statistic	0.460100	Durbin-Watson stat		1.769147
Prob(F-statistic)	0.499813			

TABLA 16. Estimación Econométrica por MCO de la Salinidad

Dependent Variable: SALINIDAD
Method: Least Squares
Date: 11/25/17 Time: 13:47
Sample: 1 72
Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.554577	0.086564	17.95869	0.0000
OBS	-0.018636	0.002061	-9.042270	0.0000
R-squared	0.538753	Mean dependent var		0.874375
Adjusted R-squared	0.532164	S.D. dependent var		0.531358
S.E. of regression	0.363441	Akaike info criterion		0.840986
Sum squared resid	9.246262	Schwarz criterion		0.904227
Log likelihood	-28.27549	Hannan-Quinn criter.		0.866162
F-statistic	81.76265	Durbin-Watson stat		0.332489
Prob(F-statistic)	0.000000			

TABLA 17. Estimación Econométrica por MCO de Nitratos

Dependent Variable: NITRATOS
Method: Least Squares
Date: 11/25/17 Time: 13:50
Sample: 1 72
Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.000221	0.240295	8.324012	0.0000
OBS	-0.014242	0.005721	-2.489364	0.0152
R-squared	0.081328	Mean dependent var		1.480397
Adjusted R-squared	0.068204	S.D. dependent var		1.045157
S.E. of regression	1.008885	Akaike info criterion		2.882954
Sum squared resid	71.24947	Schwarz criterion		2.946195
Log likelihood	-101.7863	Hannan-Quinn criter.		2.908130
F-statistic	6.196932	Durbin-Watson stat		1.349563
Prob(F-statistic)	0.015177			

TABLA 18. Estimación Econométrica por MCO de Nitritos

Dependent Variable: NITRITOS
Method: Least Squares
Date: 11/25/17 Time: 13:52
Sample: 1 72
Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.005636	0.002137	2.636608	0.0103
OBS	1.43E-05	5.09E-05	0.280886	0.7796
R-squared	0.001126	Mean dependent var		0.006157
Adjusted R-squared	-0.013144	S.D. dependent var		0.008916
S.E. of regression	0.008974	Akaike info criterion		-6.561576
Sum squared resid	0.005637	Schwarz criterion		-6.498335
Log likelihood	238.2167	Hannan-Quinn criter.		-6.536400
F-statistic	0.078897	Durbin-Watson stat		1.914438
Prob(F-statistic)	0.779627			

TABLA 19. Estimación Econométrica por MCO de Fosfatos

Dependent Variable: FOSFATOS
Method: Least Squares
Date: 11/25/17 Time: 13:54
Sample: 1 72
Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.141303	0.073125	1.932354	0.0574
OBS	0.007193	0.001741	4.131328	0.0001
R-squared	0.196030	Mean dependent var		0.403831
Adjusted R-squared	0.184544	S.D. dependent var		0.339985
S.E. of regression	0.307015	Akaike info criterion		0.503547
Sum squared resid	6.598093	Schwarz criterion		0.566788
Log likelihood	-16.12770	Hannan-Quinn criter.		0.528724
F-statistic	17.06787	Durbin-Watson stat		0.901102
Prob(F-statistic)	0.000098			

TABLA 20. Estimación Econométrica por MCO de Sulfatos

ependent Variable: SULFATOS
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 14:12
 Sample: 1 72
 Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	126.9494	38.00948	3.339940	0.0013
OBS	4.450073	0.904945	4.917507	0.0000
R-squared	0.256757	Mean dependent var		289.3771
Adjusted R-squared	0.246139	S.D. dependent var		183.7989
S.E. of regression	159.5837	Akaike info criterion		13.01040
Sum squared resid	1782686.	Schwarz criterion		13.07364
Log likelihood	-466.3743	Hannan-Quinn criter.		13.03557
F-statistic	24.18187	Durbin-Watson stat		0.267868
Prob(F-statistic)	0.000006			

TABLA 21. Estimación Econométrica por MCO de Oxígeno

Dependent Variable: OXIGENO
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 14:15
 Sample: 1 72
 Included observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	88.47622	6.513604	13.58330	0.0000
OBS	0.121356	0.155078	0.782543	0.4365
R-squared	0.008672	Mean dependent var		92.90569
Adjusted R-squared	-0.005490	S.D. dependent var		27.27275
S.E. of regression	27.34751	Akaike info criterion		9.482513
Sum squared resid	52352.03	Schwarz criterion		9.545753
Log likelihood	-339.3705	Hannan-Quinn criter.		9.507689
F-statistic	0.612373	Durbin-Watson stat		1.484074
Prob(F-statistic)	0.436535			

TABLA 22. Estimación Econométrica por MCO de Oxígeno Disuelto

Dependent Variable: OXIGENO_DISUELTO
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 14:26
 Sample: 1 60
 Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.814147	0.510668	13.34359	0.0000
OBS	-0.002830	0.014560	-0.194367	0.8466
R-squared	0.000651	Mean dependent var		6.727833
Adjusted R-squared	-0.016579	S.D. dependent var		1.937145
S.E. of regression	1.953137	Akaike info criterion		4.209516
Sum squared resid	221.2551	Schwarz criterion		4.279327
Log likelihood	-124.2855	Hannan-Quinn criter.		4.236823
F-statistic	0.037779	Durbin-Watson stat		1.245384
Prob(F-statistic)	0.846568			

TABLA 23. Estimación Econométrica por MCO de DBO

Dependent Variable: DBO
 Method: Least Squares
 Date: 11/25/17 Time: 16:28
 Sample: 1 36
 Included observations: 36

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	25.37310	2.777796	9.134255	0.0000
OBS	-0.576248	0.130922	-4.401453	0.0001
R-squared	0.362971	Mean dependent var		14.71250
Adjusted R-squared	0.344235	S.D. dependent var		10.07709
S.E. of regression	8.160357	Akaike info criterion		7.090406
Sum squared resid	2264.109	Schwarz criterion		7.178379
Log likelihood	-125.6273	Hannan-Quinn criter.		7.121111
F-statistic	19.37279	Durbin-Watson stat		1.456832
Prob(F-statistic)	0.000101			

TABLA 24. Estimación Econométrica por MCO de Coliformes Fecales

Dependent Variable: COLIFORMES_FECALES
 Method: Least Squares
 Date: 11/26/17 Time: 12:52
 Sample: 1 60
 Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1156.489	165.1555	7.002426	0.0000
OBS	-13.30210	4.708808	-2.824940	0.0065
R-squared	0.120950	Mean dependent var		750.7750
Adjusted R-squared	0.105793	S.D. dependent var		667.9870
S.E. of regression	631.6651	Akaike info criterion		15.76736
Sum squared resid	23142049	Schwarz criterion		15.83717
Log likelihood	-471.0208	Hannan-Quinn criter.		15.79467
F-statistic	7.980283	Durbin-Watson stat		2.188654
Prob(F-statistic)	0.006474			

TABLA 25. Estimación Econométrica por MCO de Coliformes Totales

Dependent Variable: COLIFORMES_TOTALES
 Method: Least Squares
 Date: 11/26/17 Time: 12:54
 Sample: 1 60
 Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3247.508	844.6288	3.844893	0.0003
OBS	-39.74185	24.08152	-1.650305	0.1043
R-squared	0.044851	Mean dependent var		2035.381
Adjusted R-squared	0.028383	S.D. dependent var		3277.270
S.E. of regression	3230.426	Akaike info criterion		19.03138
Sum squared resid	6.05E+08	Schwarz criterion		19.10119
Log likelihood	-568.9414	Hannan-Quinn criter.		19.05869
F-statistic	2.723506	Durbin-Watson stat		1.663621
Prob(F-statistic)	0.104286			

TABLA 26. Estimación Econométrica por MCO de Sólidos Totales Disueltos

ependent Variable: SOLIDOS_TOTALES_DISUELTOS
 Method: Least Squares
 Date: 11/26/17 Time: 13:32
 Sample: 1 76
 Included observations: 76

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	427.0635	26.18160	16.31159	0.0000
OBS	6.424628	0.590855	10.87345	0.0000
R-squared	0.615048	Mean dependent var		674.4117
Adjusted R-squared	0.609846	S.D. dependent var		180.9068
S.E. of regression	112.9986	Akaike info criterion		12.31859
Sum squared resid	944882.2	Schwarz criterion		12.37993
Log likelihood	-466.1065	Hannan-Quinn criter.		12.34310
F-statistic	118.2318	Durbin-Watson stat		0.719059
Prob(F-statistic)	0.000000			

TABLA 27. Prueba de Heteroscedasticidad de White al modelo Cobb Douglas

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.367354	Prob. F(9,50)	0.9453
Obs*R-squared	3.721356	Prob. Chi-Square(9)	0.9288
Scaled explained SS	5.840349	Prob. Chi-Square(9)	0.7558

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 12/11/17 Time: 23:11
 Sample: 2012M01 2016M12
 Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-32.92953	67.54877	-0.487493	0.6280
LY^2	-0.308231	0.407913	-0.755628	0.4534
LY*LSD	0.050322	0.349272	0.144076	0.8860
LY*LO	-0.147921	0.357854	-0.413357	0.6811
LY	8.439288	10.65124	0.792329	0.4319
LSD^2	0.223853	0.341327	0.655833	0.5149
LSD*LO	0.415143	0.366815	1.131751	0.2631
LSD	-5.557881	6.550403	-0.848479	0.4002
LO^2	0.092188	0.157067	0.586930	0.5599
LO	-1.690415	4.258762	-0.396926	0.6931
R-squared	0.062023	Mean dependent var		0.015826
Adjusted R-squared	-0.106813	S.D. dependent var		0.030295
S.E. of regression	0.031872	Akaike info criterion		-3.903192
Sum squared resid	0.050790	Schwarz criterion		-3.554134
Log likelihood	127.0957	Hannan-Quinn criter.		-3.766656
F-statistic	0.367354	Durbin-Watson stat		1.894118
Prob(F-statistic)	0.945269			

TABLA 28. Prueba de Multicolinealidad por Factores de Inflación en las

Varianzas

Variance Inflation Factors

Date: 12/12/17 Time: 00:21

Sample: 2012M01 2016M12

Included observations: 60

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	3.995527	14138.14	NA
LY	0.023642	14698.02	1.168170
LSD	0.017162	2804.444	1.152549
LO	0.009150	644.2539	1.021219

TABLA 29. Test de Estacionalidad de Raíz Unitaria Dickey Fuller

Null Hypothesis: CASOS has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.901846	0.0002
Test critical values:		
1% level	-3.550396	
5% level	-2.913549	
10% level	-2.594521	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(CASOS)

Method: Least Squares

Date: 12/11/17 Time: 20:21

Sample (adjusted): 2013M02 2017M10

Included observations: 57 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CASOS(-1)	-0.614764	0.125415	-4.901846	0.0000
C	18.06327	3.779494	4.779282	0.0000
R-squared	0.304045	Mean dependent var		0.526316
Adjusted R-squared	0.291391	S.D. dependent var		10.93014
S.E. of regression	9.200875	Akaike info criterion		7.310932
Sum squared resid	4656.086	Schwarz criterion		7.382618
Log likelihood	-206.3616	Hannan-Quinn criter.		7.338791
F-statistic	24.02809	Durbin-Watson stat		2.076041
Prob(F-statistic)	0.000009			