

Evaluación de la huella ecológica (C-H) en el análisis productivo de los pequeños productores bananeros

Fredis Franco-Pesantez

fpesantez@utmachala.edu.ec

Universidad Técnica de Machala
Ecuador-Machala

Edwin Alberto-Ubillús Agurto

eubillusa@untumbes.edu.pe

Universidad Nacional de Tumbes
Perú-Tumbes

Hugo Italo-Romero Bonilla

hromero@utmachala.edu.ec

Universidad Técnica de Machala
Ecuador-Machala

RESUMEN

Los productores de banano de la Provincia de El Oro en Ecuador se ven afectados por la presencia de la Huella Ecológica, de manera muy particular por la Huella de Carbono y la Huella Hídrica; además existe una estrecha relación entre el arqueo de producción y agentes contaminantes (CO₂). La presente investigación tiene como objetivo evaluar la huella ecológica del sector productivo de banano con el propósito de optimizar su producción en las fases de maduración y cosecha. Mediante la encuesta a 1787 productores de banano se creó una base de datos que se procedió al análisis con el programa R-Studio. Se utilizó ecuaciones propuesto por Hoekstra y el software Cropwat 8.0, con el fin de evaluar la huella hídrica. Además, se manipulo la metodología de Ress y Wackernagel, con modificaciones para nivel de componentes en maduración y cosecha cuyo valor de la Huella Ecológica (HE) fue 0.9803 ha/cap/año, de igual forma se obtuvo la capacidad de carga (CC) de 4.22 ha/cap/año y el Superávit fue 3.23 ha/planta. Finalmente, los resultados revelaron que la huella hídrica en el 2021 fue 87.044 m³/año, siendo bajo ya que se requiere 0.69 ml de agua para producir 1 Kg de bananos siendo rentable.

Palabras clave: agua virtual, huella del carbono, déficit ecológico, sostenibilidad ambiental.

Evaluation of the ecological footprint (C-H) in the productive analysis of small banana producers

ABSTRACT

Banana producers in the Province of El Oro in Ecuador are affected by the incompetence of the Ecological Footprint, in a very particular way by the Carbon Footprint and the Water Footprint; In addition, there is a close relationship between the tonnage of production and polluting agents (CO₂). The objective of this research is to evaluate the ecological footprint of the banana production sector in order to optimize its production in the ripening and harvesting phases. Through the survey of 1787 banana producers, a database was created that was analyzed with the R-Studio program. Equations proposed by Hoekstra and Cropwat 8.0 software were used in order to evaluate the water footprint. In addition, the Rees and Wackernagel methodology was manipulated, with modifications for the level of components in maturation and harvest whose Ecological Footprint (EF) value was 0.9803 ha/cap/year, in the same way the carrying capacity (CC) was obtained. of 4.22 ha/cap/year and the Surplus was 3.23 ha/plant. Finally, the results revealed that the water footprint in 2021 was 87,044 m³/year, being low since 0.69 ml of water is required to produce 1 kg of bananas, being profitable.

Keywords: virtual water, carbon footprint, ecological deficit, environmental sustainability.

Artículo recibido: 03 marzo 2022

Aceptado para publicación: 20 marzo 2022

Correspondencia: fpesantez@utmachala.edu.ec

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

El sector agrícola es uno de los principales contribuyentes al cambio climático, y representa del 10 al 12% de las emisiones antropogénicas de GEI a nivel mundial. La evaluación de la CF de los productos de origen vegetal suele ser parte de un esfuerzo por pasar a prácticas más sostenibles. Hasta donde sabemos, hay varios estudios informados que evalúan la huella de carbono de los bananos. **(Roibás & Hospido, 2016)**

De acuerdo a la FAO (2012) la agricultura mundial se ha enfrentado al gran desafío de las emisiones aceleradas de gases de efecto invernadero (GEI) en el uso de la tierra debido a los insumos agrícolas excesivos. El sector de producción, transporte, procesamiento y preparación de alimentos contribuyó en un 20% a las emisiones antropogénicas globales de GEI. **(Ming & &qian yue, 2016)**

Según el Ministerio del Ambiente (MAE), 2011 señalan que, el 25% de costos de producción, hacen referencia a la producción de banano y al control fitosanitario. En los datos de evaluación de impactos ambientales, en aguas servidas y aguas de esteros, tiende a provocar la contaminación en la salud humana y supervivencia de especies marinas efecto que se observa el valor alto en la huella ecológica. **(León Serrano, 2017)**

Debido a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), desde hace algún tiempo y hasta la actualidad, es preocupante el efecto que estos tienen en el cambio climático, donde de acuerdo al quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, menciona que, las emisiones antropogénicas de GEI deben reducirse en un 45% entre los años 2010 y 2030, de esta manera se limitaría el calentamiento global en 1.5°C. **(Yee Lam, y otros, 2021)**

Según Frohmann et al., 2013 dice que la cadena de producción, consumo, recuperación final del ciclo y eliminación forman parte de esta, y a su vez la define como un indicador respecto a la cantidad de GEI ya sea expedidos o producidos. **(Alcívar Zambrano & Pazmiño Moreira, 2016)**

La producción y el consumo de alimentos es un contribuyente importante a la degradación ambiental, y en el caso particular del agua, representa hasta el 30% del consumo, por lo que es evidente el impacto que genera en la actualidad en la preservación de este recurso **(Tukker, 2006)**

Una herramienta muy útil para realizar la estimación de la magnitud que generan las actividades humanas ante la capacidad de regeneración de la biosfera es la “Huella ecológica” como un indicador de sostenibilidad que ayuda al análisis del impacto ambiental. **(Gavilán Martínez & Reinoso Pérez, 2017)**

“La huella de carbono es una medida de un posible forzamiento climático general evaluado con todas las emisiones de carbono directas e indirectas en el ciclo de vida completo de un producto o una actividad”. **(Ming & &qian yue, 2016)**

La huella hídrica según Hoekstra y Hung, 2012 mencionan que es considerada una disposición multidimensional existiendo un vínculo entre el consumo humano y la retención del agua para producir un cultivo desde el punto de vista de la degradación y beneficio del recurso hídrico en cierta área geográfica. **(Palacio Morales, 2019)** La evaluación de la huella hídrica se considera desde el comienzo de la producción hasta que el producto llega a las manos del consumidor. **(Rattanapan & Ounsaneha, 2021)**

El estudio del agua virtual debe tener en cuenta no sólo el agua verde y azul sino además las diferentes políticas comerciales, considerando que estas favorecen para que exista una mejora en cuanto a la gestión integral de los recursos hídricos como menciona (Tolón-Becerra et al.2013 en el estudio de Palacio Morales, 2019)

Existen diferentes modelos de simulación de cultivo que se utilizan para evaluar la huella hídrica, tales como FASSET, CROPWAT 8, DSSAT y WOFORST, los cuales predicen herramientas que ayudan a los tomadores de decisiones a manejar la planeación de recursos hídricos efectivos, proveen información precisa sobre los requerimientos de agua, y calculan el requerimiento de agua de irrigación como una función del tipo de suelo, cultivo y condiciones climáticas (Elsayed, 2021).

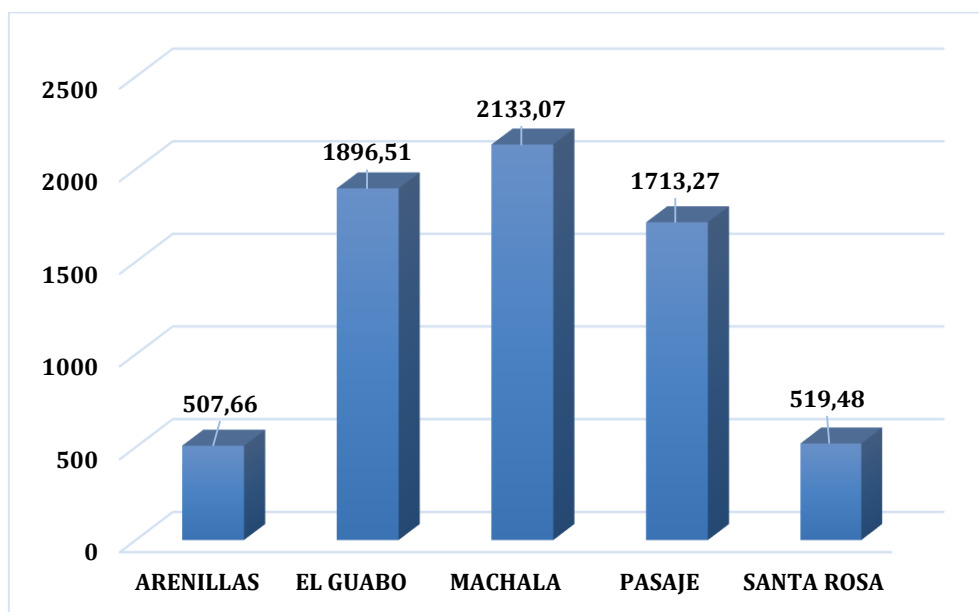
Finalmente, la HC, contribuye en la lucha contra el cambio climático, teniendo como objetivo reducir los GEI. Los proyectos voluntarios nacionales (Registro de HC, compensación y planes de absorción de CO₂), regionales o privados, identifican oportunidades de negocio para atraer y ambiente. (Sánchez-Medina, Medina-Rojas, & Cabrera-Medina, 2018). Por lo tanto, el propósito de la presente investigación fue analizar al sector bananero productivo con la evaluación de la huella ecológica por medio de las áreas críticas de producción, para el incremento de su capacidad productiva.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La zona de estudio son los pequeños productores bananeros al tener condiciones ambientales y suelos similares están incluidos los cantones Pasaje, El Guabo, Machala, Arenillas y Santa Rosa, que pertenece a la Provincia El Oro-Ecuador. La distribución de la lluvia es unimodal. El área en banano es 6769,99 hectáreas, de las cuales entre el 80 y el 90% se encuentran establecidas en sistemas de baja y alta producción.

Figura 1: Hectáreas cultivadas de banano en cantones.

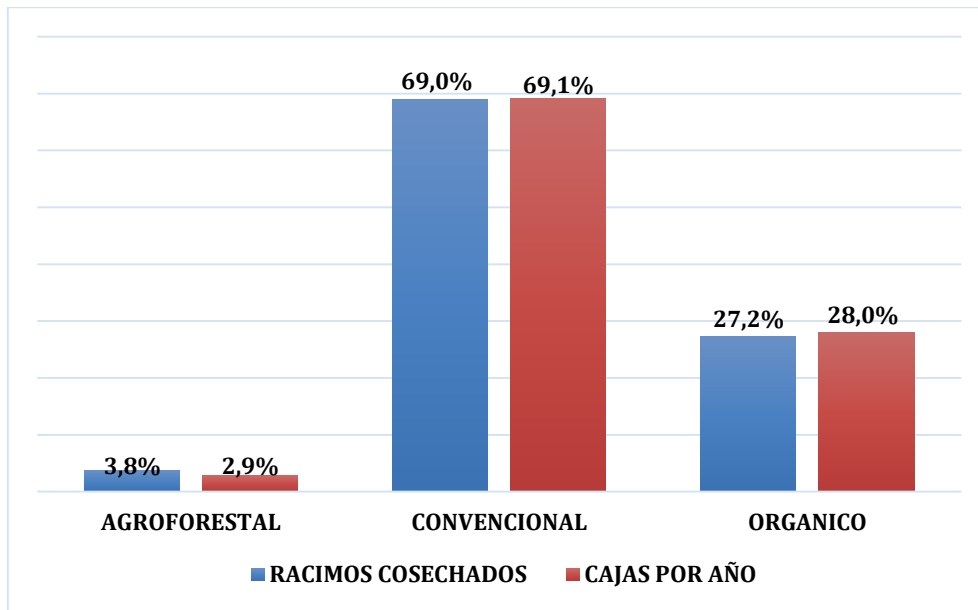


Fuente: Elaboración propia.

2.2. Recolección y análisis de datos

2.2.1. Sector bananero productivo

El análisis de los pequeños productores bananeros está enfocado a la producción durante el año relacionado los racimos con las cajas de exportación en los sistemas de producción, con el fin de entender el mal manejo de ciertos agentes contaminantes al ambiente.

Figura 2: Racimos en producción de cajas/ año.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Valoraciones de las etapas de producción

2.3.1 Valoración de la Huella Hídrica.

Para la evaluación de la huella ecológica se consideró hacer uso de la huella hídrica del banano que se focalizó en los componentes azul y verde, para el año 2021. La información de rendimiento correspondió al promedio anual durante el ciclo de vida del cultivo para la planta, es decir, el promedio de la producción del ciclo en la unidad de estudio.

La huella hídrica agrícola de la cuenca del río Jubones, Arenillas y Santa Rosa corresponde a la sumatoria de la huella hídrica de cada subcuenca asociada al cultivo de banano y esta fue calculada de acuerdo a la ecuación (1):

$$HH_{subcuenca} = \sum \text{cultivos } RAC \times \sum \text{cultivos } \textit{área cultivada} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: Área cultivada hace referencia a las sumatorias de las áreas sembradas con las plantas de producción de banano en la subcuenca y RAC corresponde a la sumatoria de los requerimientos de agua azul, verde y gris de los cultivos ubicados en la subcuenca.

El RAC se calculó mediante la ecuación (2):

$$RAC = K_c \times ETO \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde: el K_c es el coeficiente de evapotranspiración del cultivo tomado de FAO (Food and Agriculture organization of the united nations., 2006), para el cultivo de banano con suelo.

ET0 fue calculada mediante el modelo de Penman-Monteith. Para la diferenciación entre RAC azul y verde, se tomó la diferencia entre el RAC del cultivo y la precipitación efectiva con la ecuación (3):

$$RAC\ azul = RAC - P_{efectiva} \quad (Ec. 3)$$

Donde: la P-efectiva se relaciona con el agua que efectivamente llega al cultivo y en este caso se calculó a través del modelo USDA SCS (USDA Soil Conservation Service). Todos los cálculos se realizaron con el software CROPWAT 8.0 (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2010).

Luego, se calculó el Agua Virtual teniendo en cuenta la huella hídrica obtenida por cada uno de los ríos y la producción de banano en el sector bananero de la Provincia de el Oro, lo cual está consignado en la ecuación (4):

$$AV = \frac{HH}{P.B} \quad (Ec. 4)$$

2.3.2 Aplicación de la metodología para la HE (C-H)

Se utiliza la metodología de (Ress, 1996), con modificaciones para nivel de componentes. El cálculo de la Huella Ecológica en relación al HH y HC se realiza por cada uno de las fases de desarrollo para el consumo y la absorción de los residuos que la actividad bananera genera, expresada en la ecuación 5.

$$aai = \frac{ci}{pi} \quad (Ec. 5)$$

Donde: aai: área de tierra per cápita para la producción de cada artículo de consumo (ha/cap). ci: consumo medio anual de ese artículo (kg/cap).

pi: (i), productividad anual por hectárea (kg/ha).

La huella ecológica total per cápita (he) se realiza sumando todas las áreas ecosistémicas apropiadas (a) por cada artículo (i) del cesto de la compra anual de bienes y servicios de consumo, a través de la ecuación 6.

$$he = \sum_{i=1}^{i=n} a i \quad (Ec. 6)$$

Para obtener la huella ecológica (HE) de la población estudiada se utiliza la ecuación la ecuación 7.

$$HE = NH * he \quad (Ec. 7)$$

Donde: NH: número de plantas

2.3.2.1 Evaluación de la Huella Ecológica total (HEt)

Para determinar la HEt se suman todas las subhuellas inherentes en las diversas etapas de producción del banano para obtener la superficie de tierra ecológicamente productiva para inducir todos los recursos consumidos y para asimilar todos los desechos generados en producto final para su exportación. (Cotes-García, Díaz-Muegue, & Mendoza-Castro, 2021) en base a la ecuación 8.

$$\mathbf{HEt = SE + SP + SC + SCB} \quad \mathbf{(Ec. 8)}$$

Donde:

HEt= Huella ecológica total (ha/cap/año).

SP= Subhuella de plástico (C) (ha/año)

SC= Subhuella del Cartón (C)

SCB= Subhuella del Combustible (C)

2.3.3 Evaluación Capacidad de Carga (CC)

La capacidad de carga se calcula utilizando la ecuación 9

$$\mathbf{CCT = \left(\sum_{i=1}^{i=n} \frac{SA+SF+SPC-SV}{NP} \right) - 12\% \mathit{biodiv}} \quad \mathbf{(Ec. 9)}$$

Donde: CCT: Capacidad de Carga (ha/cap/año).

NP: Número de plantas.

SA: Superficie Agrícola (ha).

SF: Superficie Forestal (ha).

SPC: Superficie Población Construida (ha).

SV: Superficie Vacía (ha).

biodiv: biodiversidad biológica que incluye animales y plantas del ecosistema

2.3.4 Evaluación de Superávit o déficit ecológico

Para comprobar la presencia de superávit o déficit ecológico se utiliza la ecuación 10, lo que permite conocer el nivel de autosuficiencia del ámbito de estudio. Si HE > CCT, presenta un déficit ecológico y si HE < CCT, presenta superávit. (Pérez Pérez, Rodríguez Rico, Pino Hurtado, & Rodríguez Castellanos, 2019).

$$\mathbf{SDET = CCT - HE} \quad \mathbf{Ec. (10)}$$

Donde: SDET: Superávit o Déficit Ecológico Total (ha/cap/año).

3. RESULTADOS

3.1 Evaluación de la Huella Hídrica del Banano

Para el cálculo de la huella hídrica del banano producido en los pequeños productores del año 2021, los datos de Temperatura y Precipitación fueron extraídos del Estación Meteorológico (Dateas Knowing is Good, 2021). Se procedió a calcular ETo en el Software Cropwat 8.0, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Cálculo de ETo en el 2021

Meses	Temp. Min.	Temp. Max.	Hum. Rel.	Viento	Sol	Rad	Eto
	°C	°C	%	km/día	hora	MJ/m2/día	mm/día
Enero	22,0	28,0	80,0	204,0	8,0	21,6	4,49
Febrero	23,0	28,0	80,0	204,0	8,0	22,1	4,65
Marzo	22,0	28,0	80,0	204,0	8,0	22,1	4,61
Abril	22,0	28,0	80,0	204,0	8,0	21,2	4,41
Mayo	22,0	28,0	80,0	204,0	9,0	21,2	4,35
Junio	21,0	27,0	80,0	204,0	9,0	20,3	4,07
Julio	20,0	26,0	80,0	204,0	9,0	20,7	4,01
Agosto	19,0	26,0	80,0	204,0	9,0	22,0	4,20
Septiembre	20,0	26,0	80,0	204,0	9,0	23,2	4,47
Octubre	20,0	26,0	80,0	204,0	10,0	25,1	4,75
Noviembre	20,0	27,0	80,0	204,0	11,0	26,2	4,98
Diciembre	21,0	27,0	80,0	204,0	9,0	22,9	4,53
Promedio	21,0	27,1	80,0	204,0	8,9	22,4	4,46

Fuente: Elaboración propia- Software Cropwat 8.0

Con base en la información presentada en la Tabla 1 se calculó la huella hídrica de la subcuenca del Río Jubones utilizando la ecuación (1), fue necesario calcular primero el RAC, el cual se obtuvo de la ecuación (2):

El RAC se calculó mediante la ecuación (2):

$$RAC = K_C \times ETO \quad (Ec. 2)$$

$$RAC = 0.7 \times 4.46 = 3.122$$

Con este valor de RAC se calcula la huella hídrica verde utilizando la ecuación (1), teniendo en cuenta que el área cultivada de banano en los cantones mencionados es de 6769,99 Has, la ecuación queda de la siguiente manera:

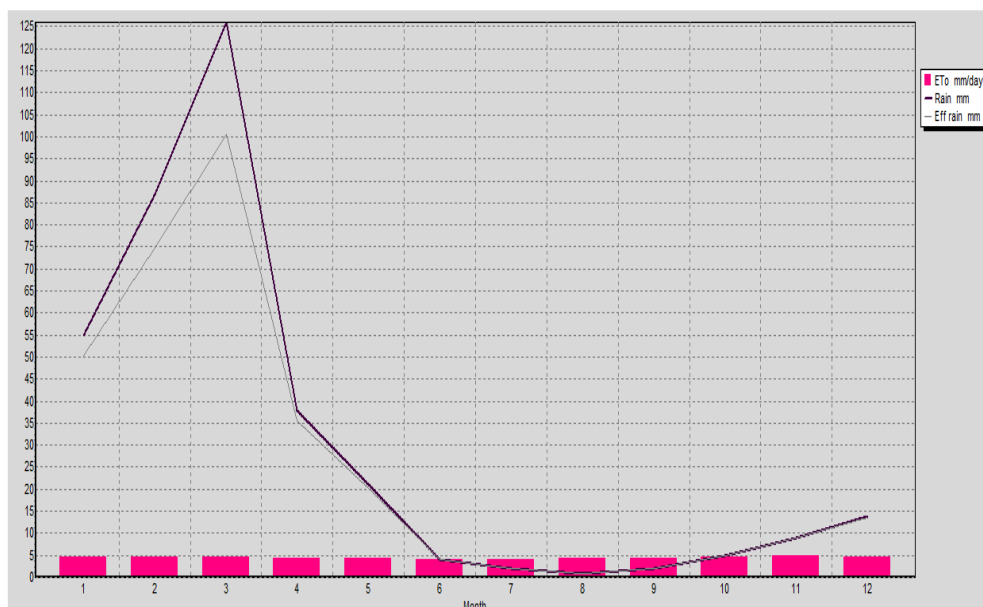
$$HH_{subcuenca} = \sum \text{cultivos RAC} \times \sum \text{cultivos área cultivada} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$HH_{subcuenca} = 3.122 \times 6769,99$$

$$HH_{subcuenca} = 21135.9087 \text{ m}^3/\text{año}$$

Para calcular la huella hídrica azul se ingresaron al software Cropwat 8.0 los datos de precipitación mensual, con el fin de obtener Pefectiva, obteniendo los resultados mostrados en la figura 3.

Figura 3: Obtención de Pefectiva en el 2021.



Fuente: Elaboración propia

Con base a esta información se utilizó la ecuación (3):

$$RAC_{azul} = RAC - P_{EFEC}. \quad (\text{Ec. 3})$$

$$RAC_{azul} = 3.122 - 318.1 = -314.978 \text{ m}^3/\text{año}$$

Debido a que el resultado fue negativo se concluye que no se requiere de agua azul o de riego, es decir, solo se abastece agua verde.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la huella hídrica del 2021, se calculó el Agua Virtual a través de la ecuación (4)

$$AV = \frac{HH}{P.B} \quad (\text{Ec. 4})$$

Para el cálculo de la producción de cajas de banano se tiene en cuenta la planteado por MAGAP, en donde se menciona que, para un cultivo de banano bajo el sistema de producción agroforestal, convencional y orgánico en los cantones de estudio de la Provincia El Oro, la productividad es de 18.6 kg/Ha. Teniendo en cuenta que el área es 6769,99 hectáreas, la producción de banano quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Producción de banano} = 18.6 \text{Kg/Ha} \times 6769.99 \text{ Ha} = 125921.814 \text{ Kg.}$$

Se convierte la huella hídrica en litros, obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{Huella hídrica 2021} = 87.044 \text{ m}^3 \times (1000 \text{ l} / 1 \text{ m}^3) = 87.044 \text{ l}$$

Agua Virtual 2021

$$AV = \frac{87.044 \text{ l}}{125921.814 \text{ Kg}} = 0.69 \frac{\text{ml}}{\text{kg}} \text{ año}$$

Los resultados obtenidos de Agua Virtual para el año 2021, indican que se necesitaron 0,69 mililitros de agua para producir 1 Kg de banano.

3.2 Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica

El análisis de sostenibilidad hídrica para la producción de banano se realizó teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la huella hídrica verde y comparándolo con la oferta hídrica del río Jubones, Arenillas y Santa Rosa, luego se analizaron los resultados desde el punto de vista ambiental, económico y social.

3.3 Análisis de sostenibilidad ambiental

Para el análisis de la sostenibilidad del consumo de agua en los pequeños productores de banano de la Provincia El Oro se utilizó la ecuación (5), en la cual se utilizó la huella hídrica obtenida del 2021, y se calculó la oferta hídrica a partir de los datos de caudales generados por los ríos Jubones, Arenillas y Santa Rosa.

$$IE \text{ Anual} = \frac{\sum HH_{\text{Anual}}}{\text{Oferta ambiental y regulada}} \quad (\text{Ec. 5})$$

Para determinar la oferta hídrica disponible de los 3 ríos en mención es 553.700.000 m³ año promedio para una superficie total de 4.128.500 ha (Library, 2020). Teniendo en cuenta que la superficie de los pequeños productores de banano es de 6769.99 Has, la oferta ambiental y regulada disponible quedaría de la siguiente manera

$$OA_{yRD} = \frac{\text{oferta hidrica disponible x ha totales}}{\text{Superficie total}}$$

$$AyRD = \frac{553700000 \text{ m}^3 \times 6769.99 \text{ Ha}}{4128500 \text{ Ha}} = 907976,41 \text{ m}^3$$

Los datos anteriores se reemplazan en la ecuación (5), teniendo lo siguiente:

$$IE \text{ Anual } 2021 = \frac{87.044 \text{ m}^3}{907976.41 \text{ m}^3} \times 100 = 0.0958 \%$$

Tomando como referencia lo establecido por el SENAGUA (Library, 2020), el índice de escasez hídrica de la subcuenca de los ríos en estudio para el año 2021 es bajo en la mayoría de los meses, debido a que los resultados mostraron porcentajes menores al 10%, lo que indica que no se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico.

3.4 Cálculo de la huella ecológica (HE) en la etapa de Cosecha.

Para la determinación y evaluación de la HE en el sector de los pequeños productores de baniano, se consideraron ciertas referencias que tienen una estrecha relación entre el arqueo de producción en las diversas fases de desarrollo-cosecha y agentes contaminantes existentes.

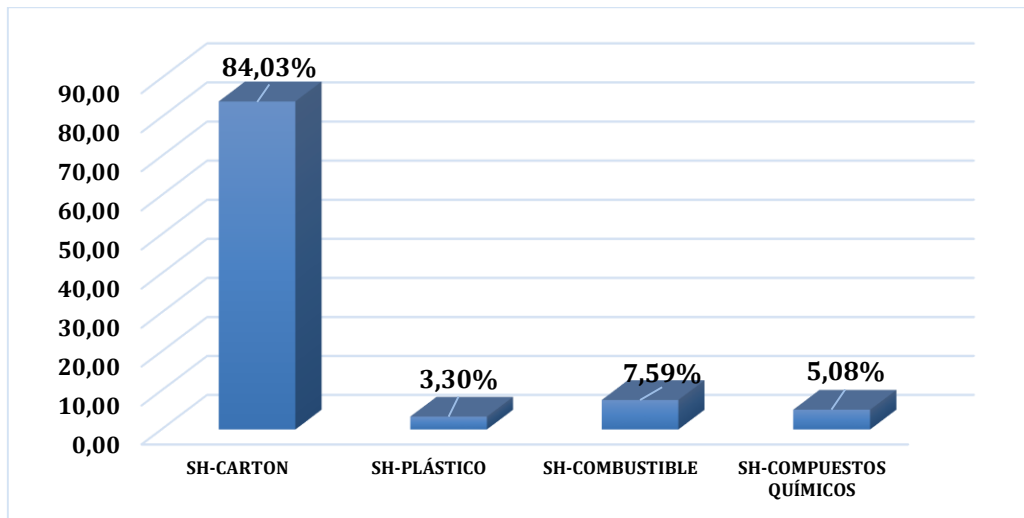
La Tabla 2 muestra los valores generales del sector productivo.

Datos	Valor
Número de pequeños productores	1787
Número de racimos-total	13518734
Extensión total del sector bananero (ha)	6769,99
Productividad época alta cajas/ha/año-promedio	1643,00
Productividad época baja cajas/ha/año-promedio	1176,00
Ratio-promedio	0,89
% de merma en empaque-promedio	7%
Hectáreas de riego-promedio	6,33

Fuente: Elaboración propia-(MAGAP, 2021).

En la Figura 5 se muestra el resultado del cálculo de la HET de los pequeños productores de banano de los 5 cantones de la provincia de El Oro durante el año 2021, que no es más que la suma de cada subhuella, obtenidos con el software y es así posible entonces evaluar si en la etapa de maduración tiene un déficit o superávit ecológico.

Figura 5. Cálculo de la subhuella etapa de maduración y cosecha



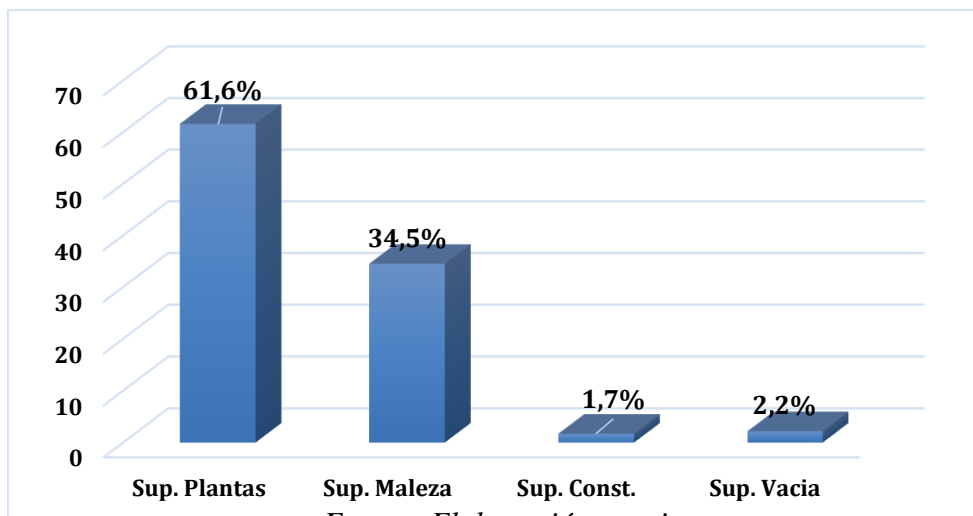
Fuente: Elaboración propia

El sector bananero de los pequeños productores tiene una HE del 0.9803 ha/cap/año. La subhuella de Cartón es la que más incidencia tiene con 0.8865 ha/cap/año y representa el 84.03 % y de menor incidencia es la subhuella del plástico, con 0.0826 ha/cap/año y representa el 3.30 %, siendo la categoría más baja, por lo que demuestra que no se aprovecha para mejorar la economía durante las etapas de crecimiento, maduración y cosecha de la fruta.

3.5 Evaluación de la Capacidad de carga (CCT)

Para el cálculo de la CCT se tomaron los datos obtenidos a través de las encuestas efectuados a los pequeños productores bananeros de la Provincia de El Oro, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Cálculo de la CCT en sector bananero



Fuente: Elaboración propia

Queda demostrado que a los pequeños productores bananeros tiene una capacidad de carga (CCT) de 4.225 ha/cap/año. La superficie de mayor incidencia es las plantas es del 61.6%, reafirmandose que la base económica está en la cosecha, lo que ratifica los bajos resultados de la superficie en construcción que representa un 1.7%, siendo de menor relevancia en el entorno.

3.6 Valoración de Superávit o déficit ecológico

Para comprobar la presencia de superávit o déficit ecológico se utiliza la ecuación 9, lo que permite conocer el nivel de autosuficiencia del ámbito de estudio.

$$\text{SDET} = \text{CCT} - \text{HE} \quad \text{Ec. (9)}$$

$$\text{SDET} = 4.42 - 0.9803 = 3.23$$

En el caso nuestro se obtuvo $\text{HE} < \text{CCT}$, presenta superávit de 3.23 ha/planta, debido a que la superficie se encuentra ocupada, sería adecuado estos argumentos para evaluar los posibles riesgos que puedan presentarse a futuro. Siendo necesario proponer otros escenarios como el deseado y no deseado con la finalidad de mantener o disminuir la carga ecológica del sector bananero.

4. CONCLUSIONES

El resultado obtenido en el análisis de sostenibilidad ambiental es coherente debido a que los pequeños productores bananeros se abastecen de riegos por canales y lluvias lo cual es pertinente para este tipo de producción y el resultado del agua virtual muestra que la cantidad de agua utilizada para el año 2021 no supera 0.7 ml por 1 kg de banano.

Desde el punto de vista ambiental, la huella hídrica del banano producido por los pequeños productores bananeros es razonable, debido a que la huella hídrica generada es inferior a la oferta hídrica disponible, así mismo de que no se genera huella hídrica azul ni huella hídrica gris, lo que indica que esta actividad económica no representa peligro para los ecosistemas acuáticos ni para el consumo humano.

Los resultados de esta investigación indican que el proceso de producción del banano en los pequeños productores bananeros, es el adecuado para garantizar la sostenibilidad hídrica, ya que el beneficio ecológico y sus afluentes que están en él entorno, le hace al banano mantenga las cantidades de agua adecuadas para obtener un producto adecuado para comercializar, ya que para producir 1 Kg de banano se requiere aproximadamente 0,7 mililitros de agua, a diferencia de los resultados obtenidos por González y Panamito (González Moreno & Panamito Reyes, 2021), microcuencas con producción banano en

una finca de Pasaje y encontraron que en promedio para producir 1 kg de banano se requiere 2.96 litros de agua en la empacadora, en función de los sistemas de producción. En base a los pequeños productores de banano se resalta que el cultivo de banano tuvo un comportamiento aceptable en el 2021, ya que las condiciones climáticas encontradas revelaron que hay una temporada húmeda a comienzos de año en los meses de enero a abril y una temporada seca en los meses de septiembre a noviembre, lo cual determina el periodo de cosecha y brinda la posibilidad de que se realice un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo, contribuyendo a que la huella hídrica se mantenga baja tal como expresan los resultados obtenidos.

Haciendo una comparación de las huellas de carbono de otros productos de exportación ecuatorianos se tiene que la obtención de rosas duplica la del cacao seco, es más de 8 veces mayor que la del banano en épocas altas y bajas y 235 veces mayor que la de la palma africana (Débora, 2018).

Finalmente, se obtuvo una HE del 0.9803 ha/cap/año en el sector bananero de los pequeños productores. La subhuella de Cartón es la que más incidencia tiene con 0.8865 ha/cap/año y representa el 84.03 % y de menor incidencia es la subhuella del plástico, con 0.0826 ha/cap/año y representa el 3.30 %, siendo la categoría más baja, por lo que demuestra que no se aprovecha para efectos de mejorar la economía.

Sin embargo, a pesar los problemas presentados, y de un resultado parcial del análisis de capacidad de carga, se logra pensar que es mejor poseer un estudio errado a la que se pueda dar monitoreo en el tiempo, a no tener ninguna medición en relación a la producción de banano. Esto permitiría crear estándares con el uso de indicadores para la toma de decisiones, ya que se están midiendo los mismos criterios en diferentes tiempos y espacios, por lo cual se pueden obtener conclusiones sobre los impactos ocasionados al ambiente.

5. LISTA DE REFERENCIAS

Alcívar Zambrano, F. P., & Pazmiño Moreira, M. F. (2016). *Estimación de la Huella de Carbono producida por la actividad bananera de la finca "Nueva Esperanza" para un manejo ambiental*. Tesis, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Manuel Felíz López, Calceta. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/527>

- Cotes-García, D. A., Díaz-Muegüe, L. C., & Mendoza-Castro, M. L. (15 de Diciembre de 2021). Evaluación de la huella hídrica del café en la estación experimental Pueblo Bello. *Aibi*.
- Dateas Knowing is Good. (2021). *Estaciones Meteorológicas del Ecuador*. Obtenido de <https://www.dateas.com/en-us/explore/estaciones-meteorologicas-ecuador/machalautm-pagua-51>
- Débora, G. K. (2018). Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*(24), 27-56. doi:<http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3091>
- Elsayed, M. a. (2021). Assessment of irrigation management practices using FAO-CROPWAT 8, case studies: Tina Plain and East South El-Kantara, Sinai, Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 1623–1636. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.09.017>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. (2010). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de <https://www.fao.org/land-water/en/>
- Food and Agriculture organization of the united nations. (2006). The state of food and agriculture. Roma, Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a0800e/a0800e.pdf>
- Gavilán Martínez, E., & Reinoso Pérez, M. (Marzo de 2017). Estimación cuantitativa de la huella del carbono en el cultivo de la caña de azúcar en Villa Clara. *SciELO*, 44(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000100010
- González Moreno, V. A., & Panamito Reyes, D. L. (2021). “Evaluación de la Huella de Agua por uso directo en la finca bananera “San Felipe”, Cantón Pasaje, Provincia El Oro”. Cuenca.
- León Serrano, L. A. (2017). La Sostenibilidad Ambiental en el Sector Productivo Bananero del Cantón Machala. *I*(1). Obtenido de <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/222>
- Library. (2020). *Library*. Obtenido de <https://1library.co/document/qvr07n0y-estudio-impacto-ambiental-linea-transmision-kv-ecuador-peru.html>

- Ming, Y., & Qian Yue, K. (1 de Marzo de 2016). Huellas de carbono agrícolas y de productos de la producción de frutas de China: inventario del ciclo de vida de huertos representativos de cinco frutas. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*, 4681-4691. doi:10.1007/s11356-015-5670-5
- Palacio Morales, M. K. (2019). *Cuantificación de la huella hídrica en la producción bananera: Un estudio de caso en Bocas del Toro, Panamá*. Tesis, Turrialba - Costa Rica. Obtenido de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/9114>
- Pérez Pérez, Y., Rodríguez Rico, I. L., Pino Hurtado, M. S., & Rodríguez Castellanos, R. (Septiembre de 2019). Cálculo de la Huella Ecológica en un municipio de la provincia de Villa Clara. *Centro Azúcar*, 46. Obtenido de http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar
- Rattanapan, C., & Ounsaneha, W. (5 de Mayo de 2021). Water footprint assessment of thai banana production. (Evaluación de la huella hídrica de la producción de plátanos en Tailandia). *Scopus*, 151-156. doi:10.18178/IJESD.2021.12.5.1333
- Ress, W. W. (1996). Our Ecological Footprints. Reducing Human Impact On The Earth. *Universidad de la Columbia Británica: Community & Regional Planning*, 1-42.
- Roibás, L., & Hospido, A. (20 de Enero de 2016). Huella de carbono a lo largo de la cadena productiva del banano ecuatoriano: mejoras metodológicas y herramienta de cálculo. *Cleanear Production*, 2441-2451. doi:doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.074
- Sánchez-Medina, I. I., Medina-Rojas, F., & Cabrera-Medina, J. M. (Enero de 2018). Diseño de software para calcular la huella de carbono e hídrica durante la producción de café. *EBSCOhost*, 14, 1-18. doi:doi.org/10.16925/in.v14i24.2159
- Tukker, e. a. (2006). Environmental Impact of Products. *European Commission, Joint research Centre (DG JRC). Institute for Prospective Technological Studies*, 1-136. Obtenido de Recuperado de <http://infohouse.p2ric.org/>
- Yee Lam, W., Sim, S., Kulak, M., van Zelm, R., Schipper, A. M., & Huijbregts, M. A. (25 de Junio de 2021). Drivers of variability in greenhouse gas footprints of crop production. *Elsevier*, 315. doi:doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128121