

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Disertación previa a la obtención del título de Economista**

*Estimación de la huella hídrica personal y sus implicaciones  
socioeconómicas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
sede Quito año 2019*

**Andrea Carolina Mancheno Corral**

**caro.mch@hotmail.com**

**Director:** PhD. Pablo Chafra Martínez

**pchafra328@puce.edu.ec**

**Quito, diciembre de 2020**

## ***Resumen***

La presente investigación tiene como objetivo determinar las relaciones de significancia que tiene la HH personal con las diferentes variables socioeconómicas de estudio como el ingreso familiar, nivel de educación, edad, sexo, tamaño de la familia, y tipo de vivienda. Para este análisis se tiene como punto de partida a la estimación de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (docentes, administrativos y alumnos), sede Quito año 2019. En este sentido se realiza una investigación de tipo descriptiva correlacional a partir del levantamiento de información por medio de una encuesta virtual realizada en el mes de noviembre del 2019 a toda la comunidad universitaria, obteniendo como resultado que el promedio de la HH personal alcanzó los 858.5 m<sup>3</sup>/per cápita/año. Para determinar las relaciones de significancia existentes se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple, y el análisis estadístico de las características socioeconómicas de cada individuo y como estas afectan a la huella hídrica personal teniendo como resultado que algunas de las variables socioeconómicas analizadas como el ingreso familiar, el sexo, el nivel de educación y el tamaño de la familia en este caso si el encuestado comparte la vivienda con niños, efectivamente son variables significativas y tienen relación con el consumo de agua personal (HH), De este modo con la información y los resultados obtenidos se plantearon propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria.

***Palabras clave:*** Huella hídrica personal, Variables socioeconómicas, Relaciones de significancia, Consumo sostenible de agua.

## ***Abstract***

This research seeks to determine the relationships of significance that personal HH has with the different socioeconomic variables of the study such as family income, level of education, age, sex, family size, and type of home. For this analysis, the starting point is to estimate the personal water footprint of the university community of the Pontifical Catholic University of Ecuador (teachers, administrators and students), Quito headquarters in 2019. In this sense, an investigation of type descriptive correlation from the collection of information through a virtual survey carried out in November 2019 to the entire university community, obtaining as a result that the average of the personal HH reached 858.5 m<sup>3</sup>/ per capita / year. In addition, to determine the existing relationships of significance, the multiple linear regression model was used, and the statistical analysis of the socioeconomic characteristics of each individual and how these affect the personal water footprint, resulting in some of the socioeconomic variables analyzed as the family income, sex, education level and family size, in this case if the respondent shares a home with children, these are indeed significant variables and are related to personal water consumption (HH), thus with the Information and results obtained proposed sustainable water consumption for the university community.

***Keywords:*** *Personal water footprint, Socioeconomic variables, Significance relationships, Sustainable water consumption.*

## *Dedicatoria*

*A mis padres Germán y Paulina, mi hermano Xavier, por siempre brindarme su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.*

*A mis abuelitos Blanquita y Jaime, mis abuelos Nena y Pacho por estar siempre junto a mí, aunque uno de ellos ya no se encuentra presente, su recuerdo continuará en mi corazón.*

## *Agradecimiento*

*Agradezco a Dios por la oportunidad de concluir con uno de mis objetivos, y darme la fortaleza necesaria en todo momento.*

*A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado en mi formación personal y académica, con su ejemplo de trabajo y honradez.*

*Finalmente, un agradecimiento a mi tutor Dr. Pablo Chafla, quien compartió conmigo sus conocimientos y enseñanza para llevar a cabo este trabajo de investigación.*

*Estimación de la huella hídrica personal y sus implicaciones  
socioeconómicas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
sede Quito año 2019*

<b>Resumen</b> .....	2
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Índice de gráficos</b> .....	8
<b>Índice de tablas</b> .....	9
<b>Glosario de términos</b> .....	10
<b>Introducción</b> .....	11
<b>Metodología de la investigación</b> .....	14
Pregunta general .....	14
Preguntas específicas.....	14
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos.....	14
Estrategia de investigación .....	15
Procedimiento metodológico.....	15
Fuentes de Información .....	18
<b>Fundamento Teórico</b> .....	19
Desarrollo Sostenible.....	19
Agua y desarrollo sostenible.....	19
Gestión del agua y desarrollo sostenible.....	20
Economía Ambiental .....	21
Economía de los Recursos Naturales.....	22
Economía del Agua .....	23
Indicadores Hídricos.....	26
Agua Virtual .....	26
Huella hídrica .....	27
Componentes y metodología de la huella hídrica.....	29
Método de cálculo de la huella hídrica de un individuo o personal .....	31
<b>CAPÍTULO I: Estimación y caracterización socioeconómica de la HH personal de la comunidad universitaria de la PUCE</b> .....	34

1.1. Descripción y contextualización del proceso de estimación de Huella hídrica personal de la comunidad universitaria .....	34
1.2 Caracterización socioeconomica del consumo de agua personal (HH) de la comunidad universitaria .....	37
1.2.1 Características de los encuestados .....	37
1.2.2 Información relevante sobre el uso doméstico del agua dentro y fuera de casa .....	44
1.2.3 Información relevante sobre el consumo alimenticio .....	46
<b>CAPÍTULO II: Resultados y análisis econométrico de la HH personal de la comunidad universitaria de la PUCE</b> .....	49
2.1 Análisis del resultado de la HH personal de la comunidad universitaria. ....	49
2.2 Análisis econométrico de la relación existente entre el consumo de agua personal (HH) y las variables socioeconómicas. ....	52
2.2.1 Modelo de regresión lineal múltiple .....	52
<b>CAPÍTULO III: Propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria de la PUCE.</b> .....	60
3.1 Escases y demanda del agua.....	60
3.2 Sostenibilidad del recurso hídrico .....	61
3.2.1 Conservación y manejo del agua .....	62
3.3 Propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria PUCE.....	65
3.3.1 Cambio en los hábitos de consumo .....	65
3.3.2 Educación Ambiental.....	69
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	71
Conclusiones.....	71
Recomendaciones .....	73
<b>Bibliografía</b> .....	74
<b>Anexos</b> .....	79
Anexo 1. Formato de la Encuesta.....	79
Anexo 2. Ejemplo del resultado de la Huella Hídrica de un Estudiante.....	83
Anexo 3. Ejemplo del resultado de la Huella Hídrica de un Docente .....	84
Anexo 4. Ejemplo del resultado de la Huella Hídrica de un Administrativo. ....	85
Anexo 5. Prueba de Multicolinealidad .....	86
Anexo 6. Prueba de Heterocedasticidad.....	87

## *Índice de gráficos*

Gráfico 1. Distribución de la muestra .....	16
Gráfico 2. Número total de la muestra de trabajo .....	17
Gráfico 3. Niveles de gestión del agua.....	24
Gráfico 4. Huella hídrica de productos y actividades cotidianas .....	28
Gráfico 5. Ejemplo de HH directa e indirecta .....	30
Gráfico 6. Sexo.....	37
Gráfico 7. Edad.....	38
Gráfico 8. Comunidad a la que pertenece .....	39
Gráfico 9. Nivel de educación.....	39
Gráfico 10. Ingreso Familiar .....	40
Gráfico 11. Rangos del Ingreso Familiar .....	41
Gráfico 12. Familiares con los que comparte su residencia habitual (Número de Adultos) .....	42
Gráfico 13. Familiares con los que comparte su residencia habitual (Número de Niños) .....	42
Gráfico 14. Tipo de vivienda.....	43
Gráfico 15. Número de veces que los encuestados se lavan las manos al día.....	44
Gráfico 16. Número de veces que los encuestados lavan la ropa a la semana .....	45
Gráfico 17. Número de veces que los encuestados riegan el jardín a la semana .....	45
Gráfico 18. Productos cárnicos que el encuestado consume al día .....	46
Gráfico 19. Cereales que el encuestado consume al día.....	47
Gráfico 20. Litros de agua (embotellada, hervida, de garrafón, jugos, refrescos, etc.), que el encuestado toma al día .....	48
Gráfico 21. Histograma de frecuencia de la HH personal de la comunidad universitaria PUCE. .	50
Gráfico 22. ¿Cierra el grifo mientras se cepilla los dientes? .....	66
Gráfico 23. Tipo de Inodoro.....	67
Gráfico 24. Tipo de Ducha .....	67

## *Índice de tablas*

Tabla 1. Población total de la comunidad universitaria PUCE sede Quito .....	15
Tabla 2. Ejemplos de Huella hídrica de alimentos .....	28
Tabla 3. Ejemplos de las unidades de medida para la sección de consumo de alimentos de la encuesta .....	36
Tabla 4. Edad.....	38
Tabla 5. Rangos del ingreso familiar.....	41
Tabla 6. Valor promedio de la HH personal en relación a los productos cárnicos .....	46
Tabla 7. Valor promedio de la HH personal en relación a los cereales.....	47
Tabla 8. Resultados de la HH personal de la comunidad universitaria PUCE.....	49
Tabla 9. Resultados de la HH personal de acuerdo a la comunidad que pertenece.....	51
Tabla 10. Variables utilizadas en las estimaciones .....	52
Tabla 11. Resultados del modelo (1) HH personal - variables socioeconómicas .....	54
Tabla 12. Resultados del modelo (2) HH personal - variables socioeconómicas .....	55
Tabla 13. Resultados del modelo (3) HH personal - variables socioeconómicas .....	57
Tabla 14. Resultados del modelo (4) HH personal - variables socioeconómicas .....	58

## *Glosario de términos*

**HH:** Huella Hídrica

**PUCE:** Pontificia Universidad Católica del Ecuador

**AV:** Agua Virtual

**WFN:** Water Footprint Network

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas

**ONU-DAES:** Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas

**PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

**OBELA:** Observatorio Económico Latinoamericano

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**FNCA:** Fundación Nueva Cultura del Agua

## *Introducción*

La disponibilidad de agua dulce del planeta es mucho menor a lo que se piensa, más aún cuando se ve amenazada por diferentes factores que disminuyen la cantidad de agua utilizable. Entre estos factores se encuentran principalmente, la contaminación, el crecimiento exponencial de la población, la distribución irregular de recurso, el calentamiento global y el cambio climático (Becerra & Barraza, 2013). Aproximadamente 1.000 millones de personas en la actualidad sufren la carencia de agua en el mundo. Lo que significa que el recurso hídrico es un tema de preocupación común. Para el 2025 la UNESCO estima que dicha cantidad va a crecer hasta 3.000 millones (UNESCO, 2006).

El volumen total de agua en el planeta Tierra se valora en 1400 millones de kilómetros cúbicos (Km<sup>3</sup>), y apenas el 2.5% de este volumen es agua dulce (35 millones de Km<sup>3</sup>), claramente este dato muestra el problema de escasez del recurso. De esta cantidad total de agua dulce el 69.7%, es decir, 24.3 millones de Km<sup>3</sup> está en forma de hielo en los polos (Antártida y el Ártico), el 30% (10.5 millones de Km<sup>3</sup>) se encuentra contenida en acuíferos subterráneos y tan sólo alrededor del 0.3% (0.1 millones de Km<sup>3</sup>) forma parte de lo que se denomina agua dulce superficial disponible para el uso de los humanos y demás seres vivos que forman parte del ecosistema (Boggiano, 2015).

La escasez de agua dulce es una realidad que afecta a todas las regiones del mundo en mayor o menor escala, y dicha escasez puede tener importantes consecuencias en la calidad de vida de las personas y el crecimiento económico de los países. En definitiva, la posibilidad de contar con fuentes de agua dulce seguras es esencial para la vida, pero también para el bienestar de la población de un país.

Ecuador es uno de los países que cuenta con mayores reservas de agua dulce a nivel mundial, principalmente si se toma en cuenta su población (per cápita). Ecuador se encuentra en el puesto 25 de un ranking a nivel mundial con un volumen de agua total de 442 Km<sup>3</sup>/año estimados para el año 2015 (FAO, 2016). Existen diversos factores de riesgo como la contaminación el calentamiento global etc., que ocasionan una disminución en la cantidad de agua utilizable por lo que exige a las personas tener mayor conciencia sobre el uso responsable de agua dulce.

Es esencial conocer que en la actualidad un ecuatoriano en promedio gasta, 249 litros de agua potable para consumo doméstico al día. Esta cifra es superior a los 100 litros al día recomendados por la Organización Mundial de la Salud Para satisfacer las necesidades de higiene y consumo, y un 40% más que el promedio de la región de América Latina (OMS, s.f). El consumo en exceso, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación de las principales fuentes de agua son algunos de los factores que ponen en peligro a los recursos hídricos en el mundo (News, 2018).

Todas las actividades que realiza el ser humano requieren de grandes cantidades de agua, por ejemplo en tareas cotidianas como ducharse, lavar la ropa, incluso en las actividades que no vemos directamente el agua, como la que se consume de manera indirecta cuando se utiliza la energía eléctrica en casa, en la ropa que se adquiere, hasta en los productos agrícolas que son necesarios para la alimentación de cada persona, es decir no se conoce toda la cantidad de agua oculta que poseen todos estos productos y actividades de la vida diaria.

La HH es un indicador de sostenibilidad que permite saber dónde y cuánta agua se consume y contamina, para la investigación se usa a la huella hídrica personal que es la cantidad de agua que consume cada persona en su vida diaria, generando así un indicador de consumo de agua individual de la comunidad universitaria de la PUCE (Water Footprint Network, s.f). La estimación de la HH personal en el caso de Ecuador no se ha analizado ampliamente y menos aún sus implicaciones económicas, al hablar de implicaciones se refieren a las distintas correlaciones existentes entre el consumo de agua personal, y las variables socioeconómicas de estudio, como ingreso, nivel de educación, edad, sexo, tamaño de la familia y tipo de vivienda.

De acuerdo a la Water Footprint Network la huella hídrica per cápita en promedio a nivel mundial en el año 2012 se sitúa en los 1.385 m<sup>3</sup>/año, en América Latina esta cifra es mayor llegando a 1.783 m<sup>3</sup>/año. Y en Ecuador la huella hídrica per cápita es de 2.007 m<sup>3</sup>/año, lo que significa que el Ecuador posee un consumo elevado de agua (Vázquez & Buenfil, 2012).

En los últimos años tanto a nivel mundial como a nivel nacional se han realizado varios estudios sobre la huella hídrica en diferentes sectores (agricultura, ganadería, industria textil, etc.) utilizando diferentes metodologías de aplicación, pero por lo general todas con el mismo objetivo final, la optimización del recurso y la creación de estrategias para que esto sea posible. Pero la estimación de la HH de consumidores individuales (HH personal) tomando como

muestra a una comunidad universitaria con el objetivo de determinar las implicaciones socioeconómicas existentes, es poco estudiado por tal razón es necesario analizar y estudiar el tema planteado.

Además, al existir la hipótesis que el consumo de agua en el país es alto por parte de los ciudadanos, se quiere corroborar ese dato y tratar de analizar y caracterizar desde la vertiente de variables socioeconómicas para lo que se utiliza como muestra a la comunidad universitaria de la PUCE.

No solo el agua que se observa cuando se usa es toda la que se consume, la mayor cantidad de agua utilizada se encuentra en los productos y servicios que a diario consume una persona, además los impactos como la contaminación y el agotamiento de recursos que genera la humanidad afectan de manera negativa tanto al medio ambiente y a las propias personas. Por este motivo surge la necesidad de implementar herramientas e indicadores en este caso el de la huella hídrica que permite cuantificar los flujos de agua en relación a las actividades humanas y así generar la información necesaria para el manejo y control eficiente del uso del agua en las actividades diarias de las personas de la institución educativa (Fernández, 2017).

Comprender y cuantificar la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE desde una perspectiva socioeconómica ayuda a proporcionar una solución a la búsqueda de la sostenibilidad y gestión eficiente del recurso hídrico. Además, esta disertación forma parte del proyecto de investigación de la Facultad de Economía y Facultad de Ingeniería de la PUCE “Propuesta de implementación una nueva generación de indicadores para la gestión eficiente del ciclo integral de agua y su aplicación para la política pública sectorial de Ecuador”.

## *Metodología de la investigación*

### **Pregunta general**

¿Cuáles son las implicaciones socioeconómicas de la huella hídrica personal en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Quito año 2019?

### **Preguntas específicas**

- ¿Cuál es la Huella Hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE?
- ¿Cómo se caracteriza desde el punto de vista socioeconómico la Huella Hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE?
- ¿Qué propuestas de consumo sostenible de agua se pueden implementar para la comunidad universitaria de la PUCE?

### **Objetivo general**

Determinar las implicaciones socioeconómicas de la huella hídrica personal en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Quito año 2019.

### **Objetivos específicos**

- Identificar la Huella Hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE.
- Caracterizar desde el punto de vista socioeconómico la Huella Hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE.
- Plantear propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria de la PUCE.

## Estrategia de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque usó la recolección de datos para la estimación de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE, esto con la ayuda de la medición numérica y el análisis estadístico y econométrico.

El diseño de la investigación es de tipo transversal, porque se recolectó los datos en un solo momento del tiempo. El alcance de la investigación es descriptivo y correlacional, puesto que caracteriza el comportamiento de las variables de estudio y cómo estas influyen o se relacionan con el consumo de agua de la comunidad universitaria.

## Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico proporciona la manera de resolución de cada objetivo de la investigación desde una perspectiva diferente. Primero se abordó el fundamento teórico necesario para comprender a la huella hídrica personal, y así elaborar la metodología de estimación de la huella hídrica personal, que en este caso consistió en la construcción de una encuesta virtual tomando como referencia la calculadora de huella hídrica de la Water Footprint Network, pero adaptada a la realidad ecuatoriana.

Para determinar el tamaño de la muestra y obtener resultados estadísticamente significativos, se aplicó un muestreo probabilístico, esto se efectuó en base a los datos proporcionados de la población de la comunidad universitaria mostrados en la rendición de cuentas del periodo 2018-2019 de la PUCE.

**Tabla 1. Población total de la comunidad universitaria PUCE sede Quito**

Comunidad Universitaria	N. personas	Porcentaje
Estudiantes	14.151	84%
Docentes	1.945	12%
Administrativos	702	4%
<b>TOTAL</b>	<b>16.798</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** PUCE (2019)

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

## Muestra

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{[e^2(N - 1)] + Z^2 * p * q}$$

**Z**= valor del parámetro estadístico al 97.5% de nivel de confianza = 2.24

**N**= tamaño de la población = 16798

**e** = margen de error = 0.05

**p**= probabilidad de que ocurra el evento = 0.5

**q**= probabilidad de que no ocurra el evento = 0.5

$$n = \frac{2.24^2 * 0.5 * 0.5 * 16798}{[0,05^2(16798 - 1)] + 2.24^2 * 0.5 * 0.5} \quad n = 487$$

**Gráfico 1. Distribución de la muestra**

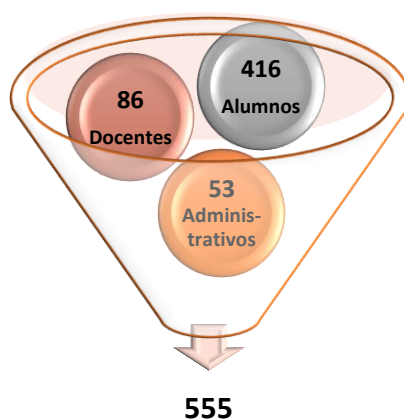


**Fuente:** Muestra de la investigación

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En este caso el tamaño de la muestra fue de 487 personas, pero una vez realizada la encuesta se lograron recolectar 600 encuestas mostrando una buena acogida por parte de los participantes, ya que al ser una encuesta virtual abierta al público pudieron acceder de manera voluntaria la comunidad universitaria. Después de un proceso de depuración de la base de datos se descartaron 45 encuestas, las cuales presentaban datos inconsistentes, dando como resultado 555 encuestas válidas divididas en 416 estudiantes, 86 docentes y 53 administrativos las cuales fueron utilizadas para el trabajo de investigación.

**Gráfico 2. Número total de la muestra de trabajo**



**Fuente:** Base de datos

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

De esta forma se procedió a realizar el levantamiento de información, y así se efectuó el análisis de resultados de la huella hídrica personal por medio de un análisis estadístico y a través de una caracterización socioeconómica de los encuestados, y por último el análisis de las relaciones de significancia que existen entre el consumo de agua y las variables de estudio, de esta manera se pudieron observar las implicaciones socioeconómicas que tiene la estimación de la huella hídrica personal.

Para obtener este resultado se realizó cuatro modelos econométricos de corte transversal, ya que se tiene varios individuos en un mismo periodo del tiempo, en este caso se trató de regresiones lineales múltiples, los modelos ayudaron a comprobar la hipótesis de trabajo que se plantea que a mayor ingreso o renta las personas tienen un mayor consumo de agua, además se estudió como las otras variables independientes en este caso el nivel de educación, edad, sexo, tamaño de la familia, y tipo de vivienda influyen en el consumo de agua personal de la comunidad universitaria.

#### **Modelos Utilizados:**

1. Huella hídrica =  $B_0 + B_1\text{ingresofam} + B_2\text{Niveduc} + B_3\text{edad} + B_4\text{sexo} + u$
2. Huella hídrica =  $B_0 + B_1\text{ingresofam} + B_2\text{Niveduc} + B_3\text{edad} + B_4\text{sexo} + B_5\text{numniños} + B_6\text{numadultos} + u$

$$3. \text{ Huella hídrica} = B_0 + B_1\text{ingresofam} + B_2\text{Niveduc} + B_3\text{edad} + B_4\text{sexo} + B_5\text{numniños} + B_6\text{numadultos} + B_7\text{comunidad} + B_8\text{tipoviv} + u$$

$$4. \text{ Huella hídrica} = B_0 + B_1\text{ingresofam} + B_2\text{Niveduc} + B_3\text{sexo} + B_4\text{numniños} + u$$

En este caso el cuarto modelo fue el que explico de mejor manera la relación existente entre el consumo de agua personal HH y las variables de estudio seleccionadas, por lo que todas las variables de dicha regresión son estadísticamente significativas.

Finalmente se efectuó una búsqueda de información bibliográfica referente a la conservación y manejo del agua. Así con la información obtenida y con el resultado de la estimación de la huella hídrica personal se plantearon propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria.

## **Fuentes de Información**

Para la investigación fue necesaria una herramienta de recolección de datos en este caso se trató de la encuesta aplicada a la comunidad universitaria de la PUCE, la encuesta estuvo estructurada de acuerdo a la metodología desarrollada por la Organización Water Footprint Network de calculadora personal de la huella hídrica, pero adaptada a la realidad de Ecuador. La encuesta fue la principal fuente de información para obtener el consumo de agua personal y analizar las implicaciones socioeconómicas, es decir las relaciones existentes entre las distintas variables de estudio.

Además, se realizó una revisión de todo tipo de investigaciones y publicaciones científicas indexadas que muestran evidencia empírica de la huella hídrica, para esto también se utilizaron varios artículos académicos del autor Arjen Hoekstra que fue el creador del concepto de la huella hídrica.

## ***Fundamento Teórico***

El estudio de la estimación de la huella hídrica, parte de distintas teorías y conceptos tanto generales como específicos importantes para entender de manera más adecuada el tema de investigación, En primer lugar, es necesario comprender al desarrollo sostenible desde una perspectiva del agua, para luego definir e identificar las características de la economía ambiental, al igual que la economía de los recursos naturales, y la economía del agua en la cual se aborda a la Huella Hídrica eje principal de la investigación.

### **Desarrollo Sostenible**

El desarrollo sostenible surge como fundamento general para el desarrollo mundial a largo plazo, trata de lograr de manera equilibrada el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente (ONU, s.f). Ante todos los problemas que existen en el planeta como consecuencia del crecimiento de la población, el desarrollo económico y tecnológico que impacta sobre los recursos naturales, el medio ambiente, y la calidad de vida de las sociedades, es necesario un nuevo cambio social, económico, político y cultural, que permita garantizar y conservar el entorno para las presentes y futuras generaciones. De este modo, aparece el desarrollo sostenible<sup>1</sup> que se preocupa por la utilización consciente de los recursos naturales para lograr un desarrollo económico y social que permita el progreso mediante la conservación del medio ambiente (Pineda, 2019).

En este sentido se observa la necesidad de comprender al desarrollo sostenible como una teoría esencial al momento de estudiar a la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE y las correlaciones económicas existentes, ya que con el resultado se entiende de mejor manera el consumo de agua de cada persona y como esto puede ayudar a proporcionar una solución en la búsqueda de la sostenibilidad del recurso hídrico.

### **Agua y desarrollo sostenible**

El agua es la base del desarrollo sostenible, la disminución de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental se apoyan en los recursos hídricos y en la variedad de

---

<sup>1</sup> De acuerdo a la ONU se define al desarrollo sostenible como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (ONU, s.f).

servicios que proporcionan, puede ser visto desde la alimentación y la seguridad energética hasta la salud humana y ambiental, el agua contribuye a mejorar el bienestar social y el crecimiento inclusivo, pero su mal manejo puede afectar a la subsistencia de miles de millones de seres humanos (UNESCO, 2015).

Además, es primordial comprender la relación entre el desarrollo sostenible y el uso del agua. El agua es un recurso limitado e irremplazable que se le considera como un factor esencial para el bienestar humano y solo puede ser considerado como recurso renovable si está adecuadamente gestionado, esta gestión es un requisito esencial del desarrollo sostenible. La contaminación de los recursos hídricos y la degradación de los ecosistemas asociados a ellos son problemas que afectan al desarrollo sostenible, asimismo el crecimiento poblacional y su creciente demanda de agua además de la falta de cumplimiento de normas y la ausencia de sanciones rigurosas a los actores de graves impactos ambientales son otras de las causas que afectan al desarrollo sostenible (ONU-Agua, 2015).

En la actualidad aproximadamente 1.700 millones de personas a nivel mundial viven cerca de cuencas fluviales en las que el uso prolongado excede la recarga natural, esta propensión muestra que para el 2025 alrededor de dos tercios de la población mundial podría vivir en países con escasez de agua. En este sentido el recurso hídrico es uno de los desafíos más importantes para el desarrollo sostenible, ya que es necesario mantener una gestión más equitativa y eficiente del agua para así de tratar de solucionar los problemas que podrían generar escases (ONU-DAES, 2014).

## **Gestión del agua y desarrollo sostenible**

El agua es un recurso indispensable para la vida, es imposible vivir sin ella. Sin embargo, la administración de este recurso no renovable es muy débil debido a varias razones como la falta de leyes y políticas adecuadas, además, de limitadas capacidades a nivel de las instituciones con rectoría en el tema (PNUD, 2017).

El agua es fundamental para las tres dimensiones<sup>2</sup> del desarrollo sostenible, y es un elemento común para conseguir los objetivos sociales, el desarrollo económico y los límites ambientales.

---

<sup>2</sup> las tres dimensiones del desarrollo sostenible son: social, económica y ambiental (UNESCO, 2015).

La gestión inteligente del agua es un prerrequisito del desarrollo sostenible. Si se gestiona de forma adecuada, el agua juega un papel esencial para reforzar la resiliencia de los sistemas económicos, sociales y ambientales ayudándoles a responder a cambios impredecibles (ONU-Agua, 2015).

El agua es uno de los recursos indispensables en la producción de la mayor cantidad de bienes y servicios tales como los alimentos, las manufacturas y la energía. El abastecimiento de agua que todas las personas necesitan tiene que ser seguro, para que así las actividades económicas puedan ser inversiones sostenibles desde un punto de vista financiero. Pero para esto se necesita una gestión inteligente del recurso hídrico con una inversión responsable en infraestructuras de forma apropiada para mantener un uso responsable del recurso impulsando los avances en la mayoría de las áreas productivas de la economía (UNESCO, 2015).

Las decisiones sobre la gestión del agua son responsabilidad colectiva en este caso tanto del sector público como del privado. La dificultad radica en cómo esta responsabilidad compartida puede lograrse convertir en algo fructuoso y en un lugar de encuentro donde los sectores con diferentes perspectivas puedan congregarse y participar de forma colectiva para tomar decisiones acertadas en torno a un interés común con respecto a la gestión del recurso (ONU, s.f).

## **Economía Ambiental**

La economía ambiental reconoce el valor del medio ambiente la actividad económica y toma decisiones basadas en esos valores (Wierenga, 2006). Esta rama de la economía emplea instrumentos matemáticos apoyados en criterios analíticos que sirven de apoyo en la solución de problemas referentes al uso de los recursos naturales. La economía ambiental intenta explicar cómo puede existir una asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables (Aguilera, 1994).

Es importante considerar que los impactos negativos producidos al medio ambiente de alguna manera repercuten a la sociedad y a la economía. La Economía Ambiental entre las diferentes ramas de estudio tiene como característica tratar de desarrollar un análisis del medio ambiente en términos económicos y cuantitativos, es decir, en función de precios, costos y beneficios monetarios (OBELA, 2012). El objeto de estudio de la economía ambiental se

forma por los principales problemas ambientales a los que se enfrenta la humanidad, por lo que las ciencias de la naturaleza proporcionan la materia prima sobre la que se concentran los esfuerzos del analista económico (Azqueta, 2007).

De acuerdo a Azqueta (2007) “lo que caracteriza de hecho a la economía ambiental es más bien su mayor disposición a utilizar las herramientas convencionales del análisis económico, con su inevitable ideología, para abordar el estudio de algunos problemas ambientales” (Azqueta, 2007, pág. XXV). En este caso para la estimación de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE es necesario comprender y utilizar a la economía ambiental como un instrumento de apoyo, ya que con el uso de herramientas económicas se realiza un análisis de las correlaciones entre las distintas variables y las implicaciones económicas, estas implicaciones por ejemplo pueden ser vistas en términos de externalidades positivas (menor consumo de un recurso escaso, menor contaminación hídrica), o liberación de recursos para otros usos (costo de oportunidad).

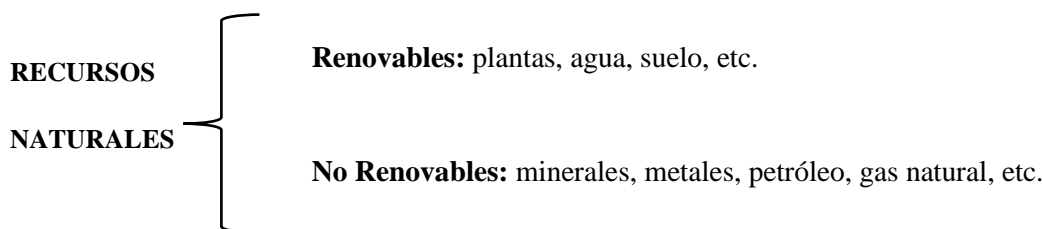
La importancia de los recursos naturales en la actividad económica es evidente gracias al desarrollo de la economía ambiental como subdisciplina dentro de la ciencia económica. La mayoría de los autores coinciden en señalar la década de 1970 como punto de partida a la hora de hablar de la economía de los recursos naturales como rama de la economía ambiental (Sevilla, Torregrosa, & Moreno, 2010).

### **Economía de los Recursos Naturales**

La Economía de los recursos naturales toma en cuenta a la demanda, la oferta y la asignación de los recursos naturales del planeta. Uno de los principales objetivos es comprender de mejor manera el papel de dichos recursos en la economía con el propósito de desarrollar métodos más sostenibles en la gestión de los recursos para así asegurar su disponibilidad para las generaciones futuras (Hillagric, s.f.).

La economía de los recursos naturales además se encarga de estudiar cómo la sociedad moderna utiliza recursos naturales escasos en este caso como por ejemplo agua dulce, bosques, petróleo, entre otros. Los recursos naturales se clasifican en recursos renovables y no renovables. Un recurso natural renovable muestra una tasa de crecimiento o por así decirlo una renovación

característica en una escala económica de tiempo<sup>3</sup>. Un recurso natural no renovable por el contrario se caracteriza por que su utilización económica reduce inevitablemente las reservas (Lizano, 2008).



Entre los recursos naturales renovables de gran importancia para el desarrollo de la vida en el planeta, y de prioridad para este trabajo de investigación se encuentra al recurso hídrico como uno de los elementos fundamentales e irremplazables, un elemento vital para sobrevivir. En términos socioeconómicos, el agua es indispensable para realizar las diferentes actividades productivas realizadas por el hombre y uno de los principales recursos para impulsar el desarrollo económico y social de los países (Pronaturaleza, 2016).

## **Economía del Agua**

La Economía se interacciona con los recursos hídricos por medio de varios factores como los precios del agua, el valor del agua, incluyendo valores de uso y de no uso, y por último el costo del agua que en este caso no sólo forman parte los costos financieros y recursos consumidos en los servicios que proporciona el agua, sino también costos de oportunidad (Young, 2004).

Es fundamental distinguir entre demanda y consumo de agua. La demanda es la cantidad de agua que resulta necesaria suministrar en principio para satisfacer un uso determinado, al contrario, el consumo es la pérdida o reducción física del volumen de agua disponible que ese uso lleva consigo (CEPAL, 2012). La demanda mundial de agua está fuertemente condicionada por el crecimiento demográfico, la urbanización, y los procesos macroeconómicos como la globalización, los cambios en los patrones de alimentación y el aumento del consumo. Se estima que para el 2050 la demanda mundial de agua aumente un 55%, principalmente por las

---

<sup>3</sup> Una escala de tiempo económica es un intervalo de tiempo para la que la planeación y el manejo son significativas (Lizano, 2008).

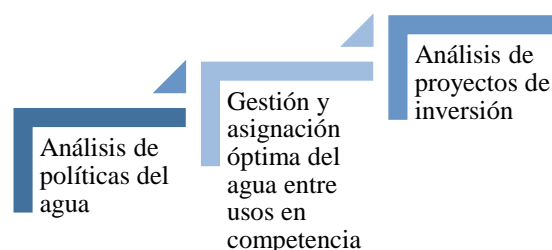
crecientes necesidades de la industria, la producción de electricidad y el uso doméstico (UNESCO, 2015).

Normalmente al hablar del consumo o uso del agua se hace referencia a la cantidad empleada de la misma, dejando de lado la calidad del recurso, que es determinante al momento de definir sus usos<sup>4</sup>. Gran parte de las actividades domésticas e industriales vienen dependiendo en su totalidad del recurso hídrico, y aunque parezca ser el recurso natural más abundante de la superficie terrestre no lo es. El 97,5% del agua se halla en los mares y océanos prácticamente inutilizable por el hombre, y el 2,5% del agua restante se encuentra en los glaciares, nevados, depósitos subterráneos y otros lugares de difícil acceso. En este caso el 0,26% de los recursos hídricos es fácilmente aprovechable para la humanidad, soportado así la demanda de cada individuo (Pronaturaleza, 2016).

Los problemas asociados con la gestión del agua están interconectados con otros aspectos relacionados con el desarrollo, factores políticos, económicos, sociales, ambientales y legales (Sevilla, Torregrosa, & Moreno, 2010). Una adecuada gestión del agua y de los ecosistemas hídricos demanda cuidado en la dimensión económica, examinando varios aspectos como el agua agregada a los productos que generalmente se consumen, la eficiencia del uso del recurso, y la distribución de los costos, (FNCA, s.f).

La Economía del agua ayuda en la toma de decisiones de la gestión del recurso en tres niveles fundamentales (Velázquez, 2014).

**Gráfico 3. Niveles de gestión del agua**



**Fuente:** Velázquez, 2014

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

<sup>4</sup> La economía neoclásica considera al agua como un bien libre, es decir que no tiene ni dueño ni precio, pero en realidad es un bien común, con increíble valor y no siempre monetario (Ayres y Kneese, 1969).

- *Análisis de políticas del agua.* Las políticas públicas que son afines al suministro de agua y al mismo tiempo referentes a su calidad traen valiosos resultados económicos, el medioambiente, los hogares, las empresas, el sector agrícola, industrial etc. Además, se considera que la Economía proporciona instrumentos de apoyo que sirven en el análisis de numerosas políticas del agua.
- *Gestión y asignación óptima del agua entre usos en competencia.* En este caso la economía suele instruir sobre el valor del agua y los distintos usos existentes, de esta forma la ciencia económica ayuda en la toma de decisiones sobre la asignación y priorización del recurso.
- *Análisis de proyectos de inversión.* La Economía relacionada con la ingeniería facilita algunas herramientas esenciales de apoyo para la selección de proyectos de infraestructura para gestión del agua (Velázquez, 2014).

Las inversiones en infraestructuras y el funcionamiento de los servicios relacionados con el agua pueden resultar muy beneficiosas para el crecimiento económico y la creación de puestos de trabajos directos e indirectos, además favorecen a los sistemas de producción. Evaluar la relación entre el agua, el crecimiento económico y el empleo es difícil. Sin embargo, se menciona que los países muestran una fuerte correlación positiva entre las inversiones relacionadas con el agua y la renta nacional, así como entre la capacidad de gestión eficiente del agua y el crecimiento económico (Uhlenbrook & Miletto, 2016).

Además, se calcula que una inadecuada gestión de los servicios de agua y saneamiento pueden ocasionar disminuciones incluso del 1% del PIB en algunos países de la región de América Latina, o en este caso los países pobres que poseen un mayor acceso a servicios de agua registran tasas de crecimiento considerable mayores que algunos países con peores servicio, esta gestión eficiente del recurso hídrico que necesita cada país representa gastos importantes de recursos económicos, que tienen un costo de oportunidad, si se reduce el consumo de agua y sus costos asociados se puede utilizar en otras necesidades de la economía (Carrera, 2018).

## **Indicadores Hídricos**

El agua que se observa cuando se usa no es toda la que se consume, la principal cantidad de agua que utilizan las personas se encuentra en los productos y servicios que a diario se consumen. Por este motivo es necesario la ayuda de indicadores hídricos los cuales permiten cuantificar los flujos de agua en relación a las actividades humanas, los principales indicadores son el agua virtual y la huella hídrica (Fernández, 2017).

### **Agua Virtual**

El concepto de agua virtual (AV), o integrada, se desarrolló por primera vez como una forma de entender cómo los países con escasez de agua podían proporcionar alimentos, ropa y otros bienes de uso intensivo de agua a sus habitantes. El comercio mundial de bienes ha permitido a países con recursos hídricos limitados depender de los recursos hídricos de otros países para satisfacer las necesidades de sus habitantes puesto que los alimentos y otros productos se comercializan internacionalmente. Es decir, el comercio de agua virtual permite a los países con escasez de agua importar productos que consumen mucha agua mientras exportan productos que consumen poca agua y, de esta forma, hacen que el agua esté disponible para otras necesidades. Desde un punto de vista económico, tiene sentido producir los productos intensivos en agua en aquellos lugares donde el agua es más abundante. Esto alivia aún más la presión sobre los propios recursos hídricos y el medio ambiente de una nación, especialmente en países en regiones con escasez de agua (Water Footprint Network, s.f).

El agua virtual constituye además el cálculo de la cantidad total de agua que se requiere para lograr un producto, pero también contiene el agua utilizada durante las fases del proceso productivo, para el caso de un bien agrícola estas fases pueden ser el crecimiento, procesamiento, fabricación, transporte y venta de los productos. Para cada uno de estos productos o puede ser el caso de un producto industrial se puede calcular el contenido de agua virtual y se menciona que es virtual porque no está presente en los productos finales (Arreguín & López, 2007).

Si se trata de una definición cuantitativa se han propuesto y aplicado principalmente dos enfoques diferentes. En el primer enfoque el contenido de agua virtual se define como el volumen de agua que en realidad se utilizó para producir el producto, esto dependerá de las

condiciones de producción, incluido el lugar y el momento de la producción y la eficiencia del uso del agua. Por ejemplo, producir un kilogramo de maíz en un país árido, puede requerir dos o tres veces más agua que producir la misma cantidad en un país húmedo. En el segundo enfoque se toma la perspectiva del consumidor en lugar de la del productor, y se define el contenido de agua virtual de un producto como la cantidad de agua que se habría requerido para producir el producto en el lugar donde se necesita (Hoekstra, 2003).

La definición de huella hídrica (HH) se encuentra estrechamente atada al de agua virtual, ya que la HH en parte se refiere al agua utilizada en la fabricación de un producto, por lo cual se puede hablar del contenido de agua virtual de un producto (Arreguín & López, 2007). No obstante, la HH tiene una aplicación todavía más amplia que se explica más adelante.

## **Huella hídrica**

La huella hídrica es un indicador del uso de agua dulce que hace referencia tanto al uso directo del agua de un consumidor o productor, como a su uso indirecto. La huella hídrica puede suponerse como un indicador que muestra de qué manera se utiliza el recurso hídrico, ya que se usa para medir el volumen de agua dulce empleado para generar los bienes y servicios producidos por una empresa, o al contrario los consumidos por una persona o colectividad (Hoekstra, 2003).

El concepto de HH forma parte de una familia más amplia de conceptos que se han desarrollado en las ciencias ambientales durante la última década como son las Huellas<sup>5</sup>. La huella hídrica<sup>6</sup> pertenece a la familia de huellas que ayudan a comprender cómo las opciones de producción y consumo están afectando los recursos naturales. A medida que la población crece y el nivel de vida aumenta para muchas personas, la huella hídrica muestra el volumen de agua que se utiliza cada día en todas las actividades, como preparar la comida, el aseo personal o en la ropa que usamos, e indica la presión que ejercen las personas sobre los recursos de agua dulce (Water Footprint Network, s.f).

De acuerdo a la Water Footprint Network (s.f) la huella hídrica personal es la cantidad de agua que consume cada persona en su vida diaria, incluida el agua utilizada para cultivar los

---

<sup>5</sup> Una "huella" en general se conoce como Medida cuantitativa que muestra la apropiación de recursos naturales por los seres humanos (Water Footprint Network, s.f).

<sup>6</sup> Creada en 2002 por Arjen Hoekstra.

alimentos que consume, para producir la energía que utiliza y para todos los productos que son útiles en su vida cotidiana como por ejemplo la ropa que usa, las carteras, los aparatos electrónicos, etc (Water Footprint Network, s.f).

Una persona promedio consume directamente para sus necesidades aproximadamente unos 100 litros de agua al día recomendados por la OMS, sin tomar en cuenta el agua que usa indirectamente, es decir el agua incluida en los productos que consume, principalmente la mayor cantidad se encuentra en los alimentos, si se contabiliza este consumo oculto de agua, esta medida puede llegar a 4000 lt/día, unas cuarenta veces más que el cálculo usual (Collado & Saavedra, 2010).

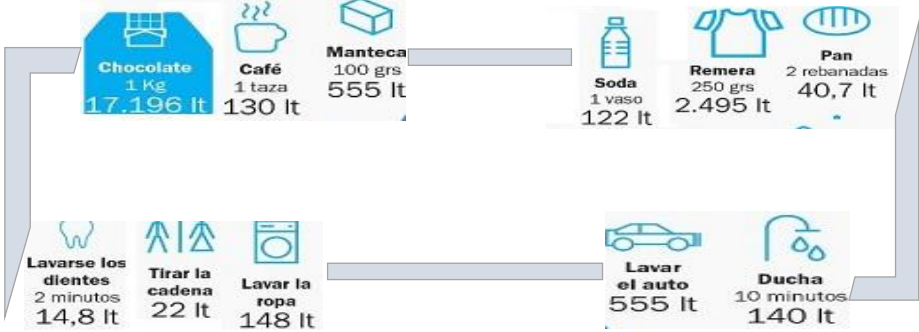
**Tabla 2. Ejemplos de Huella hídrica de alimentos**

PRODUCTO	HUELLA HÍDRICA
1 kg arroz	3400 lt
1 lt cerveza	300 lt
1 lt leche	1020 lt
1 kg de frutas	962 lt
1 kg azúcar	1500 lt
1 kg carne	15400 lt

**Fuente:** Water Footprint Network  
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

A continuación, se muestran otros ejemplos de HH de productos que consumen las personas a diario, no solo alimenticios sino también actividades que realizan los individuos en su vida cotidiana y que traen consigo un consumo de agua.

**Gráfico 4. Huella hídrica de productos y actividades cotidianas**



**Fuente:** Water Footprint Network  
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En términos generales, el objetivo de evaluar la huella hídrica es analizar cómo las actividades humanas o productos específicos se relacionan con los problemas de escasez y contaminación del recurso hídrico, y ver cómo las actividades y productos pueden ser más sostenibles desde una perspectiva de gestión del agua (Hoekstra et al., 2011).

## **Componentes y metodología de la huella hídrica**

Los estudios de la huella hídrica pueden tener diversos propósitos y aplicarse en diferentes contextos. Cada propósito requiere su propio alcance de análisis. El uso de agua se mide por el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad de masa para empresas. La huella hídrica evalúa tanto el uso de agua directo como el indirecto y se puede calcular para cualquier grupo definido de consumidores (por ejemplo, individuos, familias, pueblos, ciudades, provincias, estados o naciones) o productores (por ejemplo, organismos públicos, empresas privadas o el sector económico) (Hoekstra, 2003).

La huella hídrica se mide en unidades de volumen (litros o metros cúbicos) por unidad de producto, y se forma de tres componentes que se denominan por colores (los colores del agua) (WFN, s.f).

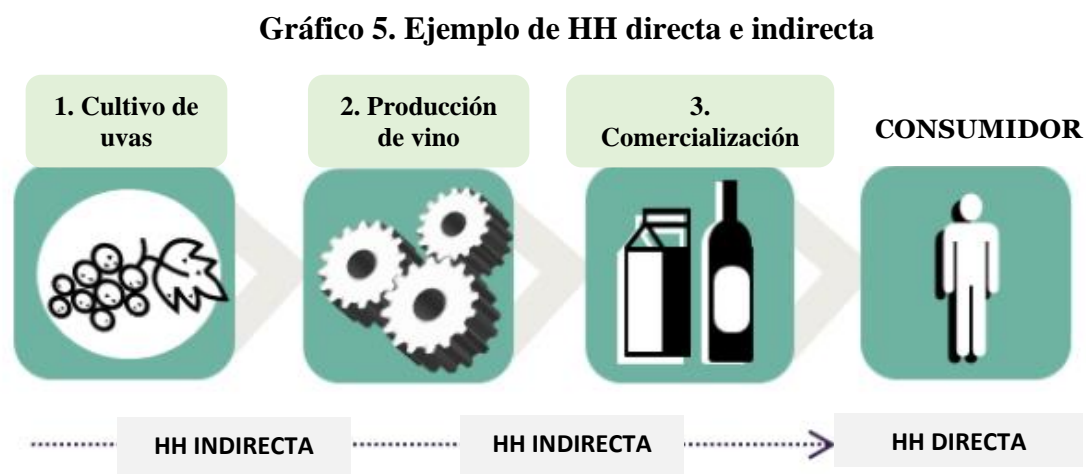
- **HH Verde:** se refiere al consumo de recursos de agua verdes lo que quiere decir agua de lluvia que no se convierte en escorrentía, sino que se incorpora en productos agrícolas se encuentra presente en el sector agrícola y pecuario. Hace referencia a una reducción en la disponibilidad de agua verde por disminución en la cantidad a causa de la apropiación humana.
- **La HH Azul:** se refiere al consumo de los recursos hídricos azules (agua dulce), superficial o subterránea, en todo el proceso de producción de un producto por ejemplo en el sector agrícola mediante el riego. Este consumo se refiere a la pérdida de agua, esta pérdida ocurre cuando el agua se evapora, no regresa a la misma cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto.
- **La HH Gris:** se refiere a la contaminación y está definida como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar una carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales y estándares ambientales de calidad de agua.

La huella hídrica tiene indispensablemente una dimensión temporal y una dimensión espacial, y se debe calcular con datos recolectados en un período de tiempo determinado y en un lugar geográfico perfectamente definido (Hoekstra & Chapagain, 2008).

### Uso directo e indirecto de agua

La huella hídrica analiza el uso o consumo de agua directo e indirecto esto puede ser de un proceso, producto, empresa o sector e incluye el consumo de agua y la contaminación durante todo el ciclo de producción desde la cadena de suministro hasta el usuario final. Asimismo, es posible usar la HH para medir la cantidad de agua necesaria para producir todos los bienes y servicios consumidos por las personas, comunidad o una nación. Esto también incluye la huella hídrica directa, que es el agua utilizada directamente por los individuos y la huella hídrica indirecta, la suma de las huellas hídricas de todos los productos consumidos (Water Footprint Network, s.f).

En el gráfico 5 se señala un ejemplo en el que se aprecia de mejor manera la HH indirecta y puede representarse en la producción de vino. En primer lugar, durante el cultivo y crecimiento de las uvas se ha consumido y contaminado agua. Luego en una segunda etapa se ha usado y contaminado agua durante el proceso de producción, y por último el vino llega al consumidor final mediante la comercialización ocupando en una menor cantidad agua, y por último en la etapa donde el individuo consume el producto es donde visualiza el consumo de agua y se convierte en HH directa.



**Fuente:** Water Footprint Network

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

## Método de cálculo de la huella hídrica de un individuo o personal

De acuerdo a Hoekstra (2011) la huella hídrica de un individuo o consumidor es “el volumen total de agua dulce consumida y contaminada para la producción de los bienes y servicios utilizados por el consumidor”, además implica el uso directo e indirecto del agua que está asociado con los hábitos personales. La huella hídrica de un grupo de consumidores es igual a la suma de las huellas hídricas de los individuos (Hoekstra et al., 2011, pág. 52).

La huella hídrica de un consumidor ( $HH_{cons}$ ) se calcula sumando la huella hídrica directa ( $HH_{cons, dir}$ ) del individuo y su huella hídrica indirecta ( $HH_{cons, indir}$ ).

$$HH_{cons} = HH_{cons, dir} + HH_{cons, indir}. \quad (\text{Volumen/Tiempo}) \quad (1)$$

La huella hídrica directa ( $HH_{dir}$ ) se refiere al consumo de agua y la contaminación relacionada con el uso del agua en el hogar, en el jardín, o en la oficina. La huella hídrica indirecta ( $HH_{indir}$ ) se refiere al consumo de agua y la contaminación del agua que puede asociarse con la producción de los bienes y servicios utilizados por el consumidor. Se refiere al agua que se utilizó para producir, por ejemplo, los alimentos, la ropa, el papel, la energía y los bienes industriales consumidos.

El uso indirecto del agua se calcula multiplicando todos los productos consumidos por su respectiva HH del producto (Hoekstra et al., 2011).

$$HH_{cons, indir} = \sum p (C[p] \times HH_{prod}[p]) \quad (\text{Volumen/Tiempo}) \quad (2)$$

Donde  $C[p]$  representa el consumo de un producto  $p$  medido en (unidades de producto/tiempo), y  $HH_{prod}[p]$  es la huella hídrica del producto  $p$  medido en (volumen de agua/unidad de producto). El conjunto de productos consumidos por un individuo representará su HH indirecta de un consumidor.

Considerando un proceso sencillo de producción de un producto determinado  $p$ , se puede formalizar que la  $HH_{prod}[p]$ , y como ya se había mencionado anteriormente, sería igual a la suma de las HH de los diferentes componentes del proceso productivo (HH directa y HH indirecta), dividida para la cantidad total de la producción del bien  $p$ :

$$HH_{prod}[p] = (\sum_{s=1} HH_{proc}[s]) / P[p] \text{ (Volumen/Unidades de producto)} \quad (3)$$

En donde  $HH_{proc}[s]$  es la huella hídrica del proceso en el apartado  $s$ , es decir, en una fase determinada del proceso productivo o cadena de producción, medido en (volumen de agua/tiempo), y  $P[p]$  es la cantidad de producción generada medida en (unidades del producto/tiempo).

El tipo de cálculo de la HH personal se basa únicamente en el consumo de agua, es decir el agua que no se devuelve a las masas de agua de la naturaleza. La contabilidad de la huella hídrica personal es un proceso no tan complejo. La metodología define una serie de fórmulas para contabilizar la huella hídrica si esta es la manera en que se va a calcular, la dificultad radica muchas veces en encontrar los datos necesarios para aplicarlas.

La huella hídrica personal también se puede obtener por medio de calculadoras de huella hídrica que permiten medir la HH individual, es decir el volumen de agua que se usa de manera directa e indirecta para la primera se toma en cuenta las actividades cotidianas, y en el caso indirecto se refiere al volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios que consume cada persona. Esto se lo hace a través de una encuesta que es una herramienta desarrollada para intentar explicar las transferencias virtuales de agua y mostrar al consumidor cómo impactan sus patrones de consumo en el recurso hídrico (WF Calculator, 2017). En este caso para la investigación se usa este método basándose en la calculadora de la Water Footprint Network adaptada a la realidad ecuatoriana, que ayudan a determinar la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE, esto se lo explicara a mayor detalle en el capítulo I de la investigación

Al medir la huella hídrica personal se obtiene una imagen clara de cómo es el uso del agua en la sociedad de consumo actual. Comprender el consumo de agua de cada persona puede ayudar a proporcionar una solución en la gestión adecuada del agua para que de esta forma exista la suficiente cantidad del recurso para mantener a todos los seres vivos en nuestro planeta (Water Footprint Network, s.f).

El resultado de la HH personal es un volumen de cantidad de agua consumida que en si no es muy significativo al momento de hablar del impacto sobre los recursos hídricos. Para saber qué implica realmente el dato que se obtiene hay que situarlo en su contexto ambiental, económico

y social, es por eso que esta es la fase más importante en el estudio, pero llevarla a cabo con rigurosidad se complica cuando se necesitan determinados datos específicos que en ocasiones son difíciles de encontrarlos. Otro inconveniente que se presenta es la escasez de referencias bibliográficas a las que se puede acudir para comprender y aplicar de forma correcta el método de cálculo (Sánchez, 2014).

La expresión de la HH asociada a productos específicos es la versión más conocida, y la que más ha ayudado a poner la HH en importantes agendas a nivel internacional por su capacidad de despertar conciencia acerca del efectivo uso del agua que implican distintos patrones de consumo. La HH debe ser analizada como lo que es, un indicador agregado del consumo de agua que puede ser útil para medir la evolución de estos consumos a lo largo del tiempo y poder comprobar que patrones insostenibles de uso del recurso se han modificado tal vez mediante la mayor toma de conciencia de la población (Llop et al., 2017).

En este sentido la HH podría ser utilizada como un indicador de seguimiento que ofrezca información sobre los avances en temas de eficiencia, equidad, sustentabilidad y responsabilidad social de una población determinada que pretende, ser una herramienta de planeación del manejo del recurso hídrico, que al añadirse al resto de indicadores que ya existen, brinde una visión más integral del impacto que tiene la población humana en el ambiente y en los ecosistemas. La sostenibilidad de la Huella Hídrica de un producto, de un productor o de un consumidor depende en parte de los contextos geográficos de las Huellas Hídricas (Seguí et al., 2016).

# **CAPÍTULO I: Estimación y caracterización socioeconómica de la HH personal de la comunidad universitaria de la PUCE**

En base a la fundamentación teórica y metodológica expuesta anteriormente referente a la huella hídrica, este capítulo describe de manera detallada la metodología usada para el cálculo de la HH personal de la comunidad universitaria, en este caso el instrumento de apoyo fue una encuesta virtual. Además, se realizó una caracterización socioeconómica del consumo de agua personal (HH) de la comunidad universitaria, lo que quiere decir que se determinó las características que poseen los encuestados, y al mismo tiempo se realizó un análisis de los resultados de las preguntas más relevantes de la encuesta.

## **1.1. Descripción y contextualización del proceso de estimación de Huella hídrica personal de la comunidad universitaria**

Para la estimación de la HH personal, se realizó una investigación de tipo descriptiva correlacional en la que participó como población de estudio la comunidad universitaria de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) sede Quito, aplicando la metodología de estimación de HH desarrollada por la organización Water Footprint Network, que consistía en la aplicación de una encuesta, que permite medir el volumen de agua en m<sup>3</sup> que se consume de forma directa es decir, la que se usa y contamina en las actividades cotidianas, y de manera indirecta el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios que usa cada persona todo esto en un período concreto de un año.

De este modo se utilizaron los algoritmos de cálculo desarrollados por la WFN y proporcionados en su calculadora de HH, pero se realizaron algunas modificaciones en la encuesta de trabajo, en este caso con preguntas adicionales y otras adaptadas a la realidad social y económica del país para así de esta forma obtener una estimación acorde a las características de un ecuatoriano promedio. Para el desarrollo de esto se contó con la ayuda del equipo de investigación del proyecto al cual pertenece esta disertación, específicamente el equipo de la facultad de ingeniería se encargó de este proceso.

La encuesta<sup>7</sup> desarrollada para la presente investigación se compone de 5 secciones las cuales son:

1. Datos Generales (socioeconómicos)
2. Consumo personal alimenticio
3. Uso doméstico personal del agua dentro de casa
4. Uso doméstico personal del agua fuera de casa
5. Consumo global de agua (bienes y servicios)

En la primera sección se incluyeron una serie de variables socioeconómicas tales como: sexo, edad, nivel de educación, tipo de vivienda (casa o apartamento), años de construcción de la vivienda y número de personas con las que comparte la vivienda (número de adultos y niños) ingreso familiar esto medido de manera indirecta con una escala subjetiva usando respuestas como Alto, medio alto, bajo o medio bajo.

También una pregunta desarrollada de manera objetiva, utilizando respuestas con rangos como 500 a 1 000 dólares/mes, 1 000 a 1 500 dólares/mes, hasta llegar a más de \$4000, esta pregunta se encontraba en la parte final de la encuesta con el afán de que no existan contradicciones en la información proporcionada, y que sirviera como medio de verificación de la información asignada al inicio

En cambio, las cuatro últimas secciones permitían estimar el consumo de agua personal (HH), medido en término de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) año, la quinta sección corresponde al monto promedio de los ingresos mensuales que se destina a los bienes y servicios que se consume.

La WFN en la primera parte de su encuesta menciona preguntas relacionadas al consumo alimenticio de cada persona y lo hace con unidades de medida del producto kilogramos/semana, algo difícil de responder para los encuestados por lo que se decidió hacer una variación en la encuesta de trabajo de esta investigación para mejor entendimiento de las preguntas, las unidades de medida para el consumo de alimentos fueron adaptadas cambiando de unidades de peso (kg) a tazas o porciones, manteniendo claro la equivalencia.

---

<sup>7</sup> Link de la encuesta virtual utilizada: <https://www.puce.edu.ec/sitios/forms/encuesta/huella-hidrica/>

**Tabla 3. Ejemplos de las unidades de medida para la sección de consumo de alimentos de la encuesta**

<b>PORCIONES</b>	<b>EQUIVALENCIAS</b>
1 porción de queso	Alrededor de 50 gramos
1 porción individual de pasta o arroz cocido.	Alrededor de 215 gramos
1 filete (res, cerdo, pollo)	Alrededor de 125 gramos
1 porción mediana de fruta (dos rodajas de melón o sandía, una tajada de piña, una taza de fresas, uvas, cerezas).	Alrededor de 200 gramos
1 porción individual de vegetales (lechuga tomate, coliflor, acelgas, etc.)	Alrededor de 250 gramos

**Fuente:** Encuesta Virtual

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

Además, en la tercera parte de la encuesta de la WFN planteaba preguntas relacionadas al consumo de agua en piscinas domésticas que no es muy común en los hogares ecuatorianos, por lo que se decidió eliminar esas preguntas en esta investigación, asimismo se incluyeron otro tipo de preguntas como la cantidad de litros de agua que consume cada persona al día.

Con esta metodología adaptada se procedió al levantamiento de información mediante la encuesta web dirigida a docentes, personal administrativo y alumnos, la cual fue iniciada en el mes de noviembre del 2019, es importante mencionar que se realizaron alrededor de 20 encuestas piloto antes de comenzar con la investigación para tener mayor seguridad que las preguntas fueron entendidas claramente y no presentaba errores la encuesta.

Para este proceso se cumplió con una serie de actividades iniciando con una campaña interna dentro de la Universidad de concientización sobre lo que significa la Huella Hídrica, esta campaña fue a través de medios digitales en este caso redes sociales (Facebook, Twitter) de la

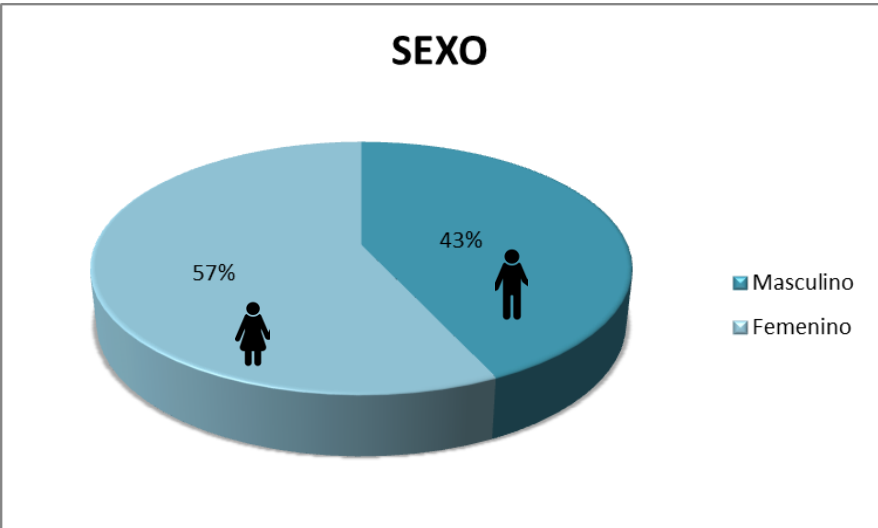
Universidad y correos electrónicos institucionales. De la misma manera se difundió la encuesta, además las facultades de Economía e Ingeniería de la universidad publicaron en sus redes sociales, conjuntamente con las distintas asociaciones tanto de estudiantes como de docentes. También se invitó a la comunidad universitaria por medio de visitas personales a las aulas de clase y oficinas a participar y apoyar la iniciativa, explicándoles que ellos encontrarán al final de la encuesta el resultado de su consumo de agua. Todo este proceso fue necesario y de gran ayuda para obtener el mayor número de encuestas.

## 1.2 Caracterización socioeconómica el consumo de agua personal (HH) de la comunidad universitaria

En esta sección se procedió a realizar una caracterización socioeconómica de la primera parte de la encuesta esto con la ayuda de gráficos y tablas estadísticas los cuales proporcionaron la información necesaria para comprender las características de las personas encuestadas tales como sexo, edad, nivel de educación, comunidad a la que pertenece el encuestado, ingreso familiar, número de adultos y niños que viven en el hogar, y tipo de vivienda. Y por último se realizó el análisis de las principales preguntas de la encuesta.

### 1.2.1 Características de los encuestados

Gráfico 6. Sexo



**Fuente:** Base de datos de la encuesta  
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El Gráfico 6 muestra que del total de encuestados el 57% que corresponde a 316 personas son de sexo femenino, mientras que el 43% corresponden a 239 personas que en este caso pertenecen al sexo masculino.

**Tabla 4. Edad**

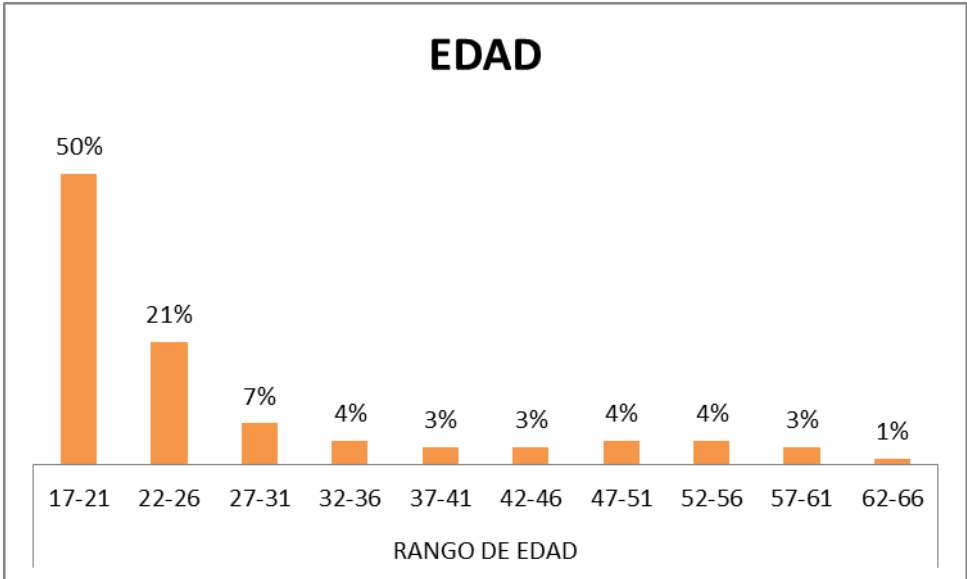
Rango de Edad									
17-21	22-26	27-31	32-36	37-41	42-46	47-51	52-56	57-61	62-66
279	116	37	23	18	14	24	24	14	6

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno C.

En este caso para la variable edad se agruparon en rangos de edad como se observa en la tabla 4, esto para una mayor facilidad de trabajo y entendimiento.

**Gráfico 7. Edad**



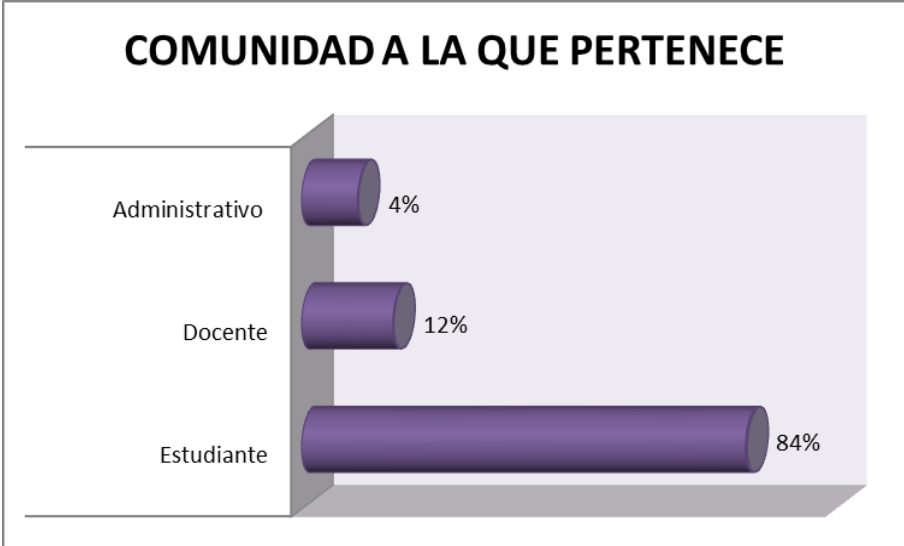
**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el Gráfico 7 se muestra los rangos de edad de las personas encuestadas en este caso el rango de edad predominante fue de 17 a 21 años que representa el 50% de encuestados que en este caso son 279 personas, le sigue el grupo de 22 a 26 años con un 21%, que representan a 116 personas estos rangos son los más significativos porque el mayor grupo de encuestados fueron

los estudiantes, luego están los rangos de 27-31 con 7%, de 32 a 36 con 4%, y el resto de las personas encuestadas se encuentran con un porcentaje igual o menor al 4%. La media de la edad en este caso fue de 25 años.

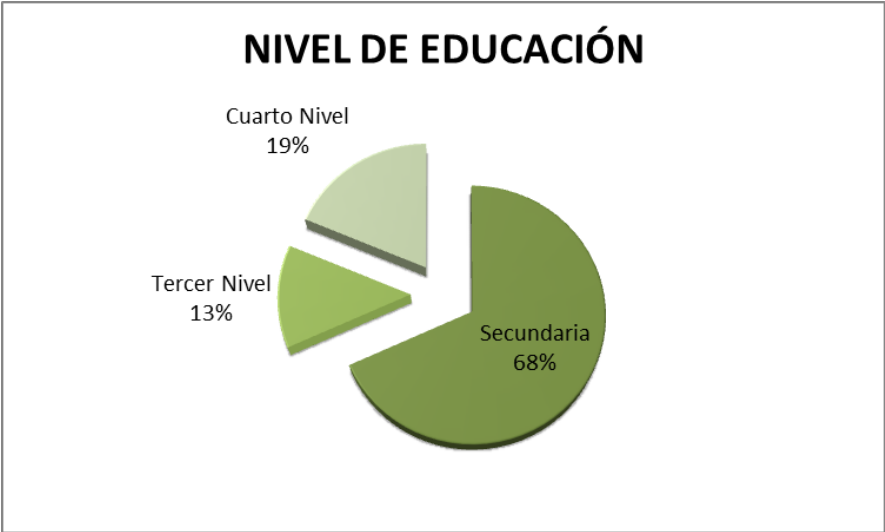
**Gráfico 8. Comunidad a la que pertenece**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta  
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El Gráfico 8 representa a la comunidad a la que pertenece cada encuestado es decir si es estudiante, docente, o administrativo. En este caso del total de encuestados el 84% que corresponde a 416 personas son estudiantes, mientras que el 12% corresponden a 86 personas que son docentes, y el 4% que representan 53 personas pertenecen al personal administrativo.

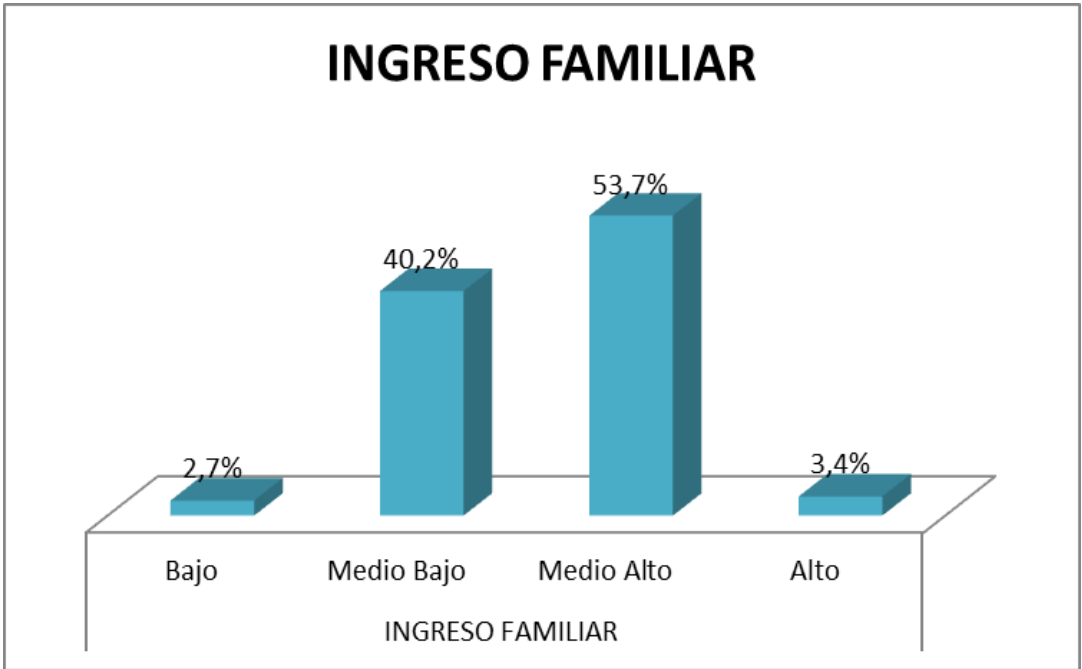
**Gráfico 9. Nivel de educación**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta  
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El nivel de educación se encuentra representado en el gráfico 9 y muestra que del total de encuestados el 68% tienen como nivel de educación la secundaria esto es porque la mayoría de la muestra representa a los estudiantes, mientras que el 19% corresponden a las personas que tienen cuarto nivel de educación y por último las personas que poseen tercer nivel de educación constituyen el 13%.

**Gráfico 10. Ingreso Familiar**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El Gráfico 10 representa el ingreso familiar que posee cada uno de los encuestados en este caso el porcentaje más bajo es 2.7% que corresponde a 15 personas que tienen un ingreso familiar bajo, mientras que el 40.2% que son 223 encuestados tienen un ingreso familiar medio bajo, el porcentaje más alto de encuestados representan un ingreso familiar medio alto que equivale al 53.7% que constituyen 298 personas, y por último 19 personas representan 3.4% de encuestados con ingreso familiar alto.

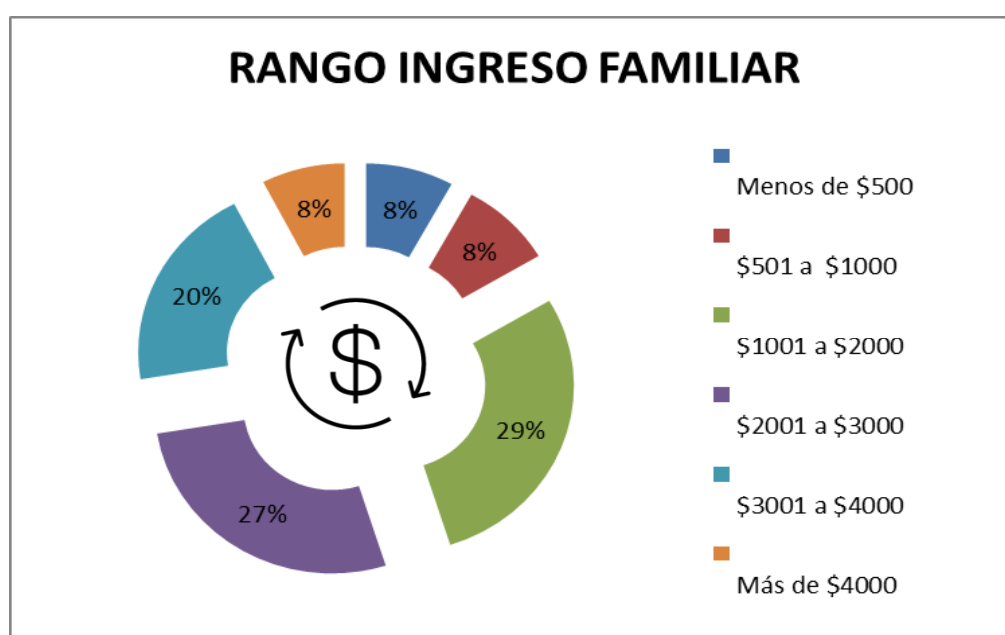
**Tabla 5. Rangos del ingreso familiar**

Rango ingreso familiar					
Menos de \$500	\$501 a \$1000	\$1001 a \$2000	\$2001 a \$3000	\$3001 a \$4000	Más de \$4000
44	152	159	111	47	42

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

**Gráfico 11. Rangos del Ingreso Familiar**



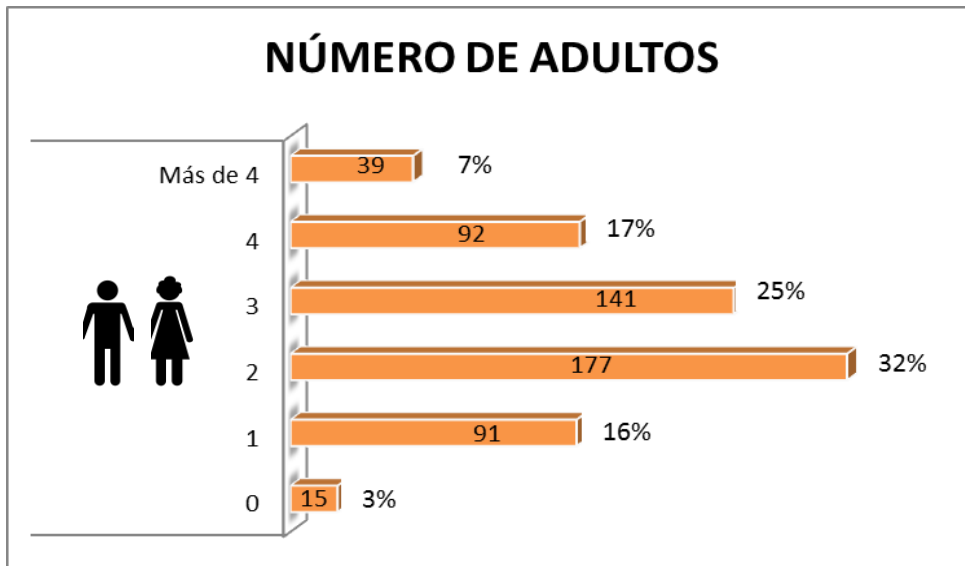
**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el Gráfico 11 se muestra los rangos de ingreso familiar de las personas encuestadas en este caso el rango dominante es el de \$1001 a \$2000 con el 29%, seguido muy de cerca por el 27% de encuestados que representan el rango de ingreso familiar de \$2001 a \$3000, el rango de \$3001 a \$4000 es el 20% de los encuestados, y por último se encuentran los rangos de ingreso familiar de \$501 a \$1000, Menos de \$500 y Más de \$4000 cada uno representado por el 8% de encuestado

Lo que se puede comprobar que existe una concordancia con los datos del gráfico anterior que representaba al ingreso familiar de manera cualitativa y subjetiva de acuerdo a la percepción de cada encuestado.

**Gráfico 12. Familiares con los que comparte su residencia habitual (Número de Adultos)**

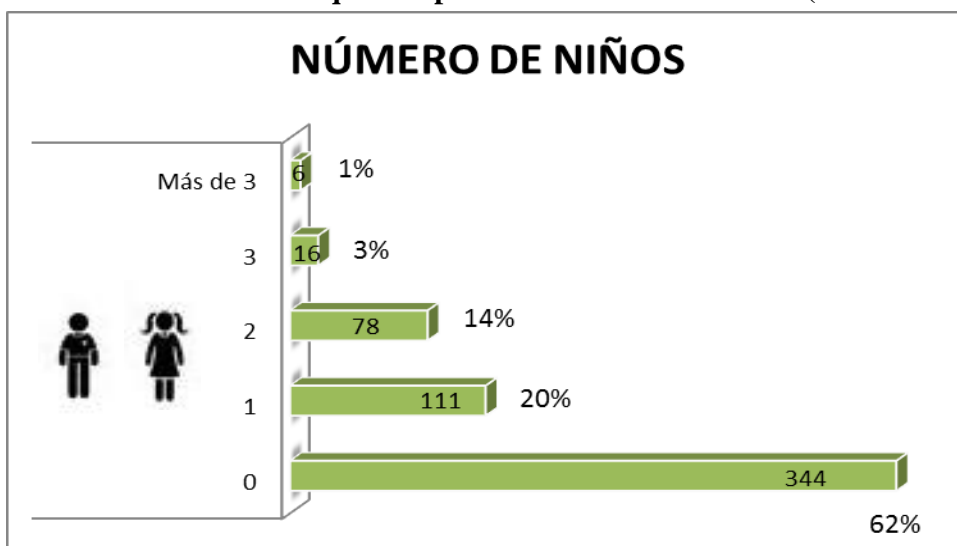


**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el gráfico 12 se muestra el número de adultos con los que comparte el encuestado su residencia familiar, se observa que el valor más representativo es de 177 personas que representan el 32% y comparten con 2 personas su residencia familiar, mientras que solamente 15 personas que representan el 3% es el valor menos significativo y contestaron que no comparten con ningún adulto su residencia familiar.

**Gráfico 13. Familiares con los que comparte su residencia habitual (Número de Niños)**

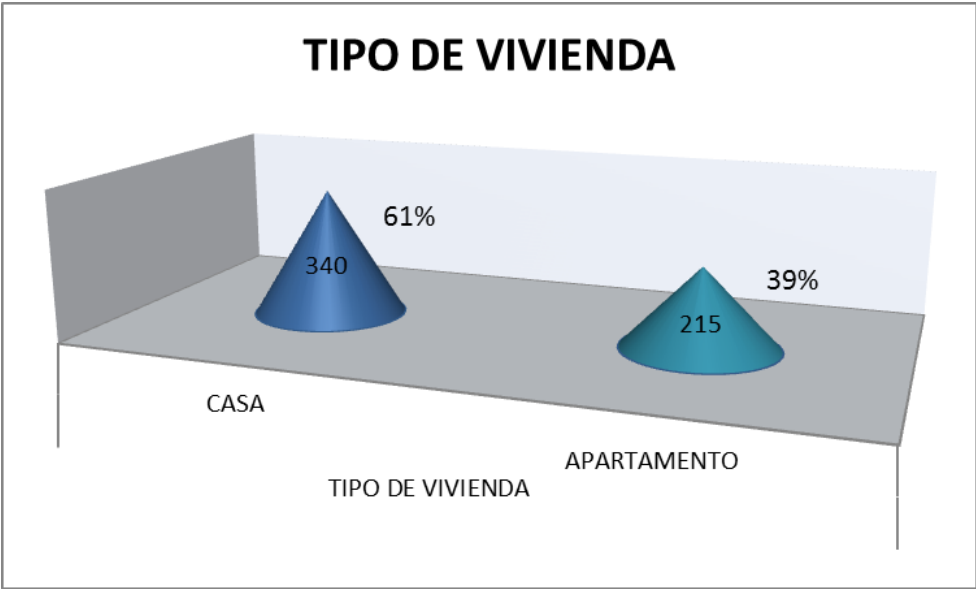


**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El Gráfico 13 representa el número de niños con los que el encuestado comparte su residencia familiar, en este caso se observa que el valor más representativo es de 344 personas que representan el 62% y no comparten con ningún niño su residencia, mientras que 111 personas que representan el 20% contestaron que comparten su residencia con una persona, y el 14% representa a 78 encuestados que comparten su residencia con 2 personas, por último el 3% de encuestados comparten con 3 personas su residencia, y apenas el 1% de los encuestados comparten con más de 3 personas su residencia habitual.

**Gráfico 14. Tipo de vivienda**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

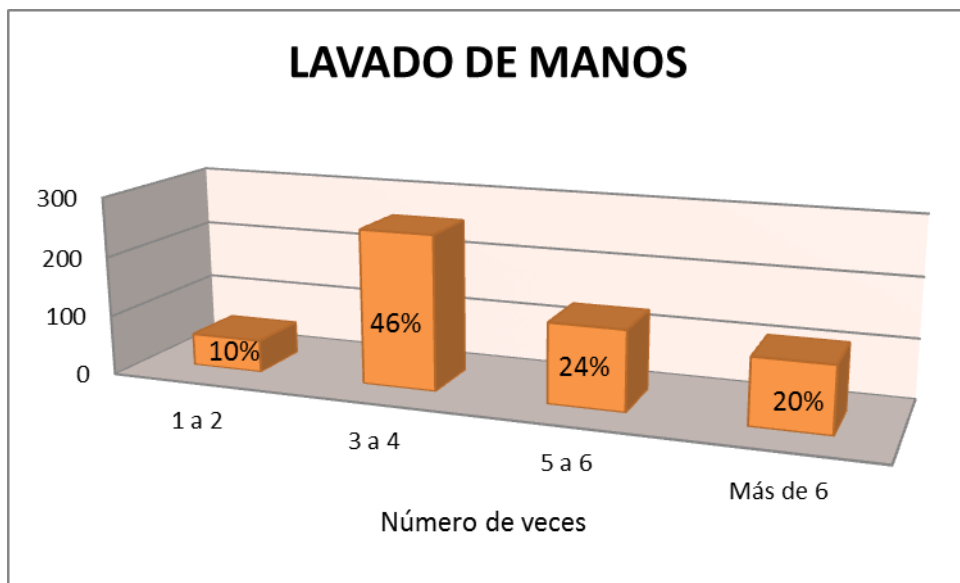
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El tipo de vivienda en la que reside el encuestado se encuentra representada en el gráfico 14 y se observa que del total de encuestados el 61% que representan 340 personas viven en una casa, mientras que el 39% corresponden a 215 personas que viven en un apartamento.

## 1.2.2 Información relevante sobre el uso doméstico del agua dentro y fuera de casa

La presente sección muestra los resultados de las preguntas más relevantes de la encuesta acerca del uso doméstico del agua dentro y fuera de casa, para mayor facilidad de trabajo y de entendimiento los datos de estas preguntas fueron agrupados en rangos.

**Gráfico 15. Número de veces que los encuestados se lavan las manos al día**

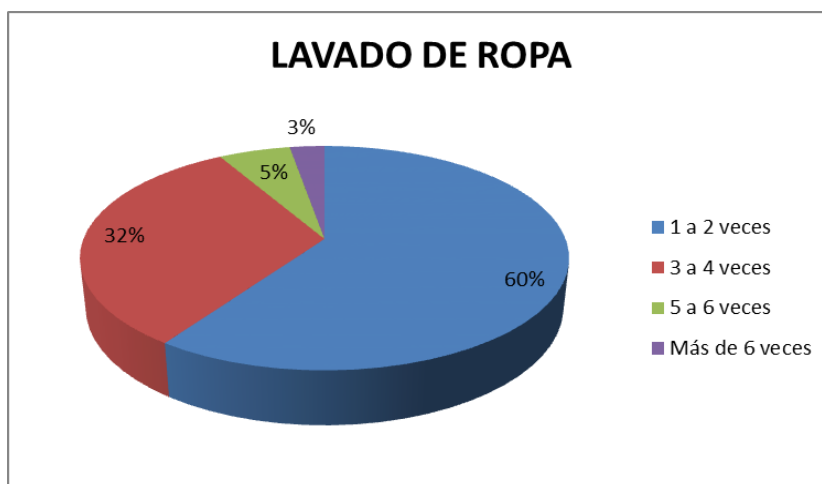


**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El Gráfico 15 representa el número de veces que los encuestados se lavan las manos al día, en este caso se observa que el valor más representativo es de 258 personas que representan el 46% y se lavan las manos de 3 a 4 veces al día, mientras que 133 personas que representan el 24% contestaron que se lavan las manos de 5 a 6 veces al día, y el 20% representa a 110 encuestados que se lavan las manos más de 6 veces, por último 54 personas que es el 10% de encuestados se lavan las manos de 1 a dos veces al día.

**Gráfico 16. Número de veces que los encuestados lavan la ropa a la semana**

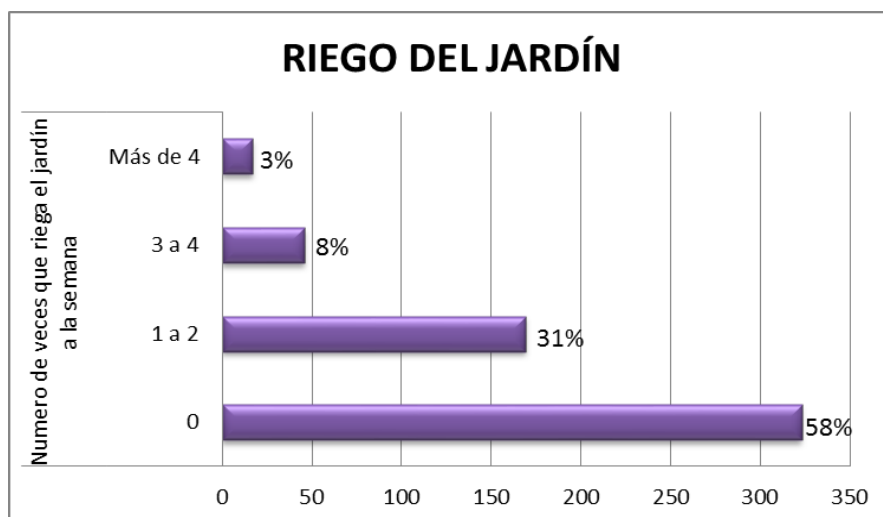


**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El gráfico 16 muestra el número de veces que los encuestados lavan la ropa a la semana, en este caso el 60% de las personas lavan su ropa de 1 a 2 veces a la semana, mientras que el 32% lava su ropa de 3 a 4 veces, y finalmente el 5% lava su ropa de 5 a 6 veces por semana, y apenas el 3 % de los encuestados lava la ropa Más de 6 veces.

**Gráfico 17. Número de veces que los encuestados riegan el jardín a la semana**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

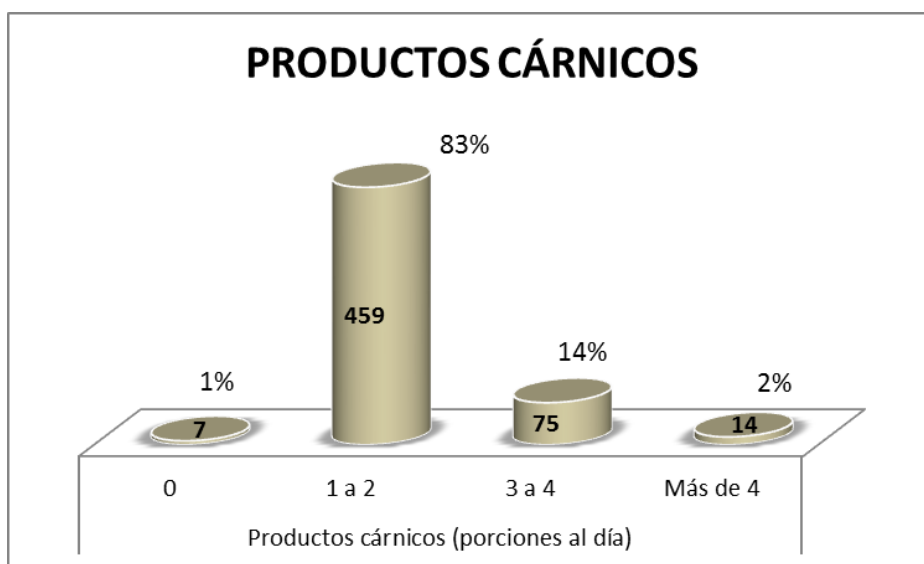
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El gráfico 17 representa el número de veces que los encuestados riegan el jardín a la semana, en este caso el 58% de las personas no tienen jardín, mientras que el 31% riega el jardín de 1 a 2 veces por semana, y finalmente el 8% riega su jardín de 3 a 4 veces por semana, y apenas el 3 % de los encuestados riega su jardín más de 4 veces.

### 1.2.3 Información relevante sobre el consumo alimenticio

La presente sección muestra los resultados de las preguntas más relevantes de la encuesta acerca del consumo alimenticio diario que tiene cada persona. En este caso se presenta el resultado de los litros de agua que consume cada persona al día, y el consumo de cárnicos y cereales de los encuestados, estas preguntas son importantes analizarlas ya que se calcula que un gran porcentaje de la huella hídrica personal a nivel mundial está relacionado con lo que se come, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Para producir alimentos se requieren enormes cantidades de agua, siendo la carne el producto que más litros necesita para su elaboración (15400 lt de agua por kg) al igual que los cereales como el arroz (1700 lt de agua por kg) que requieren de grandes cantidades de agua para su producción (Aqua, 2019).

**Gráfico 18. Productos cárnicos que el encuestado consume al día**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

**Tabla 6. Valor promedio de la HH personal en relación a los productos cárnicos**

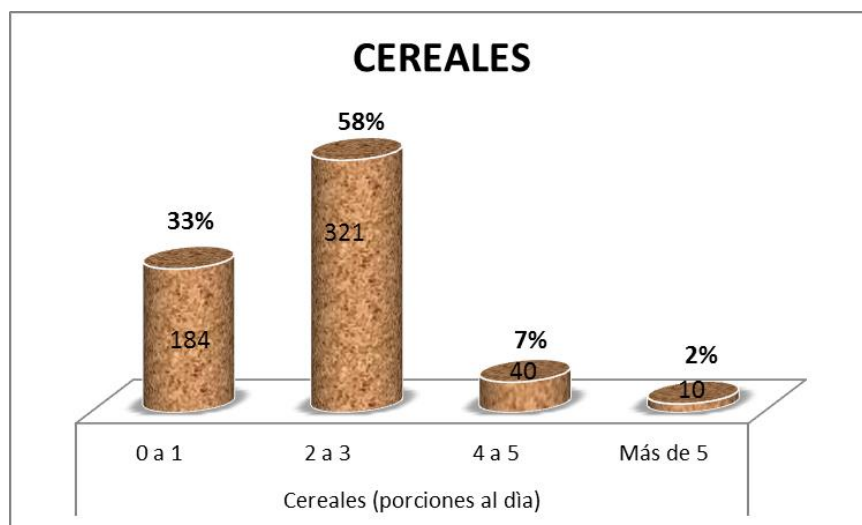
Valor promedio de la HH personal de los encuestados en relación a los cárnicos que consume	
Porciones de cárnicos al día	Valor promedio HH personal (m <sup>3</sup> /año)
0	548.7
1 a 2	742.1
3 a 4	1107.8
Más de 4	1361.1

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el gráfico 18 se muestra las porciones al día que consume cada encuestado de productos cárnicos, para mayor facilidad de trabajo se las agrupo en rangos, y la tabla 6 indica el valor promedio de la HH personal de los encuestados en relación a los cárnicos que consume. El menor porcentaje de los encuestados que representan el 1% no consumen ninguna porción del producto al día, y en este caso el valor promedio de la HH personal de estas personas es de 548.7 (m<sup>3</sup>/año), las personas que consumen de 1 a 2 porciones de cárnicos al día representan el 83% de los encuestados es decir que en este rango se situó el mayor porcentaje, y la media de la HH personal fue de 742.1 (m<sup>3</sup>/año), mientras que las personas que consumen de 3 a 4 porciones representan el 14% y poseen en promedio una HH personal de 1107.8 (m<sup>3</sup>/año), por último los encuestados que consumen más de 4 porciones al día constituyen el 2%, y la media de la HH personal es de 1361.1 (m<sup>3</sup>/año). En este caso se comprueba que mientras las personas siguen aumentando las porciones de productos cárnicos en su dieta diaria al mismo tiempo incrementa su huella hídrica.

**Gráfico 19. Cereales que el encuestado consume al día**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

**Tabla 7. Valor promedio de la HH personal en relación a los cereales**

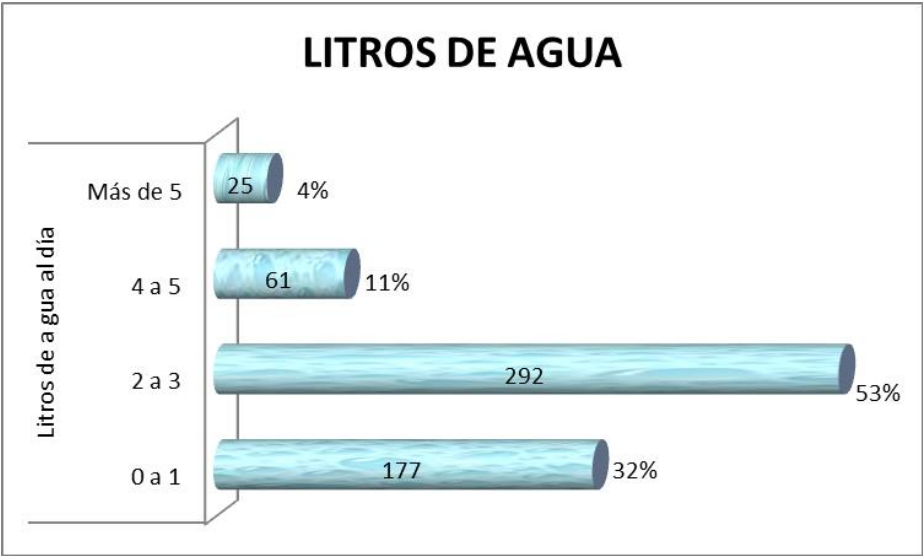
Valor promedio de la HH personal de los encuestados en relación a los cereales que consume	
Porciones de cereales al día	Valor promedio HH personal (m <sup>3</sup> /año)
0 a 1	660.9
2 a 3	843.5
4 a 5	1007.9
Más de 5	1151.8

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el gráfico 19 se muestra las porciones al día que consume cada encuestado de cereales, para mayor facilidad de trabajo se las agrupo en rangos, y la tabla 7 indica el valor promedio de la HH personal de los encuestados en relación a los cereales que consume. El menor porcentaje de los encuestados que representan el 2% que consume de 0 a 1 porciones de cereales al día, y en este caso el valor promedio de la HH personal de estas personas es de 660.9 (m<sup>3</sup>/año), las personas que consumen de 2 a 3 porciones de cereales al día representan el 58% de los encuestados es decir que en este rango se situó el mayor porcentaje, y la media de la HH personal fue de 843.5 (m<sup>3</sup>/año), mientras que las personas que consumen de 4 a 5 porciones representan el 7% y poseen en promedio una HH personal de 1007.9 (m<sup>3</sup>/año), por último los encuestados que consumen más de 5 porciones al día constituyen el 2%, y la media de la HH personal es de 1151.8 (m<sup>3</sup>/año). En este caso se comprueba que mientras las personas siguen aumentando las porciones de cereales en su dieta diaria al mismo tiempo incrementa su huella hídrica.

**Gráfico 20. Litros de agua (embotellada, hervida, de garrafón, jugos, refrescos, etc.), que el encuestado toma al día**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta  
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El gráfico 20 representa el número de litros de agua (embotellada, hervida, etc.), que el encuestado toma al día, en este caso el 53% de las personas consumen de 2 a 3 litros al día, mientras que el 32% toma de 0 a 1 litro de agua al día, y finalmente el 11% toma de 4 a 5 litros de agua al día, y apenas el 4 % de los encuestados consume más de 4 litros.

## **CAPÍTULO II: Resultados y análisis econométrico de la HH personal de la comunidad universitaria de la PUCE**

Este capítulo presenta como primer punto el análisis de resultados del consumo de agua individual de la comunidad universitaria que fue útil para determinar la relación que existe entre el consumo de agua HH y las variables socioeconómicas de estudio como ingreso familiar, nivel de educación, edad, sexo, tamaño de la familia, y tipo de vivienda aplicando un análisis econométrico con la ayuda del modelo de regresión lineal múltiple.

### **2.1 Análisis del resultado de la HH personal de la comunidad universitaria.**

En este caso se obtuvo el resultado de 555 huellas hídricas diferentes es decir la de cada encuestado, pero para realizar un análisis se lo hace a través de estadística descriptiva la cual ayuda a resumir de manera más explicativa los resultados.

**Tabla 8. Resultados de la HH personal de la comunidad universitaria PUCE.**

<b>Variable</b>	<b>Obs.</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Percentil 25</b>	<b>Percentil 50</b>	<b>Percentil 75</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>
Huella Hídrica	555	858.5	368	605	781.3	1026	318.3	2540.3

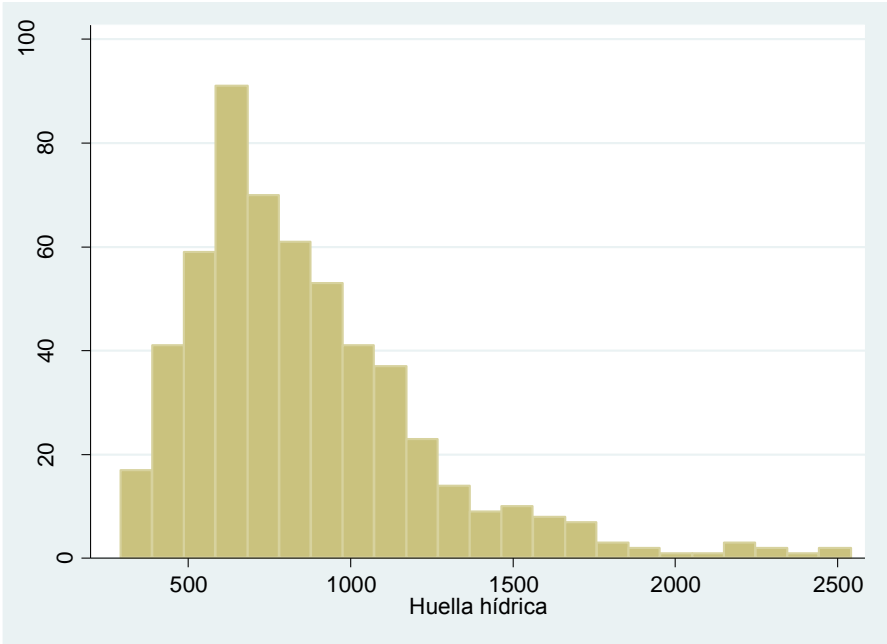
**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

Del número total de encuestados en este caso de 555 personas es decir la muestra analizada, se estimó que el valor promedio de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria se encontró en los 858.5 m<sup>3</sup>/per cápita/año, que no se encuentra muy distante del valor promedio estimado a nivel mundial que es alrededor de 1.385 m<sup>3</sup>/per cápita/año (Vázquez & Buenfil, 2012). En este caso al ser la HH personal estimada menor que el promedio mundial, anima a pensar que la comunidad universitaria está teniendo un consumo relativamente responsable, pero no hay que dejar de lado la necesidad de una mayor concientización sobre el uso responsable y sostenible del agua, ya que el recurso hídrico cada vez se encuentra más afectado por diferentes factores como el calentamiento global, la contaminación, el cambio climático, entre otros.

Como se observa en la tabla 8 el valor mínimo de la HH personal de la comunidad universitaria es de 318.3 m<sup>3</sup> /año, en tanto que el valor máximo es de 2540.3 m<sup>3</sup> /año. En este caso se obtuvieron también los percentiles 25, 50 y 75 donde se obtuvo que el 25% de la población tiene una HH menor a 605 m<sup>3</sup>/per cápita/año, mientras que el 50% de los encuestados tienen una HH menor a 781.3 m<sup>3</sup>/per cápita/año y por último el 75% de la población tiene una HH menor a 1026 m<sup>3</sup>/per cápita/año. Además, la desviación estándar de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE con respecto a su media es de 368 m<sup>3</sup> /año.

**Gráfico 21. Histograma de frecuencia de la HH personal de la comunidad universitaria PUCE.**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El gráfico 21 representa el histograma de frecuencia de la HH personal de la comunidad universitaria PUCE, en el cual se observa una distribución sesgada a la izquierda es decir que los datos se concentran hacia la izquierda de la distribución, además se puede apreciar que la mayor parte de los resultados se encuentra en el rango de 500 a 1000 m<sup>3</sup>/per cápita/año, asimismo dentro de estos valores se encuentra la media de la HH personal.

**Tabla 9. Resultados de la HH personal de acuerdo a la comunidad que pertenece**

Variable		Obs.	Media	Desv. Estándar	Mín.	Máx.
Huella Hídrica	Administrativo	53	879.5	398	318.3	2261.2
	Docente	86	1003	374	397	2217.4
	Estudiante	416	825.8	356	326.5	2540.2

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

La tabla 9 muestra los resultados de la HH personal de acuerdo a la comunidad que pertenece en este caso el promedio de la huella hídrica personal más bajo se encuentra en los estudiantes con un valor de 825.8 m<sup>3</sup>/per cápita/año, seguido muy de cerca por el personal administrativo con una media de 879.5 m<sup>3</sup>/per cápita/año, y por último el valor promedio más alto de la HH personal es el de los docentes que se encontró en 1003 m<sup>3</sup>/per cápita/año.

La desviación estándar de la huella hídrica personal de los administrativos de la PUCE con respecto a su media es de 398 m<sup>3</sup> /año, mientras que la desviación estándar de la huella hídrica personal de los docentes de la PUCE con respecto a su media es de 374 m<sup>3</sup> /año, por último, la desviación estándar de la huella hídrica personal de los estudiantes de la PUCE con respecto a su media es de 356 m<sup>3</sup> /año, en este caso dicha desviación es la menor de todas.

El valor mínimo de la HH personal de los administrativos de la PUCE es de 318.3 m<sup>3</sup> /año, en tanto que el valor máximo es de 2261.2 m<sup>3</sup> /año, mientras que el valor mínimo de la HH personal de los docentes de la PUCE es de 397 m<sup>3</sup> /año, en tanto que el valor máximo es de 2217.4 m<sup>3</sup> /año, finalmente El valor mínimo de la HH personal de los estudiantes de la PUCE es de 326.5 m<sup>3</sup> /año, en tanto que el valor máximo es de 2540.2 m<sup>3</sup> /año.

Con toda esta información y la caracterización socioeconómica de los encuestados comprendida en el capítulo 1 se procedió a efectuar el análisis econométrico el cual ayuda a comprender la relación que tiene la HH personal con las variables socioeconómicas de estudio.

## 2.2 Análisis econométrico de la relación existente entre el consumo de agua personal (HH) y las variables socioeconómicas.

Una vez analizada las características socioeconómicas de los individuos y obtenida la información del resultado de la HH personal, se procede a identificar la relación entre el consumo de agua personal HH y las variables socioeconómicas de estudio para lo cual se utilizaron modelos econométricos de Regresión lineal múltiple.

### 2.2.1 Modelo de regresión lineal múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple se utiliza para determinar relaciones explicativas entre variables, en este caso de una determinada variable dependiente (Y) en función de distintas variables exógenas (X), además ayuda a identificar cuáles pueden ser las posibles causas de la variación de Y (Montero, 2016).

$$Y_j = B_0 + B_1X_{1j} + B_2X_{2j} + \dots + B_kX_{kj} + u_j$$

Donde Y es la variable dependiente, X las variables independientes, u los residuos y B los coeficientes estimados del efecto marginal entre cada x e y.

Las variables que se usaron para la estimación del modelo de regresión lineal múltiple se muestran a continuación, estas han sido seleccionadas de acuerdo con la información disponible en la sección socioeconómica de la encuesta virtual de huella hídrica personal y lo que se determinó a partir del marco conceptual, cabe mencionar que ciertas variables fueron transformadas para facilitar el análisis.

**Tabla 10. Variables utilizadas en las estimaciones**

	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
<b>Variable dependiente</b>	Huella Hídrica	Variable continua
<b>Variables</b>	Ingreso Familiar	0=Bajo 1=Medio bajo 2=Medio alto 3=Alto
	Nivel de educación	0= primaria/secundaria 2=Tercer nivel 3=Cuarto nivel
	Edad	Número de años (Variable discreta)

<b>Independientes</b>	Sexo	0=Masculino 1=Femenino
	Número de adultos	Variable discreta
	Número de niños	Variable discreta
	Comunidad a la que pertenece	0=Administrativo 1=Docente 2=Estudiante
	Tipo de vivienda	0=Casa 1=Apartamento

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

Uno de los supuestos del modelo de regresión lineal múltiple establece que no existe relación lineal exacta entre los regresores o, en otras palabras, que no exista multicolinealidad perfecta en el modelo. También se tiene como supuesto que la varianza del error es constante, es decir la presencia de homocedasticidad (Wooldridge, 2010).

Para validar que no exista presencia de multicolinealidad se realizó la prueba del factor inflacionario de la varianza la cual se encuentra en el anexo 5, dando como resultado que ninguna variable presenta un factor inflacionario de la varianza superior a diez, en todos los casos es inferior por lo cual se descarta la presencia de multicolinealidad en todas las estimaciones realizadas.

Además, para realizar una inferencia correcta sobre los coeficientes estimados y comprobar el supuesto de homocedasticidad se realizó el test de Heterocedasticidad de Breusch-Pagan que se encuentra en el Anexo 6 en el cual el valor de p-value es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula de una varianza constante.

Por este motivo al tener presencia de Heterocedasticidad se procederá a realizar las estimaciones con errores estándar robustos y así de esta manera no cometer errores al momento de realizar inferencia estadística.

Haciendo uso de la base de datos de las encuestas realizadas y en este caso de los datos de las variables socioeconómicas y los resultados de la HH personal se estimaron 4 modelos con distinta especificación que permiten realizar un análisis sobre el consumo de agua personal en la PUCE.

$$1. \text{ Huella hídrica} = B_0 + B_1 \text{ingresofam} + B_2 \text{Niveduc} + B_3 \text{edad} + B_4 \text{sexo} + u$$

$$2. \text{ Huella hídrica} = B_0 + B_1 \text{ingresofam} + B_2 \text{Niveduc} + B_3 \text{edad} + B_4 \text{sexo} + B_5 \text{numniños} + B_6 \text{numadultos} + u$$

$$3. \text{ Huella hídrica} = B_0 + B_1 \text{ingresofam} + B_2 \text{Niveduc} + B_3 \text{edad} + B_4 \text{sexo} + B_5 \text{numniños} + B_6 \text{numadultos} + B_7 \text{comunidad} + B_8 \text{tipoviv} + u$$

$$4. \text{ Huella hídrica} = B_0 + B_1 \text{ingresofam} + B_2 \text{Niveduc} + B_3 \text{sexo} + B_4 \text{numniños} + u$$

## 2.2.2 Resultados de los modelos

**Tabla 11. Resultados del modelo (1) HH personal - variables socioeconómicas**

Variables		(1)
<b>Ingreso Familiar</b> (0=Bajo)	Medio Bajo	182.3*** (60.09)
	Medio Alto	317.6*** (61.41)
	Alto	399.9*** (143.8)
<b>Nivel de educación</b> (0=primaria/Secundaria)	Tercer Nivel	4.434 (54.21)
	Cuarto Nivel	173.0*** (60.02)
	Edad	-1.114 (1.853)
<b>Sexo</b> (Masculino=0)	Femenino	-75.62** (31.14)
	Constante	640.8*** (77.68)
	Observaciones	555
	R-cuadrado	0.099

Errores estándar robustos entre paréntesis

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.10

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el primer modelo en este caso la primera regresión (1) se incluyeron las variables como: ingresos (Bajo, medio bajo, medio alto y alto) donde la categoría de ingreso bajo se deja fuera, educación (primaria/secundaria, tercer nivel, cuarto nivel) donde la primera es la que se deja fuera como grupo de comparación, edad y sexo (Femenino, masculino) donde masculino=0.

En esta primera estimación se encontró que a medida que el ingreso aumenta así lo hace también el consumo de agua, las personas de hogares con ingresos familiares bajos consumen en promedio (*Ceteris Paribus*) 182.3 más de agua respecto a las personas de ingresos bajos. Las personas con ingresos medio altos por otra parte tienen un consumo promedio 317.6 más alto que las personas de ingresos bajos, manteniendo lo demás constante, y quienes viven en un hogar con ingresos familiares altos consumen en promedio 399.9 metros cúbicos más de agua al año que el grupo de comparación. Lo cual nos indica que a medida que el ingreso aumenta, el consumo de agua lo hace de igual manera. Todos estos valores son significativos al 1%. El hecho de que las personas que se identifiquen con un mayor ingreso familiar promedio y tengan mayores consumos promedio de agua estaría en concordancia con la interpretación microeconómica del agua como un bien normal, es decir que aumenta su consumo cuando aumenta la renta.

En el caso de la variable educación se muestra significativa solamente en la categoría de cuarto nivel con un consumo promedio superior en 173 metros cúbicos al año manteniendo lo demás constante, es decir que entre los encuestados que tiene estudios de primero/segundo y tercer nivel no existen diferencias significativas en el consumo de agua. Por otra parte, se encontró que el sexo femenino tiene un consumo promedio menor en 75.62 metros cúbicos de agua al año respecto a las personas de sexo masculino (*Ceteris Paribus*). Por último, la variable edad no presentó significancia estadística, lo que quiere decir que la edad no influye en el consumo de agua de una persona.

**Tabla 12. Resultados del modelo (2) HH personal - variables socioeconómicas**

Variables		(2)
<b>Ingreso Familiar</b> (0=Bajo)	Medio Bajo	199.6*** (54.35)
	Medio Alto	332.5*** (55.88)
	Alto	409.3*** (141.5)
		10.39

<b>Nivel de educación</b> (0=primaria/Secundaria)	Tercer Nivel	(55.22)
	Cuarto Nivel	166.9*** (62.02)
<b>Sexo</b> (Masculino=0)	Edad	-0.747 (1.927)
	Femenino	-65.37** (30.48)
	Número de adultos	-3.197 (10.47)
	Número de niños	53.41*** (16.94)
	Constante	585.6*** (77.73)
	Observaciones	555
	R-cuadrado	0.116

Errores estándar robustos entre paréntesis

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.10

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el segundo modelo en este caso la segunda regresión (2) se incluyeron variables sobre el tamaño de la familia donde un aumento de un niño en el hogar aumenta el consumo de agua en promedio 53.41 metros cúbicos al año manteniendo el resto de las variables constantes, esto se puede dar porque la atención y cuidado de los niños demanda un mayor consumo de agua, por otra parte, el aumento de adultos no muestra significancia estadística.

En esta segunda estimación se mantiene la significancia de los coeficientes estimados respecto a los ingresos, y su magnitud también es bastante similar. Es decir a medida que los ingresos aumentan así lo hace también el consumo de agua con valores un poco superiores a los obtenidos en la primera regresión manteniendo su significancia al 1%, en este caso el consumo para las personas de ingresos medio bajos es superior en 199.6 metros cúbicos de agua al año en promedio respecto a las personas de ingresos familiares bajos, de igual manera los hogares de ingresos medios altos con un coeficiente de 332.5, y los hogares de ingresos altos con 409.3 metros cúbicos de consumo de agua adicionales al año en promedio.

En el caso de la variable educación se muestra significativa solamente en la categoría de cuarto nivel con un consumo promedio superior en 167 metros cúbicos al año manteniendo lo demás constante, es decir que entre los encuestados que tiene estudios de primero/segundo y tercer nivel no existen diferencias significativas en el consumo de agua. La variable edad no presentó

significancia estadística y por último se encontró que el sexo femenino tiene un consumo promedio menor en 65.37 metros cúbicos de agua al año respecto a las personas de sexo masculino (*Ceteris Paribus*).

**Tabla 13. Resultados del modelo (3) HH personal - variables socioeconómicas**

Variables		(3)
<b>Ingreso Familiar</b> (0=Bajo)	Medio Bajo	199.90*** (54.74)
	Medio Alto	330.47*** (56.14)
	Alto	409.12*** (142.36)
<b>Nivel de educación</b> (0=primaria/secundaria)	Tercer Nivel	8.98 (54.78)
	Cuarto Nivel	166.57 (89.88)
	Edad	-0.89 (2.52)
<b>Sexo</b> (Masculino=0)	Femenino	64.87** (30.57)
	Número de adultos	-5.70 (11.37)
	Número de niños	51.87*** (16.96)
<b>Comunidad a la que pertenece</b> (Administrativo=0)	Docente	-1.70 (81.27)
	Estudiante	-8.95 (87.36)
<b>Tipo de vivienda</b> (Casa=0)	Apartamento	-22.55*** (32.12)
	Constante	613.79*** (149.68)
	Observaciones	555
	R-cuadrado	0.1168

Errores estándar robustos entre paréntesis

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.10

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En la tercera regresión (3) se incorporó la variable comunidad a la cual pertenece la persona encuestada, sin embargo, los coeficientes de esta variable categórica no son significativos. También se integró la variable tipo de vivienda la cual no resultó ser estadísticamente significativa. Por otra parte, se observa que la magnitud y significancia estadística de todas las categorías de la variable ingresos se mantienen, así también lo hace la variable sexo, y el número de niños que viven en el hogar. Las categorías de nivel de educación no son estadísticamente significativas como tampoco lo es la variable edad y el número de adultos que viven en el hogar.

**Tabla 14. Resultados del modelo (4) HH personal - variables socioeconómicas**

Variables		(4)
<b>Ingreso Familiar</b> (0=Bajo)	Medio Bajo	201.76*** (54.66)
	Medio Alto	334.92*** (56.36)
	Alto	409.22*** (141.86)
<b>Nivel de educación</b> (0=primaria/secundaria)	Tercer Nivel	1.15 (42.73)
	Cuarto Nivel	151.26*** (42.46)
<b>Sexo</b> (Masculino=0)	Femenino	-64.82** (30.37)
	Número de niños	53.31*** (16.81)
	Constante	558.71*** (55.97)
	Observaciones	555
	R-cuadrado	0.1159

Errores estándar robustos entre paréntesis

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.10

**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

Finalmente, en la última estimación (4) se incluyeron todas las variables analizadas en las otras 3 regresiones, pero eliminando las variables que no son estadísticamente significativas en este caso la variable tipo de vivienda, comunidad, número de adultos, y edad. De esta forma el modelo presenta resultados similares a los encontrados en las tres estimaciones anteriores respecto a los ingresos, Los ingresos son estadísticamente significativos y la magnitud de los coeficientes son 201.7, 334.9 y 409.2 para las categorías de ingresos medio bajos, medio altos y altos respectivamente. La educación de cuarto nivel tiene significancia estadística al 0.4% con un coeficiente igual a 151.2 metros cúbicos de mayor consumo de agua en promedio.

La variable sexo muestra que las mujeres consumen en promedio 64.82 menos metros cúbicos de agua al año respecto a los hombres y adicionalmente un niño adicional en un hogar se asocia con un aumento en promedio de 53.31 metros cúbicos de agua al año. Además, este modelo es el que explica de mejor manera las relaciones existentes entre la variable dependiente y las independientes, ya que todas las variables explicativas son estadísticamente significativas y se obtuvo un R-cuadrado igual a 0,1159 el cual está alejado de 0 y se podría decir que la calidad del ajuste del modelo es aceptable.

Los cuatro modelos estimados entregan resultados similares lo que demuestra robustez en las estimaciones realizadas y los coeficientes obtenidos para la estimación de las variables que afectan a la huella hídrica de una persona dentro de la PUCE. Así mismo queda evidenciado que en cualquiera de los cuatro modelos se comprueba la hipótesis planteada en el procedimiento metodológico que a mayor ingreso las personas consumen más agua, es decir tienen una huella hídrica mayor, y que existe una relación de significancia entre distintas variables socioeconómicas y la HH.

Este resultado difiere con un estudio similar realizado en Taiwán en el año 2016 en el que se menciona que algunas características socioeconómicas que poseen los individuos no afectan al resultado de la huella hídrica personal es decir no existen relaciones de significancia entre las distintas variables, por lo que resulta interesante el análisis realizado en la presente investigación. De esta forma con la información y los resultados obtenidos se procede a desarrollar el último capítulo de la disertación.

## **CAPÍTULO III: Propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria de la PUCE.**

En base al análisis realizado en los capítulos anteriores referente a la huella hídrica personal se obtuvo una idea clara de los resultados y como se encuentra el consumo de agua de la comunidad universitaria, por tal razón para desarrollar este capítulo primero es importante conocer la escases, demanda y usos del agua para luego identificar a que se refiere la sostenibilidad del recurso hídrico, y así por último plantear propuestas de consumo sostenible.

### **3.1 Escases y demanda del agua**

El agua es uno de los recursos naturales más imprescindibles para la vida, y medio de desarrollo económico y social, lo que ocasiona que su consumo aumente de forma muy acelerada por la falta de conciencia existente en la población, el agua es considerada como un recurso natural renovable, pero su calidad disminuye de manera progresiva por lo que puede suscitarse problemas de escasez, además al ser un recurso limitado pone en riesgo el abastecimiento urbano y la producción de alimentos o energía (Real, 2020).

La demanda mundial de agua ha ido incrementando en relación al aumento de la población, pueden existir varias razones como los cambios en patrones de consumo, el desarrollo económico, entre otras causas. De acuerdo al Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos (2018) se prevé que esta situación continúe en ascenso en los próximos años, la gran mayoría de la creciente demanda de agua se producirá en países con economías emergentes o en desarrollo. Los sectores con más incremento en su demanda serán el industrial y el doméstico y lo harán más rápidamente que el sector agrícola-ganadero, aunque este sector seguirá siendo el principal consumidor de agua en el mundo, y tendrá que producir un 60% más de alimentos a nivel mundial y un 100% más en los países en desarrollo, teniendo en cuenta lo importante que es mejorar en la eficiencia del uso de los recursos hídricos y reduciendo a la vez su huella hídrica (ONU-Agua, 2018).

En el capítulo uno de esta investigación se pudo evidenciar que el incremento de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria estuvo relacionando en mayor parte por el aumento en el consumo de productos agrícolas y ganaderos, todo esto se explica porque dicho

sector es el que posee mayor demanda de agua para su producción y en este caso como ya se observó anteriormente la huella hídrica tiene un componente indirecto el cual está relacionado con el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios que consume cada persona.

Con relación a los bienes manufacturados su demanda al igual que los sectores antes mencionados también tiende a aumentar, lo que ocasiona que se extienda una mayor presión sobre los recursos hídricos. De acuerdo al último informe de la ONU en relación a la evaluación de los recursos hídricos se pronostica que el incremento de la demanda de agua de los bienes manufacturados a nivel mundial alcanzara un 400% en el periodo 2000-2050, lo que quiere decir que dicho sector necesita políticas de apoyo para mejorar la gestión eficiente del recurso (ONU-Agua, 2018).

Luego de obtener una perspectiva de la escases y demanda de agua es importante analizar cómo funciona la sostenibilidad del recurso para así con toda esta información recabada plantear las propuestas más adecuadas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria.

### **3.2 Sostenibilidad del recurso hídrico**

La sostenibilidad del recurso hídrico tiene la intención de relacionar el uso de un bien natural en este caso el agua con la subsistencia del ecosistema al que pertenece y así de esta forma tratar de que no se genere una pérdida de las funciones para satisfacer la demanda, impidiendo que se produzcan situaciones de sobreexplotación (Real, 2020).

Cuando una nación es autosuficiente en el abastecimiento de agua significa que existe sostenibilidad del recurso, es decir se garantiza la existencia de una cantidad suficiente de agua para satisfacer numerosas necesidades, desde la agricultura hasta las municipales e industriales. También significa que el suministro de agua seguirá siendo constante, a pesar de los impactos del cambio climático, como la falta de lluvias y la sequía. La sostenibilidad del agua también significa que la oferta y la demanda del recurso se igualan y el proceso de suministro de agua es lo más eficiente posible (AquaTech, 2019).

Para que exista sostenibilidad del recurso es indispensable la existencia de una gestión sostenible, que en este caso consiste en administrar los recursos hídricos, tanto subterráneos

como superficiales, en relación a un adecuado balance entre las necesidades de la sociedad y el medio ambiente natural. Al mismo tiempo una gestión sostenible tiene como objetivo satisfacer las necesidades de agua del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para hacer lo mismo. Un buen modelo de gestión sostenible es el que promueve el ahorro del recurso y lo devuelve al medio ambiente con la calidad apropiada y asegura el suministro de la demanda mediante fuentes alternativas (Monex, 2018).

Para conseguir una gestión o administración sostenible de agua se necesita de un enfoque multidisciplinario y holístico en el que se planteen asuntos ambientales, económicos, técnicos, sociales y culturales, de la misma forma es importante el control y seguimiento, para que de esta manera se pueda obtener un adecuado manejo del recurso y así garantizar su permanencia (Real, 2020).

Es importante comprender que para una adecuada planificación en la gestión de los recursos hídricos, se requiere de políticas públicas de agua estables en todos los niveles en este caso desde los ministerios a gobiernos locales. Además, es necesario la presencia de mecanismos que garanticen que los tomadores de decisiones piensen en la sustentabilidad y los costos del agua relacionados a la producción y el consumo, al mismo tiempo es indispensable la existencia de un marco institucional capaz de integrar los sistemas, económicos, políticos y sociales (Mirassou, 2009).

### **3.2.1 Conservación y manejo del agua**

Una gran cantidad de la población no sabe cuánta agua consume realmente en su vida diaria. Es fácil consumir en exceso, especialmente cuando no se conoce realmente cuanto se está consumiendo, si no comprende cada persona su propio consumo es poco probable que se logre reducir la huella hídrica personal. Las comunidades y los países de todo el mundo enfrentan problemas de escasez de agua, sostenibilidad, y accesibilidad. Actualmente, más de mil millones de personas no tienen acceso a agua potable (UNESCO, 2003). Mientras que otros riegan sus jardines a diario, lavan sus autos, y disfrutan de la disponibilidad de agua para muchos otros fines de lujo, en este sentido con el análisis de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE se obtuvo un acercamiento de la situación del consumo de agua, que en este caso fue menor que el promedio mundial, por lo que anima a pensar que la comunidad universitaria está teniendo un consumo relativamente responsable, pero no hay que

dejar de lado la necesidad de una mayor concientización sobre el uso responsable y sostenible del agua, tomando en cuenta la necesidad de que cada individuo conozca realmente cuánta agua consume en su vida diaria, por esta razón cada persona que llenó la encuesta obtuvo al final el resultado de su huella hídrica no solo de manera global sino también de cada componente que conforma la HH (ver anexo 2,3,4).

Los consumidores generalmente no pagan por los efectos negativos de sus HH elevadas o en otras palabras el consumo desmedido del recurso, debido a que el suministro o abastecimiento de agua está muy por debajo del precio real o se encuentra altamente subsidiado como consecuencia de esto se genera un desinterés por parte de los consumidores para ahorrar agua, además factores negativos como la escasez de agua, la contaminación no se toman en cuenta en el precio de los productos. Los problemas locales de agua están fuertemente relacionados con el consumo barato del agua, esto quiere decir el hecho de que los precios de los bienes de consumo intensivos en agua no incluyen las externalidades negativas que puedan ocurrir durante la producción (Hoekstra, 2006).

En esta investigación se tiene como eje principal a la HH que en este caso es un indicador el cual muestra el volumen total de agua dulce que consume o usa cada persona en su vida diaria, después de realizar el análisis de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria en capítulos anteriores se considera que puede actuar como una herramienta de concientización del consumo de agua, de esta manera se la puede utilizar como base para conseguir un consumo más eficiente y sostenible del recurso por parte de la comunidad universitaria.

Desde la década de los sesenta se empezaron a incluir prácticas eficientes del uso del agua con el objetivo de asegurar el recurso hídrico en el sector urbano. Adoptando consecutivamente de forma progresiva estas estrategias en el sector agrícola y en el sector de servicios. En un inicio, estas estrategias se efectuaron como respuesta a emergencias locales, pero su eficiencia y la escasez actual de agua las han transformado en programas clave de mediano y largo plazo (Sanchez & Sanchez, 2004).

En este aspecto es importante mencionar a La Nueva Cultura del Agua, que plantea un cambio de mentalidad en cuanto a la concepción del recurso agua y su gestión, una mentalidad que permita solucionar la problemática del recurso hídrico y realizar una gestión sustentable, que satisfaga las necesidades y los derechos humanos de las personas. Establece prioridades para

los cuatro usos fundamentales del agua, el agua como derecho humano, agua para los ecosistemas, agua para usos sociales y comunitarios, y agua para el desarrollo económico y bienestar social. Los primeros tres usos comprenden las dimensiones sociales y ambientales plenamente relacionados con los principios éticos de equidad, justicia y sustentabilidad (Orozco & Quesada, 2010).

También existen aportes de la literatura de psicología ambiental que destacan los enfoques de reducción y conservación del recurso desde la perspectiva de comportamientos cotidianos continuos de las personas que ayudan a conservar los recursos, en este contexto podrían enmarcarse acciones como tomar duchas más cortas, cerrar el grifo al cepillarse los dientes y solo lavar cargas completas. Además, los estudios sobre la relación entre las variables psicosociales y el consumo de agua en el hogar son de gran interés para los investigadores (Gardner & Stern, 1996).

En ocasiones se piensa que el consumo del agua en el hogar está asociado a un comportamiento colectivo, ya que involucra las acciones de uso del agua de varios miembros del hogar. Si una persona está comprometida con la conservación del agua, a menos que otros miembros del hogar estén igualmente comprometidos, es poco probable que las actitudes de esa persona resulten en una reducción del consumo de agua en el hogar. Por tanto, la dinámica del hogar podría jugar un papel importante en la demanda y conservación del recurso (Fielding, 2012).

De acuerdo con Steg & Vlek (2009) la conducta de los individuos no siempre es racional y razonada, más bien en ocasiones se guía por hábitos o rutinas automáticas que pueden definirse como tendencias conductuales que surgen como resultado de la repetición y práctica de acciones en situaciones similares. Muchos comportamientos de uso de agua son acciones que se realizan con frecuencia y, por lo tanto, pueden volverse habituales. Así como las personas pueden desarrollar hábitos positivos en el uso del agua como por ejemplo cerrar el grifo cuando se cepillan los dientes, también pueden ser propensos a hábitos negativos como tomar duchas prolongadas, por lo que dichos patrones conductuales afectan o benefician a la cultura de conservación del agua que pueda tener cada individuo (Steg & Vlek, 2009).

Tomando en cuenta que la huella hídrica personal se caracteriza no solo por mostrar la cantidad de consumo de agua que está a la vista, sino también el consumo indirecto es decir el volumen

total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios que consume cada persona, es indispensable pensar en alternativas que puedan ayudar a cambiar los patrones de consumo de las personas, en este caso se podría pensar en programas específicos de conciencia o la implementación de un etiquetado en los productos con la cantidad de agua real empleada en la producción, es decir mostrar la huella hídrica de cada producto (Tolón, Lastra, & Fernández, 2013). De esta forma podría ayudar a que las personas tengan mayor conciencia sobre la necesidad de cuidar y conservar el recurso, para esto sería importante una interacción conjunta tanto del sector público como privado.

### **3.3 Propuestas de consumo sostenible de agua para la comunidad universitaria PUCE.**

La estimación de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria aportó con una idea clara de cómo es el consumo de los individuos, con estos resultados obtenidos y con las relaciones de significancia realizadas entre la HH y las variables socioeconómicas de estudio, se logró visualizar la utilización del recurso por parte de la comunidad universitaria, tomando en cuenta que dicha comunidad es una fracción de la población quiteña con características específicas, de esta forma se pueden plantear propuestas para un uso más sostenible de agua. En este sentido se plantean propuestas desde dos enfoques el primero tiene que ver con el cambio en los hábitos de consumo desde una perspectiva directa e indirecta, y el segundo se refiere a la educación ambiental.

#### **3.3.1 Cambio en los hábitos de consumo**

Esta estrategia tiene como objetivo tratar de modificar el comportamiento de los miembros de la comunidad universitaria referente al consumo de agua para lograr un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico fomentando la responsabilidad ambiental, estos cambios claramente están enfocados en la conducta social de los individuos.

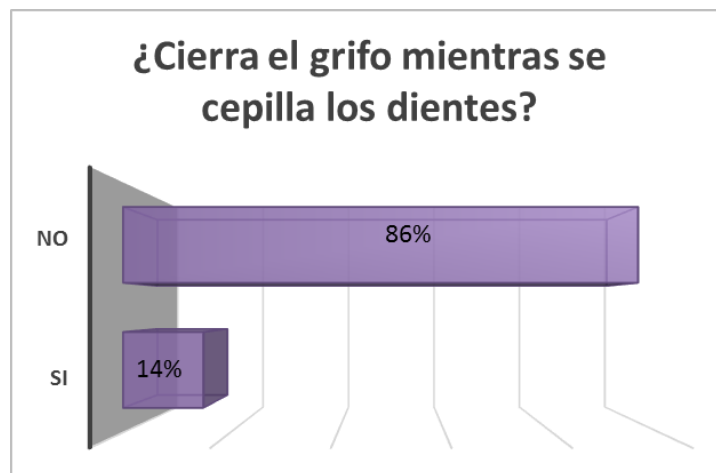
Es importante tener presente que cuando se plantean estrategias que produzcan cambios en los hábitos de consumo de las personas se debe observar la efectividad de dicha estrategia mediante un seguimiento o monitoreo que permita medir el impacto de la implementación de las propuestas (Umbría, Trezza, & Jégat, 2008).

## Propuestas para reducir la huella hídrica directa (uso doméstico de agua)

- Cerrar el grifo mientras se cepillan los dientes, se enjabonan o afeitan.

Esta propuesta está relacionada al ahorro del agua ya que la mayoría de la comunidad universitaria no cierra el grifo o llave de agua mientras se cepilla los dientes, como se puede observar en el gráfico 22, lo que ocasiona un desperdicio del recurso.

**Gráfico 22. ¿Cierra el grifo mientras se cepilla los dientes?**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

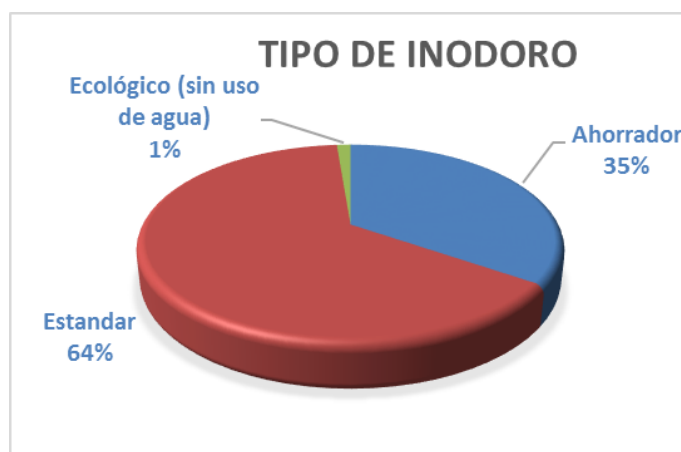
**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El 86% de los encuestados respondieron que no cierran el grifo al momento que se cepillan los dientes, mientras que el 14% si lo hace, por esta razón es importante mostrar los datos obtenidos y plantear esta propuesta que puede ayudar a generar un consumo más sostenible del recurso.

- Usar inodoros ahorradores de agua.

Los inodoros estándar o convencionales pueden llegar a emplear entre 6 a 16 litros, pero los sistemas modernos en este caso de inodoros ahorradores que están compuesto por un pulsador con dos botones, los cuales tienen etiquetados los litros de agua que se utiliza en la descarga completa o media así de esta manera se generan consumos mucho más eficientes, reduciendo por descarga hasta 5 litros, existen también otras alternativas de ahorro como la de inodoros ecológicos que no usan agua, pero este sistema es poco conocido y no muy aceptado por los individuos.

**Gráfico 23. Tipo de Inodoro**



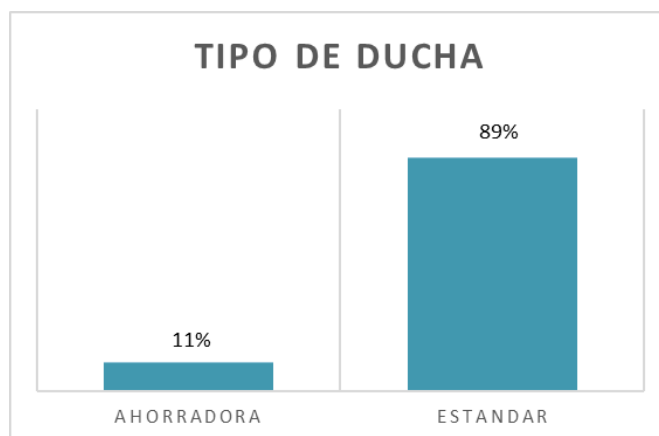
**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

En el gráfico 23 se muestra el tipo de inodoro que tienen los encuestados y se observa que el 64% poseen inodoros estándar, mientras que el 35% tienen ahorradores y apenas el 1% de la población tiene inodoros ecológicos, al mirar estos datos se nota claramente la necesidad de plantear esta propuesta de consumo sostenible ya que dentro de la comunidad universitaria no se muestra preocupación por ahorrar y conservar el recurso por medio de esta alternativa.

- Usar o instalar duchas ahorradoras de agua, y tomar duchas más cortas.

**Gráfico 24. Tipo de Ducha**



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno Corral.

El gráfico 24 representa el tipo de ducha que poseen los encuestados, se observa que la mayoría de las personas tienen una ducha estándar, por lo que resulta importante plantear esta propuesta de consumo sostenible, el 89% de los encuestados tienen una ducha estándar o convencional,

mientras que el 11% tiene una ahorradora, lo que quiere decir que las personas no optan como alternativa de conservación instalar duchas ahorradoras.

Otro punto clave es el tiempo que se demora una persona en tomar una ducha, lo que recomienda la OMS para un uso sostenible de agua es tardarse aproximadamente 5 minutos por ducha, este dato difiere con el resultado de los encuestados, ya que el promedio de ellos es de 15 minutos por ducha, así se observa la necesidad de que las personas opten por dicha propuesta para obtener un consumo más eficiente y sostenible.

- Arreglar fugas domésticas de agua y lavar la ropa cuando sea indispensable.
- Usar el agua que realmente sea necesaria al momento de regar el jardín, una buena alternativa es aprovechar cuando llueve así se genera ahorro del recurso, también es importante que solo cuando sea preciso se debe limpiar patios y aceras con agua.

### **Propuestas para reducir la huella hídrica indirecta**

La huella hídrica indirecta de un consumidor es generalmente mucho mayor que la directa. Un consumidor podría tener básicamente dos opciones para reducir su huella hídrica indirecta.

La primera opción es sustituir los productos de consumo que tienen una gran huella hídrica por un tipo diferente de producto que tiene una menor HH, como por ejemplo comer menos carne, ya que la producción de carne utiliza mucha agua como se pudo observar en el capítulo 1 que un gran porcentaje de la huella hídrica personal está relacionada con la cantidad de porciones de carne que consumen los miembros de la comunidad universitaria, también se podría optar porque cambien su costumbre de tomar café y tratar de sustituirlo por té, o mejor aún intentar beber agua pura, ya que se estima que para producir una taza de café se necesitan 130 litros de agua, a diferencia del té que para una taza se utiliza 30 litros de agua.

Otra industria que utiliza gran cantidad de agua es la textil por lo que las personas de la comunidad universitaria podrían pensar en no usar ropa de algodón sino de fibras artificiales que ahorra mucha agua, ya que una sola camiseta de algodón puede requerir 2700 litros de agua, o también se puede optar por ropa producida de forma sostenible, y no solo fijarse en temas de moda al momento de adquirir sus prendas de vestir.

Pero estas propuestas tienen limitaciones, porque muchas personas no podrían dejar de consumir la cantidad de carne que les gusta o peor aún optar por una dieta vegetariana, o cambiar su ropa de algodón por otro tipo de material más sostenible, y por lo general a la mayoría de la población le gusta el café, de modo que es muy indispensable que los consumidores tengan la información adecuada de cuánta agua realmente se utiliza en la fabricación de los productos cotidianos, pero dado que esta información generalmente no está disponible hoy en día, una cosa importante que se podría hacer es pedir transparencia a las empresas sobre la cantidad de agua utilizada en los productos por medio de una regulación por parte del estado, pero esto es un aspecto muy complejo que merece ser estudiado.

También es muy necesaria la intervención de la educación ambiental que se la tratara más adelante, cuando se dispone de información sobre los impactos de un determinado bien o servicio en el sistema de agua, los consumidores pueden tomar decisiones conscientes sobre lo que compran y lograr cambiar sus hábitos de consumo y conciencia ambiental.

Y por último la segunda opción es seguir el mismo patrón de consumo, pero seleccionar el algodón, la carne de res o el café que posean una huella hídrica relativamente baja o que tengan su huella en una zona en la que no exista gran escasez de agua, para esto también es muy importante tener información a la mano y una cultura de conservación del recurso.

La responsabilidad de reducir el consumo de agua no debería recaer únicamente en los consumidores, también es necesario una cooperación entre partes para que las personas puedan tomar decisiones informadas sobre qué opciones elegir, las empresas deben ser transparentes sobre sus procesos y los gobiernos deben actuar de forma estricta en lo que respecta a la regulación, también si los gobiernos introdujeran medidas de ahorro de agua, las empresas se verían incentivadas o incluso obligadas a realizarlo (Valencia, 2015).

### **3.3.2 Educación Ambiental**

Reducir el consumo de agua sin realizar grandes inversiones puede ser posible simplemente con educación y conducta de ahorro adecuada, la propuesta de educación ambiental tiene como objetivo realizar campañas, talleres, foros de educación ambiental sobre la importancia de conservar el recurso hídrico dirigidas para la comunidad universitaria, todas estas estrategias buscan crear opinión y conciencia responsable, en este caso se necesita del apoyo de los actores

sociales involucrados y primordialmente de las autoridades de la PUCE, a las cuales se les debe presentar la iniciativa de concientización para que de esta manera se lleve a cabo dicha propuesta en beneficio de la comunidad universitaria y al mismo tiempo de la sostenibilidad del recurso.

Todas estas propuestas se las realizan enfocadas a las características propias que posee la comunidad universitaria de la PUCE, ya que al realizar la caracterización socioeconómica de los individuos y las relaciones de significancia existentes entre las variables de estudio se pudieron comprender las características claves que poseen las personas con relación a su consumo de agua, también hay que tomar en cuenta que la mayoría de la población al ser una universidad privada posee un rango de ingresos medios y una mayor conciencia sobre el consumo de agua, por lo que podrían optar por estas propuestas.

## ***Conclusiones y Recomendaciones***

### **Conclusiones**

El presente estudio tuvo como principal objetivo determinar las implicaciones socioeconómicas existentes es decir las relaciones de significancia entre la HH y las diferentes variables de estudio como ingreso familiar, nivel de educación, edad, sexo, tamaño de la familia, y tipo de vivienda, con la ayuda de la estimación de la huella hídrica personal de la comunidad universitaria de la PUCE. En este sentido se obtuvo como resultado que el promedio de la HH de la comunidad universitaria es de 858.5 m<sup>3</sup>/per cápita/año, en este caso un valor más bajo que la media a nivel mundial (1.385 m<sup>3</sup>/per cápita/año).

Pero al realizar el análisis de las preguntas más importantes de la encuesta y la caracterización socioeconómica, se observó claramente la necesidad de una mayor concientización sobre el uso responsable y sostenible del agua por parte de la comunidad universitaria, ya que el recurso hídrico cada vez se encuentra más afectado por diferentes factores negativos.

Para cumplir con el objetivo de determinar las relaciones de significancia entre el consumo de agua expresado a través de la huella hídrica personal (HH) de la comunidad universitaria y las variables socioeconómicas de estudio se utilizó el modelo de regresión lineal simple en este caso se realizaron 4 regresiones, las cuales ayudaron a comprobar la existencia de una relación de significancia entre el consumo de agua (HH) y las variables ingreso, nivel de educación, sexo, y número de niños con los que comparte la vivienda el encuestado.

Con los resultados obtenidos se comprobó la hipótesis planteada en el procedimiento metodológico que a mayor ingreso las personas consumen más agua, es decir tienen una huella hídrica más elevada, ya que los ingresos son estadísticamente significativos en el análisis, y desde el punto de vista económico se considera como un resultado esperado pues al recurso hídrico se lo estaría tratando como un bien normal.

De igual manera, los miembros de la comunidad universitaria que tienen un mayor nivel de educación en este caso de cuarto nivel son los que poseen un consumo más elevado de agua, también se pudo evidenciar que las personas de sexo femenino tienen patrones de consumo más sostenibles ya que su consumo de agua es menor que el de las personas de sexo masculino, esto

se puede dar tal vez porque las mujeres de la comunidad universitaria tienen más conciencia sobre el consumo responsable, otra variable que mostro resultados significativos fue el número de niños con los que comparte la vivienda el encuestado, ya que la presencia de niños en el hogar se asocia al aumento de la HH de la comunidad universitaria, esto puede darse por la necesidad de un mayor cuidado y aseo personal.

Los cuatro modelos estimados entregaron resultados similares, pero en este caso la última regresión es la que explicó de mejor manera las relaciones existentes entre la variable dependiente y las independientes, ya que todas las variables explicativas son estadísticamente significativas.

En el caso del último objetivo de la investigación las propuestas que se plantearon para un consumo sostenible de agua, se las realizaron enfocadas a las características propias que posee la comunidad universitaria de la PUCE, ya que al efectuar la caracterización socioeconómica de los individuos y las relaciones de significancia existentes entre las variables de estudio se logró comprender algunas de las particularidades claves que poseen las personas con relación a su consumo de agua, y así se pudieron recomendar las estrategias más adecuadas.

Por último, se pudo evidenciar que el indicador de la huella hídrica personal funciona como una herramienta de concientización para un uso responsable y sostenible del recurso natural más indispensable como lo es el agua, además ayudo a comprender los patrones de consumo que tuvo la población del presente trabajo en este caso los miembros de la comunidad universitaria de la PUCE, de esta forma también gracias a las variables escogidas en la investigación se pudo demostrar las implicaciones socioeconómicas que puede tener la huella hídrica personal de un grupo específico de estudio.

## Recomendaciones

Es importante que se realicen nuevos estudios sobre la utilidad de la huella hídrica personal, ya que, al ser un indicador de consumo sostenible de agua, puede beneficiar para que las personas comprendan de mejor forma su consumo y así optar por prácticas de uso más amigables con el ambiente, también es indispensable la participación del estado en la generación de políticas públicas referentes al agua que ayuden a la conservación y gestión eficiente del recurso, de la misma manera se necesita de una interacción tanto del sector público como privado para que planifiquen las mejores estrategias para la gestión sostenible del agua, es necesario que todas estas estrategias de políticas se las piense para el corto y largo plazo ya que el tema de los problemas ambientales cada vez es más perjudicial. También en este sentido es primordial que exista un seguimiento sobre las políticas y prácticas sostenibles de conservación y manejo eficaz del recurso para que funcionen y perduren en el tiempo.

La falta de información sobre la huella hídrica por parte de la comunidad universitaria de la PUCE y sobre todo acerca de la cantidad de agua que realmente se utiliza en la fabricación de los productos cotidianos, es lo que provoca que las personas tengan un desinterés por cuidar y conservar el recurso, ya que en ocasiones tienen una idea herrada de que el agua es un bien infinito, pero esto no es así cada vez existen más problemas ambientales relacionados a la contaminación y degradación que están generando escases del recurso, por lo que es importante que con el apoyo de las autoridades de la PUCE se incentiven a la creación de campañas de información hacia la comunidad universitaria sobre la necesidad de cuidar el recurso, ya que cuando se dispone de información sobre la importancia de un uso responsable y sostenible los consumidores pueden tomar decisiones conscientes y así lograr cambiar sus hábitos de consumo y conciencia ambiental.

Luego de la pandemia por la que está atravesando el mundo entero los hábitos de consumo e higiene han cambiado drásticamente en toda la sociedad, por lo que resultaría importante conocer la nueva situación en la que se encuentra la HH personal de la comunidad universitaria, este trabajo de investigación podría ayudar como base para desarrollar nuevas investigaciones referentes al tema, ya que las relaciones de significancia que posee la huella hídrica personal con las distintas variables socioeconómicas analizadas pueden ser vistas como una alternativa de apoyo para la comprensión en los patrones de consumo de agua que poseen las personas, y así generar practicas más sostenibles de conservación y gestión del recurso hídrico.

## ***Bibliografía***

- Aguilera, F. (1994). *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Barcelona: ICARIA.
- Amaro, C. (2018). *La economía Ambiental*. Obtenido de Analytica:  
<https://www.analytica.com.do/2018/02/la-economia-ambiental/>
- Aquae. (2019). *Fundación Aquae Analiza la huella hídrica de los alimentos que mas consumimos*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae/fundacion-aquae-analiza-huella-hidrica-alimentos-que-mas-consumimos#:~:text=Fundaci%C3%B3n%20Aquae%20analiza%20la%20huella%20h%C3%ADdrica%20de%20los%20alimentos%20que%20m%C3%A1s%20consumimos,-Fundaci%C3%B3n%20>
- AquaTech. (2019). *Sustainable water: our essential guide to sustainable water resource management solutions & strategies*. Obtenido de Aquatech trade:  
<https://www.aquatechtrade.com/news/water-treatment/sustainable-water-essential-guide/>
- Arreguín, F., & López, M. (2007). Agua virtual en México. *Ingeniería hidráulica en México*, 121-132.
- Azqueta, D. (2007). *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.
- Becerra, C., & Barraza, V. (2013). *Estimación huella hídrica de la Universidad Tecnológica Metropolitana*. Obtenido de <http://codexverde.cl/>: <http://codexverde.cl/estimacion-huella-hidrica-de-la-universidad-tecnologica-metropolitana/>
- Boggiano, M. (2015). Los 10 países con más reservas de agua en el mundo. *Diplomacia*(129), 16-19.
- Carrera, J. (2018). *Los grandes beneficios económicos de gestionar bien el agua*. Obtenido de America economia: <https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/los-grandes-beneficios-economicos-de-gestionar-bien-el-agua>
- CEPAL. (2012). *Senagua*. Obtenido de Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador:  
<https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- Chafla, P., Chafla, J., & Mancheno, A. (2021). Factores socioeconómicos en la estimación de la Huella Hídrica personal: el caso de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. *Estudios de la Gestión, No. 9*.

- Collado, B., & Saavedra, I. (2010). *Agua Virtual en los países en desarrollo, Master Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Agua*. Obtenido de Universidad de Zaragoza : <http://www.unizar.es/mastergestionaguas/docu/17.pdf>
- FAO. (2016). *AQUASTAT*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>
- Fernández, V. (2017). *Agua virtual y Huella hídrica*. Obtenido de geoinnova.org: <https://geoinnova.org/blog-territorio/agua-virtual-y-huella-hidrica/>
- Fielding, K. (2012). Determinants of household water conservation: The role of demographic, infrastructure, behavior, and psychosocial variables. *Water Resources Research*, 48, 1-12.
- FNCA. (s.f). *La economía del agua*. Obtenido de fnca.eu: <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/la-economia-del-agua>
- Gardner, G., & Stern, P. (1996). *Environmental Problems and Human Behavior*. Boston: Allyn and Bacon.
- Hillagric. (s.f.). *Natural Resource Economics*. Obtenido de hillagric.ac.in: <http://www.hillagric.ac.in/edu/coa/AgriEcoExtEduRSocio/lectures/AgEcon479.PDF>
- Hoekstra et al., A. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. Londres; Washington: Earthscan.
- Hoekstra, A. (2003). *Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. The Netherlands: IHE DELFT .
- Hoekstra, A. (2003). *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Obtenido de waterfootprint.org: <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>
- Hoekstra, A. (2006). *The global dimension of water governance: nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems*. Netherlands: UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A., & Chapagain, A. (2008). *La globalización de agua.: Compartir los recursos de agua dulce del planeta*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Lizano, M. (2008). Economía de los recursos naturales . *GeoEconomica*, 1-8.


- Llop et al., A. (2017). *Sobre el alcance y aplicabilidad de la huella hídrica*. Obtenido de Asociación Argentina de Economía Agraria:  
[http://www.aaea.com.ar/\\_upload/files/publicaciones/179\\_20170113113450\\_T64.pdf](http://www.aaea.com.ar/_upload/files/publicaciones/179_20170113113450_T64.pdf)
- Mirassou, S. (2009). *La Gestión Integral de los Recursos Hídricos: aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua. Tesis de maestría*. Argentina: FLACSO.
- Monex. (2018). *Cómo lograr un uso sustentable del agua*. Obtenido de Monex Grupo financiero :  
<https://blog.monex.com.mx/lograr-uso-sustentable-del-agua>
- Montero, R. (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*, 1-61.
- News, T. W. (2018). *En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región*. Obtenido de theworldnews.net: <https://theworldnews.net/ec-news/en-ecuador-se-gasta-40-mas-agua-que-el-promedio-de-la-region>
- OBELA. (2012). *Medio Ambiente y Economía*. Obtenido de Obserbatorio Económico Latinoamericano: <http://www.obela.org/contenido/medio-ambiente-economia>
- OMS. (s.f). *La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud*. Obtenido de who.int: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/)
- ONU. (s.f). *Desarrollo sostenible*. Obtenido de un.org:  
<https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- ONU. (s.f). *Desarrollo Sostenible*. Obtenido de un.org:  
<http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- ONU-Agua. (2015). *Agua y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de un.org:  
[https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/03\\_sustainable\\_development\\_esp.pdf](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/03_sustainable_development_esp.pdf)
- ONU-Agua. (2018). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París: UNESCO.
- ONU-DAES. (2014). *Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Obtenido de un.org:  
[https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_sustainable\\_development.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml)

- Orozco, M., & Quesada, A. (2010). Hacia una nueva cultura del agua en México: organización indígena y campesina. El caso de la presa Villa Victoria. *CIENCIA ergo sum*, Vol. 17, 28-36.
- Pineda, J. (2019). *Desarrollo Sostenible*. Obtenido de encolombia.com:  
<https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/desarrollo-sostenible/>
- PNUD. (2017). *La gestión del agua para el desarrollo sostenible*. Obtenido de gt.undp.org:  
<http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/presscenter/articles/2017/06/12/la-gesti-n-del-agua-para-el-desarrollo-sostenible.html>
- Pronaturaleza. (2016). *El agua, elemento esencial para el desarrollo sostenible*. Obtenido de pronaturaleza.org: <http://pronaturaleza.org/el-agua-elemento-esencial-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Real. (2020). *Guía de buenas prácticas ambientales en el uso del Agua*. Obtenido de línea verde ciudad real:  
[http://www.lineaverdecidadreal.com/documentacion/guias\\_buenas\\_practicas/guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_agua.pdf](http://www.lineaverdecidadreal.com/documentacion/guias_buenas_practicas/guia_de_buenas_practicas_agua.pdf)
- Sánchez, M. (2014). *Una experiencia de cálculo de la Huella Hídrica*. Obtenido de bbvaopenmind.com: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medio-ambiente/una-experiencia-de-calculo-de-huella-hidrica/>
- Sanchez, T., & Sanchez, A. (2004). *uso eficiente del agua, Ponencias sobre una perspectiva general temática*,. Cali: IRC - CINARA.
- Seguí et al., L. (2016). Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos. *Ciencia Nicolaita*, 76-101.
- Sevilla, M., Torregrosa, T., & Moreno, L. (2010). Un panorama sobre la economía del agua. *Estudios de Economía Aplicada*, 265-303.
- Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *J. Environ. Psychol*, 29, 309-317.
- Tolón, A., Lastra, X., & Fernández, V. (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. *M+A Revista Electrónica de Medioambiente UCM*, 56-86.
- Uhlenbrook, S., & Miletto, M. (2016). *Agua y empleo*. París : UNESCO ONU-Agua .

- Umbría, I., Trezza, R., & Jégat, H. (2008). Uso, manejo y conservación del agua un problema de todos. *Academia*, VII, 18-26.
- UNESCO. (2006). *Water: a shared responsibility*. París: UNESCO. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/05/Agua-fuente-de-vida.pdf>
- UNESCO. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los Recursos Hídricos en el Mundo 2015*. Italia : WWAP. Obtenido de unesco.org.
- Valencia, N. (2015). Estrategias de ahorro y uso eficiente del agua de uso residencial, estudio de caso, corregimiento de san clemente -municipio de guatica risaralda. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Vázquez, R., & Buenfil, M. (2012). Huella hídrica de américa latina:retos y oportunidades. *Aqua-LAC*, 41- 48.
- Velázquez, P. (2014). Economía del agua y gestión de recursos hídricos. *Ingeniería del Agua*, 99-110.
- Water Footprint Network. (s.f). *Manual para la evaluación de la Huella hídrica*. Obtenido de waterfootprint.org: <https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
- Water Footprint Network. (s.f). *Virtual water trade*. Obtenido de water footprint network: <https://Comercio de agua virtual.org/en/water-footprint/national-water-footprint/virtual-water-trade/>
- Water Footprint Network. (s.f). *Water footprint*. Obtenido de waterfootprint.org: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/>
- WF Calculator. (2017). *Metodología de la calculadora de huella hídrica*. Obtenido de watercalculator.org: <https://www.watercalculator.org/footprints/water-footprint-calculator-methodology/>
- WFN. (s.f). *Frequently asked questions*. Obtenido de water footprint network: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/frequently-asked-questions/>
- WFN. (s.f). *Manual para la evaluación de la Huella hídrica*. Obtenido de waterfootprint.org: <https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. Michigan: CENCAGE Learning.
- Young, R. (2004). *Determining the Economic Value of Water: concepts and methods*. New York: Resources for the Future.

## Anexos

### Anexo 1. Formato de la Encuesta

 <b>Pontificia Universidad Católica del Ecuador</b>		<b><u>ENCUESTA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA PERSONAL</u></b>
<i>Una adaptación de la metodología desarrollada por Water Footprint Network</i>		
<b>PÚBLICO OBJETIVO</b>	Dirigida a la comunidad universitaria PUCE	
<b>INSTRUCCIONES GENERALES</b>	La encuesta tiene carácter voluntario y anónimo, solicitamos se tome el tiempo necesario para ofrecer unas respuestas lo más reales posibles. Si usted no conoce alguna respuesta o no se aplica a su caso, deje el espacio en blanco. Las preguntas hacen referencia a sus hábitos personales de consumo.	
<b>DEFINICIÓN:</b>	¿Qué es la huella hídrica? La huella hídrica personal es el volumen total de agua dulce (consumida y contaminada), que se requiere para producir los bienes y servicios que usted consume habitualmente.	

Datos Generales - Socioeconómicos		
1	Sexo	Masculino
		Femenino
2	Edad	XXX
3	Nivel de Educación alcanzado	Primaria
		Secundaria
		Tercer Nivel
		Cuarto Nivel
4	Comunidad a la que pertenece	Estudiante
		Docente
		Personal Administrativo
5	Ingreso Familiar	Alto
		Medio Alto
		Medio Bajo
		Bajo
6	Cuál es el número de familiares con los que comparte su residencia habitual	Número de adultos
		Número de niños
7	Años de antigüedad de la vivienda familiar	XXX
8	Tipo de vivienda	Casa
		Apartamento

Consumo personal de comida		Ejemplo	
9	Productos provenientes de Cereales (trigo, arroz, pasta, maíz,)	Número de porciones por día de arroz, pasta, maíz, trigo	1 porción individual de pasta o arroz cocidos equivale en promedio a 215 g.
10	Productos de carne (res, cerdo, pollo) (gramos por día)	Filetes o porciones por día	1 filete normal equivale a 125 gramos promedio
11	Productos de consumo diario (pan, galletas, mantequilla)	Porciones por día	2 rebanadas de pan de barra equivalen a 50 g
12	Consumo de huevos	Unidades por semana	
13	Cómo consideraría el contenido de grasa en su alimentación	Alto	
		Promedio	
		Bajo	
14	Cómo consideraría el consumo de azúcar en su alimentación	Alto	
		Promedio	
		Bajo	
15	Consumo de vegetales (lechuga, tomate, pimiento, acelgas, espinacas, coliflor, etc.)	Porción de verduras por día	1 porción individual de verduras es promedio 250 gramos
16	Consumo de Frutas (naranja, manzana, pera, etc.) (gramos por día)	Porción de fruta por día	1 Porción mediana (alrededor de 200 g), equivale a dos rodajas de melón o sandía, una tajada de piña, una taza de fresas, uvas, cerezas.
17	Consumo de tubérculos (papas, yuca)	Porción por día	Una patata grande o dos pequeñas equivalen de 175 gramos en promedio
18	Tazas de café toma al día	Número de tazas al día	
19	Tazas de té toma al día (tazas al día)	Número de tazas al día	
20	Estime cuántos litros de agua (embotellada, hervida, de garrafón, jugos, refrescos, etc.), usted toma al día	litros por día	4 vasos de agua de 250 ml equivale a 1 litro

Uso doméstico personal del agua dentro de casa		
21	Si usted utiliza ducha en su aseo: Número de duchas que usted toma al día	Número de duchas que toma al día
22	Tiempo promedio que emplea en cada ducha	Minutos por ducha
23	Tiene en su domicilio una ducha estándar o una ducha ahorradora de agua	Estándar
		Ahorradora
24	Si usted usa bañera en su aseo: Número de baños en bañera a la semana	Número de baños por semana
25	Número de veces que usted se lava las manos al día	Número de veces por día
26	¿Usted deja abierta la llave de agua mientras se cepilla los dientes o se afeita?	Si
		No
27	Número promedio de veces que usted utiliza la lavadora de ropa a la semana	Número de veces por semana
28	¿Usted tiene un inodoro con función ahorradora (dual) de agua en su domicilio?	Si
		No
		Tengo un inodoro ecológico sin uso de agua
29	¿Cuántas veces en promedio usted utiliza el inodoro al día?	Número de veces por día
30	Si usted lava sus platos a mano: ¿cuántas veces en promedio lava los platos al día?	Número de veces por día
31	¿Cuánto tiempo deja corriendo el agua en promedio durante cada lavada?	Minutos por lavada
31	Si usted tiene lavavajillas: ¿cuántas veces la utiliza en promedio el lavavajillas a la semana?	Número por semana



Uso doméstico personal del agua fuera de casa		
32	Si usted lava su carro: ¿cuántas veces lo hace a la semana en promedio?	Número de veces por semana
33	Si usted tiene jardín: ¿cuántas veces por semana lo riega?	Número de veces por semana
34	Si usted riega el jardín: ¿cuánto tiempo utiliza en regarlo?	Minutos por regada
35	Si usted limpia o baldea las aceras de su domicilio: ¿cuántos minutos en promedio lo hace por semana?	Minutos por semana
36	Rango Ingreso Familiar mensual	Menos de \$500
		\$501 a \$1000
		\$1001 a \$2000
		\$2001 a \$ 3000
		\$3001 a \$4000
		Mas de \$4000
Consumo global de agua (bienes y servicios)		
37	Cuál considera usted sería el monto promedio de los ingresos brutos mensuales que dedica a los bienes y servicios que consume.	Especifique USD mensual

## Anexo 2. Ejemplo del resultado de la Huella Hídrica de un Estudiante.

Consulta tu Huella Hídrica ingresando el código generado en el formulario que completaste:

20191112\_132 x

465.30

ALIMENTO

102.41

DOMÉSTICO

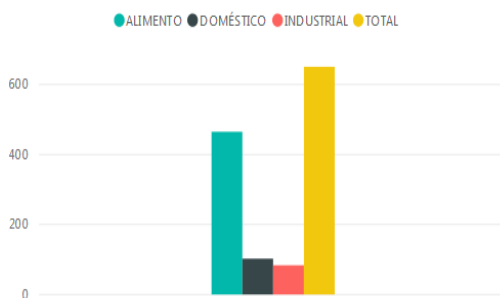
83.34

INDUSTRIAL

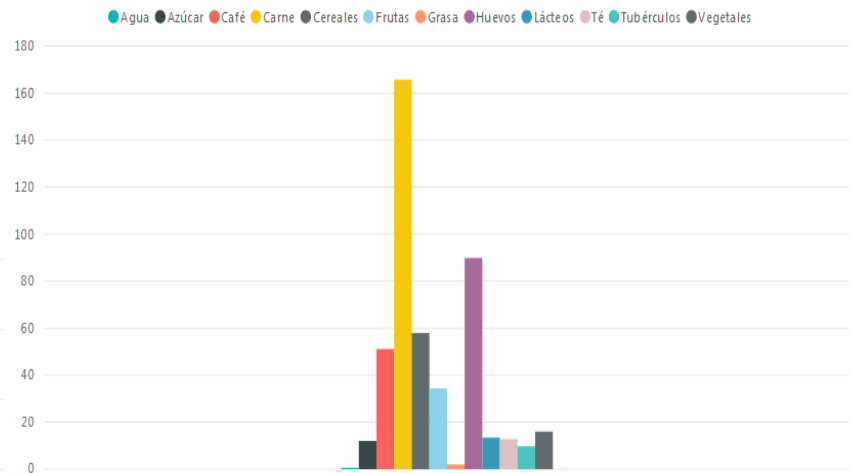
651.05

TOTAL

Componentes de tu huella hídrica (m3 al año)



Categorías dentro del componente alimenticio de tu huella hídrica



RESULTADOS ESPERADOS - SALUD

Código	Su ingesta de agua al día es de (litros)	Observación	Recomendación	Litros de agua recomendado
20191112_132	1.50	Su consumo de agua es inferior al recomendado por temas de salud	Debería consumir (Litros más de agua al día)	1.00

**NOTA:** La cantidad recomendada para hombres mayores de 13 años es 2,5 litros y para mujeres de 2,00 litros al día

**Fuente:** Encuesta Virtual

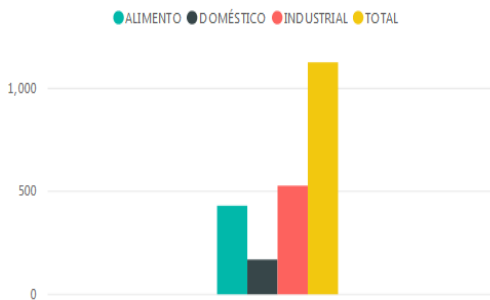
### Anexo 3. Ejemplo del resultado de la Huella Hídrica de un Docente.

Consulta tu Huella Hídrica ingresando el código generado en el formulario que completaste:

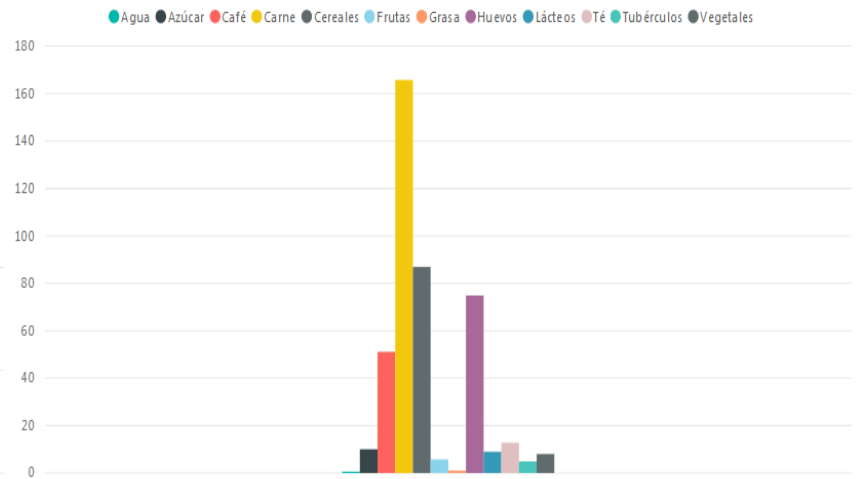
**430.36** ALIMENTO  
**168.99** DOMÉSTICO  
**527.82** INDUSTRIAL

**1,127.17**  
 TOTAL

Componentes de tu huella hídrica (m3 al año)



Categorías dentro del componente alimenticio de tu huella hídrica



#### RESULTADOS ESPERADOS - SALUD

Código	Su ingesta de agua al día es de (litros)	Observación	Recomendación	Litros de agua recomendado
20191113_160	1.50	Su consumo de agua es inferior al recomendado por temas de salud	Debería consumir (Litros más de agua al día)	1.00

**NOTA:** La cantidad recomendada para hombres mayores de 13 años es 2,5 litros y para mujeres de 2,00 litros al día

**Fuente:** Encuesta Virtual

## Anexo 4. Ejemplo del resultado de la Huella Hídrica de un Administrativo.

Consulta tu Huella Hídrica ingresando el código generado en el formulario que completaste:

20191112\_52 x

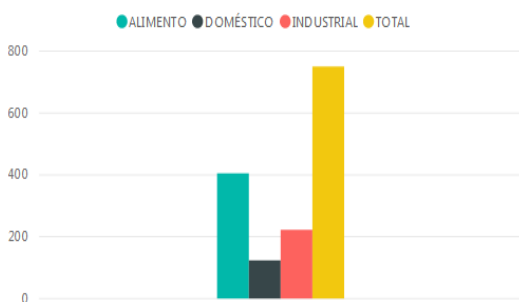
**405.00**  
ALIMENTO

**123.38**  
DOMÉSTICO

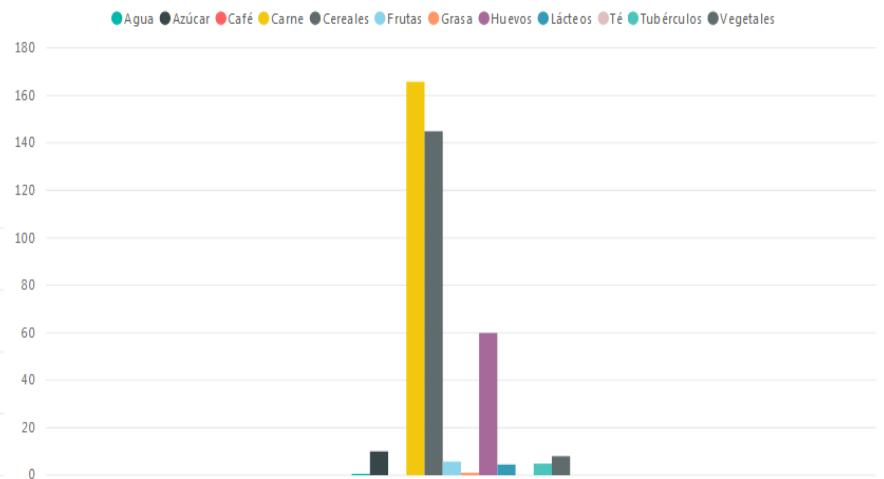
**222.24**  
INDUSTRIAL

**750.62**  
TOTAL

Componentes de tu huella hídrica (m3 al año)



Categorías dentro del componente alimenticio de tu huella hídrica



RESULTADOS ESPERADOS - SALUD

Código	Su ingesta de agua al día es de (litros)	Observación	Recomendación	Litros de agua recomendado
20191112_52	1.00	Su consumo de agua es inferior al recomendado por temas de salud	Debería consumir (Litros más de agua al día)	1.50

**NOTA:** La cantidad recomendada para hombres mayores de 13 años es 2,5 litros y para mujeres de 2,00 litros al día

**Fuente:** Encuesta Virtual

## Anexo 5. Prueba de Multicolinealidad

### Matriz de correlaciones

	Huella~d	ingres~m	Niveduc	Edad	Sexo	numniños	numadult	Comuni~d	tipoviv
Huellahid	1.0000								
ingresofam	0.2499	1.0000							
Niveduc	0.1754	0.1631	1.0000						
Edad	0.1340	0.1489	0.8175	1.0000					
Sexo	-0.1108	-0.0095	-0.0374	-0.0601	1.0000				
numniños	0.1376	-0.0022	-0.0451	-0.0557	-0.1000	1.0000			
numadult	-0.0552	-0.0921	-0.1963	-0.0966	0.0079	0.0718	1.0000		
Comunidad	-0.1115	-0.0943	-0.7135	-0.7455	0.0063	0.0275	0.1412	1.0000	
tipoviv	-0.0263	-0.0334	0.1599	0.1045	0.0390	-0.1517	-0.3378	-0.1567	1.0000

Se observa que se tiene una correlación positiva entre edad y nivel de educación del 81%. Esta variable podría dar indicios de que existe multicolinealidad, por tal razón se procede a realizar la prueba fiv.

### FIV: Factor inflacionario de la varianza

vif		
Variable	VIF	1/VIF
ingresofam		
1	9.62	0.104000
2	9.80	0.102030
3	2.24	0.447148
Niveduc		
2	1.57	0.637893
3	5.81	0.172245
Edad	4.14	0.241400
Sexo	1.02	0.977372
numniños	1.05	0.954234
numadult	1.19	0.841105
Comunidad		
1	3.42	0.292379
2	5.17	0.193316
1.tipoviv	1.19	0.840419
Mean VIF	3.85	

**Fuente:** Base de datos de la encuesta  
**Elaboración:** Carolina Mancheno C.

De acuerdo a Wooldridge (2010) una prueba para determinar la existencia de multicolinealidad en una regresión es el factor inflacionario de la varianza (FIV), donde un valor de este estadístico superior a diez debería ser analizado, sin embargo, mientras sea igual o menor no existe ningún problema. De acuerdo con los resultados obtenidos en las cuatro regresiones se puede observar que ninguna variable presenta un factor inflacionario de la varianza superior a diez, en todos los casos es inferior por lo cual se descarta la presencia de multicolinealidad en todas las estimaciones realizadas.

## Anexo 6. Prueba de Heterocedasticidad

### Prueba de Breusch - Pagan

```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of Huellahid

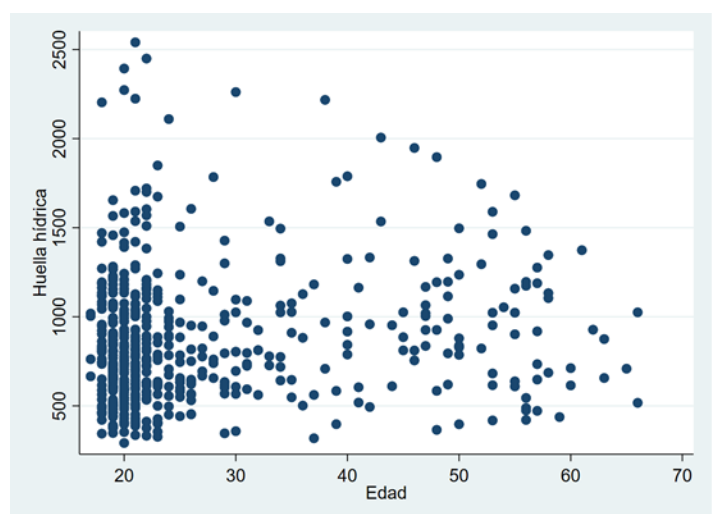
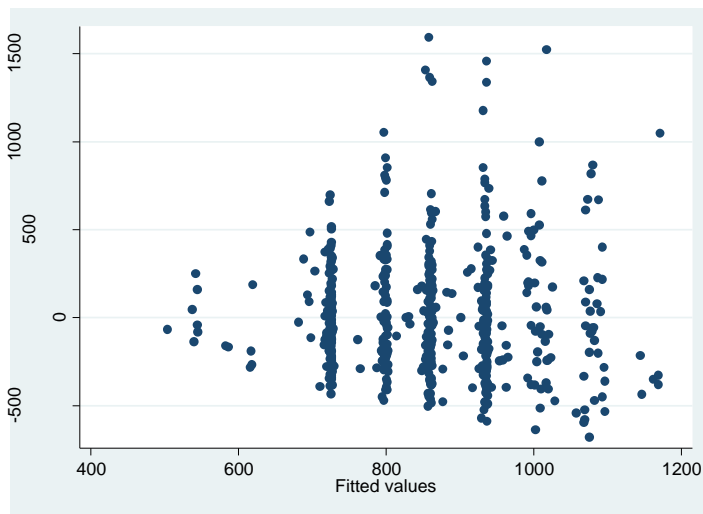
chi2(1)      =    36.71
Prob > chi2  =    0.0000
```

**Ho:** varianza constante

**H1:** varianza no constante

**P-value < 0.05** Se rechaza la hipótesis nula (varianza constante) por lo que existe presencia de heterocedasticidad.

### Gráficos de dispersión



**Fuente:** Base de datos de la encuesta

**Elaboración:** Carolina Mancheno C.

Al realizar un gráfico de dispersión general se observa la existencia de una dispersión muy baja de los datos por lo que se tiene presencia de heterocedasticidad. Además se realiza un ejemplo de gráfico de dispersión de dos variables, Huella Hídrica (consumo de agua), edad y se puede apreciar la existencia de heterocedasticidad entre ambas variables, en niveles bajos de edad la dispersión de los datos es alta, mientras que a medida que avanza esta se va reduciendo paulatinamente.