



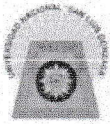
Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)**

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021”

Presentado por:

VASQUEZ HUAYANCA, Miguel Martin

ROL DEL AUTOR del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 12 % por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 10 junio de 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
  
Dr. Jaime Martínez  
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



## TESIS

Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica en la producción de  
bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

AUTOR

BACH. VASQUEZ HUAYANCA, Miguel Martin

Ica, Perú

2022

## ÍNDICE

	Pág.
Índice General	ii
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	08
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	10
1.1.1. Formulación del problema	11
1.2. ANTECEDENTES	11
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional	11
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional	13
1.2.3. Antecedentes a nivel local	15
1.2.4. Justificación e importancia de la investigación	15
1.2.5. Bases teóricas	16
1.2.6. Marco legal	22
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	24
2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	24
2.2.1. Población	24
2.2.2. Tamaño de la muestra	24
2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	24
2.3.1. Variable independiente	24
2.3.2. Variable Dependiente	24
2.3.3. Operacionalización de variables	25
2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	25
2.4.1. Hipótesis principal	25
2.4.2. Hipótesis específicas	25
2.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	27

2.5.1.	Técnicas	27
2.5.2.	Instrumentos	27
2.5.3.	Análisis de datos	27
III.	RESULTADOS	28
3.1.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA GASEOSA	28
3.1.1.	Balance de materia en las etapas de producción	34
3.1.2.	Determinación de la huella hídrica	36
3.1.3.	Metodología ISO 1406:2014	37
3.1.4.	Cálculo del Índice de Impacto Hídrico	53
IV.	DISCUSIÓN	57
4.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
V.	CONCLUSIONES	59
VI.	RECOMENDACIONES	60
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Comparación de las características del agua azul y verde	18
Tabla 2: Residuos generados	21
Tabla 3: Operacionalización de variables	26
Tabla 4: Porcentaje de la unidad funcional	39
Tabla 5: Agua captada para la unidad funcional	39
Tabla 6: Pérdida en la captación	40
Tabla 7: Lodos generados	40
Tabla 8: Generación de residuos	40
Tabla 9: Tierras filtrantes	42
Tabla 10: Consumo de gas natural	43
Tabla 11: Consumo y salida de CO <sub>2</sub>	45
Tabla 12: Pérdida por vidrios rotos	46
Tabla 13: Pérdida de botellas en el embotellado	46
Tabla 14: Pérdida por tapas	46
Tabla 15: Mitificación de impactos	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Huella hídrica de un consumidor o productor	17
Figura 2: Huella hídrica	20
Figura 3: Modelo de sostenibilidad	22
Figura 4: Captación de agua	28
Figura 5: Tratamiento de agua	29
Figura 6: Etapa final de tratamiento	29
Figura 7: Lavado de envases	30
Figura 8: Preparación de jarabe	30
Figura 9: Carbonatación, envasado y codificación	31
Figura 10: Embalaje y distribución	32
Figura 11: Proceso de producción de bebida gaseosas	33
Figura 12: Balance de materia-tratamiento de agua	34
Figura 13: Balance de materia-embotellado	35
Figura 14: Esquema del enfoque del ACV	36
Figura 15: Fases de evaluación de la HH	37
Figura 16: Tratamiento de agua	41
Figura 17: Preparación de jarabe	44
Figura 18: Embotellado	47
Figura 19: Almacenamiento	48
Figura 20: Estrategia de PML	50

## RESUMEN

El Perú, es el octavo país a nivel mundial que presenta la mayor disponibilidad de agua y el tercero en América Latina: pero, no existe una adecuada gestión hídrica, lo que genera escasez de este recurso. Por lo que, la huella hídrica es un indicador que permite medir el volumen total de agua que se consume por unidad específica, en este caso, la producción de bebida gaseosa. Por lo que el objetivo de la investigación planteado fue: Evaluar la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021. El enfoque metodológico de la investigación es de tipo básica, nivel descriptivo y diseño no experimental transversal. La muestra fue una planta envasadora de bebida gaseosa, ubicada en el distrito de Ica, determinada mediante muestreo no probabilístico. Para la recolección de datos se realizó la revisión de fuentes documentales y mediante la técnica e instrumento de observación cuantitativa, se evaluó el proceso de productivo. Se calculó la huella hídrica, mediante la metodología establecida por la ISO 14046 y la herramienta de Análisis der Ciclo de Vida (ACV). Se analizaron cuatro indicadores de impacto relacionados con la disponibilidad del agua: uso consuntivo (índice de impacto hídrico, salud humana y calidad del ecosistema), la calidad (eutrofización), los usos directos e indirectos del agua (energía y combustibles). De la evaluación se determinó que la huella hídrica por uso directo fue 2653,42 m<sup>3</sup> por unidad funcional y los impactos más significativos fueron por índice de impacto hídrico, eutrofización y calidad del ecosistema.

**Palabras claves:** Huella hídrica, Análisis del ciclo de vida, impactos, bebida gaseosa.

## ABSTRACT

Peru is the eighth country in the world with the highest availability of water and the third in Latin America: but there is no adequate water management, which generates scarcity of this resource. Therefore, the water footprint is an indicator that allows measuring the total volume of water consumed per specific unit, in this case, the production of soft drinks. Therefore, the objective of the proposed research was: Evaluate the environmental sustainability of the water footprint in the production of soft drinks in the province of Ica, Year 2021. The methodological approach of the research is of a basic type, descriptive level and design not cross-experimental. The sample was a soft drink bottling plant, located in the district of Ica, determined by non-probabilistic sampling. For data collection, the review of documentary sources was carried out and through the technique and instrument of quantitative observation, the production process was evaluated. The water footprint was calculated using the methodology established by ISO 14046 and the Life Cycle Analysis (LCA) tool. Four impact indicators related to water availability were analyzed: consumptive use (water impact index, human health and ecosystem quality), quality (eutrophication), direct and indirect uses of water (energy and fuels). From the evaluation it was determined that the water footprint for direct use was 2653.42 m<sup>3</sup> per functional unit and the most significant impacts were due to the water impact index, eutrophication and ecosystem quality.

**Keywords:** Water footprint, Life cycle analysis, impacts, soft drink

## I. INTRODUCCIÓN

[1] “El agua es considerada como un recurso esencial para la vida en nuestro planeta, mantenimiento del bienestar humano y para garantizar el correcto funcionamiento de los ecosistemas”, asimismo, [1] “es uno de los ejes fundamentales para alcanzar los objetivos perseguidos en una economía verde”. Por lo que, [2] “La situación del agua en el mundo es alarmante, dado que nos enfrentamos a lo que se denomina la crisis del agua, ya que, según las naciones unidas para el 2050 esta crisis afectara a las tres cuartas partes de la población mundial. El Perú no es ajeno a esta situación, aunque paradójicamente nuestro país se ubica entre los veinte países con mayores recursos de agua en el mundo con 75,510.00 metros cúbicos/habitante/año. Siendo el principal problema, la notable descompensación demográfica, que se grafica en tener al 66 por ciento de la población nacional en la costa donde solo dispone del 2 por ciento del recurso hídrico del país”. Asimismo, [2] “aproximadamente el 76 por ciento de la huella hídrica nacional de la producción total se asocia con el sector agropecuario, siendo este el único sector usuario del agua verde y el mayor usuario del agua azul, ya que, el 70 por ciento de las extracciones del recurso hídrico es destinada para la irrigación del 6 por ciento del área total del Perú, que son 7.6 millones de hectáreas aproximadamente”.

[1] “La huella hídrica, que viene a ser el volumen de agua requerido a través de la cadena de suministro para elaborar un producto, es un aspecto de interés en todo país que busque la optimización de este recurso tan escaso. Sin embargo, una distinción fundamental entre huella hídrica y huella de carbono, radica en que el agua es un recurso local mientras que el carbono puede considerarse de nivel global. Por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre con la huella de carbono, es necesario entender muchos más temas locales y de contexto para comprender lo que implica la huella hídrica, así como el agua virtual que se moviliza en ella”. Por lo tanto la investigación, determino la huella hídrica en la producción de bebida gaseosa, mediante la metodología USO14040, a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que evalúa las diferentes etapas del proceso para identificar los impactos y se puedan plantear estrategias de prevención.

La investigación está dividida en siete capítulos:

Capítulo I: Se describe la situación problemática del sector de bebidas gaseosas, cuya producción se basa en altos consumos de agua y electricidad que podría generar escasez del recurso hídrico. Se ha revisado los antecedentes internacionales, nacionales y locales, que ha permitido plantear la justificación e importancia de la investigación.

Capítulo II: Se detalla la estrategia metodológica, donde se establece que la investigación es de tipo básico, nivel descriptivo y de diseño no experimental. El muestreo fue no probabilístico y se determinó como muestra una planta productora de bebida gaseosa en el distrito de Ica.

Capítulo III: Se realizó un análisis cuantitativo mediante balances de materia y energía, para determinar las materias e insumos que se emplearon en cada etapa del proceso. Se calculó la huella hídrica, mediante la metodología establecida por la ISO 14046 y la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Capítulo IV: En base a los resultados del ACV, se determinó el volumen de agua de entrada y los efluentes del proceso que determinó la evaluación de cuatro indicadores de impacto relacionados con la disponibilidad del agua: uso consuntivo (índice de impacto hídrico, salud humana y calidad del ecosistema), la calidad (eutrofización), los usos directos e indirectos del agua (energía y combustibles).

En los Capítulos V y VI; especifica las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación y en el capítulo VII se indican las referencias bibliográficas que se han revisado para la elaboración de la investigación.

## 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

[1] “Durante el último siglo la población humana en el mundo se ha cuadruplicado, lo que se traduce en un aumento en la presión sobre los recursos naturales incluido el agua, hasta alcanzar un punto en que la demanda de los mismos ha superado la capacidad regenerativa de nuestro planeta”. Hay que considerar que [1] “la mayor parte del agua en el mundo es actualmente consumida por la agricultura, tanto para la producción de alimentos, como para la producción de fibras vegetales, o la cada vez más frecuente producción de biocombustibles, de esta forma, alrededor del 70% del agua utilizada en el planeta es destinada de una u otra forma a usos agrarios”.

[3] “La industria de procesos ha generado diferentes acciones que permitan aprovechar los recursos disponibles y aumentar la eficiencia en sus operaciones. El agua como materia prima fundamental universal ha sido foco de trabajo y punto de mayor importancia a lo largo del mundo, siendo concentrados estos trabajos en Agendas como los Objetivos de Desarrollo Sostenible y Tratados de Responsabilidad de Uso de los Recursos”. El concepto de la huella hídrica (HH) ha cobrado relevancia en los últimos años como indicador ambiental y como instrumento en la planificación y tomar medidas en la gestión y disponibilidad del recurso hídrico en las actividades productivas, asimismo permite identificar el impacto de estos procesos a nivel socioambiental, donde los diferentes sectores industriales y sociales, son las que ejercen mayor presión sobre los recursos naturales. Un gran desafío global es lograr la sostenibilidad del agua, entendida como satisfacer la demanda actual de agua, para todos los usuarios, sin dañar el suministro futuro, así como contribuir a los propósitos de la sociedad manteniendo la integridad ecológica, ambiental e hidrológica. Muchos países ahorran recursos hídricos importando productos que consumen mucha agua y exportando materias primas que consumen menos agua.

El sector de bebida gaseosas en el Perú, es aproximadamente de US\$ 350 millones anuales, contribuye al PBI con un 0,26%, pero tiene una demanda significativa del recurso hídrico y de electricidad, pero hoy en día existen tecnologías que reducen el consumo de energía y mejoran la productividad de los procesos, como por ejemplo el uso de los sistemas de refrigeración y enfriamiento, etc., por lo tanto este debe incorporar estas tecnologías, para de esta forma garantizar la sustentabilidad ambiental de los recursos.

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **Problema principal**

¿Cómo evaluar la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021?

#### **Problemas específicos**

PE1: ¿Cómo evaluar las huella hídricas verde, azul y gris en producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021?

PE2: ¿Cómo determinar la Huella Hídrica sostenible comparada con la oferta ambiental del recurso hídrico?

## **1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Antecedentes internacionales**

[4] “La Huella Ecológica (HE) es la medida de consumo de recursos que nos permite saber cuánto tenemos y hasta donde podemos utilizar los recursos naturales que nos brinda el ecosistema, hoy en día se ha calculado que existen 2.1 hectáreas de espacio biológicamente productivo por habitante en la tierra, sin embargo, la HE promedio mundial es de 2,9 hectáreas por persona, lo cual indica que la humanidad está sobrepasando la capacidad ecológica del planeta. En este sentido, esta investigación tiene como objetivo analizar el efecto del crecimiento económico en la huella ecológica, en América Latina (AL) y la Unión Europea (UE), mediante la utilización de métodos econométricos basados en modelos de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) para datos de panel y técnicas de cointegración. Utilizamos datos de los Indicadores de Desarrollo Mundial y de la Red Global de Huella (2020). Los principales resultados muestran que, la relación entre el PIB per cápita y la huella ecológica per cápita describen una curva en forma de U, indicando que los beneficios que se puedan lograr, con respecto a la disminución de la huella ecológica, correspondiente a un mayor crecimiento económico son pasajeros. Sin embargo, la apertura comercial juega un rol importante en disminuir los impactos del crecimiento económico en el deterioro ambiental, por lo que se sugiere fomentar políticas de liberalización comercial con menos regulaciones, ya que éstas permitirían acceder a tecnologías más limpias en cada nación para de esta manera reducir la contaminación en términos de huella ecológica. Además, se debe promover el consumo de energías

limpias, ya que se logró determinar que el consumo de energía es uno de los factores responsables de que no se cumpla la CKA a nivel global y por región, reflejando un efecto positivo y significativo en la huella ecológica”.

La investigación [3] “desarrolla un análisis del proceso de producción de biopolímeros, abordando el ciclo de vida de producción y determinando la huella hídrica asociada al proceso, para determinar la etapa con el mayor impacto al recurso del agua en la producción. El proceso enmarca una huella hídrica azul asociada a las unidades de operación de cultivo de caña de azúcar, su posterior transporte, el uso de energía y combustible en la planta de producción de etanol, y por el consumo de agua en los procesos de transformación de etanol a etileno y en la polimerización; una huella hídrica gris relacionada con el agua que resulta del proceso de cultivo por la utilización de fertilizantes y agroquímicos; y una huella hídrica verde principalmente en el desarrollo del cultivo de la caña asociado a las características de la región. El proceso de producción de bio-polietileno en este trabajo se divide en 4 fases (1 cultivo de caña y transporte, 2 producción de bioetanol, 3 producción de etileno, y 4 polimerización) que describen el panorama convencional de producción de biopolímeros. A partir de una metodología de análisis cuali-cuantitativo y soportados en datos de la industria fue establecido un porcentaje de huella de 80,6% para la fase 1, otro de 1% para la fase 2, otro de 17% para la fase 3 y 1,4% para la fase 4, representando en conjunto 4,8 m<sup>3</sup> agua/kg PE. Se cuantificó el aporte positivo de los coproductos de la fase 2, lo cual contribuye a la reducción de la huella hídrica total a 4,3 m<sup>3</sup> agua/kg PE. Finalmente, fueron identificados los puntos de mayor consumo a lo largo del proceso y los aspectos de importancia para el aprovechamiento óptimo del recurso hídrico”.

[5] “La huella hídrica ha tomado relevancia en los últimos años como indicador medioambiental y como base para la planificación y toma de decisiones en el manejo del recurso hídrico. El banano es un cultivo relevante en algunos países tropicales, como Panamá, por sus aportes para la economía y al sector social. Toda la producción de exportación de banano de Panamá se concentra en la provincia de Bocas del Toro, que tiene condiciones de lluvia y temperatura favorables para el cultivo; pero la variabilidad y cambio climático crean incertidumbre sobre posibles afectaciones a la actividad bananera en la zona. El objetivo del estudio fue determinar la huella hídrica del banano en la fase de cultivo y procesamiento primario (planta empaedora). El análisis se realizó para un periodo de tres meses y tomó como base las fincas bananeras de la empresa COOBANA R.L., ubicadas en

Bocas del Toro y utilizando la metodología de Hoekstra. Se calculó la huella hídrica verde (HHv), azul (HHa), gris (HHg) y total (HH). También se evaluó la sostenibilidad del recurso hídrico en el nivel de cuenca para el abastecimiento del cultivo, utilizando el programa InVEST. Finalmente, se analizó el efecto de dos escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5 al año 2030 para el manejo productivo y en la huella hídrica, a fin de proponer alternativas de reducción de este. En la fase de cultivo, la HHv promedio mensual fue de 133 m<sup>3</sup>/t, la HHa de 0 t/ha (no hubo de riego) la HHg fue 57 m<sup>3</sup>/t tomando como único indicador el nitrógeno. En la fase de procesamiento (empacadora) la HHv es cero, la HHa fue 114 m<sup>3</sup>/t y la HHg fue 14.5 m<sup>3</sup>/t. La HH total en las dos fases fue de 812 m<sup>3</sup>/t. Los resultados de sostenibilidad de abastecimiento del recurso hídrico al nivel de la cuenca indican que no se prevé ningún impacto significativo en la huella hídrica. En el escenario RCP 4.5, la HHv fue de 9.6 m<sup>3</sup>/t y la HHa fue 7.7 m<sup>3</sup>/t, lo que indica dependencia parcial de riego, mientras que con el RCP 8.5 la HHv fue de 0.14 m<sup>3</sup>/t y la HHa 17.7 m<sup>3</sup>/t, lo que significaría una gran dependencia del riego. Para la reducción de la huella hídrica del banano en el sitio de estudio, se proponen acciones, tanto al nivel de la fase de cultivo, tales como riego por goteo, como de la fase del procesamiento primario (empacadora), como la implementación de tecnologías de recirculación del agua, bandejas móviles para la fruta y lavado de esta mediante aspersiones”.

### **1.2.2. Antecedentes nacionales**

[2] “El presente proyecto fue realizado en la parcela experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM, durante los meses de junio y septiembre del 2017. El objetivo principal fue determinar la huella hídrica del cultivo de papa, variedad UNICA, aplicando dos tratamientos de riego, el tratamiento testigo (T) y el tratamiento deficitario (RP). El diseño experimental empleado en la investigación fue completamente al azar, para dos tratamientos con diez repeticiones cada uno, evaluando los efectos producidos por el tipo de riego en donde la variable independiente fue la lámina de agua aplicada y las variables dependientes fueron la producción de biomasa, el rendimiento y cobertura de dosel. Para la determinación de la huella hídrica del cultivo de papa variedad UNICA, se modeló el cultivo de papa en el modelo AquaCrop, y fue calibrado con los parámetros de cobertura de dosel (CC), biomasa total (MST) y rendimiento (Y), obtenidos en el tratamiento testigo (T) y posteriormente validando el modelo con los datos obtenidos en el tratamiento deficitario (RP). El análisis estadístico mostró que los resultados de la cobertura de dosel y biomasa total no presentan diferencia estadística significativa entre ambos tratamientos, mientras que los rendimientos obtenidos para los

tratamientos testigos y deficitarios fueron de 65 t.ha-1 y 60 t.ha-1 respectivamente, presentando diferencia estadística significativa. La huella hídrica total para el tratamiento testigo resultó un valor de 149 m<sup>3</sup>/tn, y para el caso del tratamiento deficitario la huella hídrica total resultó un valor de 149.33 m<sup>3</sup>/tn. Concluyéndose que no existe diferencia significativa en la huella hídrica en ambos tratamientos”.

La investigación [6] “ha determinado la huella hídrica directa para el proceso productivo de la producción de láminas de colágeno para la elaboración de cola industrial en una empresa ubicada en el Parque Industrial Río Seco, distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa, mediante la metodología establecida por la ISO 14046. La metodología y experimentación implicó la ejecución de un diagnóstico situacional de la fábrica de estudio, con énfasis en la descripción de las operaciones unitarias que usan agua; la determinación de la cuenca hidrográfica a la que pertenece el agua empleada en el proceso productivo y donde es vertido el efluente generado, para la ejecución del monitoreo de calidad de agua para ambos (afluente y efluente); y la elección de cuatro (04) indicadores de impacto asociados a la disponibilidad de agua, es decir, uso consuntivo (índice de impacto hídrico, salud humana y calidad del ecosistema) y su calidad, es decir, uso degradativo (eutrofización) de los usos directos e indirectos del agua (energía y combustibles). De la evaluación se determinó que la huella hídrica por uso directo fue 152.29m<sup>3</sup> por unidad funcional, UF (1 500kg de láminas de cola industrial) y los impactos más significativos fueron por índice de impacto hídrico, eutrofización y calidad del ecosistema”.

La investigación señala que [1] “Alrededor del 70% del agua es utilizada en la agricultura, en la región Puno su actividad agrícola se realiza básicamente con el agua de precipitación pluvial (agua verde). En este estudio se propuso determinar la huella hídrica de los principales cultivos andinos de la región Puno comercializados en la región Arequipa, estimando el agua virtual movilizadora en los mismos y su valoración económica. La metodología incluyó información del clima, plantas y suelo, calculando el consumo de agua por cultivo, mediante el software Cropwat versión 8.0 (1997) de la Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO). Se formuló un modelo que permitió determinar la huella hídrica de cultivos andinos, que incorpora la evapotranspiración de referencia, coeficiente de cultivo, superficie de terreno, rendimiento de cultivo y volumen de comercialización. El cultivo de papa tuvo la mayor huella (6,660.69 m<sup>3</sup>/ha), el tarwi tuvo la menor huella (3,750.45 m<sup>3</sup>/ha). Los demás cultivos tuvieron valores intermedios como oca (5,449.75), olluco

(4,762.52), haba (4,091.39), quinua (6,179.58), kañiwa (5,466.55), cebada (4,159.33) y mashua (5,387.82 m<sup>3</sup>/ha). El volumen de agua virtual estimado procedente de la región Puno que ingresa a la región Arequipa, fue también mayor para la papa (145, 175,163.13 m<sup>3</sup>/año) y menor para mashua (1, 098,284.76 m<sup>3</sup>/año). El valor económico del agua virtual estimado procedente de la región Puno que ingresa hacia la ciudad de Arequipa, fue mayor para la papa (60, 247,692.70 de soles/año) y menor para mashua (455,788.17 de soles/año). En general se traslada de Puno hacia la ciudad de Arequipa un valor de 90, 764,178.56 de soles en agua virtual contenida en productos de cultivos andinos. Se concluye que, a partir de la determinación de la huella hídrica es posible demostrar que existe un tránsito importante de agua virtual de la región Puno hacia la ciudad de Arequipa contenida en los cultivos andinos comercializados”.

### **1.2.3. Antecedentes locales**

Se ha revisado la bibliografía en relación al tema de investigación y no se ha encontrado investigación al respecto.

### **1.2.4. Justificación e importancia de la investigación**

[6] “Según un estudio publicado por la Global Water Partnership (GWP) en 2015, el Perú ocupa el octavo lugar del ranking de los países con más agua en el mundo”. [6] “Sin embargo, al mismo tiempo es un país con alto riesgo de estrés hídrico, la principal razón no es la cantidad disponible sino su inadecuada distribución: solo el 1.8% de los recursos hídricos disponibles del país alimenta al 70% de la población nacional y al 80% de nuestra economía (SuizAgua Andina, s.f.). En un informe elaborado por la World Resources Institute (WRI) para 2020 se indica que el Perú ocupará el puesto 43 de países afectados por el estrés hídrico, siendo el segundo país de América del Sur después de Chile”.

*“Hay suficiente agua para todos. El problema que enfrentamos en la actualidad es, sobre todo, un problema de gobernabilidad: cómo compartir el agua de forma equitativa y asegurar la Sostenibilidad de los ecosistemas naturales”.*

Existe [6] “la necesidad de promover la gestión sostenible del recurso agua como recurso natural prioritario para la vida, en este contexto e identificando a las actividades socioeconómicas como principal factor de presión, se presenta la aplicación de la huella hídrica como una herramienta de gestión integral del recurso hídrico”. Por tanto, la producción de bebidas carbonatadas requiere grandes

volúmenes de agua, por lo que es necesario evaluar el HH total, lo que permite reducir los impactos ambientales que genera esta actividad industrial.

### **Objetivo principal**

Evaluar la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

### **Objetivos específicos**

OE1: Evaluar las huellas hídricas verde, azul y gris en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

OE2: Determinar la Huella Hídrica sostenible comparada con la oferta ambiental del recurso hídrico en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

## **1.2.5. Bases teóricas**

### **1.2.5.1. Huella hídrica (HH)**

[6] “Es un indicador de apropiación humana del recurso hídrico para sustentar diversas actividades económicas, que busca, principalmente, ilustrar los vínculos existentes entre el uso del agua y la gestión de los recursos hídricos”. Este [6] “concepto se basa en la teoría de agua virtual desarrollada por Jhon Allan en 1998, al estudiar la posibilidad de importar agua virtual (en lugar de agua real) como una solución parcial a los problemas de escasez de agua en el Oriente Medio. El agua que se consume en el proceso de producción de un producto agrícola o industrial se denomina agua virtual”. Es decir, [6] “la huella hídrica es un indicador del uso de agua fresca que no solo representa el uso directo de un consumidor o productor, sino también el uso indirecto del agua. La huella hídrica puede considerarse como un indicador global de la apropiación de los recursos de agua fresca”. Por lo tanto, la HH [6] “es una de las herramientas que ayudan a evaluar los riesgos asociados al uso del agua y, a partir de esta, desarrollar estrategias que permitan mitigarlos”.

[5] “Es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce en forma de huella hídrica directa asociada a un producto propio de la empresa y la

huella hídrica indirecta asociada al agua virtual que se utiliza para la fructificación del producto. Se clasifica en tres componentes: huella hídrica azul, verde y gris para calcular el consumo total o huella hídrica total”.

[1] “La huella hídrica se introdujo también como un concepto análogo a la huella ecológica y a la huella de carbono, mientras que la huella de carbono es la cantidad de carbono emitido a lo largo de la cadena de suministro para producir un bien, la huella de agua es el volumen de agua requerido a través de la cadena de suministro para elaborar un producto. Sin embargo, una distinción fundamental entre huella hídrica y huella de carbono radica en que el agua es un recurso local mientras que el carbono puede considerarse de nivel global”.

### 1.2.5.2. Norma ISO y la HH

[5] “La norma ISO 14046 de huella hídrica tiene enfoque basado en el ACV de un producto, proceso u organización, donde se considera el uso del agua directo e indirecto en la cadena de valor con sus posibles impactos. Se difiere a que la evaluación de la huella hídrica no se debe representar solamente en términos de volúmenes de agua consumida y contaminada; se deben evaluar los impactos relacionados con los recursos hídricos”.

Figura 1

Huella hídrica de un consumidor o productor



Fuente: ISO 14046.

### 1.2.5.3. Huella verde

[3] “Se refiere al consumo de recursos hídricos verdes (agua de lluvia en la medida en que no se convierta en escorrentía”. Es decir, [3] “es un indicador del uso humano del agua de lluvia y se refiere a la precipitación sobre la tierra que no se infiltra ni escurre, sino que permanece en el suelo en la vegetación. En el caso de campos agrícolas, se refiere a la evapotranspiración del agua lluvia en campos agrícolas y plantaciones forestales, así como el agua incorporada en la cosecha o la plantación. Al hablar de un proceso, la Huella hídrica verde es el volumen de agua de lluvia evaporada o, incorporada al producto”.

### 1.2.5.4. Huella azul

[3] “Se refiere al consumo de recursos de agua azul tanto superficial como subterránea lo largo de la cadena de suministro de un producto. Asimismo, [3] “proporciona una medida del volumen de agua azul disponible que no ha sido consumida por actividades humanas. Al hablar de un proceso, la Huella Hídrica azul se refiere al volumen consumido como resultado de la producción de un bien o servicio”.

Tabla 1  
Comparación de las características del agua azul y verde

Características	Agua azul	Agua verde
Fuentes	Ríos, lagos, reservorios, represas, estanques, acuíferos.	Agua que se almacena en suelos no saturados y que pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas.
Movilidad	Altamente móvil.	Altamente móvil.
Sustitución de fuentes	Posible.	Imposible.
Usos competitivos	Muchos.	Pocos.
Estructura para almacenamiento y transporte	Requerida.	No requerida.
Costo de uso	Alto.	Bajo.

Fuente: [Chapagain et al. 2005](#).

#### **1.2.5.5. Huella gris**

[3] “Se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales de fondo y los estándares existentes de calidad del agua ambiental”. [3] ”Aunque ésta se puede entender como un requisito de dilución de agua, lo que se busca en realidad es reducir las emisiones contaminantes. Asociada a un proceso, la Huella Hídrica gris indica el grado de contaminación del agua dulce que puede estar asociada con los procesos de fabricación de un producto y con su cadena de suministro”

#### **1.2.5.6. Método “Water Footprint Assessment”**

[3] “La evaluación de la Huella Hídrica es una herramienta analítica que puede ayudar a comprender y percibir cómo las actividades y productos se relacionan con la escasez de agua, la contaminación y los impactos relacionados, y qué se puede hacer para garantizar que las actividades y los productos no contribuyan al uso no sostenible del agua dulce”.

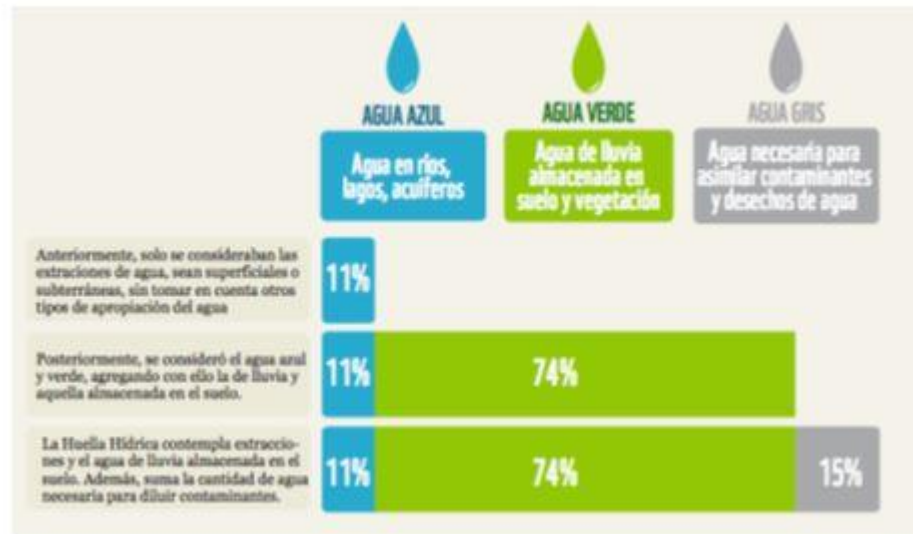
[3] “El proceso de evaluación de la Huella Hídrica consta de cuatro fases:

1. Establecimiento del objetivo y alcance
2. Contabilización de la huella hídrica
3. Evaluación de la sostenibilidad hídrica
4. Formulación de respuesta a la huella hídrica”.

#### **Medición del uso de agua**

[3] “La HH de un producto es el volumen de agua dulce utilizada para producir un producto, medido en toda su cadena productiva. Muestra volúmenes consumidos por fuente y los volúmenes contaminados por tipo de contaminante, todos los componentes se especifican geográfica y temporalmente. De aquí se establecen las huellas hídricas verde, azul y gris para el producto analizado. La HH total, es el resultado de la suma de los volúmenes de agua verde, azul y gris”.

Figura 2  
Huella Hídrica



Fuente: WWF, 2012.

#### 1.2.5.7. Bebidas gaseosas

[7] “Las bebidas gaseosas son productos de alta aceptación y consumo en todo el mundo. A la fecha se encuentra en el mercado una amplia oferta de sabores, tamaños, presentaciones y composición que permiten opciones para satisfacer diferentes gustos”. Asimismo, [7] “la relación del sector con el medio ambiental se puede decir que el impacto ambiental generado por la industria de las bebidas gaseosas se caracterizan por no ser significativo respecto a los residuos sólidos y prácticamente nulos respecto a los de tipo gaseoso; el impacto ambiental de esta industria radica en los efluentes”. La problemática principal es que [7] “el principal componente de las gaseosas es el agua, ya que se componen entre un 85% y 98%. La diferencia en este valor es debido a si está elaborada con azúcar o si ha sido elaborada con edulcorantes no calóricos”.

#### 1.2.5.8. Bebidas gaseosas y su impacto ambiental

El impacto más significativo que generan estas empresas, lo constituye las descargas líquidas que presentan elevado contenido de materia orgánica (elaboración de jarabes) y aguas residuales que se producen en el lavado, limpieza y sanitizado.

Tabla 2

Residuos generados

RESIDUOS	FUENTES	DISPOSICIÓN
AGUAS RESIDUALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de jarabes y de bebida.</li> <li>• Operaciones de lavado, limpieza y <u>sanitizado</u>.</li> <li>• Lavadora de botellas.</li> <li>• Enjuague de botellas (RINSER).</li> <li>• Lubricación de cadenas.</li> </ul>	Alcantarillado industrial o cuerpos de agua
GASES DE COMBUSTIÓN DESECHOS SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles en las calderas para generar vapor.</li> <li>• Vidrio: explosiones de botellas o defectos en las mismas.</li> <li>• Botellas PET: producto fuera de norma o defectos en las botellas.</li> <li>• Cartones: envases de materia prima y otros.</li> <li>• Plásticos en general: envases de materia prima.</li> <li>• Tierras diatomeas: filtrado o jarabe simple.</li> </ul>	Atmósfera  Reciclaje y/o relleno sanitario municipal

**1.2.5.9. Sostenibilidad**

[8] “La sostenibilidad o sustentabilidad significa la existencia de condiciones económicas, ecológicas, sociales y políticas que determinen su funcionamiento de forma armónica a lo largo del tiempo y del espacio. Consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Es un término ligado a la acción del hombre en relación a su entorno, se refiere al equilibrio que existe en una especie basándose en su entorno y todos los factores o recursos que tiene para hacer posible el funcionamiento de todas sus partes, sin necesidad de dañar o sacrificar las capacidades de otro entorno”.

Figura 3  
Modelo de sustentabilidad



Fuente: <http://www.bico.com.mx/wp-content/uploads/2/sustentabilidad-21.jpg>

#### 1.2.5.10. Análisis de la sostenibilidad de la huella hídrica

[6] “Cuando el interés está en la sostenibilidad de la huella hídrica de un proceso, producto, consumidor o productor, se deberá evaluar si la huella hídrica contribuye a nivel global o a puntos críticos específicos, para el primer caso se compara con una referencia global si existe y para el segundo caso puede ser suficiente verificar cada componente de la huella hídrica y si este está localizado en un punto crítico o no. Este análisis necesita de una base de datos global en el nivel de detalle espacial demandado, cuando estos datos no están disponibles se estudia el contexto localizado”.

#### 1.2.6. Marco legal

Para la disposición de los RR.SS. derivados de esta actividad industrial se ha considerado:

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley de Recursos Hídricos-Ley 29338.
- Ley de Promoción y uso eficiente de la energía-Ley 27345

- D.S. N° 001-2015-VIVIENDA: Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.
- D.S. N° 004-2017-MINAM: ECA
- R.J. 104-2018-ANA: Medición y reducción de la HH.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **TIPO**  
Básica
- **NIVEL**  
Descriptivo [6] “se señala como es y cómo se manifiesta un fenómeno o evento cuando se busca caracterizar sus propiedades”
- **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**  
No experimental y transversal [6] “se basa en la observación de los hechos en pleno acontecimiento sin alterar en lo más mínimo ni el entorno ni el fenómeno estudiado”.

### 2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 2.2.1. Población

La población estuvo constituida por las plantas embotelladoras de bebidas gaseosas que se ubican en la provincia de Ica.

#### 2.2.2. Tamaño de la muestra

Se ha determinado como muestra la planta envasadora de bebidas gaseosa que se ubica en el distrito de Ica, mediante el muestreo no probabilístico.

### 2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

#### 2.3.1. Variable Independiente:

VI = Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica.

#### 2.3.2. Variable dependiente:

VD = Producción de bebidas gaseosas.

### **2.3.3. Operacionalización de Variables**

Se muestra en la Tabla 3.

## **2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. Hipótesis principal**

Ha = La evaluación de la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica determina volúmenes y calidad en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

Ho = La evaluación de la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica no determina volúmenes y calidad en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis específica 1:**

Ha: La evaluación de las huellas hídricas verde, azul y gris permite determinar la Huella Hídrica Total en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

Ho: La evaluación de las huellas hídricas verde, azul y gris no permite determinar la Huella Hídrica Total en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES
<b>Variable Independiente</b>	<p>[6] “Cuando el interés está en la sostenibilidad de la huella hídrica de un proceso, producto, consumidor o productor, se deberá evaluar si la huella hídrica contribuye a nivel global o a puntos críticos específicos, para el primer caso se compara con una referencia global si existe y para el segundo caso puede ser suficiente verificar cada componente de la huella hídrica y si este está localizado en un punto crítico o no. Este análisis necesita de una base de datos global en el nivel de detalle espacial demandado, cuando estos datos no están disponibles se estudia el contexto localizado”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huella hídrica azul</li> <li>• Huella hídrica verde</li> <li>• Huella hídrica gris</li> </ul>
Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica		
<b>Variable Dependiente</b>	<p>[7] “Las bebidas gaseosas son productos de alta aceptación y consumo en todo el mundo. A la fecha se encuentra en el mercado una amplia oferta de sabores, tamaños, presentaciones y composición que permiten opciones para satisfacer diferentes gustos”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias primas</li> <li>• Volumen de producción</li> <li>• Demanda y oferta de mercado</li> </ul>
Producción de bebidas gaseosas		

## **Hipótesis específica 2**

Ha: La determinación de la Huella Hídrica sostenible permite la comparación con la oferta ambiental del recurso hídrico en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

Ho: La determinación de la Huella Hídrica sostenible permite la comparación con la oferta ambiental del recurso hídrico en la producción de bebidas gaseosas en la provincia de Ica, Año 2021.

## **2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **2.5.1. Técnicas**

Se emplearon:

- Análisis y sistematización de fuentes documentales
- Observación cualitativa en campo.
- Observación cuantitativa de las etapas de producción de bebida gaseosa

### **2.5.2. Instrumentos**

- Fichas bibliográficas
- Formato de Check list
- Guía de observación

### **2.5.3. Análisis de datos**

- Programa Excel
- Paquete estadístico SPS

Los resultados se presentan en cuadros y gráficas, de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

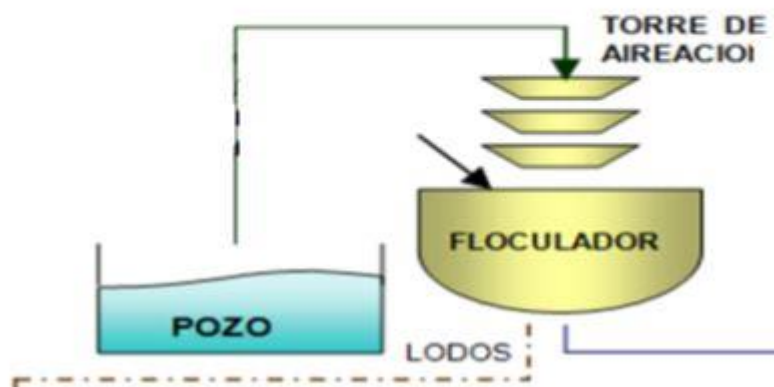
### III. RESULTADOS

#### 3.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA GASEOSA

Este proceso consta de las siguientes etapas:

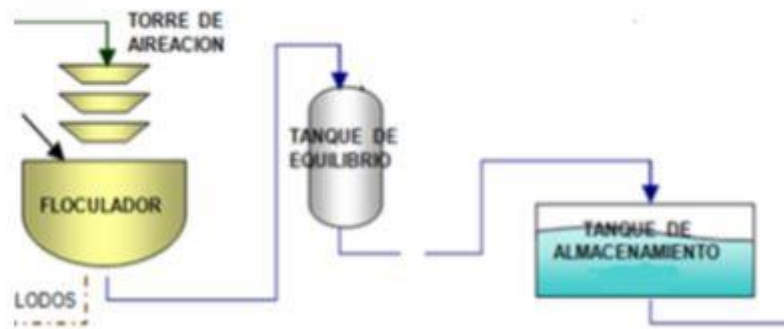
- a. [7] “Tratamiento de agua: La captación de agua se hace de un pozo subterráneo, después de que es captada pasa por la torre de aireación, luego al floculado”.

Figura 4  
Captación de agua



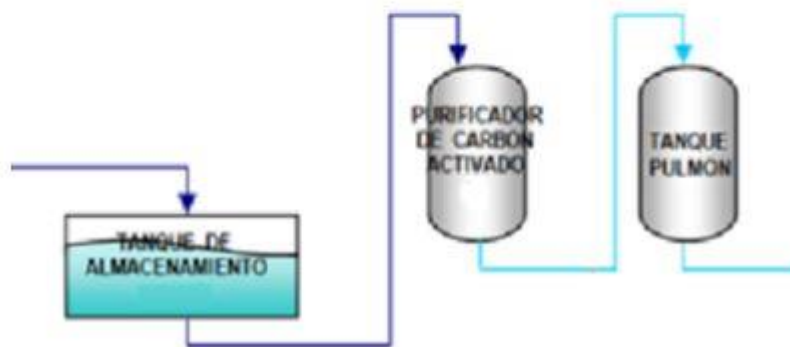
[7] “El agua efluente del floculador pasa al tanque de equilibrio, donde se regula el pH y finalmente llega al tanque de almacenamiento”.

Figura 5  
Tratamiento de agua



[7] “El agua del tanque de almacenamiento pasa al purificador de carbón activado que tiene como finalidad la eliminación de color, olor, sabor y cloro residual del agua proveniente del tanque de almacenamiento. El agua pasa al tanque pulmón y de allí se distribuye a los diferentes procesos que requieren agua”.

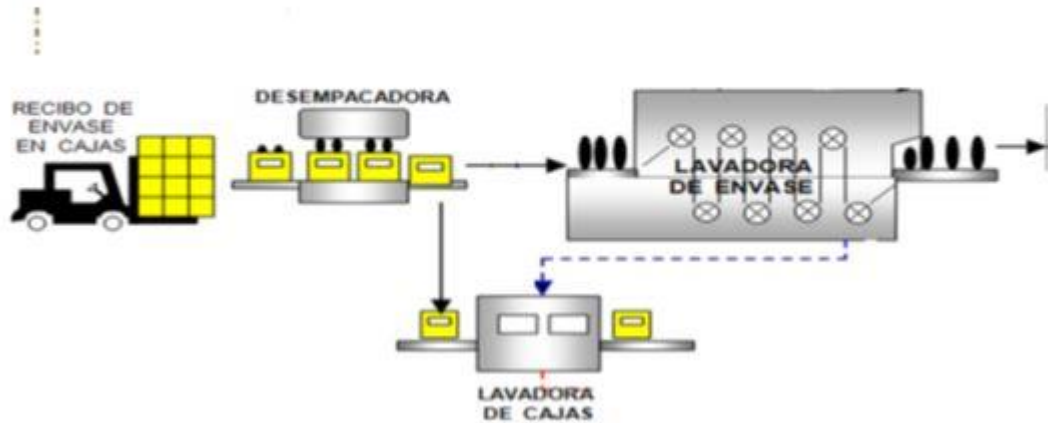
Figura 6  
Etapa final del tratamiento



#### b. Lavado de envase

[7] “El envase retornable contiene residuos y microorganismos que deben ser eliminados para garantizar la inocuidad del producto”. [7] “En este proceso se utilizan lavadoras de botellas que emplean diferentes cantidades de soda cáustica, aditivos, altas temperaturas y chorros de agua para el enjuague”.

Figura 7  
Lavado de envase

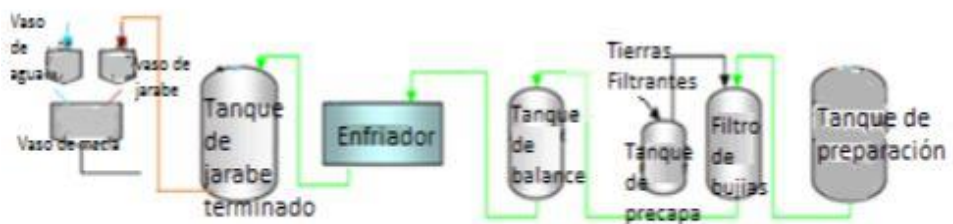


c. **Elaboración de jarabe simple y terminado**

[7] “Primero se prepara el jarabe simple para ello se emplea agua de la planta de tratamiento, se agrega azúcar y vapor hasta alcanzar una temperatura de 60° C y se agita durante 30 minutos, cuando la mezcla se homogenice se pasa por un filtro de bujías al que se le adicionan ayudas filtrantes desde el tanque de la pre capa para eliminar impurezas de la mezcla que no hayan alcanzado a disolverse en los tanques de preparación. Luego del filtro de bujías el jarabe simple pasa al tanque de balance y, posteriormente, al enfriador. Finalmente, va a los tanques de jarabe terminado”.

[7] “En segunda medida se realiza la preparación del jarabe terminado. Para ello se adiciona jarabe simple, y los aditivos según el sabor que se desee preparar y agua tratada sin cloro”.

Figura 8  
Preparación de jarabe



#### d. Carbonatación, envasado y codificación

[7] “En la preparación de la bebida se agrega al producto CO<sub>2</sub> antes de su ingreso a la llenadora. La carbonatación consiste en disolver CO<sub>2</sub> en la bebida, en algunos casos específicos se pueden emplear también otros gases. La cantidad de CO<sub>2</sub> varía según el tipo de bebida. Con un sistema inyector se agrega CO<sub>2</sub> a la bebida mezclada. Dentro del tanque de carbonatación o carboenfriador la baja presión permite mantener el CO<sub>2</sub> disuelto. Para lograr un rendimiento óptimo en la llenadora, la bebida debe ser suministrada en lo posible sin burbujas. El CO<sub>2</sub> es agregado al producto terminado a través de una válvula reguladora y medido por un flujómetro másico de alta precisión. El inyector de CO<sub>2</sub> está conectado a una tubería de circulación de forma que el líquido circula constantemente por el inyector. La dosificación del CO<sub>2</sub> sólo está abierta cuando el producto entra en el tanque pulmón”.

[7] “Luego de realizar la inspección visual y electrónica el envase pasa a la llenadora, posteriormente a la coronadora, se realiza nuevamente una inspección visual del producto terminado y finalmente se hace la codificación del producto con el número de lote, la fecha de vencimiento y hora de envasado”.

Figura 9  
Carbonatación, envasado y codificación



#### e. Embalaje, almacenamiento y distribución

[7] “Una vez el producto se codifica, pasa a la empacadora y de manera automática se pone en las cajas las que son estibadas y llevadas a la bodega de almacenamiento. En esta bodega se almacena no solo el producto que es producido en la planta de GASCOL SUR sino también el que viene de las otras plantas de la ciudad y del país. De esta forma se completa el gran catálogo de productos”.

Figura 10  
Embalaje y distribución

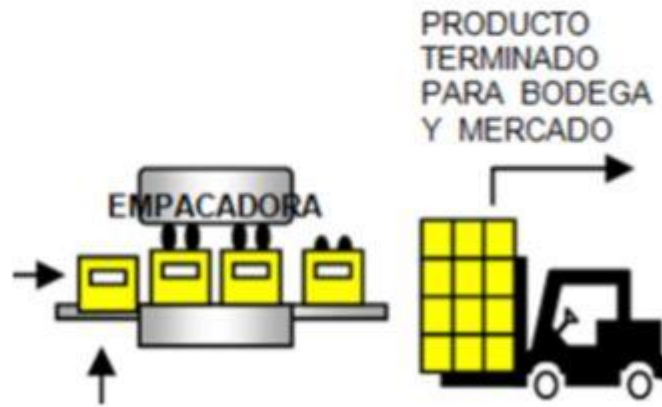
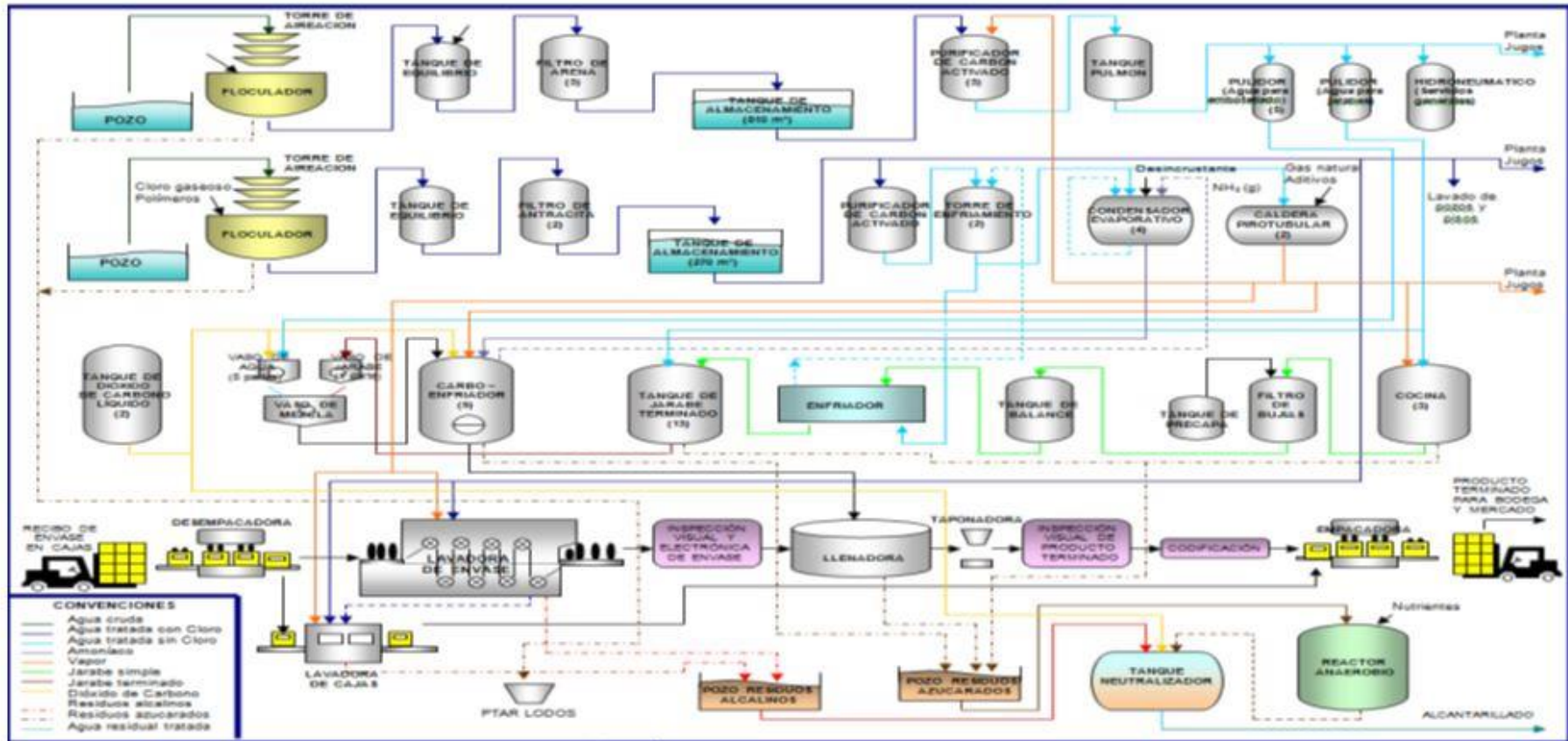


Figura 11

Proceso de Producción de bebidas gaseosas



### 3.1.1. Balance de materia y energía en las etapas de producción

Las figuras adjuntas detallan estos balances.

Figura 12

Balance de materia-tratamiento de agua



Entradas	Proceso	Salida
2.653,96 m <sup>3</sup> Agua <del>subterránea</del>	Tratamiento de Agua	4501,17 m <sup>3</sup> Agua residual
164,07 Kg Cal Hidratada		
13,64 Kg Sulfato Ferroso		11,17 Kg Residuos de papel
50,65 Kg Cloro Gaseoso		
115,15 Kg Polímero		1,14 Kg Residuos de plástico
38,04 Kg Ácido Clorhídrico		
201,8 Kg Carbón activado		4,04 Kg Lonas polipropileno
	1.179,28 Kw Energía	1.136,32 Kg Lodo
		
	2.201,32 m <sup>3</sup> Agua tratada	

Figura 13

Balance de materia-embotellado

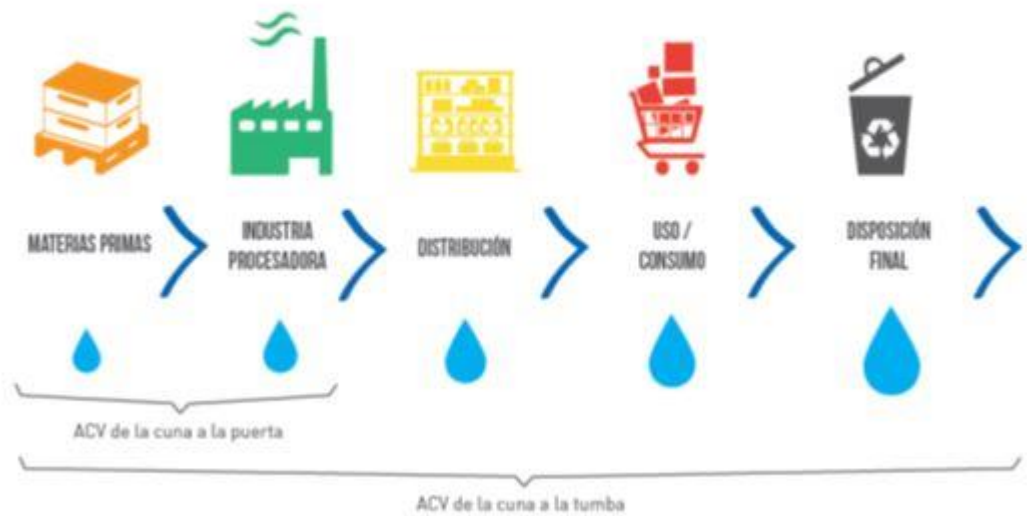
Entradas		Proceso		Salida
3.708,09 kg CO <sub>2</sub>		Embotellado		308,9 Kg CO <sub>2</sub>
607.068 Kg Botellas de vidrio				13.068 Kg Botellas de vidrio
1 kg Tinta				0,5 Kg <u>Respel Tinta</u>
3.786,8 Kg Tapas				6,8 Kg Tapas
1.568,04 m <sup>3</sup> de agua tratada			60,8 m <sup>3</sup> de agua	
		4.352,94 KW Energía		1.507,24 m <sup>3</sup> Agua residual
				
		630 m <sup>3</sup> bebida gaseosa		

### 3.1.2. Determinación de la huella hídrica

La determinación de la huella hídrica de bebidas gaseosas, se realizó empleando la metodología de la ISO 14046:2014 de huella de agua, que se basa en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Comprende los usos directos e indirectos del agua en la cadena de valor y lo relaciona con los impactos ambientales.

Figura 14

Esquema del enfoque del ACV en el cálculo de la huella hídrica



Fuente: SuizAgua.2016.

#### a. HH azul del proceso:

$$WF_{proc,blue} = \text{Blue Water Evaporation} + \text{Blue Water Incorporation} + \text{Lost Return flow}$$

[volume/unid]

#### b. HH verde :

$$WF_{proc,green} = \text{Green Water Evaporation} + \text{Green Water Incorporation}$$

[volume/unid]

#### c. HH gris:

$$WF_{proc,greys} = LC_{max} - C_{nat}$$

Donde:

$C_{\max}$  = [ ] máxima permitida del contaminante en el efluente

$C_{\text{nat}}$  = [ ] natural del contaminante en cuerpo de agua receptor

Por lo tanto, HH total:

$$WF_{\text{proc}} = WF_{\text{proc,green}} + WF_{\text{proc,blue}} + WF_{\text{proc,grey}}$$

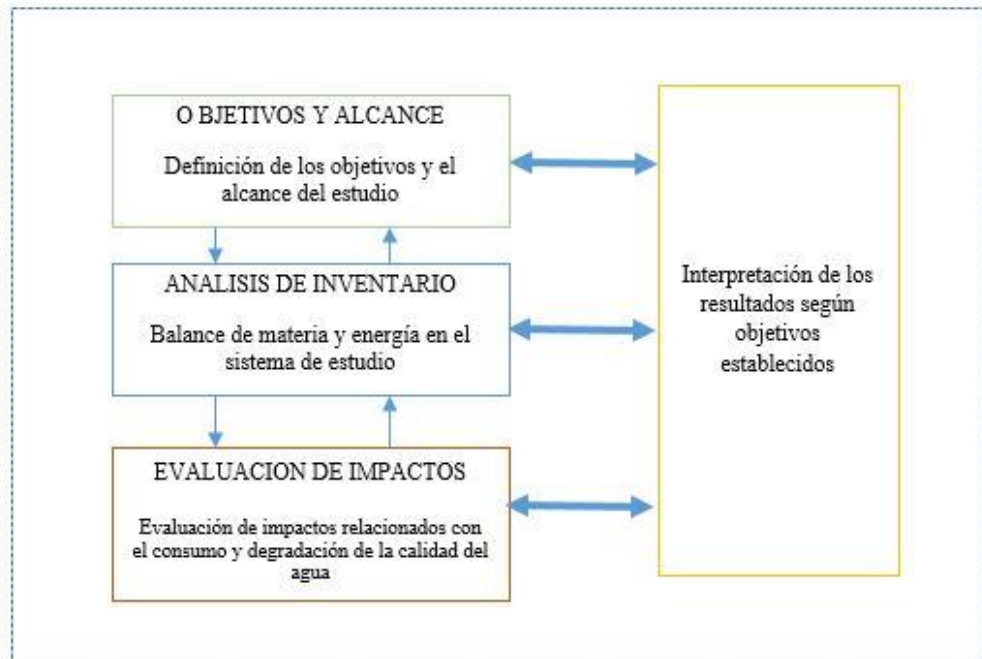
[volume/unid]

Para determinar la HH, del proceso de bebidas gaseosas, está en base a las etapas que emplean agua en sus procesos:

### 3.1.3. Metodología ISO 1406:2014

Incluye las cuatro fases del ACV, que se detallan en la figura adjunta:

Figura 15  
Fases de evaluación de la HH



[9] “Una evaluación de huella hídrica incorpora las etapas de objetivos y alcance, análisis de inventario y evaluación de impactos. Asimismo, en cada una de estas etapas se debe tener en cuenta el avance e interpretación de los resultados de acuerdo a los objetivos establecidos, para determinar si se debe seguir adelante o si es necesario realizar alguna modificación o incorporar nueva información”.

### **3.1.3.1. Objetivo y alcance del estudio**

El objetivo del estudio es determinar la huella hídrica en la producción de bebidas gaseosas. Los puntos críticos en usos del agua e identificar acciones de reducción de la HH.

- Unidad funcional (UF): Bebida gaseosa ( m<sup>3</sup>/mes)  
Producción total de la planta = 630 m<sup>3</sup> = 1 800 000, 00 unidades  
Presentación del producto = envases de vidrio de 350 ml
- Límites del sistema: Se consideró el área de tratamiento de agua, preparación de jarabe, embotellado y almacenamiento. Asimismo, no se ha realizado el balance de energía.
- Se está considerando los residuos sólidos y líquidos del sistema de producción.
- Regla de asignación: La empresa sólo produce bebidas gaseosas, por lo que no se ha considerado reglas de asignación.
- Criterio de corte: Se ha considerado la cadena de suministros, bajo el criterio de cantidad y valor del producto, descartando insumos que no lleguen al 2,0% del total.
- No se ha considerado las cargas ambientales generadas en la distribución y uso del producto.

### **3.1.3.2. Análisis de inventario**

#### **a. Análisis de inventario: Tratamiento de agua**

Este análisis se realizó en bases a las etapas que comprende el tratamiento de agua (Figura 16). Se incluye también las etapas de transporte, producción de materias primas (MP), residuos líquidos y sólidos. La cantidad de MP, energía y agua utilizada, se obtuvieron de los datos de seis meses promedio de la empresa.

- Agua extraída = 2653,96 m<sup>3</sup>

- Agua tratada = 2210, 67 m<sup>3</sup>
- Electricidad = 1189, 32 kWh
- Pérdidas de agua en el proceso: Se considera como agua residual (fugas en la distribución y tanque de almacenamiento) = 17%
- Producción: 630 m<sup>3</sup> de bebida gaseosa
- Residuos: bolsas de plásticos y papel

Tabla 4

Porcentaje de la unidad funcional

Mes	% de producción/total producido	Total Cajas producidas	Unidad funcional	% que representa la Unidad Funcional
Abril	13,47	72 506,00		11,33
Mayo	12,15	12 647,00		11,36
Junio	11,9	5 975,00	60 000	9,90
Julio	12,26	4 351,00	cajas	11,95
Agosto	15,15	10 928,00		11,29
Setiembre	13,74	91 016,00		9,06

Tabla 5

Agua captada (m<sup>3</sup>) para la unidad funcional

Mes	Total m <sup>3</sup> captado	m <sup>3</sup> Unidad funcional
Abril	23 432,00	2 654,00
Mayo	23 740,00	2 695,71
Junio	26 350,00	2 607,89
Julio	23 282,00	2 783,03
Agosto	24 768,00	2 795,60
Setiembre	27 820,00	2 519,87

Tabla 6

Pérdidas en la captación

m <sup>3</sup> captados	17% pérdidas técnicas
2 653,96	451,17

Tabla 7

Lodos generados

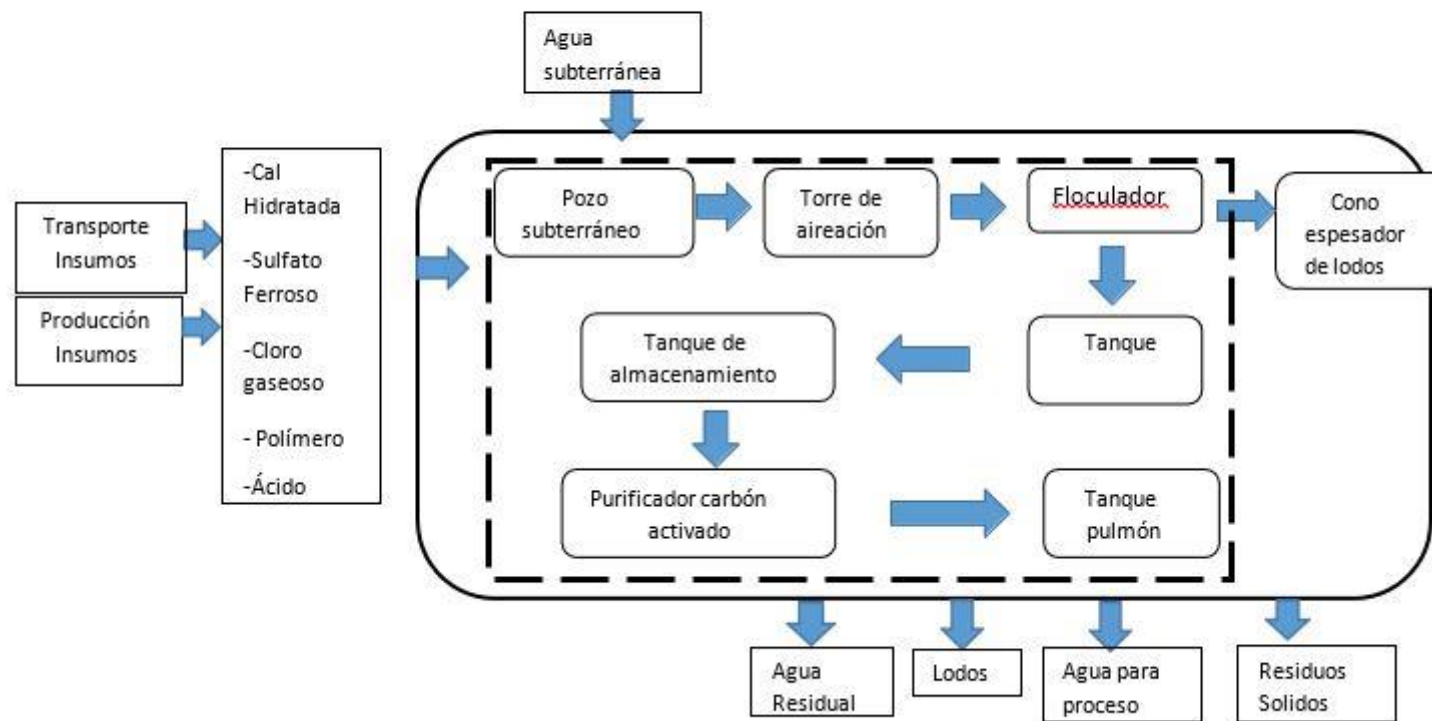
Mes	Lodo generado en la planta (kg)	% de Unidad Funcional	Lodo generado de acuerdo a la Unidad Funcional
Abril	8 000,00	11,33	906,27
Mayo	8 000,00	11,36	908,41
Junio	8 000,00	9,90	791,77
Julio	8 000,00	11,95	956,29
Agosto	16 000,00	11,29	1 805,95
Setiembre	16 000,00	9,06	1 449,24

Tabla 8

Generación de residuos

Insumo	Consumo (kg)	Residuo (kg)	Tipo de residuo	Total (kg)
Ácido clorhídrico	38,04	0,59	Plástico	Papel: 11,17
Carbón activado	201,8	4,04	Lonas de polipropileno	
Cal hidrata	164,07	6,56	Papel	Plástico: 1,14
Polímero	115,15	4,61	Papel	
Cloro gaseoso	50,65		Cilindro recargable	Lonas polipropileno:
Sulfato ferroso	13,64	0,55	Plástico	4,04

Figura 16  
Tratamiento de agua



b. Análisis de inventario: preparación del jarabe

La Figura 17, muestra las diferentes etapas. Los límites que presentó esta etapa fueron la producción de insumos, transporte de MP, los residuos sólidos y líquidos, y las emisiones que genera la caldera. Asimismo, las tierras filtrantes (diatomeas) que retienen las partículas pequeñas, se desechan cuando cumplen su objetivo.

- Energía = 140,29 kWh
- Agua residual = 3,29 m<sup>3</sup>

Entrada m <sup>3</sup>	Salida como bebida m <sup>3</sup>	Perdida como agua residual m <sup>3</sup>
2653,96	451,17	3,29

Tabla 9

Tierras filtrantes

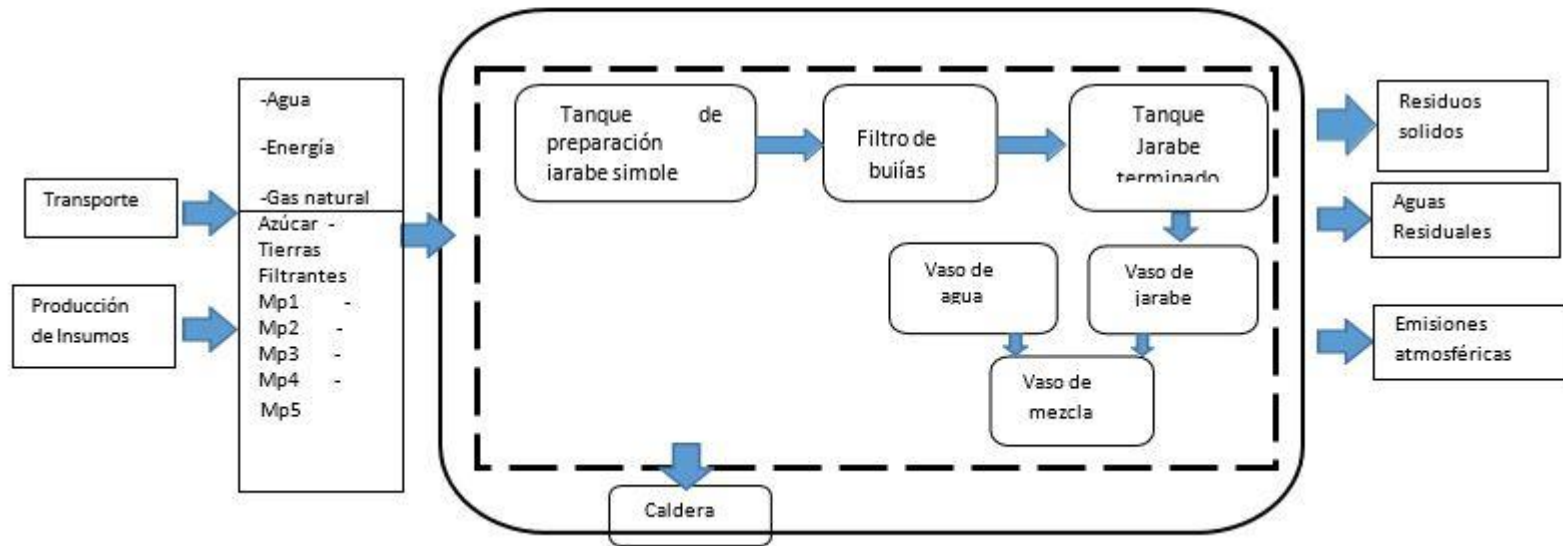
Mes	Total de tierra filtrante gastada (Kg)	% de Unidad Funcional	Cantidad generada (kg)
Abril	90,8	11,33	10,29
Mayo	249,7	11,36	28,35
Junio	113,5	9,90	11,23
Julio	158,9	11,95	18,99
Agosto	295,1	11,29	33,31
Setiembre	158,9	9,06	14,39

Tabla 10  
Consumo de gas natural

Mes	Gas natural consumido (m <sup>3</sup> )	% de Unidad Funcional	Cantidad de gas natural /unidad funcional (m <sup>3</sup> )
Abril	120 635,00	11,33	11 724,39
Mayo	108 047,00	11,36	13 665,98
Junio	114 257,00	9,90	12 268,89
Julio	94 894,00	11,95	11 308,14
Agosto	107 459,00	11,29	12 129,07
Setiembre	106 329,00	9,06	9 631,01

Figura 17

Preparación de jarabe



c. Análisis de inventario: embotellado (carbonatación, envasado y codificación)

La Figura 18, muestra las etapas del embotellado. En la etapa de carbonatación se inyecta CO<sub>2</sub> al jarabe que está a una T° de 2°C. Los intercambiadores de calor utilizan el amoníaco, este sistema permite su recuperación, por lo tanto, no existen pérdidas de este gas. Para envasar 630 m<sup>3</sup> de, se necesitaron aproximadamente 1 800 botellas de 350 ml, en esta etapa se genera un 2,2% de residuos por botellas rotas; en relación a las tapas, se pierde un 0,18% que se convierte en residuos y para el lavado de los envases y cajas se realiza mediante soda caustica, que es parte de las aguas residuales generadas.

- Agua tratada = 1 569,06 m<sup>3</sup>
- Preparación de Jarabe = 630 m<sup>3</sup>
- Electricidad = 4 352,94 kWh
- Residuos sólidos = 19,32 de cartón

Tabla 11  
Consumo y salida de CO<sub>2</sub>

Mes	Total CO <sub>2</sub> gastado (kg)	Total Cajas producidas	CO <sub>2</sub> gastado Unidad Funcional	Rendimiento de CO <sub>2</sub> (%)	Perdida o Salida de CO <sub>2</sub> (kg)
Abril	4 755,00	72 506,00	3 998,99	88,48	460,68
Mayo	3 610,00	12 647,00	3 373,83	96,61	114,37
Junio	4 598,00	5 975,00	3 804,93	91,25	332,93
Julio	3 370,00	4 351,00	3 285,77	91,30	285,86
Agosto	5 450,00	10 928,00	4 060,00	92,50	304,53
Setiembre	5 650,00	91 016,00	3 724,62	90,47	354,96

Tabla 12  
Pérdida por vidrios rotos

Mes	Porcentaje (%)
Abril	2,2
Mayo	2,2
Junio	2,2
Julio	2,2
Agosto	2,2
Setiembre	2,2

Tabla 13  
Pérdida de botellas en el embotellado

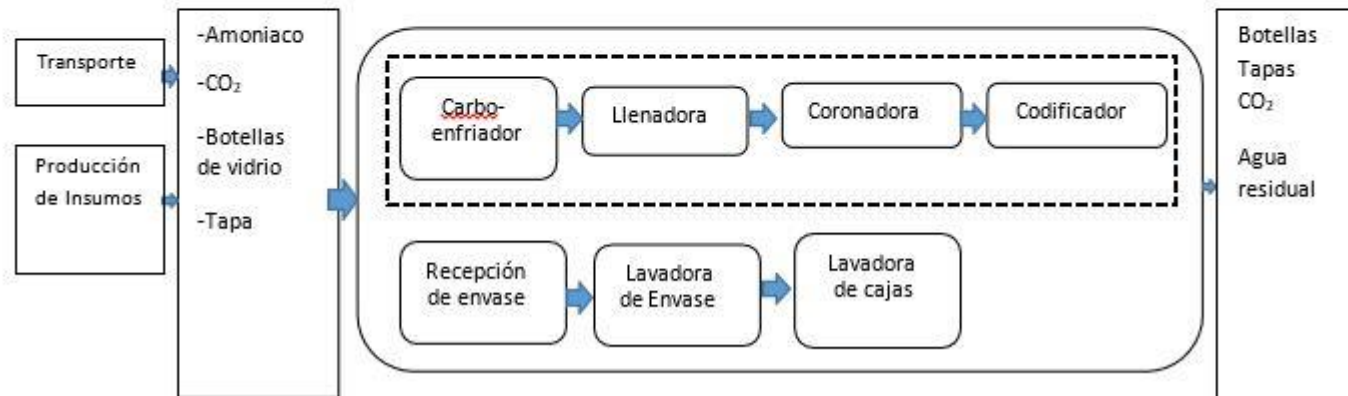
Botellas a embotellas	Pérdida (%)	Perdida en unidades	Kg/botella	Total perdida (kg)
1 800 000	2,2	39 600	0,33	13 068

Tabla 14  
Pérdida por tapas

Tapas a utilizar	Pérdida (%)	Perdida en unidades	Kg/tapa	Total perdida (kg)
1 800 000	0,18	3 240,00	0,0021	6,8

Figura 18

Embotellado

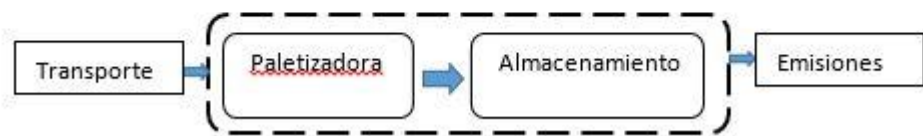


d. Análisis de inventario: Almacenamiento

La Figura adjunta muestra la etapa de almacenamiento, en la operación de transporte desde la paletizadora a las bodegas, puede generar emisiones. Las botellas de bebida son transportadas en estibas y montacargas que funcionan con gas natural.

Figura 19

Etapa de almacenamiento



### 3.1.3.3. Evaluación de impactos

Esta evaluación se realizó en base al análisis de inventario de materias primas y energía que se utilizaron en las etapas del proceso productivo de bebidas gaseosas.

a. Tratamiento de agua.

En esta etapa se ha determinado que el consumo de energía eléctrica (maquinarias) es el que impacta negativamente (53%), en relación a las materias primas: carbón activado (21,3%), cloro gaseoso (10,2%) y polímero (7,72%). El reciclaje de papel y lonas de polipropileno, genera una contribución favorable.

b. Preparación de jarabes.

En esta etapa, se ha identificado que los insumos que generan impactos ambientales es el ácido cítrico (58,1%), gas natural para las calderas (16,4%) y la producción de azúcar (10,5%). La contribución positiva se da por el reciclaje de residuos plástico.

c. Embotellado.

En esta etapa, lo que genera mayor impacto son los envases de vidrio (91,6%). La contribución favorable se da a partir el reciclaje y reúso de botellas.

d. Almacenamiento.

El impacto se da específicamente en el transporte de las cajas de botellas en un 100%.

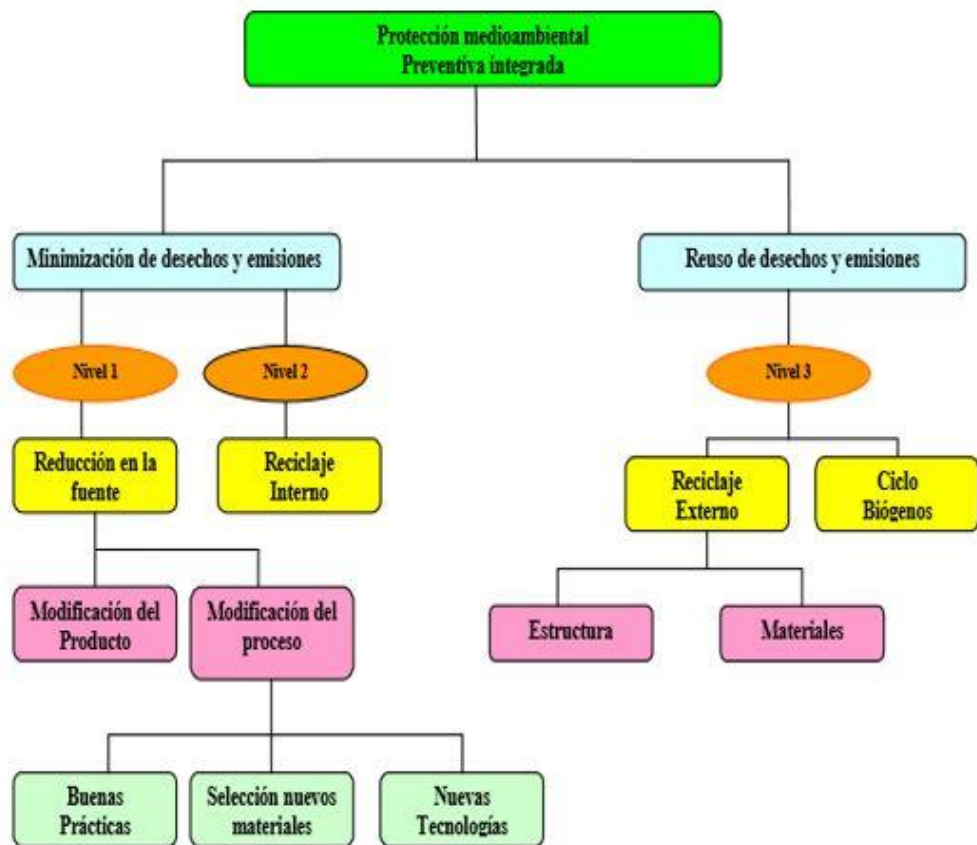
#### **3.1.3.4. Comparación entre procesos**

Se realizó la comparación de los diferentes procesos que se dan en la elaboración de bebidas gaseosas, la categoría de impacto se presenta en la etapa de EMBOTELLADO y la PREPARACIÓN DE JARABE y el que presenta menor afectación ambiental es el TRATAMIENTO DE AGUA (pero que se ve reflejado en el agotamiento del recurso hídrico). Asimismo, el ALMACENAMIENTO es otro de los procesos que tiene mayor significancia ambiental.

#### **3.1.3.5. Disminución del impacto ambiental**

Actualmente no existen guías ambientales para este sector que permita identificar su afectación al medio ambiente, y está considerada como no relevante, por lo tanto, debe emplearse el concepto de PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, para plantear recomendaciones y disminuir las cargas ambientales identificadas (Figura 20), en la que desde la herramienta de ACV, se puede optimizar este proceso y la Tabla 15, detalla las medidas de mitigación que se pueden aplicar en este proceso productivo.

Figura 20  
Estrategia de PML



Fuente: ONUD, 2015.

Tabla 15

Mitigación de impactos

Medida	Justificación	Beneficio	Descripción de la medida	Tiempo de ejecución	Responsable
Cambio Tecnológico	Se genera un volumen de agua vertida que puede ser empleada en otros procesos	Menos consumo de agua , aprovechamiento de recursos	Teniendo en cuenta que las características del agua residual del sector de bebidas gaseosas se caracteriza principalmente por tener altos niveles de DQO y pH altos, se considera que después de tratar el agua en el reactor biológico UASB, y haber neutralizado el pH, esta agua se puede utilizar en labores de higienización y limpieza de las áreas que no tienen que ver directamente con la producción de la bebida; es decir pisos de áreas comunes, bodegas, parqueadero, lavado de montacargas; de esta manera se podría aprovechar aproximadamente 1000 m <sup>3</sup> por cada 630 m <sup>3</sup> de bebida que corresponde a aproximadamente 80% de lo vertido.	Mediano plazo	Área de Calidad, Gestión Ambiental y Producción
Reciclaje externo	Se generan residuos durante la operación que son susceptibles de aprovechamiento	Ingresos económicos por venta de residuos, disminución en el costo por disposición al relleno sanitario	Los residuos reciclables como el papel, plástico cartón, lonas, que vienen como embalaje y aquellos que se sigan generando aún después de implementadas las buenas practicas, se deben comercializar con un tercero para evitar que se dispongan en el relleno sanitario. De esta manera se lograría reducir por cada 630m <sup>3</sup> de bebida 123,63 kg de residuos.	Inmediato	Gestión Ambiental
Recuperabilidad de materiales	En la actualidad se generan residuos que son susceptibles de aprovechamiento pero que se están disponiendo en el relleno sanitario	Disminución de costos por disposición al relleno sanitario, mejoramiento de su desempeño ambiental	Las tierras diatómeas generadas en el proceso de tratamiento de agua se pueden comercializar o donar a empresas de la construcción para la elaboración de ladrillos ecológicos. De esta manera se reduciría en aproximadamente 19,43 kg. por 630 m <sup>3</sup> de bebida gaseosa, la disposición al relleno y se disminuiría la cantidad de arcilla a explotar.	Mediano plazo	Gestión Ambiental

Medida	Justificación	Beneficio	Descripción de la medida	Tiempo de ejecución	Responsable
Buenas Prácticas	En los procesos de preparación de jarabe y embotellado se evidencian pérdidas de insumos y materias primas como por ejemplo CO <sub>2</sub> , tapas y rotura de empaques, pérdidas que se ven reflejadas en afectaciones al medio ambiente.	Menos generación de residuos Menos gasto por compra de materias primas e insumos	Brindar capacitación al personal en buenas prácticas sobre el manejo correcto de insumos principalmente manejo del vidrio, y también maquinaria.	Corto plazo	Área de Producción
Reducción en consumo de materias primas	En el proceso de identificación de impactos ambientales significativos por procesos se encontró que el ácido cítrico empleado en la preparación de jarabes tiene una gran alteración al medio ambiente.	Reducción en la generación de residuos que tienen un efecto negativo al medio ambiente.	Como el ácido cítrico no es viable cambiarlo por otro insumo que cumpla la misma función, se recomienda tener máximo cuidado al momento de usar con el fin de evitar consumos innecesarios.	Mediano plazo	Área de Gestión Ambiental y Producción

### 3.1.4. Cálculo del Índice de Impacto Hídrico (WIIX<sub>E, S</sub>)

Los cálculos se realizaron mediante las formulas siguientes:

#### a. Indicador de disponibilidad de agua

**Indicador de impacto hídrico (WIIX):** [6] “Este indicador evalúa el impacto en el uso del agua, agrupando en un solo parámetro tres (03) factores clave: consumo de agua, calidad de agua (extraída y descargada), y grado de escasez de agua en la zona donde es usada”. Indica que [6] “el WIIX se calcula para las aguas extraídas y descargadas al ambiente por la empresa”.

$$WIIX_{e,s} = \pm (E,S \times Q_{e,s} \times WSI_{e,s})$$

#### A1. Índice de impacto hídrico del agua de ingreso:

$$WIIX_e = + (2\,653,96 \text{ m}^3 \times 1 \times 0,9998 \text{ m}^3/\text{m}^3)$$

$$WIIX_e = + 2\,653,42 \text{ m}^3$$

#### A2. Índice de impacto hídrico del agua de salida:

$$WIIX_s = - (4501,17 \text{ m}^3 \times 0,02 \times 0,9998 \text{ m}^3/\text{m}^3)$$

$$WIIX_s = -89,98 \text{ m}^3$$

#### A3. Índice de impacto hídrico (WIIX) directo:

$$WIIX_{directo} = WIIX_{extracción} - WIIX_{descarga}$$

$$WIIX_{directo} = 2\,653,42 \text{ m}^3 - 89,98 \text{ m}^3$$

$$WIIX_{directo} = 2\,743,40 \text{ m}^3 \text{ eq WIIX/UF}$$

## A2. Para uso indirecto: electricidad y combustible

### Electricidad:

Insumos	Cantidad de insumo	Agua consumida (Velonia)	WSI localización	WSI global	WIIX uso indirecto
Electricidad	5 682,55 kWh/UF	1.16E-02	0.0104	5.89E-01	0.05E+00
Gas natural	11787,91 m <sup>3</sup>	4.78E-06	0.0104	5.89E-01	1.18E-06
Impacto hídrico (WIIX) indirecto			5.12E-02m <sup>3</sup> eqWIIX/UF		

Fuente: SuizaAgua, 2016

### Índice de impacto hídrico indirecto (WUUX indirecto):

$$\underline{WIIX}_{insumo} = \left( \frac{\text{Cantidad de insumo x base datos X WSI localización}}{\text{WSI global}} \right)$$

$$WIIX \text{ electricidad} = \left( \frac{5682,55 \text{ kWh/UF} \times 1,16E-02 \text{ m}^3 \text{ eq WIIX/UF} \times 0,0104 \text{ m}^3/\text{m}^3}{5,89E-01 \text{ m}^3/\text{m}^3} \right)$$

$$WIIX \text{ electricidad} = \left( \frac{68,55 \text{ m}^3 \text{ eq WIIX}}{5,89E-01 \text{ UF}} \right)$$

$$WIIX \text{ electricidad} = 11,63 \text{ eq WIIX/UF}$$

$$WIIX \text{ gas natural} = \left( \frac{11,78 \text{ MJ/UF} \times 4,78E-06 \text{ m}^3 \text{ eq WIIX/UF} \times 0,0104 \text{ m}^3/\text{m}^3}{5,89E-01 \text{ m}^3/\text{m}^3} \right)$$

$$WIIX \text{ gas natural} = \left( \frac{5,85 \text{ m}^3 \text{ eq WIIX} - 07 \text{ m}^3 \text{ eq WIIX}}{5,89E-01 \text{ UF}} \right)$$

$$WII\text{Xgas natural} = 0,993\text{E} - 06 \text{ m}^3 \text{ eq}WII\text{X}/UF$$

**b. Indicador de degradación de agua: eutrofización**

[6] “El fósforo es un nutriente cuya disponibilidad regula el crecimiento de biomasa acuática, por ende la descarga de efluentes con alto contenido de materia orgánica aporta este nutriente al cuerpo receptor pudiendo provocar su

DBO <sub>5</sub> (kg/L)	Masa Total (kgPtotal)	Efluente (L)	Factor de caracterización (especies.año/kg Total)	Factor de caracterización (especies/m <sup>3</sup> )	Impacto de eutrofización (PDF.m <sup>2</sup> .año por UF)
1,77E-03	2,65	4501,17m <sup>3</sup>	6.10E-07	7.89E-10	682.93

Fuente: Recipe 2008 y 2016.

eutrofización”.

$$\text{Impacto}_{\text{eutrof. punto final}} = 67,28 \text{ kg total} * 6,10\text{E}-07 \text{ especies} * \text{año/kg Total}$$

$$\text{Impacto}_{\text{eutrof. punto final}} = 4,10 \text{ E}-07 \text{ especies} * \text{año}/UF$$

**c. Indicador de disponibilidad de agua: salud humana-desnutrición**

[6] “Se calcula por el uso consuntivo del agua, la forma más factible de cuantificar el efecto que genera la falta de agua a la salud humana es su evaluación respecto a la privación del recurso para la producción de alimentos”.

DBO <sub>5</sub> (kg/L)	Masa Total (kgPtotal)	Efluente (L)	Factor de caracterización (especies.año/kg Total)	Factor de caracterización (especies/m <sup>3</sup> )	Impacto de eutrofización (PDF.m <sup>2</sup> .año por UF)
1,77E-03	2,65	4501,17m <sup>3</sup>	6.10E-07	7.89E-10	682.93

Fuente: Recipe 2008 y 2016.

$$\text{Impacto}_{\text{salud humana}} = CF_{\text{malnutrición}} * WU_{\text{consuntivo}}$$

$$\text{Impacto}_{\text{desnutrición}} = 0,659\text{E} - 06 \text{ DALY}/\text{m}^3UF * 1\ 569,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Impacto}_{\text{desnutrición}} = 10,34 \text{ E} - 04 \text{ DALY}/UF$$

**d. Indicador de disponibilidad de agua: calidad del ecosistema**

[6] “Tiene en cuenta el daño a la vegetación por menor disponibilidad de agua, debido al consumo de agua para otros fines”.

Agua consumida (m <sup>3</sup> )	Factor de daño en el ecosistema (PDF.m <sup>2</sup> .año/m <sup>3</sup> )	Impacto al ecosistema (PDF.m <sup>2</sup> .año/UF)
1 569,06	2.4187	368.34
Impacto calidad del ecosistema directa		368,34 PDF.m <sup>2</sup> .año /UF

Fuente: [Pfister et al., 2009](#)

$$\text{Impacto}_{\text{ecosistema}} = \text{CF}_{\text{daño ecosistema}} * \text{WU}_{\text{consecutivo}}$$

$$\text{Impacto}_{\text{ecosistema}} = 2.4187 \text{ PDF} * \text{m}^3 * \text{año/m}^3\text{UF} * 1569,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Impacto}_{\text{ecosistema}} = 3 795,08 * \text{m}^2 * \text{año/UF}$$

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La determinación de la huella hídrica de bebidas gaseosas, se realizó empleando la metodología de la ISO 14046:2014 de huella de agua, que se basa en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Comprende los usos directos e indirectos del agua en la cadena de valor y lo relaciona con los impactos ambientales. Es decir, [7] “el ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, proceso o servicio, lo cual se efectúa recopilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”
- Comprando los procesos que se dan en la elaboración de bebidas gaseosas, la categoría de impacto se presenta en la etapa de EMBOTELLADO y la PREPARACIÓN DE JARABE y el que presenta menor afectación ambiental es el TRATAMIENTO DE AGUA (pero que se ve reflejado en el agotamiento del recurso hídrico). Asimismo, el ALMACENAMIENTO es otro de los procesos que tiene mayor significancia ambiental.
- Para el sector de bebidas gaseosas, no existen guías ambientales que permita identificar su afectación al medio ambiente, y está considerada como no relevante, por lo tanto, debe emplearse el concepto de PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, para plantear recomendaciones y disminuir las cargas ambientales identificadas. Por lo tanto, [7] “la producción más limpia para *procesos*, se traduce en resultados que combinan la conservación de materias primas, agua y energía, eliminación de materiales tóxicos o peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos desde la fuente durante los procesos de producción”
- Los resultados del Índice de Impacto Hídrico ( $WIIX_{E,S}$ ):
  - Impacto hídrico del agua de ingreso:  $WIIX_e = + 2\,653,42m^3$
  - Impacto hídrico de agua de salida:  $WIIX_s = -89,98 m^3$

- Impacto hídrico directo:  $WIIX_{directo} = 2\,743,40 \text{ m}^3 \text{ eq}WIIX/UF$
- Impacto hídrico indirecto (electricidad) =  $WIIX_{electricidad} = 11,63 \text{ eq}WIIX/UF$
- Impacto hídrico indirecto (gas natural) =  $0,993 \text{E} - 06 \text{ m}^3 \text{ eq}WIIX/UF$

[6] “Estos resultados indican que este indicador evalúa el impacto en el uso del agua, agrupando en un solo parámetro tres (03) factores clave: consumo de agua, calidad de agua (extraída y descargada), y grado de escasez de agua en la zona donde es usada”.

- En relación a los indicadores de impactos los resultados fueron:
  - Eutrofización:  $\text{Impacto}_{\text{eutrof. punto final}} = 4,10 \text{ E} - 07 \text{ especies} \cdot \text{año} / UF$
  - Salud humana:  $\text{Impacto}_{\text{desnutrición}} = 10,34 \text{ E} - 04 \text{ DALY} / UF$
  - Calidad del ecosistema:  $\text{Impacto}_{\text{ecosistema}} = 3\,795,08 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{año} / UF$

[3] “Estos indicadores de punto final hacen referencia a atributos o aspectos relacionados con el ambiente natural (calidad de los ecosistemas), la salud humana o los recursos de las futuras generaciones, identificando una problemática ambiental de relevancia (ISO 14044:2006)”.

## V. CONCLUSIONES

1. La evaluación de la huella hídrica en la producción de bebida gaseosa, se realizó con la metodología ISO 14046, basado en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que permitió cuantificar el volumen de agua de ingreso al proceso y el volumen de efluente, asimismo, los requerimientos de insumos, electricidad y gas natural.
2. Se realizó la comparación de los diferentes procesos que se dan en la elaboración de bebidas gaseosas, la categoría de impacto se presenta en la etapa de EMBOTELLADO y la PREPARACIÓN DE JARABE y el que presenta menor afectación ambiental es el TRATAMIENTO DE AGUA (pero que se ve reflejado en el agotamiento del recurso hídrico). Asimismo, el ALMACENAMIENTO es otro de los procesos que tiene mayor significancia ambiental.
3. Los resultados del Índice de Impacto Hídrico ( $WIIX_{E,S}$ ):
  - Impacto hídrico del agua de ingreso:  $WIIX_e = + 2\,653,42 m^3$
  - Impacto hídrico de agua de salida:  $WIIX_s = -89,98 m^3$
  - Impacto hídrico directo:  $WIIX_{directo} = 2\,743,40 m^3 eqWIIX/UF$
  - Impacto hídrico indirecto (electricidad) =  $WIIX_{electricidad} = 11,63 eqWIIX/UF$
  - Impacto hídrico indirecto (gas natural) =  $0,993E - 06 m^3 eqWIIX/UF$
4. En relación a los indicadores de impactos los resultados fueron:  
Eutrofización: Impacto  $_{eutrof. punto\ final} = 4,10 E- 07$  especies\*año/UF  
Salud humana: Impacto  $_{desnutrición} = 10,34 E - 04$  DALY/UF  
Calidad del ecosistema: Impacto  $_{ecosistema} = 3\,795,08 * m^2 * año/UF$

## VI. RECOMENDACIONES

1. La metodología del ACV, es una metodología muy general, los datos están basados básicamente a países europeos, por lo que es importante iniciar en crear bases de datos que proporcionen información en relación a sectores económicos de países de Latinoamérica para calcular la HH.
2. Recomendar a las empresas de este sector de producción de bebidas gaseosas, contar un registro de datos en la evaluación de sus impactos ambientales que permita identificar los efectos negativos y positivos para implementar medidas de mitigación basadas en las leyes y normas ambientales.
3. Realizar investigaciones de economía ambiental de este sector productivo para evaluar el contenido de agua virtual en el producto, que permita estas empresas adopten tecnologías sostenibles que garanticen la sostenibilidad ambiental del recurso hídrico, que es la materia prima principal de su proceso productivo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. L. Vilca Ticona, “Huella Hídrica de cultivos andinos de la Región Puno comercializados en la Región Arequipa,” Universidad Nacional Del Altiplano, 2018.
- [2] R. D. López Benites, “Metodología para la determinación de la Huella Hídrica del cultivo de papa empleando Riego Por Goteo, En la UNALM,” Universidad Nacional Agraria La Molina, 2019.
- [3] I. P. Cerda Solís, “Análisis de la huella hídrica a lo largo del ciclo de vida de producción de bioplásticos,” Universidad EAN, 2020.
- [4] D. V. Martínez Valdivieso, “Huella ecológica y crecimiento económico: Un análisis con datos de panel para América Latina y la Unión Europea,” Universidad Nacional de Loja, 2020.
- [5] M. K. Palacios Morales, “Cuantificación de la huella hídrica en la producción bananera: Un estudio de caso en Bocas del Toro, Panamá,” Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2019.
- [6] Y. M. Alfaro Flores, “Determinación de la Huella Hídrica para la producción de Cola Industrial en Arequipa,” Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa, 2018.
- [7] D. P. Rojas Quevedo, “Determinación de las Cargas Ambientales de la Bebida Gaseosa ‘Colombiana’ De 350 ml retornable mediante el Análisis de Ciclo De Vida (ACV),” Universidad Distrital Francisco José Caldas, 2016.
- [8] A. Díaz Infante, “Evaluación de la Huella Hídrica: A través del ciclo de vida en vivienda unifamiliar de San Luis Potosí,” 2016.
- [9] COSUDE, *Manual de aplicación para evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046*, Primera. Lima, 2017.





