



# **ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS Y USOS DEL AGUA EN ECUADOR**

## **ECONOMIC ANALYSIS OF SERVICES AND USES OF WATER IN ECUADOR**

### **MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

**Presentado por:**

**ALEX PALACIOS CARRANZA**

**Dirigido por:**

**Dr. ALBERTO DEL VILLAR GARCÍA**

**Alcalá de Henares, a 24 de Enero del 2019**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por quien todo es posible.

A mis seres queridos que me han brindado todo el apoyo para lograr las metas propuestas.

## ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Metodología.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Análisis económico de los servicios y usos del agua en Ecuador.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Resultados.....</b>	<b>8</b>
<b>5.1. Análisis económico de los servicios y usos del agua en electricidad.....</b>	<b>8</b>
<b>5.2. Análisis económico de los servicios y usos del agua en agricultura.....</b>	<b>9</b>
<b>5.3. Análisis económico de los servicios y usos del agua en el consumo humano.....</b>	<b>12</b>
<b>6. Discusión.....</b>	<b>13</b>
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>13</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>14</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de energía eléctrica en Ecuador.....	9
Tabla 2.- Uso de la tierra en Ecuador.....	10
Tabla 3.- Cultivos en Ecuador.....	11
Tabla 4. Superficie cubierta por los sistemas de riego en Ecuador.....	12

## **TABLA DE ABREVIATURAS**

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

ESPAC: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

SENAGUA: Secretaría Nacional del Agua

## **RESUMEN**

El agua es fundamental para el ser humano tanto para consumo como para su desarrollo. Debido al gran número de personas en el planeta y a la contaminación de las fuentes de agua, el abastecimiento del líquido en condiciones adecuadas cada vez se vuelve más complicado. Por este motivo se realizó un análisis económico del uso de agua en el Ecuador obteniendo su productividad en tres diferentes sectores tanto el sector agrícola ( $0.556 \text{ \$/m}^3$ ), sector hidroeléctrico ( $0.00546 \text{ \$/m}^3$ ) y para consumo humano y servicios ( $0.44 \text{ \$/m}^3$ ). Por otra parte, el país no cuenta con suficientes plantas de tratamiento para la correcta depuración previo al retorno y descarga en ríos y quebradas, es así que se ha estimado 31407.11 ton de  $\text{DBO}_5$  generadas al año de las cuales solo el 10% tiene un porcentaje eficaz de depuración. Por otra parte, la carga contaminante del sector agrícola fue de 35.851 ton al año siendo está considerada una contaminación difusa de las masas de agua.

## 1. INTRODUCCIÓN

“Los recursos hídricos son indispensables para el normal funcionamiento de los procesos de creación de riqueza, siendo aprovechados por el hombre de diferentes maneras, especialmente en la agricultura, ganadería, transformación agroindustrial, aseo, transporte fluvial, generación eléctrica, etc” (Maestu et al., 2007; Prieto, 2004). Según Guerrero y Schifter (2011) “El volumen de agua en nuestro planeta se estima en unos 1358 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales, el 97% del volumen total del agua existente en la tierra está en los mares y océanos, 2% en las capas de hielo de los polos, poco más de 0.6% dentro de la corteza terrestre a una profundidad de hasta cinco kilómetros, el resto se encuentra en los glaciares y nieves eternas, lagos, humedad superficial, vapor atmosférico y ríos”. Pero el abastecimiento de recursos hídricos en condiciones óptimas para su uso cada vez se vuelve más complicado ya que existe un gran número de personas que carecen del suministro de agua debido al crecimiento poblacional, efectos del cambio climático y deterioro ambiental (Pareja, 2017)

“La calidad del agua depende del uso que va a tener o el sistema hídrico que se quiere evaluar ya sea para consumo humano, riego, transporte de mercancías, en el caso del fomento de la vida de los peces o mantenimiento del ecosistema con todas sus características funcionales el sistema de evaluación de la calidad será diferente. El índice de calidad del agua a la expresión matemática se calcula considerando tres aspectos:

- 1) Aspectos fisicoquímicos: Las concentraciones, especies y tipos de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua.
- 2) Aspectos biológicos: La composición y estado de la biota acuática.
- 3) Aspectos no acuáticos: Los cambios temporales y espaciales que son debidos a los factores intrínsecos y externos al sistema acuático en estudio.” (Sierra, 2011).

De acuerdo con Maestu et al. (2007) “Es importante hacer compatible el crecimiento y la prestación de servicios de agua a la población y las actividades económicas con la conservación adecuada del medio hídrico, por lo que se requiere que los precios sirvan para recuperar los costes que supone poner el recurso a disposición de los usuarios. Además, los precios reflejen la escasez y los costes de reponer y garantizar la calidad ambiental del medio hídrico”.

En Ecuador “La Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, dentro de la actual estructura organizativa del Estado, es la autoridad única del agua y el organismo encargado de la administración del recurso. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI tiene la responsabilidad de proveer la información hidrometeorológica básica en este campo que posibilite determinar la disponibilidad del agua superficial y subterránea”. (SENAGUA, 2015).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo principal**

El enfoque principal de este estudio es realizar un análisis económico del uso del agua en las diferentes actividades productivas de la República del Ecuador, obteniendo las principales magnitudes económicas referenciadas al uso de agua, con el fin de contribuir en la implementación de herramientas económicas que aporten una visión clara sobre la productividad en el país.

### **2.2. Objetivos específicos**

Determinar los distintos factores determinantes que puedan contribuir al análisis económico de los servicios y consumo de agua que se utiliza en los diferentes sectores productivos del país, los cuales abarca la electricidad, agricultura, servicios y consumo humano con el fin de comparar las tasas de crecimiento con el conjunto de la economía. Determinar la carga contaminante generada por los diferentes sectores productivos del país.

## **3. METODOLOGÍA**

Para realizar el análisis económico de los servicios y usos de los recursos hídricos ha sido necesario desarrollar metodologías adecuadas para cada uno de los sectores, además de tener en cuenta las especificaciones de cada actividad económica para que se adapte a las posibilidades y limitaciones derivadas de la información disponible.

Como propósito principal se debe contar con distintas fuentes que aporten un mayor nivel de detalle en algunos casos estas fuentes informan sobre tendencias en el uso del suelo y otras características financieras de las explotaciones. Sin embargo, la mayor utilidad de estas fuentes de información es que se combinan adecuadamente las características del sector productivo en unidades pequeñas de territorio. Es así que, se puede combinar la información otorgada por municipios y juntas parroquiales para construir indicadores sobre la importancia del agua en las actividades productivas, los mismos que estarán expresados en dólares sobre metro cúbico empleado, así mismo, la población tiene un costo básico por el consumo de agua potable, pero esto dependerá del sector en el que se encuentre debido a que existe variaciones del costo por la eficiencia de las redes de las cuales disponen, ya que las poblaciones en general de la Sierra se abastecen de agua de deshielos y lagunas existentes, mientras que en los trópicos occidental y oriental de la cordillera Andina, de los ríos de la vertiente del Pacífico y la vertiente Amazónica. Por otra parte, la carga contaminante está expresada en  $DBO_5$  por metro cúbico de agua utilizada.

#### **4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS Y USOS DEL AGUA EN ECUADOR**

Actualmente en Ecuador el uso del agua se rige de acuerdo a la Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. En dicha Ley “Se garantiza el derecho humano al agua como el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. También se prohíbe toda clase de privatización del agua, por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente, por tanto, no puede ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral, o empresa privada nacional o extranjera. Su gestión será exclusivamente pública o comunitaria. No se reconoce ninguna forma de apropiación o de posesión individual o colectiva sobre el agua, y se dispone su redistribución de manera equitativa. La Secretaría Nacional del Agua SENAGUA es la autoridad única del agua y el organismo encargado de la administración del recurso”. (SENAGUA, 2014).

La población actual del país es de 17278490 personas para Julio del 2019 ([www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)), además, “Ecuador tiene una extensión de 283561 km<sup>2</sup>, se halla dividido en cuatro regiones naturales: Costa, Sierra, Oriente o Amazonía, y la región insular de Galápagos. La Costa ocupa cerca del 26% del área; la Sierra un 34%; la Amazonía un 37%; y las islas Galápagos el 3% restante. El País presenta un panorama de gran diversidad de los regímenes hidrológicos y de gran heterogeneidad en la distribución espacial del recurso, condicionado por la pluralidad de las condiciones físico-climáticas. Esto último, representa ventajas de complementariedad, como es el caso de la generación hidroeléctrica, ya que las épocas de verano en la Sierra y Costa coinciden con las de mayor precipitación en el Oriente; pero también esta diversidad geográfica puede generar aspectos poco favorables como son sequías e inundaciones. La Costa está constituida por el pie de monte occidental de los Andes, que se prolonga en una llanura bastante amplia en su parte central hasta el océano Pacífico. Es una zona cálida y húmeda con lluvias crecientes de sur a norte. La Sierra, enmarcada en la estructura de los plegamientos andinos, se divide en cuencas de pequeña extensión que dan lugar a pequeñas hoyas hidrográficas que desaguan preferentemente hacia la vertiente oriental y en cuyos fondos se ubican acuíferos subterráneos generalmente de pequeña y mediana dimensión. El Oriente se extiende en una amplia planicie que forma parte de la gran cuenca del río Amazonas, posee abundancia de lluvias, con zonas de inundación y drenaje deficientes. SENAGUA ha dividido el país en 9 demarcaciones hidrográficas, donde las islas Galápagos están dentro de la Demarcación Hidrográfica

del Guayas. Las demarcaciones incluyen a su vez a cuencas y microcuencas en un total de 740 unidades hidrográficas". (SENAGUA, 2015).

Benavides (2019) menciona que el país cuenta con un volumen total de recursos hídricos de aproximadamente 375 Km<sup>3</sup> y hace una década el Ecuador tuvo un consumo de 15.80 Km<sup>3</sup> siendo distribuido 1.48 Km<sup>3</sup> para consumo doméstico (9.4%), 13.05 Km<sup>3</sup> para consumo agrícola (82.6%), y 1.27 Km<sup>3</sup> por consumo de agua para la producción industrial (8%). La superficie del territorio ecuatoriano que puede destinarse para riego es de 28000 km<sup>2</sup>, ubicándose en la cuenca del Pacífico (93%) y en la vertiente del río Amazonas (7%). Es así que, el 18% de la superficie está bajo riego y el 82% pertenece al sector privado. La mayor cuenca hidrográfica es la del río Guayas ya que se estima que cuenta con algo más del 40% de la superficie regable, seguido de la cuenca del Río esmeraldas que cuenta con aproximadamente 13%. Es importante mencionar que del volumen que es destinado para riego en el sector agrícola se estima un 25% aproximado de fugas desde su captación hasta la distribución en la parcela.

Por otra parte la contaminación de las agua superficiales ocurre en todo el país y cada región presenta fuentes diferentes de contaminación: En la Costa, la contaminación por pesticidas y fertilizantes por la producción de banano y palma africana, en la zona costera por actividades camaroneras y acuícola; en la Sierra, sistemas agrícolas tradicionales y cultivos de exportación como flores y brócoli con uso excesivo de pesticidas y fertilizantes; en la Amazonia, contaminación de ríos y lagunas debido a las actividades petroleras y mineras.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Análisis económico de los servicios y usos del agua en electricidad**

Según la Cámara de Comercio de Guayaquil (2018) la tarifa promedio por kWh en los años 2014 y 2017 fueron de 0.0993 dólares (99.300 \$ por GWh), donde se considera el costo de generación, transmisión y distribución. El total de GWh consumidos en Ecuador es de 21457.23 GWh, con lo que se obtiene el valor económico total de 2130702939 dólares. En Ecuador en promedio se genera 0.055 kWh (0.000000055 GWh) por cada metro cúbico de agua, ocupando 390131454545.45 m<sup>3</sup> de agua. Así mismo, BCE (2018) reportó una tasa de variación de VAB de 3.5%, debido al aumento de 3.1% en la producción hídrica de las centrales Hidropaute (2.7%) y Coca Codo Sinclair (4.9%)

De acuerdo a ARCONEL hasta junio del 2019, Ecuador posee una capacidad instalada de producción eléctrica de 8668.62 MW, donde la generación hidráulica es la más elevada con representación del 58.53% de la capacidad nacional de producción eléctrica

con 5073.65 MW, el resto corresponde a fuentes de energía renovables como eólica, fotovoltaica, biomasa y biogás (2.31%) y fuentes no renovables (39.16%), siendo la generación hidráulica una alternativa frente a la contaminación y deterioro del ambiente provocada por la utilización de combustibles fósiles para la generación térmica debido a que su uso no es consuntivo y no ejerce presiones cualitativas de contaminación sobre las masas de agua (Pareja, 2017).

**Tabla 1.** Consumo de energía eléctrica en Ecuador adaptado de ARCONEL (2019)

<b>Servicio</b>	<b>GWh</b>	<b>%</b>
<b>Eléctrico</b>		
Residencial	7534.75	30.99%
Comercial	3871.16	15.91%
Industrial	6299.13	25.89%
Alumbrado público	1342.67	5.52%
Otros	2409.52	9.91%

Según lo reportado por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) en el Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE) el sector residencial (30.99%) e industrial (25.89%) presentan el mayor consumo eléctrico del total de energía consumida en el país misma que correspondiente al 88.23%. Para obtener la productividad del sector hidroeléctrico se consideró los ingresos percibidos por metro cubico empleado para la producción eléctrica, lo que representa la eficiencia de cada una de las plantas eléctricas, es así que se ha percibido flujos de entrada de 0.00546 \$/m<sup>3</sup>.

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ dinero}{Cantidad\ de\ agua\ utilizada} = \frac{2130702939\ \$}{390131454545.45\ m^3} = 0.00546\ \$/m^3$$

## 5.2. Análisis económico de los servicios y usos del agua en agricultura

En la Tabla 2 se puede observar la distribución del uso de la tierra en Ecuador. Teniendo un área aproximada de 5279614 ha para la labor agropecuaria. Existen varios productos cultivados con un requerimiento hídrico diferente. Y se obtiene el volumen de agua total consumida por el sector agrícola en el período de un año.

**Tabla 2.** Uso de la tierra en Ecuador adaptado de INEC (2019)

<b>Tipo de uso</b>	<b>Área (ha)</b>
*Cultivos permanentes	1385805
**Cultivos transitorios	799494
Descanso	168446
Pastos cultivados	2379042
Pastos naturales	715273
Páramos	252612
Montes y bosques	5740641
Otros usos	796518

\*Cultivos permanentes: Banano, cacao, café, caña de azúcar, maracuyá, naranja, palma africana, plátano, tomate de árbol, otros permanentes.

\*\*Cultivos transitorios: Arroz, arveja, brócoli, cebada, cebolla blanca, fréjol, haba, maíz duro, maíz suave, papa, quinua, soya, tomate riñón, trigo, yuca, otros transitorios.

Es importante considerar la calidad de agua de riego para asegurar los productos y que estos no afecten a la salud de quienes los consumen. Además, las actividades agropecuarias según SENAGUA (2016) utilizan el 82% del agua autorizada, representando el uso consuntivo del agua más importante. Sin embargo, estudios realizados por el ARCA (2016), se conoce que el 53,25% del agua de riego agrícola incumplen los criterios de calidad, lo que indica que en el Ecuador existen importantes restricciones de calidad para el uso y aprovechamiento sin tratamiento de actividades agrícolas.

En la tabla 3 se muestra la superficie de cultivos sembrados en el país estimando un total de agua consumida para la agricultura es de 90010.08 hm<sup>3</sup>/año, Según el INEC (2018) en Ecuador solo 14 GAD provinciales cuentan con un plan de riego y drenaje contribuyendo al uso y aprovechamiento adecuado del agua para la agricultura, mismo que reportan 2797 sistemas de riego comunitario, 838 sistemas privados, 60 sistemas públicos administrativos por usuarios y 21 sistemas públicos administrativos por el GAD.

**Tabla 3.** Cultivos en Ecuador. Adaptado de (INEC, 2019) (INIAP, 2019)

<b>Producto</b>	<b>Superficie Sembrada (ha)</b>	<b>Requerimiento hídrico (m3/ha/año)</b>	<b>Agua consumida (hm3/año)</b>
Cacao	464546	20000	9290.92
Arroz	315976	15000	4739.64
Palma aceitera	262697	24000	6304.72
Maíz	333524	14800	4936.15
Banano	170809	21900	3740.71
Caña de azúcar	132612	24000	3182.68
Plátano	125267	21900	2743.34
Café	61254	5400	330.77
Papa	32188	12000	386.25
Mango	21997	10000	219.97
Soya	21051	10000	210.51
Fréjol seco	21043	10000	210.43
Naranja	19099	12000	229.18
Yuca	14262	14000	199.66
Brócoli	11462	2850	32.66
Cebada	10124	14000	141.73
Fréjol	10052	10000	100.52
Cebolla	9848	4000	39.39
Maracuyá	8145	12500	101.81
Piña	7967	20000	159.34
Palmito	5892	17000	100.16
Arveja	5412	7600	41.13
Haba tierna	4664	4800	22.38
Tabaco	3927	11000	43.19

<b>Producto</b>	<b>Superficie Sembrada (ha)</b>	<b>Requerimiento hídrico (m<sup>3</sup>/ha/año)</b>	<b>Agua consumida (hm<sup>3</sup>/año)</b>
Orito	3742	21000	78.58
Maní	3502	13800	48.32
Tomate de Árbol	3443	13500	46.48
Trigo	3336	12700	42.36
Haba seca	2790	5000	13.95
Quinoa	2215	5000	11.07
Arveja seca	1676	3800	6.36
Tomate riñón	1606	5000	8.03
Flores	6960	20000	139.20
Pastos	3094315	16500	51056.19
Otros usos	82211	12800	1052.30

De acuerdo al MAGAP (2019) hasta el año 2012 existían 942.000 hectáreas regadas y hasta el 2027 el programa tiene como meta proveer 1.6 millones de hectáreas de riego favorecerá a 453000 familias de agricultores. Sin embargo, INEC (2018) (Tabla 4) reporta un área de 606672 Ha de superficie cubiertas de los sistemas de riego en los 14 GAD provinciales representando el 11.49% del total de superficie que cuenta con sistema de riego con un consumo de agua de 10342.16 hm<sup>3</sup>/año.

Tabla 4. Superficie cubierta por los sistemas de riego en Ecuador adaptado de INEC (2018).

<b>Superficie cubierta de los sistemas de riego</b>	<b>Área (ha)</b>
Sistemas Comunitarios	371.985
Sistemas públicos administrados por los usuarios	148.882
Sistemas públicos administrados por el GAD	49.878

Superficie cubierta de los sistemas de riego	Área (ha)
Sistemas Privados	35.927

De acuerdo al BCE en el 2018, el PIB del sector agrícola en el país fue de 5754.64 millones de dólares con una productividad de 0.556 \$/m<sup>3</sup>.

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ dinero}{Cantidad\ de\ agua\ utilizada} = \frac{5754640000\ \$}{10342160000\ m^3} = 0.556\ \$/m^3$$

De acuerdo a MIDA (2012) Para la determinación de la carga contaminante es importante conocer los requerimientos específicos de la planta en donde se utilizarán productos fertilizantes que ayuden a la planta a un desarrollo óptimo y su capacidad de absorción. Además, esta relación permite obtener costos de producción por hectárea apreciando que tan productivos fueron los diferentes sectores agrícolas con la utilización de sistemas de riego. Pareja (2017) menciona que el cultivo de maíz requiere 591 kg/ha de fertilizante y 500 kg/ha para arroz, así mismo, la capacidad de absorción de las plantas es del 10% (0.10). Según la Tabla 3 en el Ecuador existen 333524 ha de cultivo de maíz por lo que se estima una carga contaminante de este cultivo de 197111 ton/año. Sin embargo, no toda la superficie cultiva de maíz o los diferentes cultivos cuenta con regadío, es así que solo que ha realizado el cálculo de carga contaminante para aquellas superficies que cuentan con sistema de regadío, es así que se ha estimado 35.851 ton / año.

### 5.3. Análisis económico de los servicios y usos del agua en el consumo humano

De acuerdo a INEC (censo 2010); SENAGUA (2017) en el país se tiene una cobertura nacional del 83% en agua potable, siendo el promedio de consumo de agua por habitante de 237 Lt/(hab\*día), obteniendo un consumo nacional 1240580895.28 m<sup>3</sup>/año por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que este valor excede el consumo de agua en un 40% que el promedio de la región. Así mismo, según el INEC (2017) un 79.3% de agua a nivel nacional no está contaminada con agentes patógenos, sin embargo, un análisis realizado a muestras de agua embotellada de baja calidad indica que el 28.6% tenía presencia de agentes patógenos.

*Consumo de agua al año = Dotación diaria \* 365 días \* Número de habitantes*

$$= 0.237 \frac{m^3}{hab * día} * 365\ días * 1434114.6\ hab = 1240580895.28\ m^3/año$$



Por otra parte, para la productividad de la potabilización de agua se consideró los ingresos percibidos tomando en cuenta el costo promedio del agua por metro cubico de diferentes sectores (\$ 0.25) frente a la cantidad de agua utilizada en un año. Se estima un valor recaudado a nivel nacional durante un año por la dotación de agua potable de 545855593.92 dólares, con lo que se obtiene un valor de productividad de 0.44 \$/m<sup>3</sup>, utilizando este indicador se observó la variación de precios por unidad de agua con el fin de comparar el costo de la dotación con estudios futuros. Según el VAN reportado en el 2018, existió una tasa de variación del 3.5% pero se atribuye más al aumento de producción hidroeléctrica como se mencionó anteriormente tanto el suministro de electricidad y agua.

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ dinero}{Cantidad\ de\ agua\ utilizada} = \frac{54585553.92\ \$}{1240580895.28\ m^3} = 0.44\ \$/m^3$$

En cuanto al cálculo de la carga contaminante que genera el consumo de agua se determinó por medio del habitante equivalente, para ello Pareja (2017) considera que un habitante es equivalente a 60 g DBO<sub>5</sub> por día y multiplicado por la cantidad de habitantes se obtiene una contaminación de 31407.11 ton de DBO<sub>5</sub> por año por lo que este indicador permitirá planificar la cantidad de contaminante que se tratará. Según Alarcón (2018) que solo el 10% del agua de consumo es tratada adecuadamente antes de depositarla ríos y quebradas, es así que las ciudades Cuenca y Guayaquil son las principales ciudades que tiene mayor cobertura de tratamiento de aguas residuales. Así también, Jaramillo A (2019) menciona que alrededor de 5 millones de personas aún corren riesgo de enfermedades por el consumo de agua.

## 6. DISCUSIÓN

El agua se utiliza para las distintas actividades siendo relevante económicamente en diferentes sectores como la generación de energía eléctrica, agricultura y consumo de la población ecuatoriana estudiados en este documento. Por lo que una vez realizado el análisis económico de los servicios y usos del agua, se visualiza que el sector eléctrico en Ecuador está más desarrollado, con cobertura de la demanda Nacional y con capacidad de exportación esto se debe a la situación favorecida por el relieve muy contrastado, es por esto que los ríos que tiene mayor potencial son las de las vertientes del amazonas en especial Napo, Pastaza y Morona Santiago, con relación a la productividad generada en otras latitudes como Panamá, se observa que en el 2017 el sector hidroeléctrico fue de \$ 0,02 (equivalente a B/. 0.02 según themoneyonverter.com

(2019)) de valor agregado por  $m^3$  siendo este similar a lo obtenido en Ecuador. Por otra parte, se debe tomar en cuenta que este sector no genera contaminación química evidente al retornar a los ríos, pero se ha observado impactos sociales como la afectación a los ecosistemas acuáticos pérdida de especies nativas por cambio en temperatura y calidad del agua, erosión de suelos y enfermedades relacionadas con vectores infecciosos que surgen por el estancamiento del agua (Landívar, Chum Kuffo y Jácome, 2006). El mayor sector de agua no consuntiva se utiliza en la generación de energía, Pareja (2017) menciona que el consumo eléctrico tiene relación directa con el incremento del PIB, lo cual indica que a medida que la generación total refleje incrementos, se elevará el consumo total del país, sin embargo, es importante mencionar que los costos se incrementan conforme aumenta la presión del uso y estos deben ser asumidos por los usuarios.

En el caso del consumo humano de agua se observa que Panamá presenta valores similares con respecto al valor agregado ( $1.29 \$/m^3$ ), sin embargo, se debe mejorar aun este sector debido a que alrededor de 5 millones de personas no tienen acceso a un servicio de calidad.

Con respecto al sector agrícola el área de terreno cultivada, es más pequeña que la superficie ocupada por montes y bosques para las cuales se ha determinado el consumo total de superficie que cuenta con sistema de riego con un consumo de agua de  $10342.16 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Dentro de los productos cultivados, los predominantes son el cacao, arroz, palma aceitera y maíz, sin embargo, los productos con un mayor requerimiento hídrico dentro de los cultivados en Ecuador son la palma aceitera, caña de azúcar, banano y plátano. Además, se observa una alta productividad ( $0,44 \$/m^3$ ) en relación a los diferentes sectores analizados a diferencia de países como Panamá presentaron un mayor valor agregado  $1,22$  dólares por  $m^3$ . Al igual que la agricultura, uno de los principales generadores de carga contaminante es el consumo de agua de la población ya que se ha incrementado muy considerablemente debido a su relación directa con el crecimiento de la población, según Taco et al. (2017) menciona que determinadas zonas productivas y concentraciones poblacionales más innovadoras e intensivas generan una problemática específica por sobreexplotación de los recursos hídricos y alteraciones del medio físico, así también del bajo suministro de redes de saneamiento por lo que todos los desechos se descargan en el mismo curso hídrico. Por lo que es importante concientizar a la población sobre el uso adecuado de agua y las cargas contaminantes debido a que se han visto seriamente afectadas por sustancias de naturaleza química y microbiológica que cada vez son más agresivas y difíciles de tratar, siendo trascendente generar información necesaria para identificar la manera en que los establecimientos con cuyas unidades de negocio se vinculan a la contaminación del medio ambiente

(Samboni, Carvajal y Escobar; 2007) con el fin de realizar acciones que ayuden a la conservación ambiental y evitar futuras inversiones costosas para descontaminar ríos y lagunas. Pareja (2017) y SENAGUA (2016) estiman un aproximado de 60 g DBO<sub>5</sub> por día y 31407.11 ton de DBO<sub>5</sub> por año siendo esta inferior a los estudios realizados por Pareja (2017) en Panamá en donde se estima que existe una carga contaminante de 104.422 Ton de DBO<sub>5</sub>, en donde la eficiencia de los tratamientos de las estaciones de depuración es del 60% aproximadamente receptando 74.587 Ton DBO<sub>5</sub> al año. Sin embargo, existe aún una elevada carga de contaminación (29.835 Ton DBO<sub>5</sub> al año) siendo un foco de contaminación difusa de las masas de agua. La carga de microorganismos fecales en ciertos ríos fue tan alta que según Alarcón (2018) se encontró alrededor de 30 virus que pueden afectar a la salud de los humanos, además en determinadas zonas esta agua se utiliza para regar cultivos. Por lo que puede tener químicos y contaminantes que pueden poner el riesgo de la salud, de las personas, flora y fauna de los ecosistemas debido a la gran cantidad de materia orgánica lo que produce la reducción del oxígeno lo que conlleva a que los organismos no resisten a estas condiciones y a esto se le suma componentes como nitrógeno amoniacal, cloruros, sulfitos, siendo más crítica para la biodiversidad.

## **7. CONCLUSIONES**

El sector que más productividad genera por m<sup>3</sup> de agua es el agrícola, ya que cada m<sup>3</sup> de líquido produce \$ 0.556 de valor agregado en vista que 11.49% del total de superficie que cuenta con sistema de riego por lo que se ha estimado un consumo de agua de 10342.16 hm<sup>3</sup>/año. El valor agregado sector de consumo humano (\$ 0.44) sin embargo, alrededor de 5 millones de personas aún no cuentan con una buena calidad de agua para consumo por lo que corren riesgo de enfermedades.

Se determinó que el sector eléctrico en Ecuador está más desarrollado, con cobertura de la demanda Nacional y con capacidad de exportación esto se debe a la situación favorecida por el relieve muy contrastado, es por esto que los ríos que tiene mayor potencial son las de las vertientes del Amazonas en especial Napo, Pastaza y Morona Santiago con una generación de valor agregado de 0.00546 \$.

En cuanto a la carga contaminante del agua en el uso agrícola se observa que aporta la mayor cantidad debido al extensa variedad de cultivos sembrados en el país. Por otra parte, el país no cuenta con suficientes plantas de tratamiento para la correcta depuración previo al retorno y descarga en ríos y quebradas, es así que se ha estimado

31407.11 ton de DBO<sub>5</sub> generadas al año de las cuales solo el 10% tiene un porcentaje eficaz de depuración. Por otra parte, la carga contaminante del sector agrícola fue de 35.851 ton al año siendo está considerada una contaminación difusa de las masas de agua.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, I. (2018, marzo, 22). En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html>
- ARCONEL (2019). Balance Nacional de Energía Eléctrica. Ecuador
- Benavides, H. (2019). ¿En Ecuador donde se concentra la mayor demanda de agua? ¿Es realmente en el sector agrícola? Dialoguemos La academia en la comunidad. Recuperado de: <https://dialoguemos.ec/2019/05/en-ecuador-donde-se-concentra-la-mayor-demanda-de-agua-es-realmente-en-el-sector-agricola/>
- Castillo, J. L. (2010). Parámetros de costos: diseño y aplicación. México: Limusa.
- García, O. (2012). Gestión moderna del Mantenimiento industrial: Principios fundamentales. Bogotá: Ediciones de la U
- Guerrero, M., Schifter, I. (2011). La huella del agua. México: Fondo de cultura Económica.
- Gunther, M. (2011). El agua: como un recurso natural renovable. México: Trillas
- Ibañez, W. (2012). Manual de costos y presupuestos de obras hidráulicas y de saneamiento. Lima: Macro E.I.R.L.
- INEC (2018). Boletín técnico: Censo de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados provinciales 2017. Recuperado de: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/GAD\\_Provinciales\\_2017/Boletin\\_Tecnico\\_CIAEGP\\_2017.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/GAD_Provinciales_2017/Boletin_Tecnico_CIAEGP_2017.pdf)
- INEC (2017, mayo, 16). INEC midió la calidad de agua que consume los ecuatorianos. Recuperado de: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/16/nota/6186154/inec-midio-calidad-agua-que-consumen-ecuatorianos>
- INEC (2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Ecuador
- INIAP (2019). Ciclo de Cultivo. Ecuador
  - Jaramillo, A. (presentador). (2019). La Foka (Teleamazonas). Quito. Recuperado

de: <https://youtu.be/cLB5A2GVY7s>

- Maestu et al. (2007). El agua en la economía española: situaciones y perspectivas. Madrid
- Magap (2019). Plan Nacional de riego y drenaje. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/el-plan-nacional-de-riego/>
- Martín, J. L. (2003). Principios de economía. Madrid: Pearson educación, S.A.
- Ministerio de Medio Ambiente (2007a). Informe integrado de recuperación de costes de los servicios del agua en España. (Artículo 5 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua). Madrid.
- MIDA. (2012). Costo de producción de una hectárea de media densidad – abril - 2012. Panamá
- Pareja, D. (2017). Análisis económico de los servicios de agua en la República de Panamá. Universidad de Alcalá y universidad de Rey Juan Carlos.
- Prieto, C. J. (2004). El Agua: Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación (2ª ed.) Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Samboni, N., Carvajal, Y., Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Revista Ingeniería e Investigación. Vol 27 (3). 1-10.
- SENAGUA (2015). Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. Ecuador.
- SENAGUA (2014). Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. Ecuador.
- SENAGUA (2016, Octubre, 29). Ecuador: 88% de las aguas residuales llega a los ríos. Recuperado de [https://lahora.com.ec/noticia/1101997377/ecuador-88\\_-de-las-aguas-residuales-llega-a-los-ros-](https://lahora.com.ec/noticia/1101997377/ecuador-88_-de-las-aguas-residuales-llega-a-los-ros-)
- Sierra, C. A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Bogotá: Universidad de Medellín.
- Themoneyconverter.com. (2019). Cambio de dólar americano a Balboa panameño. Recuperado de <https://themoneyconverter.com/ES/USD/PAB?amount=122>.
- Trapote, A. (2013). Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano. Alicante: Universidad de Alicante
- [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec). Contador poblacional. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- [www.definicion.org](http://www.definicion.org). Definición de análisis económico. <https://definicion.org/analisis-economico>