REPORTE DE HUELLA DE AGUA SEGÚN DISPONIBILIDAD

PLATANERA RÍO SIXAOLA S.A.

VERSIÓN FINAL

Septiembre 2016

Platanera Río Sixaola S.A.

En Armonía con la Tierra y la Gente

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL 3

2. OBJETIVO 5

3. ALCANCE 6

4. INVENTARIO DE HUELLA DE AGUA 24

5. EVALUACIÓN DE IMPACTOS 25

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28

7. ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE AGUA 38

8. CONCLUSIONES 40

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42

APÉNDICES 44

1. INFORMACIÓN GENERAL

La Platanera Río Sixaola S.A. es una empresa privada ubicada en la localidad de Bribri, distrito Bratsi, en el cantón de Talamanca en la provincia de Limón, Costa Rica. Limita al norte con la ruta 36 Limón-Sixaola, al sur y al oeste con el río Sixaola, y al este con el río Sand Box (Figura 1). Esta se dedica a la producción, empaque y exportación de banano, específicamente para el mercado alemán.

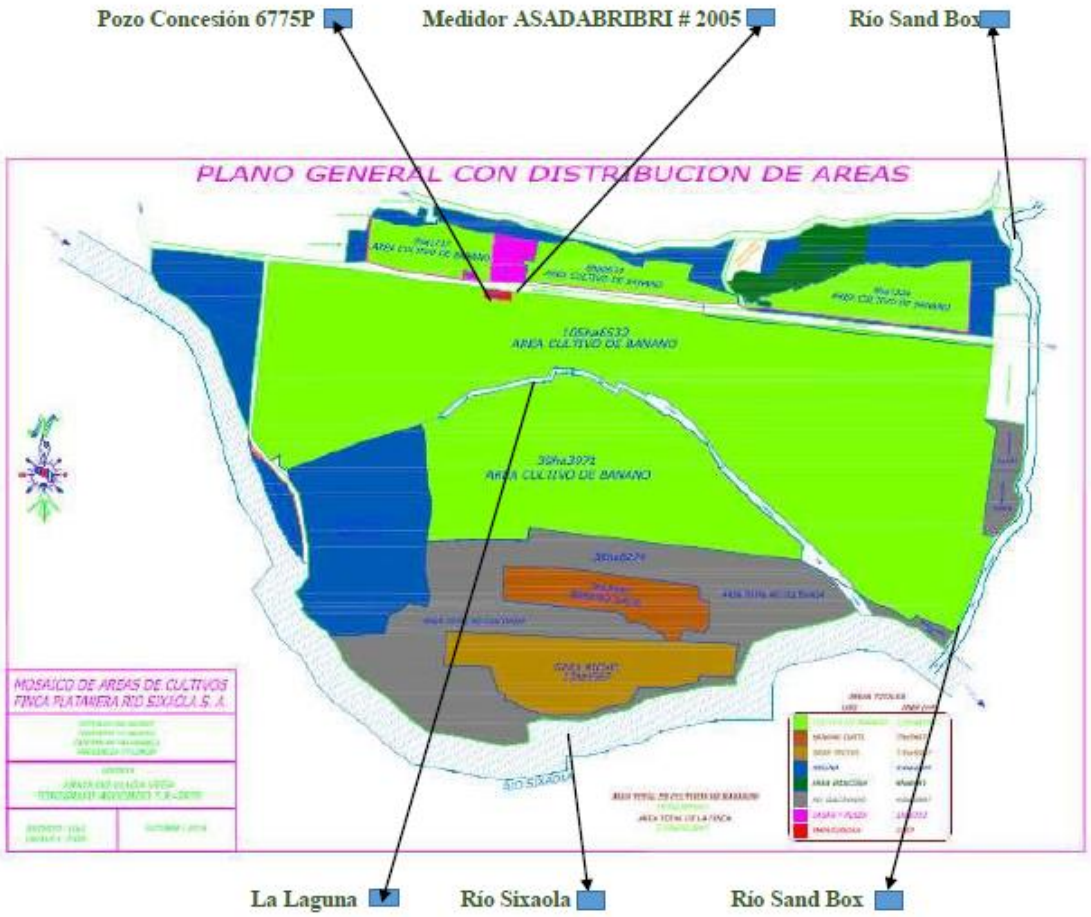

Figura 1. Mapa general de la finca con límites y puntos clave relacionados a la gestión del recurso hídrico.

La empresa está profundamente comprometida en el cuidado del medio ambiente y la salud humana, por lo que se han alcanzado las certificaciones de Global GAP y C-Neutralidad del Programa Internacional “100% Carbono Neutral”, así como la norma de la Red de Agricultura Sostenible, “RAS” de Rainforest Alliance. Adicionalmente, se han

realizado esfuerzos para contribuir a una gestión responsable del agua, por lo que se desarrolló en el año 2015 el Programa de conservación del recurso hídrico.

En concordancia al compromiso con el medio ambiente que ha adquirido la Platanera Río Sixaola S.A., se desarrolla el presente estudio, en el cual se evalúa la huella de agua según disponibilidad asociada a sus actividades con base en la norma INTE\ISO 14046:2014. Lo anterior con el fin de tomar conciencia de los impactos ambientales de la empresa sobre el recurso, y de esta forma dirigir los esfuerzos para prevenir, mitigar y reducir los impactos en el agua.

2. OBJETIVO

El presente estudio se desarrolló con el fin de evaluar la huella de agua según su disponibilidad, del proceso productivo de la Platanera Río Sixaola S.A.; de forma que se adquiera consciencia de los impactos ambientales en cuanto a la privación de agua a otros usuarios por el uso del recurso, y se establezcan estrategias para promover la mejora continua en su gestión por parte de la empresa. El público objetivo del estudio constituye todas aquellas partes interesadas y relacionadas a la actividad productiva de la empresa. Por otra parte se resalta que el análisis de la huella desarrollado comprende una evaluación independiente abarcando las etapas de la cuna a la puerta del proceso productivo del banano de exportación, por lo cual este no forma parte de un análisis de ciclo de vida completo.

3. ALCANCE

El estudio de huella de agua incluye el uso directo e indirecto de este recurso desde la siembra y cosecha de las plantas en Bribri, Limón, Costa Rica, hasta el empaque del banano en pallets para su posterior exportación. Se excluye del estudio las etapas de transporte de la Planta Empacadora a puerto, así como todas aquellas actividades que se llevan a cabo fuera de suelo costarricense; es decir, el transporte marítimo (shipping), maduración, transporte a supermercados, venta, consumo y desecho, del ciclo de vida del banano de exportación (Figura 2). Por lo anterior, se entiende que el proyecto se enfocará únicamente en las etapas de la cuna a la puerta de todo el ciclo de vida del producto.

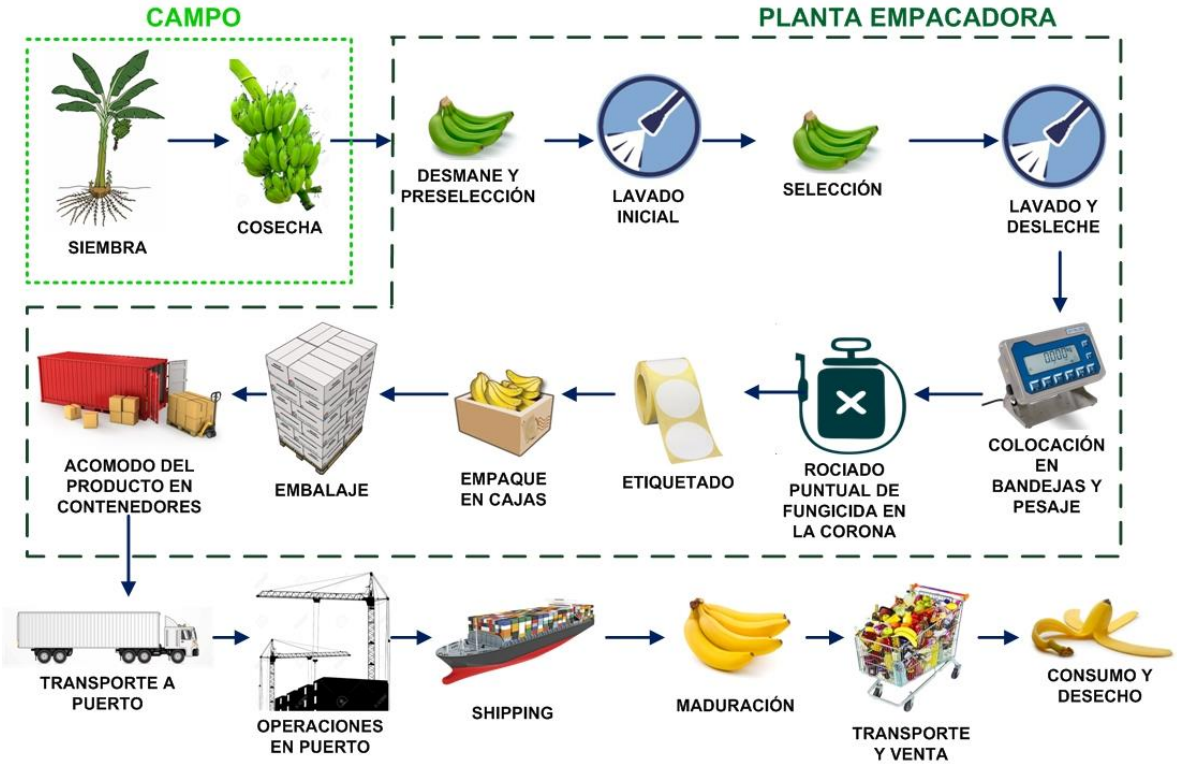

Figura 2. Ciclo de vida del banano de exportación.

3.1. Procesos, sistema y límites del sistema

3.1.1. Campo

La primera etapa contemplada comprende aquellas actividades que se llevan a cabo en el campo, lo cual abarca la siembra y cosecha (Figura 3). Estas incluyen los procesos de fumigación aérea, cuidados de la fruta y fertilización.

Se tienen como entradas en dicha operación unitaria, el uso de agua llovida para la hidratación y crecimiento de las plantas y frutos, el agua que ingresa como parte de las fumigaciones aéreas, y el agua que ingresa como parte del rociado de fertilizantes.

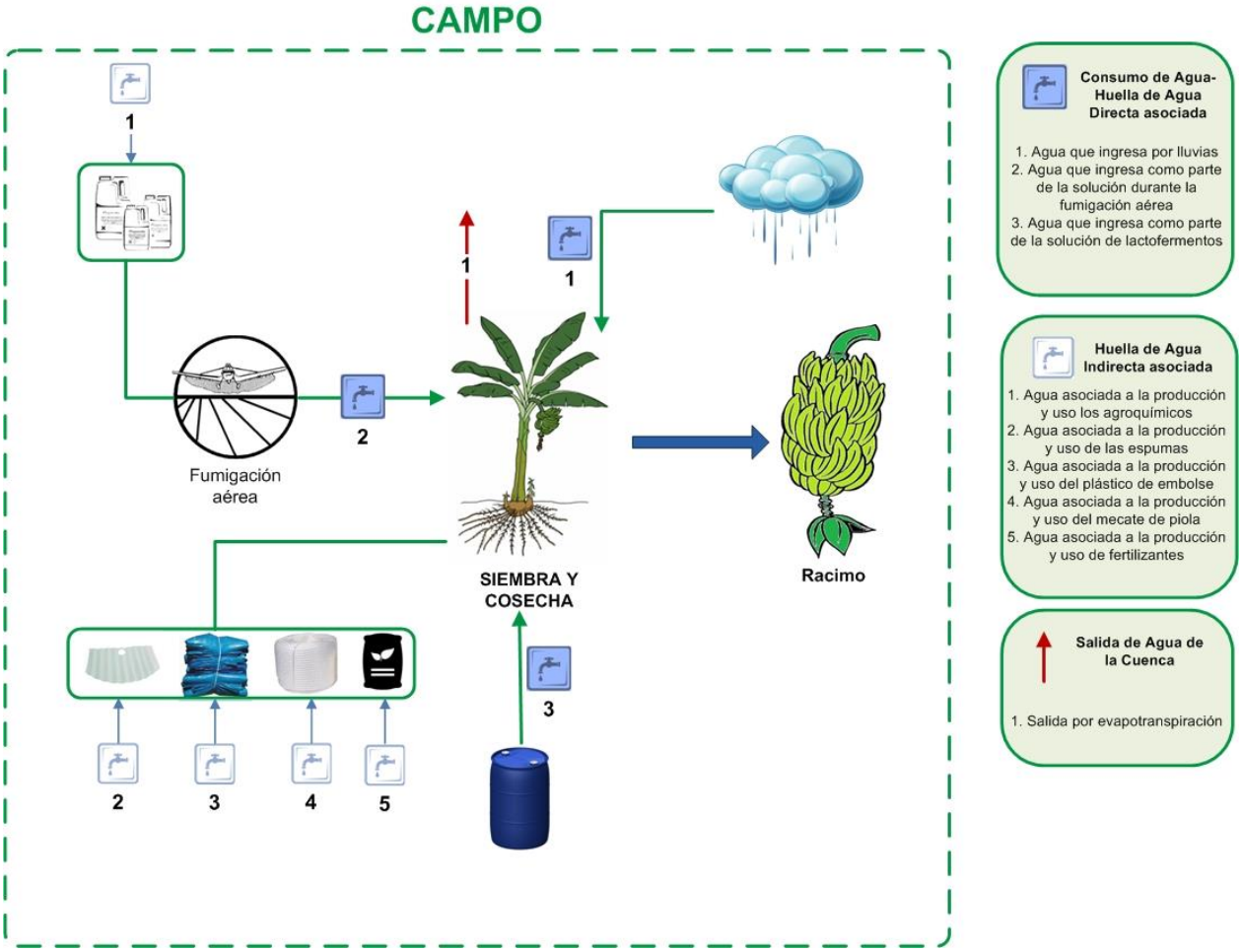

Figura 3. Diagrama de los procesos en Campo

Por otra parte, la huella de agua indirecta comprende aquel impacto según disponibilidad, asociado a la producción y uso específico de los agroquímicos, los fertilizantes, los plásticos cobertores de los racimos, el mecate de piola y la espuma protectora de los racimos durante la cosecha (Figura 3).

3.1.2. Planta Empacadora

La segunda etapa del proceso abarca el desmane del racimo y la preselección de las manos de banano, el lavado inicial, la selección, el lavado y desleche, la colocación de las manos de banano en bandejas, el pesaje, el rociado de fungicida en la corona, el

etiquetado, el empaque en cajas, el embalaje y el acomodo en el contenedor; las cuales son actividades desarrolladas en la Planta Empacadora (Figura 4).

Las fases que comprenden un uso directo de agua y que reflejarán las entradas de esta en el proceso unitario serán el lavado de espumas, el lavado inicial (desmane) y el desleche (paneo). En cuanto a la huella de agua indirecta, esta se ve asociada al impacto según disponibilidad de la producción y uso de las etiquetas, cartón (caja, fondo y división), plástico de empaque, goma, cinta para amarre, grapas para fleje, fleje plástico, tarimas y los esquineros plásticos para embalaje.

Figura 4. Diagrama de los procesos en la Planta Empacadora

3.1.3. Lombricultura

Se cuenta con un área de generación de abono orgánico a partir de la técnica de lombricultura, la cual se considerará dentro del estudio como otra operación unitaria (Figura 5). Las entradas directas de agua en la misma, constituye únicamente el agua de lluvia empleada para humedecer el suelo con las lombrices, dispuesto en conjunto con la

materia orgánica en las cinco cunetas de producción. El abono (humus) constituye el producto final de esta actividad, el cual tendrá asociado un volumen de agua considerado como salida de la operación unitaria pero no de la cuenca, ya que este es utilizado dentro del área denominada Biofábrica. Cabe resaltar que no hay asociada una huella de agua indirecta a esta operación.

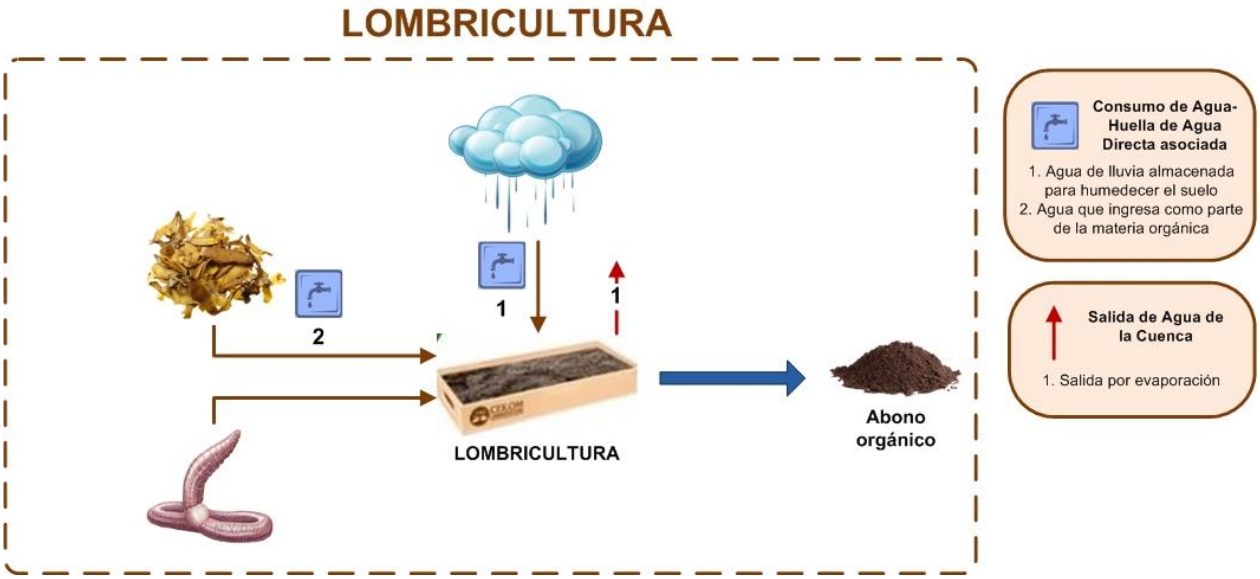

Figura 5. Diagrama del proceso en la unidad de Lombricultura

3.1.4. Biofábrica

En la empresa se cuenta con un área nombrada Biofábrica, en la que se producen lactofermentos a partir de la fermentación de materiales orgánicos (Figura 6). El producto final de esta operación unitaria lo componen los lactofermentos y los microorganismos de montaña, estos se consideran un abono orgánico líquido que provee sustancias metabólicas a las plantas y contribuye a reducir el crecimiento de microorganismos patógenos (Pacheco, s.f.).

Para la producción de los biofermentos se mezclan los materiales en agua, por lo que siempre habrá una entrada de agua, cuya fuente ha variado de acuerdo a los períodos entre el agua del pozo, agua reutilizada del proceso de lavado de la fruta, y en una menor medida, agua de lluvia. El agua indirecta asociada está relacionada a la producción de cada material empleado, donde se tienen los siguientes: melaza, carbonato de calcio y

leche de ternera en polvo. Los lactofermentos constituyen el producto final, el cual es líquido y todo se rocía a las plantas en el campo.

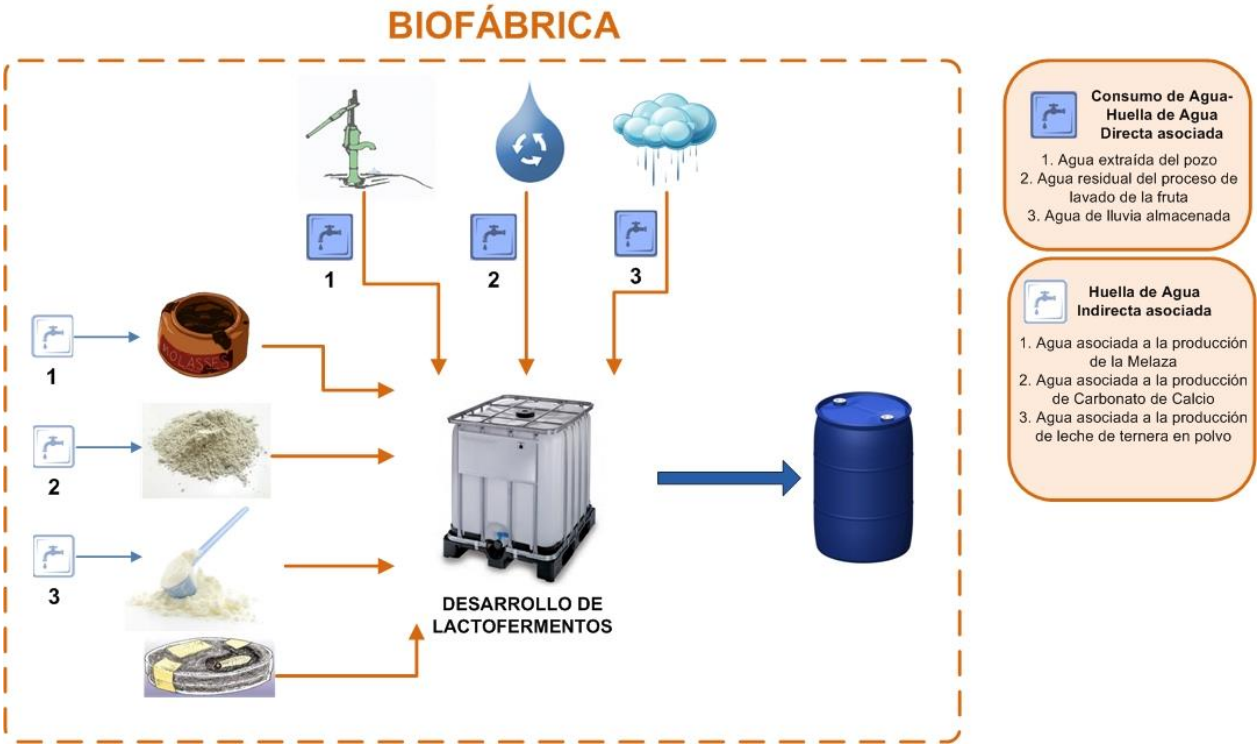

Figura 6. Diagrama del proceso en la Biofábrica

3.2. Límites del sistema

Para establecer los límites del sistema, se consideraron únicamente aquellas etapas asociadas al proceso productivo del banano de exportación de la especie Cavendish que se genera en la Platanera Río Sixaola, explicadas anteriormente. Más sin embargo, es importante recalcar las siguientes decisiones tomadas durante el desarrollo del estudio:

- Las tarimas de madera son producidas en la finca de la empresa, utilizando sus sembradíos de Mielina (*Gmielina arbórea*), pero se asumió como si dicho producto fuese adquirido a un tercero. Lo anterior puede conllevar a una disminución de la huella de agua según disponibilidad estimada.
- Se hace exclusión de la etapa de transporte de los materiales adquiridos para uso en los procesos productivos, debido a la complejidad de la estimación y variedad de los proveedores. La huella de agua asociada a este proceso indirecto está

dada principalmente por el uso de combustibles fósiles, y dicha exclusión podría contribuir a un leve aumento en la huella de agua según disponibilidad obtenida.

Las etapas del ciclo de vida excluidas constituyen el transporte a puerto, transporte en barco hasta Europa, la maduración, el transporte del producto de los centros de maduración a las tiendas, la venta, compra, consumo y desecho del producto. Ciertamente, si se desea un panorama completo del impacto de toda la actividad en la disponibilidad del recurso hídrico, se deben incluir dichas etapas. Es importante resaltar que los resultados del presente estudio deben ser comparados con estudios similares que contemplen el mismo alcance, debido al enfoque de este el cual abarca únicamente de la cuna a la puerta.

3.3. Flujo de Referencia y Unidad Funcional (UF)

Para el procesamiento y comparación de datos, se seleccionó el siguiente flujo de referencia acorde a los datos de producción de la finca:

- Producción de una caja física de banano para exportación de 18.14 kg

Por la complejidad en el procesamiento de datos y asignación de flujos, se asume que toda la producción de cajas físicas resultan en cajas de banano para exportación de 18.14 kg, ya que estas comprenden el mayor porcentaje de la producción total.

Con base en los flujos de referencia y los promedios mensuales de producción del año en estudio, se definió la siguiente unidad funcional:

- Producción de 30,000 cajas físicas de banano para exportación de 18.14 kg

3.4. Cobertura geográfica y temporal del estudio

El estudio de huella de agua según disponibilidad cubre el área geográfica relacionada al área física de la finca de la Platanera Río Sixaola, la cual se ubica en Bribri, distrito Bratsi, cantón de Talamanca, en Limón, Costa Rica, en la latitud 9° 37' 23.08" y longitud 82° 50' 13.14" (Figura 7). La misma limita al norte con la ruta 36 Limón-Sixaola, al sur y al oeste con el río Sixaola, y al este con el río Sand Box.

Figura 7. Ubicación geográfica de la finca (Google Maps, 2016)

La evaluación de huella de agua según disponibilidad cubrirá el año 2015, seleccionado como año base por la disponibilidad de información respecto a los años anteriores. Cabe resaltar que en dicho período la finca tuvo un área total promedio sembrada de 143.64 ha, de las cuales se procesó un total de 351,767 racimos de banano, alcanzando una producción de 297,695 de cajas físicas según el “Reporte de Datos de Producción por Semana” del año correspondiente de programa SAP manejado por la empresa.

3.5. Datos y requisitos de calidad de los datos, suposiciones, juicios de valor y elementos opcionales

A continuación se detallan todos los aspectos relacionados a la obtención y procesamiento de datos por etapa del proceso productivo del banano.

3.5.1. *Campo*

Los datos de entradas de agua llovida para la hidratación y crecimiento de las plantas y frutos, se tomaron de la información respectiva del año 2015 disponible en el software

climático denominado Banaclima, de la estación meteorológica Agrotubérculos, la cual es la más cercana a la ubicación de la finca. Los datos obtenidos a partir del Banaclima constituyen: temperatura, humedad, radiación solar, precipitación y velocidad del viento.

El agua que ingresa como parte de las fumigaciones aéreas se obtuvo de los Reportes de Operación del proveedor del servicio, El Colono Agropecuario, correspondientes a cada ciclo del año 2015. Por otra parte, el agua que ingresa como parte de la aplicación de biofermentos se tomó a partir del documento “Registro de aplicación de biofermentos al suelo área banano”, en el cual se detallan los litros aplicados de lactofermentos por fecha.

La pérdida de agua de la cuenca asociada al proceso de siembra y cosecha de un cultivo, se considera como la evapotranspiración del mismo (FAO, 2006). La modelación del proceso en campo para obtener este valor se realizó a partir del software denominado CROPWAT, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Para el cálculo de la evapotranspiración, se utilizó la siguiente información:

- Datos climáticos del Banaclima (precipitación, temperatura, humedad y velocidad del viento).
- Datos específicos del cultivo asumidos a partir de la publicación de la FAO (2006).
- Datos específicos del suelo de la zona con base en el Mapa de Suelos de Costa Rica (QGIS, 2016), la publicación de la FAO (2006) y la comunicación personal con el geólogo Araya, L.M. (2016) para los datos de infiltración de la precipitación.

Para más detalle en la información se recomienda consultar el documento en Excel “CROPWAT-PRS-Datos”, en el cual se describe el proceso de modelación y toma de datos.

El valor resultante de evapotranspiración es dado por el CROPWAT en milímetros por día por metro cuadrado (mm/día/m^2); por lo cual se realizó la conversión a metros cúbicos totales por mes (m^3/mes), mediante su multiplicación por el número de días del mes

respectivo, por 10 como factor de conversión[1], por el total de hectáreas de la finca en el año 2015.

La huella de agua indirecta según disponibilidad se estimó utilizando el software SimaPro 8.0.3.14, y la base de datos de Ecoinvent. Se tomaron en cuenta los agroquímicos y fertilizantes que representan más del 1% del total de estos añadidos (Diethane, Banazeb, Spraytex, Nitrógeno, Óxido de Potasio, Óxido de Magnesio, Óxido de Calcio y Azufre), el plástico cobertor del racimo y el mecate de piola. Cabe resaltar que, las espumas para protección de los racimos durante la cosecha se excluyen de los cálculos, esto debido a que no es común que las mismas se eliminen o cambien, y que durante el año de estudio no se realizó ningún cambio. Los cálculos y resultados se encuentran en los documentos en Excel denominados “Huella de Agua Indirecta”, “Lista de materiales” y “MODELACIÓN SIMAPRO-HAI”.”.

3.5.2. *Planta Empacadora*

3.5.2.1. *Lavado de espumas*

El agua de entrada para el uso en la pila de lavado de las espumas se tomó según se determina en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de las entradas de agua consideradas en la pila de lavado de las espumas.

Período	Fuente de agua	Fuente de datos	Observaciones
Enero a Noviembre 2015	Acueducto Rural Bribri	Datos tomados del consumo mensual cobrado por el acueducto (documento Excel “RA 4.1.1 Huella del Agua 2015”).	Los consumos reportados del acueducto incluyen el agua empleada en servicios sanitarios, baños, lavado de manos y de ropa, y cocina.
Diciembre 2015	Agua residual del proceso de lavado inicial (desmane) y desleche (paneo)	Datos secundarios estimados a partir del volumen de agua de los tanques de almacenamiento y el tiempo de uso.	El valor de entrada para este parámetro se coloca negativo, debido a que esta agua es reutilizada y no representa una entrada adicional del recurso.

Así mismo, no se contabiliza directamente la salida de agua de este proceso unitario, por lo cual fue necesaria la estimación del valor como se detalla en el Cuadro 2.

[1] Conociendo que 1 mm equivale a 0.001m y que 1 ha equivale a 10,000m^2; se realiza la conversión de mm a m y de m^2 a ha mediante la operación 10,000/1000=10.

Cuadro 2. Descripción de las salidas de agua consideradas en la pila de lavado de las espumas.

Período	Dato considerado	Fuente de datos	Observaciones
Enero a Diciembre 2015	Consumo diario de los trabajadores	Datos secundarios estimados con base en el consumo diario por persona por día establecido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), las horas y días laborados, y la cantidad de colaboradores en la empresa.	A pesar de que este consumo no es parte del proceso productivo, se debe estimar para ser restado del valor reportado por el acueducto; de forma que se logre obtener el valor aproximado de pérdidas asociadas al lavado de espumas que se contempla en dicho reporte de datos.
	Agua vertida semanalmente de la pila de lavado de espumas	Datos secundarios estimados a partir del volumen de la pila obtenido según sus dimensiones, y la frecuencia de vertido.	La pila tiene una capacidad de 1.81 m^3 y se vacía una vez por semana, contemplando las 53 semanas de trabajo.

Para mayor detalle se recomienda consultar el documento en Excel “Huella de Agua Directa”, en la hoja de cálculo “Lavado de espumas” y “Resumen HAD”.

3.5.2.2. *Lavado inicial (desmane) y desleche (paneo)*

El consumo de agua del pozo para el proceso de lavado en la Planta Empacadora se registró en el documento “Consumo de Agua-Mensual 2015”. A continuación, en el Cuadro 3 se realiza una descripción de la información.

Cuadro 3. Descripción de las entradas de agua consideradas en la pila de lavado inicial y desleche.

Período	Fuente de agua	Fuente de datos	Observaciones
Enero a Junio 2015	Pozo	Datos tomados del registro de consumo mensual del pozo (documento Excel “Consumo de Agua-Mensual 2015”).	Se realizó la estimación por medio del caudal de la bomba y las horas trabajadas.
Agosto a Diciembre 2015	Pozo		A finales del mes de julio se adquirió e instaló el medidor del pozo, por lo cual los datos posteriores fueron tomados directamente del valor registrado en el mismo.

Cabe resaltar que no se cuenta con un medidor de salida para contabilizar las aguas vertidas, ni con un sistema que dirija todas las aguas de salida a un mismo punto para

cuantificarlas. Debido a estas limitaciones, se debió realizar una estimación de los valores de salida del proceso en cuestión, aspectos que se detallan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de las salidas de agua consideradas en la pila de lavado inicial y desleche.

Período	Dato considerado	Fuente de datos	Observaciones
Enero a Diciembre 2015	Agua vertida semanalmente del sistema de recirculación	Dato secundario estimado a partir del volumen del sistema de recirculación y el número de semanas por mes.	El volumen del sistema de recirculación se definió con base en las mediciones realizadas por el colaborador responsable, al llenar todo el sistema (documento PDF "Volúmenes de pilas").
	Agua vertida diariamente del sistema de recirculación	Datos obtenidos a partir del volumen de relleno diario de agua tomado del medidor.	El volumen de relleno diario se registró por el colaborador responsable y se pone a disposición en el documento PDF "Pérdidas de agua en Proceso".

3.5.2.3. *Huella de Agua Indirecta según disponibilidad*

La huella de agua indirecta según disponibilidad relacionada al uso de los materiales en la Planta Empacadora, se estimó empleando el software SimaPro 8.0.3.14 y la base de datos Ecoinvent. Los materiales que se consideraron en los cálculos constituyen:

- Las etiquetas o sellos para los dedos de banano (papel)
- Cajas de empaque, que incluye la tapa, fondo y división (cartón corrugado)
- Plástico de empaque (polietileno de baja densidad)
- Goma para pegar las cajas de empaque
- Cintas de amarre de las bolsas de empaque (polietileno de baja densidad)
- Tarima de madera para embalaje y transporte de las cajas de empaque
- Fleje plástico de embalaje (polipropileno)
- Esquineros plásticos para embalaje (polietileno de baja densidad)
- Grapas para fleje (acero galvanizado)
- Energía (se supone como fuente de energía la tipo hidroeléctrica por la ubicación de la zona)

Se excluyó únicamente de los materiales, el fungicida rociado en las coronas de las manos de banano por complejidad de su estimación, debido a la falta de datos en el

inventario Ecoinvent. Sin embargo, la cantidad empleada es insignificante respecto al uso de los otros fungicidas en campo y los materiales en el empaque.

Para consulta de los procesos de cálculo y resultados se pueden revisar los documentos en Excel denominados “Huella de Agua Indirecta”, “Lista de materiales” y “MODELACIÓN SIMAPRO-HAI”.

3.5.3. *Lombricultura*

La entrada de agua en la unidad de Lombricultura corresponde al agua de lluvia almacenada para humedecer el suelo. Se resalta que para inicios del año de estudio se comenzó con esta actividad en la empresa, y los datos de consumo de agua no se registraron. Debido a que el volumen de agua empleado es muy bajo y no hay escorrentía, se considera que el agua de salida abarca únicamente la humedad en el humus producido; el cual permanece en la misma cuenca por su posterior uso en la Biofábrica. En el cuadro a continuación se observa el detalle de los datos y fuentes de información (Cuadro 5). Se resalta que en el proceso de lombricultura no se considera ninguna huella de agua indirecta asociada.

Cuadro 5. Descripción de las entradas y salidas de agua consideradas en la unidad de Lombricultura.

Período	Etapa	Dato considerado	Fuente de datos	Observaciones
Enero a Diciembre 2015	Entrada	Agua de lluvia empleada para humedecer el	Dato secundario estimado a partir de la frecuencia del vaciado del tanque de almacenamiento de agua.	Se estima que se utilizan alrededor de 1,500 litros de agua por mes, y se cuenta con un tanque de 1 m^3 de capacidad.
	Salida	Agua incorporada al humus	Datos secundarios estimados con base en los datos de producción de abono de la Guía de Lombricultura del autor Díaz (2002), y las lombrices añadidas inicialmente en las cunas de la Platanera.	Se colocaron inicialmente 2 kg de lombrices (2000 lombrices), y se considera que estas se multiplican 10 veces cada tres meses. Se tiene que cada lombriz come al día 1 g de alimento, de lo cual 0.6 g se convierte en humus. Y conociendo que la humedad recomendada del abono es del 40%, se puede estimar el volumen de agua de salida.

3.5.4. *Biofábrica*

El producto final que se genera en la biofábrica es un líquido enriquecido con los biofermentos, el cual es rociado a las pantas de banano mediante rociadoras manuales. Por lo anterior, la salida de agua considerada en la Biofábrica constituye aquella agua que sale como parte del producto.

Los ciclos de aplicación de lactofermentos se describen en el documento “REGISTROS DE APLICACIÓN LACTO 2015”, en el que se detalla que únicamente se aplicaron al campo los lactofermentos en el mes de septiembre y octubre. Así mismo, el agua utilizada constituía agua residual del proceso de lavado, y se asume que el agua de entrada en el proceso regresa toda a la misma cuenca en forma del producto (biofermentos).

Los materiales empleados en esta unidad de producción comprenden la leche de ternero en polvo, la melaza y el carbonato de calcio. Estos productos no se consideraron en la estimación de la huella de agua indirecta según disponibilidad, ya que se considera que el aporte de este proceso en el año 2015 no es significativo; debido a que se aplicaron los lactofermentos únicamente en dos meses del año y el volumen de agua no fue significativo respecto al total.

3.5.5. *Datos de Producción*

Con el fin de relacionar los resultados obtenidos al flujo de referencia y a la unidad funcional seleccionada, se utilizaron los reportes de producción del programa SAP del año 2015. Se tomó como valor de referencia, el total de cajas físicas producidas durante el periodo de estudio, el cual alcanza un valor de 297,695 cajas físicas producidas para exportación al mercado Alemán, con base en dicho reporte. Los datos se pueden consultar en el Excel “Huella de Agua Directa”, en la hoja de cálculo denominada “Datos de Producción 2015”.

3.6. Criterios de corte

3.6.1. *Materiales*

El uso de agroquímicos es variable por ciclo, por lo cual, no todos estos se emplean de forma constante. Así mismo, cabe resaltar que no todos los agroquímicos se

encuentran en las bases de datos disponibles en el software SimaPro. Por lo anterior, se excluyen los que representen menos del 1% del total añadido de agroquímicos durante el 2015. Bajo este criterio de corte, se contemplaron únicamente los fungicidas Diethane y Banazeb, los cuales contienen el mismo ingrediente activo (Mancozeb). Y junto con estos, el producto Spraytex que constituye un coadyuvante añadido en conjunto con los fungicidas para mejorar la adherencia y distribución de estos.

Los fertilizantes se añadieron de forma aérea y manual durante el año 2015; y se asume como criterio de corte en relación a estos, los productos que representen menos del 1% del total aplicado de fertilizantes. Sin embargo, de todos los productos empleados durante el 2015, no se excluyó ninguno en el estudio con base en este criterio, ya que todos representaban más del 1%.

3.6.2. *Análisis de sensibilidad*

En la contabilización de la huella de agua se excluyó el proceso de la biofábrica, ya que su aporte como proceso se considera nulo por la reutilización de agua, el uso del proceso durante el año 2015 (dos meses), y que el agua que ingresa se mantiene en recipientes cerrados que posteriormente será regresada al campo dentro de la misma cuenca. Así mismo, no se consideró el aporte del proceso de Lombricultura debido a que este contribuye en menos del 0.0% al volumen consuntivo total de agua.

3.7. Procedimientos de asignación

No se realizaron asignaciones de cargas, ya que se asume que todo el material y el agua empleada, se utiliza para la producción de las cajas de banano de exportación de 18.14 kg, ya que estas representan alrededor del 90% de la producción de la finca.

3.8. Categorías de impacto y métodos de evaluación del impacto seleccionados (indicadores de impacto, consecuencias de exclusión de impactos ambientales, cuáles se han excluido)

El impacto ambiental se calcula según lo establece la norma ISO 14046, la cual se respalda en la norma de Análisis de Ciclo de Vida ISO 14044. En esta se establece que el impacto se calculará según la categoría como:

$$Impacto_{categoría} = \sum_i m_i * CF_{categoría\ i}$$

Donde:

$\boldsymbol{m_i}$: $cantidad\ de\ emisión\ de\ la\ sustancia\ i\ o\ consumo\ i$

$\boldsymbol{CF_{categoría,i}}$: $factor\ de\ caracterización\ según\ la\ categoría\ de\ impacto\ y\ la\ sustancia\ o\ recurso\ i$

Para el caso de la huella de agua según su disponibilidad, se deben estimar las pérdidas de agua de la cuenca; entendidas como aquellos volúmenes de agua que no regresan a la misma cuenca pudiendo ocasionarse por evaporación o incorporación al producto (ISO, 2014; Vallejo, 2015). Por lo tanto, dicho volumen se estimará al restar las entradas menos las salidas y el valor m_i será entendido como el consumo de agua por uso consuntivo de la misma (Vallejo, 2015).

Tal como se mencionó con anterioridad, se contempló en el estudio únicamente el impacto ambiental tomando en cuenta su efecto en la disponibilidad del recurso. Para ello se utilizó la metodología de Pfister et al. (2009) comúnmente recomendada y empleada, y se seleccionó la escasez del agua como categoría de impacto de punto medio.

El factor de caracterización que emplea a metodología de Pfister et al. (2009) se denomina Índice de Estrés Hídrico o WSI por sus siglas en inglés. El valor es específico para cada cuenca, y se conoce según ETHzürich (2015) que la cuenca del Río Sixaola tiene un WSI de 0.0101 m^3 eq./ m^3 de uso consuntivo (Figura 8).

Figura 8. Factor de caracterización WSI tomado de la capa de Google Earth disponible en ETHzürich (2015).

Los indicadores de impacto por disponibilidad del recurso son los “metros cúbicos de agua equivalentes” (m^3 eq.) para la escasez. Además, cabe resaltar que todos los resultados de impacto están dados respecto a la unidad funcional definida.

Por lo anteriormente descrito, se tiene que el impacto ambiental relacionado a la huella de agua directa según su disponibilidad se calculó en el presente estudio como:

$$Impacto_{escasez,directo} = \sum_i (Entrada\ de\ agua - Salida\ de\ agua)_i * WSI_{escasez} \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$(\boldsymbol{Entrada\ de\ agua} - \boldsymbol{Salida\ de\ agua})_i$: $pérdida\ de\ agua\ o\ consumo\ de\ agua\ por\ uso\ consuntivo, por\ cada\ operación\ unitaria$

$\boldsymbol{WSI_{escasez}}$: $factor\ de\ caracterización\ según\ la\ categoría\ de\ escasez$

Por otra parte, la huella de agua indirecta se estimó mediante el programa de computación SimaPro, el cual constituye el software más reconocido para los estudios de Análisis de Ciclo de Vida. El valor de impacto en la disponibilidad de agua se estimó empleando el método ReCiPe en punto medio en su enfoque equilibrado. Sin embargo, se conoce según Gooedkoop et al. (2013), que este método considera como factor de caracterización a nivel general, un valor de escasez de 1 m^3/m^3 consumido. Esto implica que por cada metro cúbico de agua estimada de uso consuntivo para cada material, contribuirá en general a una escasez de 1 m^3 a nivel mundial.

$$Impacto_{escasez,indirecto} = UCAP_i * 1\ m^3\ escasez\ mundial/m^3 consuntivo \quad \textbf{(2)}$$

Donde:

$\boldsymbol{UCAP_i}$: $uso\ consuntivo\ de\ agua\ en\ el\ proceso\ por\ cada\ material\ i$

$\boldsymbol{1\ m^3\ escasez\ mundial/m^3 consuntivo}$: $Factor\ de\ caracterización\ unitario\ de\ ReCiPe$

Por lo anterior, y con el fin de regionalizar el estudio en huella de agua indirecta, se multiplicó el resultado del software por el Índice de Estrés Hídrico (WSI) específico de la zona de Bribri, Talamanca, Limón, Costa Rica según lo identifica ETHzürich (2015) en el programa de Google Earth. Esto se realiza conociendo que el factor de caracterización

del método ReCiPe es igual a la unidad, y quedaría según se especifica a continuación en la ecuación (3):

$$Impacto_{escasez,indirecto} = UCAP_i * 1\ m^3\ escasez\ mundial/m^3 consuntivo * WSI_{escasez} \quad \textbf{(3)}$$

Donde:

$\boldsymbol{UCAP_i}$: $uso\ consuntivo\ de\ agua\ en\ el\ proceso\ por\ cada\ material\ i$

$\boldsymbol{1\ m^3\ escasez\ mundial/m^3 consuntivo}$: $Factor\ de\ caracterización\ unitario\ de\ ReCiPe$

$\boldsymbol{WSI_{escasez}}$: $factor\ de\ caracterización\ según\ la\ categoría\ de\ escasez$

3.9. Limitaciones del estudio e incertidumbres asociadas

Como se mencionó con anterioridad, el presente estudio tiene el enfoque de la cuna a la puerta, y se orienta únicamente a la huella de agua según disponibilidad. No se incluyeron dentro del alcance, los impactos en la degradación del recurso debido a dificultades en el tiempo, recursos e información. Por lo cual, no se clasifica como una evaluación integral acorde a la definición de la ISO 14046.

En cuanto a las incertidumbres asociadas, es importante resaltar que estas no se cuantifican numéricamente, debido a que generalmente no se detallan en los métodos de estimación de impactos porque éstas tienden a alcanzar grandes magnitudes (Kounina et al., 2012). Sin embargo, se detalla cualitativamente a continuación las incertidumbres asociadas a los cálculos (Cuadro 8):

Cuadro 6. Identificación cualitativa de las incertidumbres.

Proceso	Aspecto	Incertidumbre asociada
Campo	Fumigación aérea y fertilización (HAD)	Incertidumbre asociada a la cuantificación de cada agroquímico y fertilizante (manual y aéreo) añadido y su mezcla con agua
	Evapotranspiración (HAD)	Incertidumbre asociada a la estación meteorológica Agrotubérculos, los valores teóricos tomados de la FAO (2006), y el uso del software CROPWAT
	Materiales utilizados (HAI)	Incertidumbre asociada al uso del Ecoinvent, y SimaPro

Proceso	Aspecto	Incertidumbre asociada
	Método de estimación de impactos	Incertidumbre asociada al método de estimación de impactos y al WSI como factor de caracterización
Planta Empacadora	Lavado de la fruta	Incertidumbre asociada a la bomba de agua, a las horas de trabajo y al medidor de agua.
	Materiales utilizados (HAI)	Incertidumbre asociada al uso del Ecoinvent, y SimaPro
	Método de estimación de impactos	Incertidumbre asociada al método de estimación de impactos y al WSI como factor de caracterización
Biofábrica y Lombricultura	Uso de agua	Incertidumbre asociada a la bomba de agua, a las horas de trabajo y al medidor de agua, así como a las suposiciones de consumo tomadas.
	Método de estimación de impactos	Incertidumbre asociada al método de estimación de impactos y al WSI como factor de caracterización

4. INVENTARIO DE HUELLA DE AGUA

4.1. Inventario de Huella de Agua Directa según disponibilidad

Los datos y el proceso desarrollado para obtener los resultados por el uso directo del recurso en las actividades de la Platanera Río Sixaola, se detallan en el inventario plasmado en el documento en Excel denominado “Huella de Agua Directa”. Así mismo, en este se hace referencia a toda aquella información recuperada para las estimaciones requeridas.

4.2. Inventario de Huella de Agua Indirecta según disponibilidad

El inventario de huella de agua indirecta según disponibilidad del recurso, se encuentra en el documento Excel denominado “Huella de Agua Indirecta”. En este se describe el proceso de obtención de datos, y se hace referencia a otros documentos que se requirieron para los cálculos respectivos.

4.3. Inventario de Huella de Agua Total según disponibilidad

El documento Excel nombrado como “Inventario de Huella de Agua” resume los resultados detallados en los documentos “Huella de Agua Directa” y “Huella de Agua Indirecta”. En este se pueden consultar los resultados totales obtenidos y los gráficos para el análisis de esta información.

5. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Tal como se explicó en el alcance del proyecto, el impacto evaluado en el presente estudio de huella de agua constituye la contribución a la escasez del recurso hídrico en la zona específica de Bribri, Talamanca, Limón, Costa Rica por parte del uso de agua en las actividades productivas de la empresa. Para esto se utilizó la metodología propuesta por Pfister (2009), en la que el factor de caracterización para evaluar el impacto es el Índice de Estrés Hídrico o WSI; el cual, según Vallejo (2015), permite entender la severidad de la escasez en una cuenca específica.

Cuadro 7. Información general en relación a la cuenca.

Información General	
Latitud	9.62308
Longitud	-82.836984
Cuenca	Río Sixaola
Cuerpos Receptores	Río Sand Box y Río Sixaola
WSI (m3 eq./m3 consuntivo)	0.0101

La finca de la Platanera Río Sixaola se encuentra ubicada en la cuenca del río Sixaola (Figura 9), la cual tiene un Índice de Estrés Hídrico de 0.0101. Este WSI permite identificar que dicha cuenca tiene un nivel bajo de escasez, ya que este índice es mucho menor que 0.1 (Vallejo, 2015). A su vez, el mismo autor resalta de esta clasificación, que este bajo WSI puede deberse a una demanda de agua baja en la región, o a una gran capacidad de abastecimiento sostenible en la misma.

El impacto en la escasez del recurso hídrico se estimó a partir de los resultados del inventario, con base a las ecuaciones (1) y (3) descritas en el alcance del estudio para la huella de agua directa e indirecta respectivamente. Los resultados se discuten en la siguiente sección, y los mismos se pueden encontrar en los documentos del inventario respectivo: “Inventario de Huella de Agua”, “Huella de Agua Directa” y “Huella de Agua Indirecta”.

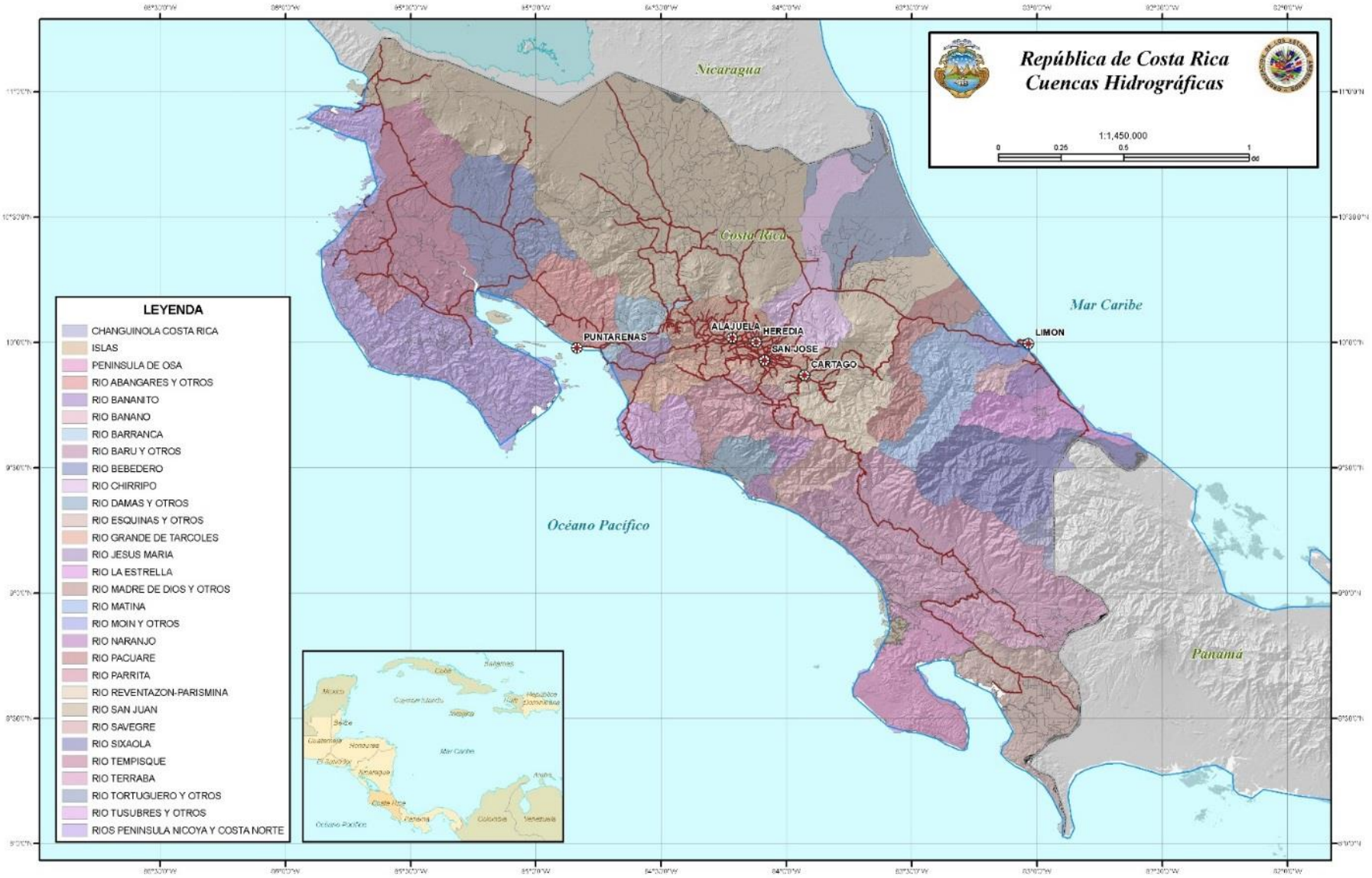

Figura 9. Cuencas de Costa Rica (SATIC, 2010).

Los valores obtenidos se relacionaron con los datos de producción del total de cajas físicas producidas de 18.14 kg para exportación, con base en el reporte del programa SAP del año 2015. A partir de esto se obtuvo el flujo de referencia, y se seleccionó como unidad funcional un valor promedio de producción mensual de 30,000 cajas de banano con dichas características. En la Figura 10 se observa la variación mensual en la producción de cajas de banano para exportación.

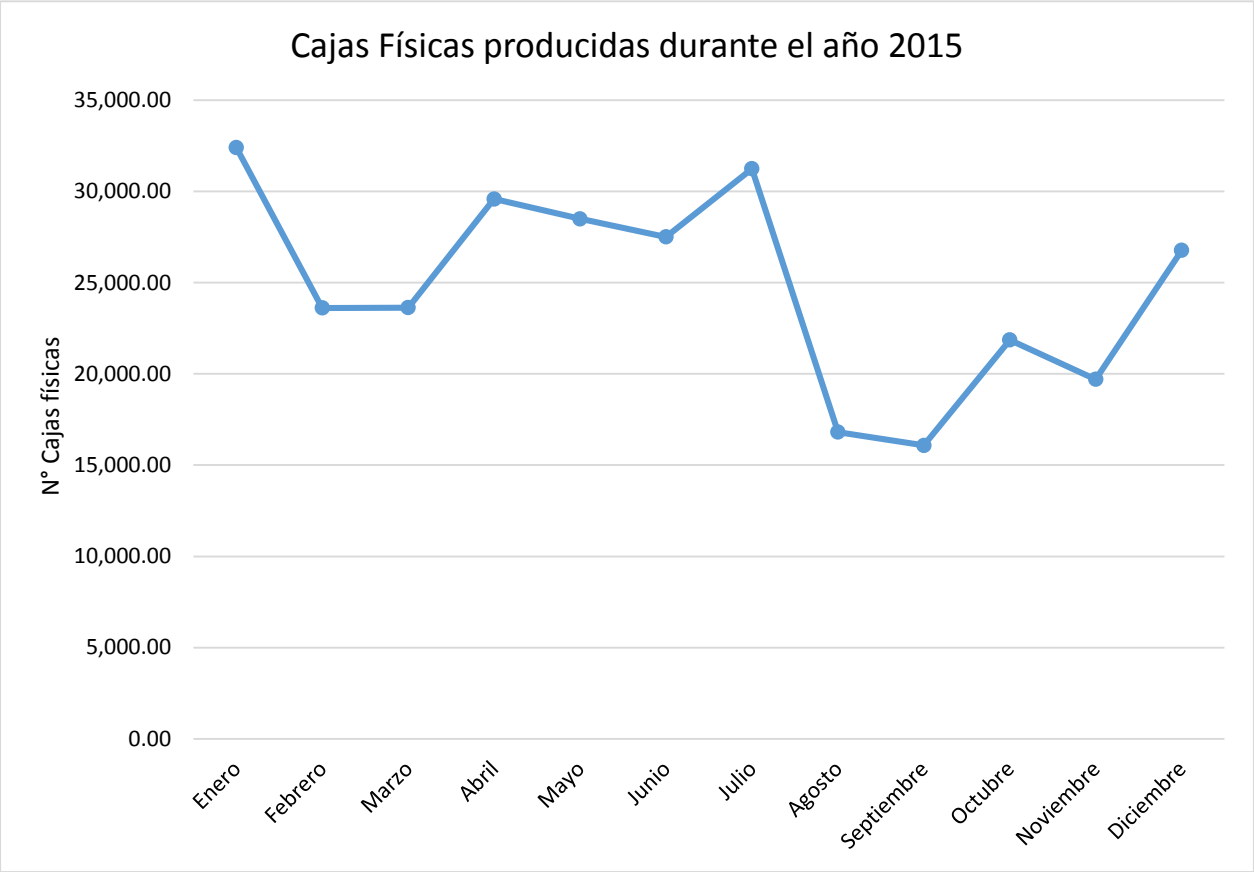

Figura 10. Gráfica de variación mensual de la producción de la Platanera Río Sixaola durante el año 2015.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. *Huella de Agua Directa según disponibilidad*

Los detalles de la huella de agua directa según disponibilidad se muestran en el documento en Excel "Huella de Agua Directa", así mismo, estos se describen en el cuadro a continuación.

Cuadro 8. Resultados del uso directo del recurso hídrico en las actividades de la Platanera Río Sixaola.

Estimaciones 2015		
Campo		
Uso consuntivo	2,554,974	m3/año
	8.583	m3/caja física
Contribución a la huella directa	99.856	%
Lombricultura		
Entradas (agua de lluvia):	18	m3/año
Salidas (agua en abono):	0.2	m3/año
Uso consuntivo	17.8	
	0.00006	m3/caja física
Contribución a la huella directa	0.0007	%
Planta Empacadora		
Entradas:	10,439.08	m3/año
Salidas:	6,776.13	m3/año
Uso consuntivo	3,662.95	m3/año
	0.012	m3/caja física
Contribución a la huella directa	0.143	%
Uso consuntivo estimado total	**2,558,655**	**m3/año**
	8.595	**m3/caja física**

Huella de Agua Directa según Disponibilidad 2015		
	25,842.4	m3 eq./año
	0.0258	Hm3 eq./año
Flujo de Referencia:		
	0.087	m3 eq./caja física
Unidades Funcionales:		
Producción de 30,000 cajas físicas	2604	m3 eq.

Según se logra observar en el Cuadro 8, el uso consuntivo del agua en campo alcanza un valor de 8.583 m^3/caja física producida, el cual resulta en una contribución del 99.85%

a la huella de agua directa según disponibilidad (Figura 11). Esta gran contribución se debe a que se considera la evapotranspiración del cultivo como una pérdida de agua de la cuenca; por lo cual, al ser esta la actividad productiva en cuestión, el impacto de este uso consuntivo será inevitable.

Por otra parte, aunque se emplea gran cantidad de agua en la Planta Empacadora, esta únicamente contribuye a la huella de agua directa según disponibilidad, en un 0.143%. Esta baja contribución se debe a que el agua empleada en el proceso es reutilizada y regresada a la misma cuenca. Las pérdidas que provocan esta leve contribución en dicha etapa productiva, se deben principalmente a la evaporación del agua. Sin embargo, se resalta que se podría alcanzar un valor de pérdidas mucho menor si se contabilizara mediante medidor todas las salidas de agua, ya que este valor de salida fue una estimación y no un dato primario.

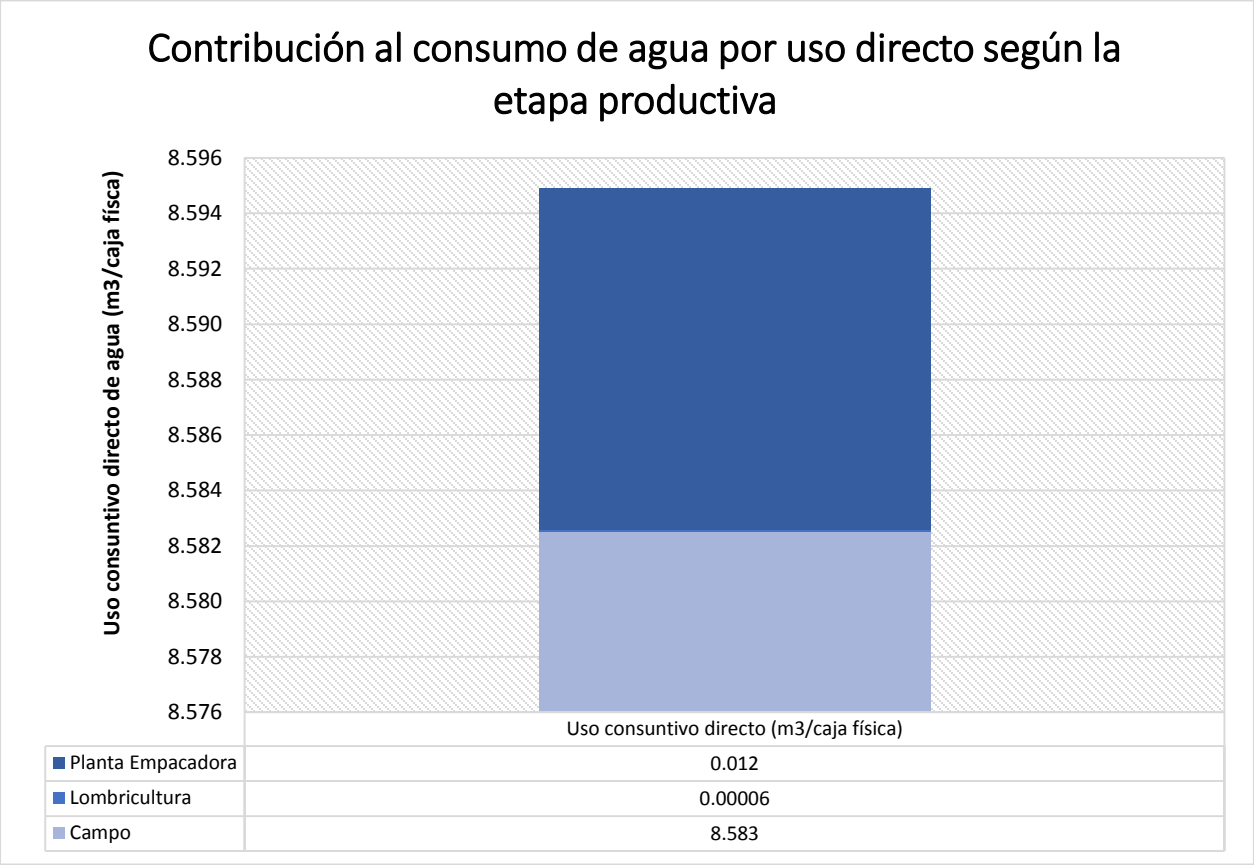

Figura 11. Contribución al consumo de agua por uso directo según la etapa productiva.

El valor obtenido de huella de agua directa según disponibilidad resulta en un 0.087 m^3 equivalentes por cada caja física producida durante el 2015 de 18.14 kg para

exportación. Este valor se refiere según Vallejo (2015, p.89) a “la cantidad equivalente de agua de la cual otros usuarios competidores son privados como consecuencia del uso del agua”. Por consiguiente, se estima que para la producción de 30,000 cajas físicas de banano de exportación de 18.14 kg durante el 2015, se contribuyó a una escasez de 2,604 m^3 equivalentes de agua.

6.2. *Huella de Agua Indirecta según disponibilidad*

Los detalles de la huella de agua indirecta según disponibilidad se muestran en el documento en Excel “Huella de Agua Indirecta”, y se incluyen los resultados en el cuadro a continuación.

Cuadro 9. Resultados del uso indirecto del recurso hídrico en las actividades de la Platanera Río Sixaola.

Estimaciones 2015		
Campo		
Uso consuntivo	1.319	m3/caja física
Contribución a la huella indirecta	23.6	%
Planta Empacadora		
Uso consuntivo	4.279	m3/caja física
Contribución a la huella indirecta	76.4	%
Uso consuntivo estimado total	**5.598**	**m3/caja física**

Huella de Agua Indirecta según Disponibilidad 2015		
	0.057	m3 eq./caja física
Flujos de Referencia:		
	0.057	m3 eq./caja física
Unidades Funcionales:		
Producción de 30,000 cajas físicas	1696	m3 eq.

Con base en los resultados mostrados en el Cuadro 9, se destaca que la mayor contribución a la huella de agua indirecta según disponibilidad, la da el agua asociada a la producción y uso de los materiales y recursos que se emplean en la Planta Empacadora. Esta contribución alcanza un porcentaje de 76.4% del total de metros cúbicos privados a la cuenca por cada caja física de 18.14 kg producida para exportación (Figura 12).

Lo anterior tiene sentido en cuanto se comparan los materiales y las cantidades de estos que se consumen por cada caja física en el Campo y en la Planta Empacadora. En la primera etapa del proceso productivo se contribuye con los agroquímicos, mecate de piola, el plástico cobertor del racimo y los fertilizantes. Mientras que en la segunda, la Planta Empacadora, se abarca todo el material requerido para armar la caja, empacar el banano, y embalarlo para su exportación. Pero además de esto, se toma en cuenta la energía que se requiere para este proceso.

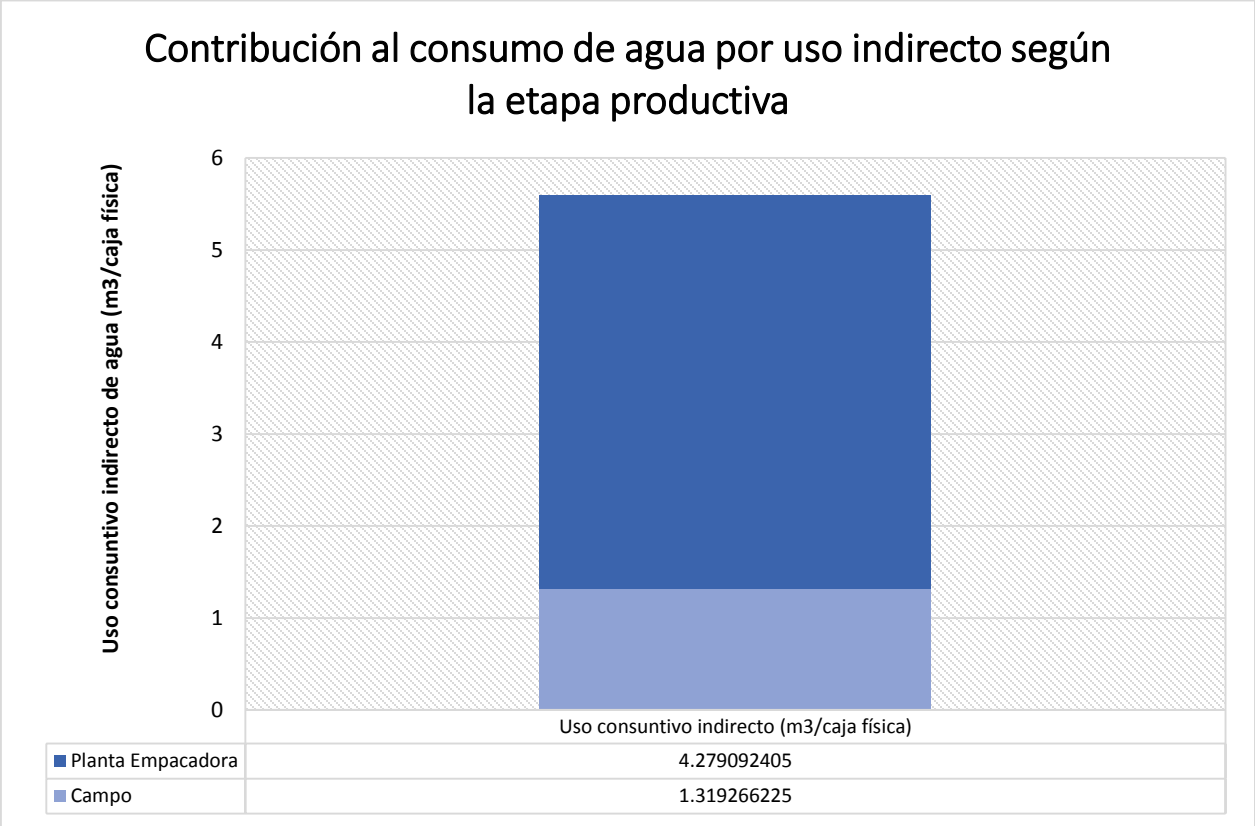

Figura 12. Contribución al consumo de agua por uso indirecto según la etapa productiva.

Según se puede observar en la Figura 13, la mayor contribución a la huella de agua indirecta según disponibilidad, lo da en un 64.97% el uso de las cajas de cartón. Posteriormente le sigue el uso de los agroquímicos (12.68%), los fertilizantes (9.25%) y seguidamente el uso de la tarima (8.14%). Con respecto a este último material, sería importante evaluar su contribución estudiando el caso específico de la Platanera Río Sixaola, ya que estas se producen dentro de la finca.

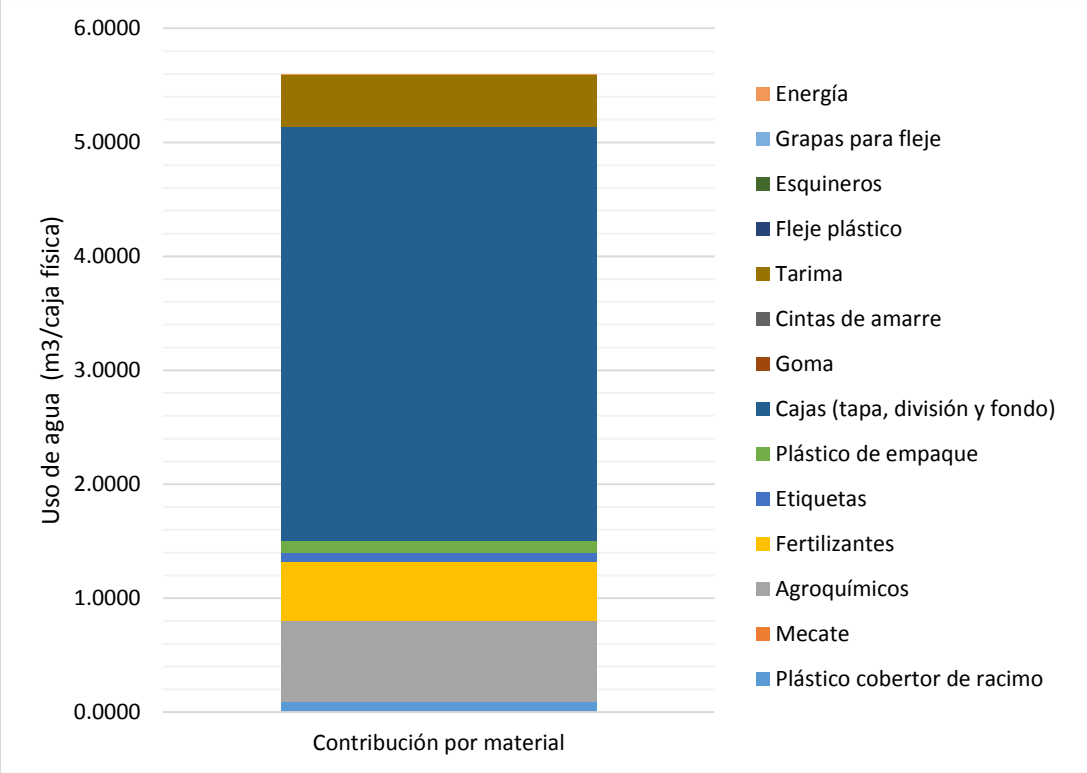

Figura 13. Contribución de los materiales utilizados en el proceso a la huella de agua indirecta según disponibilidad.

Es importante resaltar que la Platanera Río Sixaola, realizó un esfuerzo por instalar los paneles solares en su planta a finales del año 2015; por lo cual, se espera que para futuros estudios, la contribución de la energía a la huella de agua indirecta sea mucho menor. Así mismo, se cuenta con el uso de algunos materiales reciclados, lo cual contribuye a la disminución de la huella de agua.

Se destaca que el cambio de materiales empleados en la producción de una caja física de banano, por materiales “eco-amigables” y/o reciclados, contribuirá a la disminución de la huella de agua según disponibilidad. Además, se debe estar en constante evalúo de las actividades productivas, de forma que se logre optimizar el uso de los materiales y evitar los desperdicios de los mismos. Es importante también buscar el diseño de cajas o empaques cada vez más eficientes en cuanto a su función y al uso racional de los recursos; es decir, buscar diseños que utilizando menos material, cumplan la misma función.

6.3. Huella de Agua Total según disponibilidad

En el cuadro a continuación se presenta el resumen de los resultados según los usos consuntivos y la huella de agua directa e indirecta según disponibilidad obtenida.

Cuadro 10. Resumen de los resultados de uso consuntivo y la huella de agua según disponibilidad.

USO CONSUNTIVO DE AGUA		
Campo		
Uso consuntivo de agua directo		
	8.583	m3/caja física
Uso consuntivo de agua indirecto		
	1.319	m3/caja física
TOTAL	**9.90**	**m3/caja física**
Planta Empacadora		
Uso consuntivo de agua directo		
	0.012	m3/caja física
Uso consuntivo de agua indirecto		
	4.279	m3/caja física
TOTAL	**4.29**	**m3/caja física**
Lombricultura		
Uso consuntivo de agua directo		
	0.00006	m3/caja física
TOTAL	**0.00006**	**m3/caja física**

HUELLA DE AGUA SEGÚN DISPONIBILIDAD TOTAL		
DIRECTO		
Uso consuntivo de agua directo		
	8.595	**m3/caja física**
Huella de agua directa		
	0.087	**m3 eq./caja física**
INDIRECTO		
Uso consuntivo de agua indirecto		
	5.598	**m3/caja física**
Huella de agua indirecta		
	0.057	**m3 eq./caja física**
Flujo de Referencia	**0.14**	**m3 eq./caja física**
UF	**4,301**	**m3 eq./ 30,000 cajas físicas producidas**

Tal como se puede observar en la Figura 14, la mayor contribución a la huella de agua total está dada por el proceso en Campo (70%). Mientras que el proceso en Planta Empacadora contribuye con el restante 30% del total de la huella. Se estima que por el uso directo del recurso se contribuye a una privación de agua en la cuenca para otros usuarios, de 0.087 metros cúbicos equivalentes por cada caja física producida de 18.14 kg durante el 2015. Por otra parte, se estima que por el uso indirecto se contribuye a una privación de 0.057 metros cúbicos equivalentes por cada caja física producida de 18.14 kg durante el 2015.

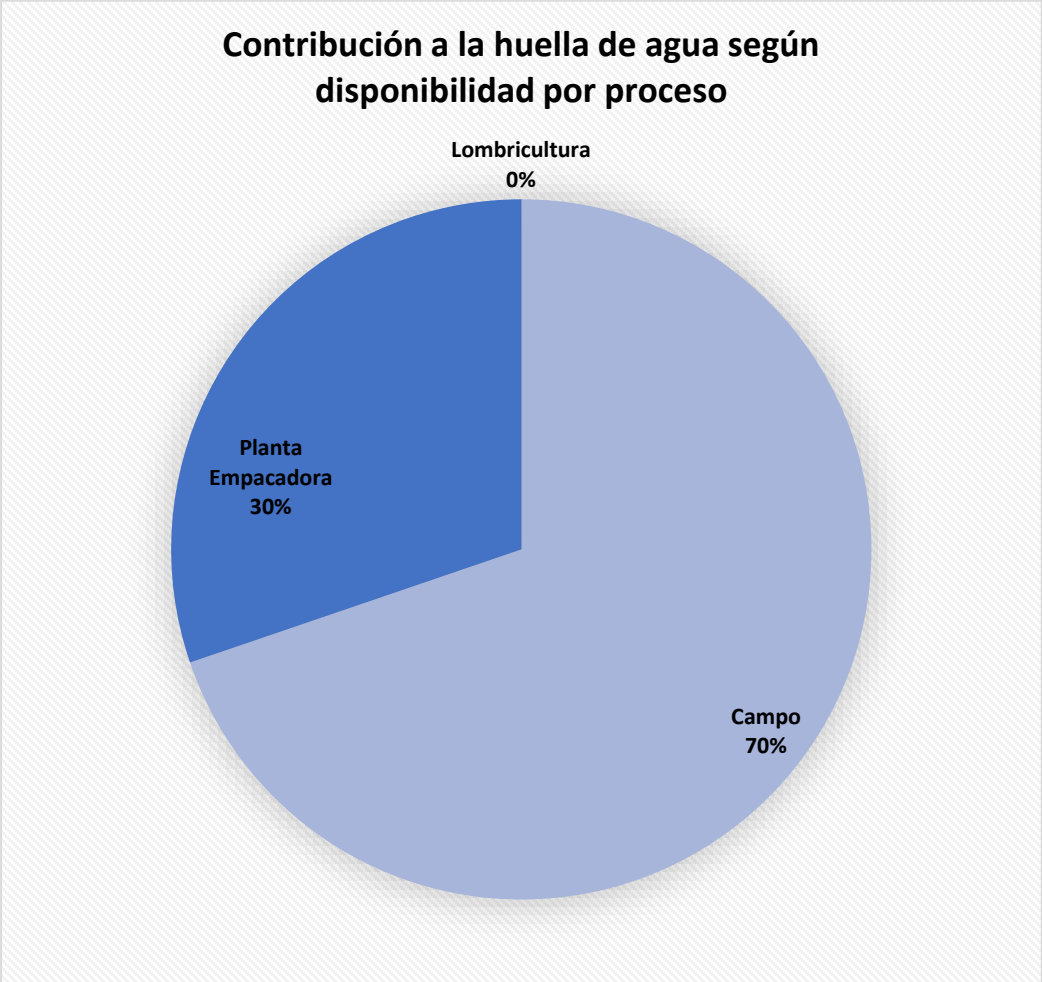

Figura 14. Contribución a la huella de agua según disponibilidad por cada proceso productivo.

Al realizar un análisis de los resultados del uso consuntivo del agua, se encontró que el Campo en el uso directo, representa el mayor consumo por caja física producida como

consecuencia de la pérdida por evapotranspiración del cultivo en las 143.64 Ha sembradas de banano (Figura 15). Seguidamente, se identifica al uso indirecto en Planta Empacadora por el uso de los materiales de producción (Figura 16). El uso indirecto en Campo constituye el siguiente puesto, y finalmente se encuentra el uso directo en Planta Empacadora que comprende la menor contribución. Con base en el análisis de sensibilidad, se excluye el proceso de Lombricultura, cuyo uso no es significativo porque no representa más del 0.0% del total (Figura 14).

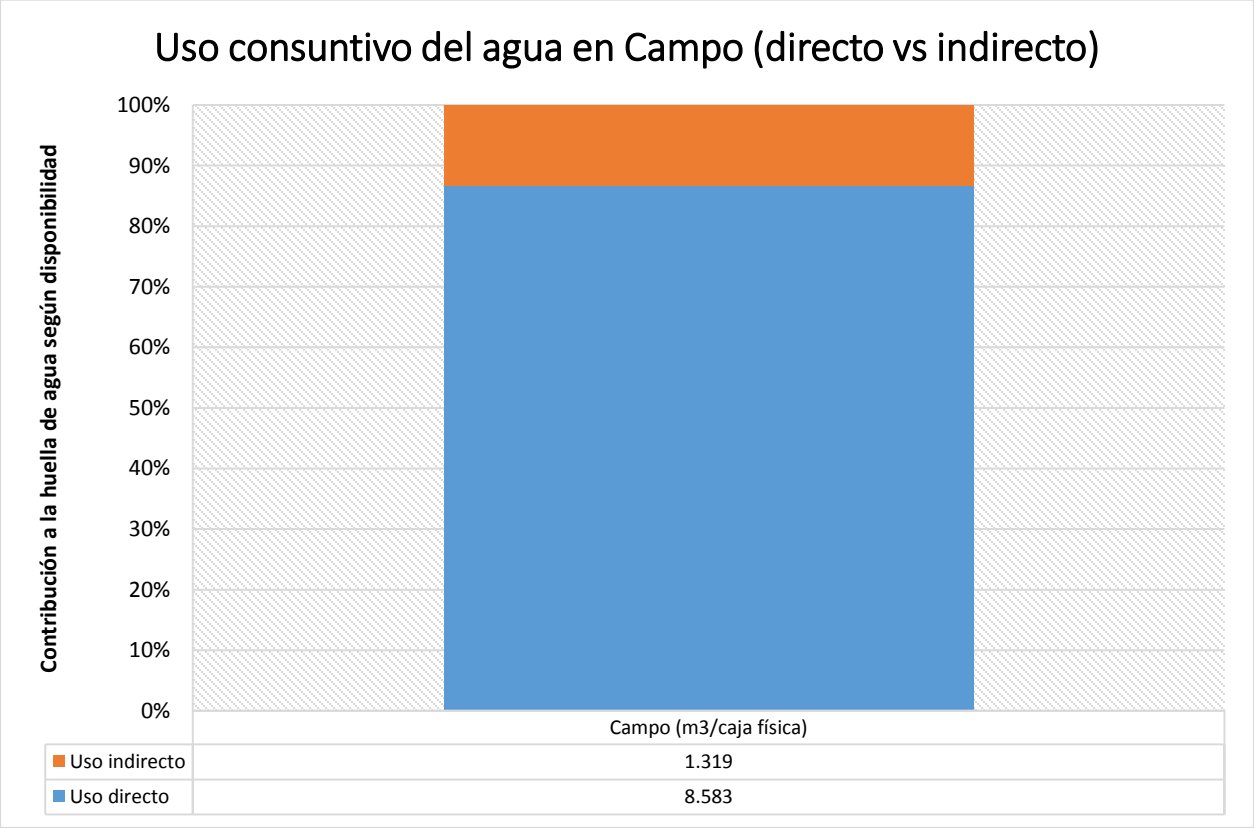

Figura 15. Uso consuntivo del agua en Campo (directo vs indirecto).

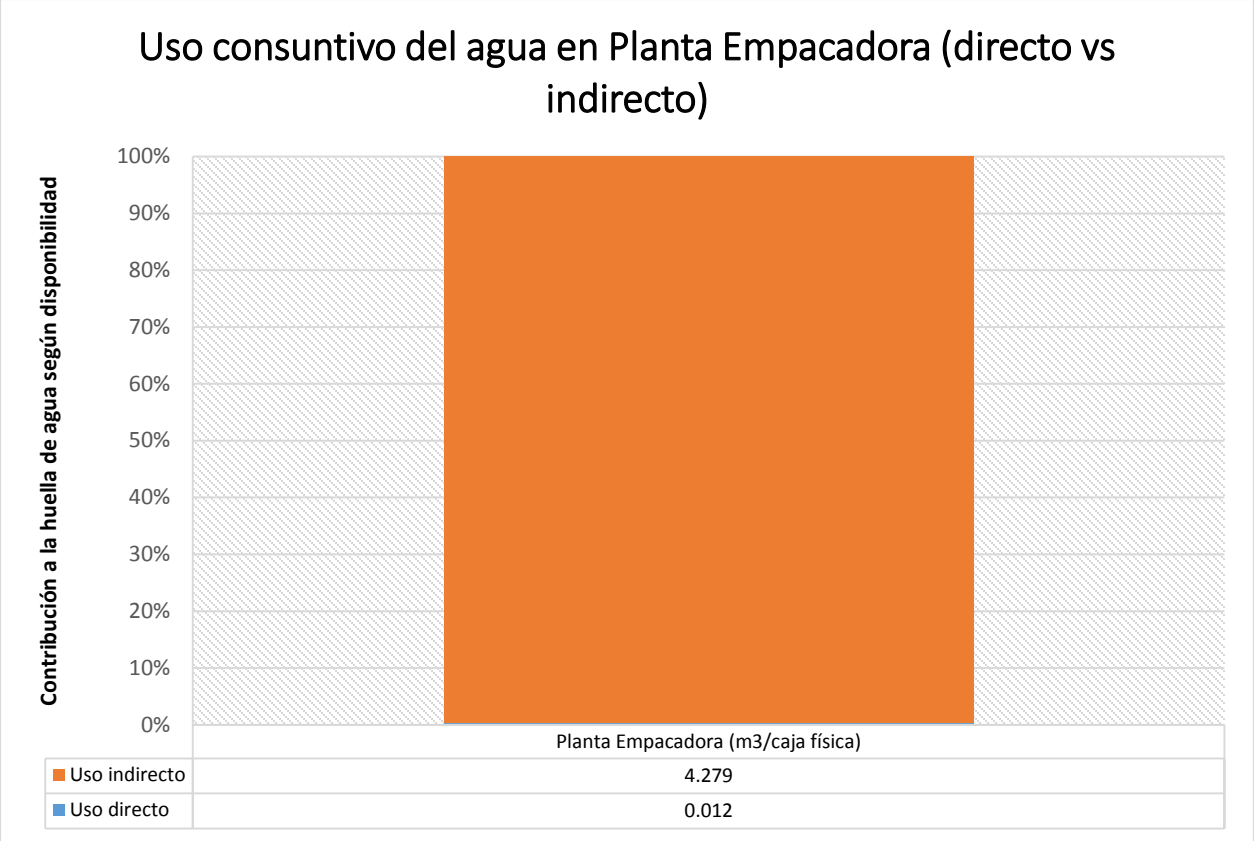

Figura 16. Uso consuntivo del agua en Campo (directo vs indirecto).

Cabe resaltar que no existen estudios similares a este con los cuales se pueda comparar asertivamente el resultado, y definirlo como bajo o alto. Es importante explicar que el presente estudio permite entender el uso de agua en el proceso productivo del banano de exportación en la Platanera Río Sixaola, y contribuir a la investigación en el tema en dicho sector.

A continuación se detalla lo identificado en la literatura al realizar una revisión bibliográfica de los estudios similares en esta actividad. En lo que respecta al consumo de agua en campo, en la publicación de Zarate y Kuiper (2013) se menciona que el rango de evapotranspiración para el banano que ha determinado la FAO para un clima tropical húmedo, varía entre los 1200 mm/año a los 2200 mm/año. Rango entre el cual se encuentra la evapotranspiración estimada de la Platanera Río Sixaola.

Por otra parte, en el estudio publicado por Roibás et al (2015), se obtuvo un valor de 171 l/kg para fincas convencionales en lo que se conoce como huella hídrica azul, y un valor de 142 l/kg consumidos en la huella hídrica verde. Dichos resultados sumados dan

un valor total de huella hídrica de 313 l/kg. En el estudio publicado por Sikirica (2011), se obtuvo un valor de huella hídrica en campo de 230 l/kg. Estos resultados mencionados serían comparables, en el presente estudio, a lo que respecta el uso de agua consuntivo directo en campo, relacionándolo al peso por caja, se encuentra un valor de consumo en la finca de la Platanera de 473 l/kg.

En lo que se refiere a la Planta Empacadora, se resalta que Zarate y Kuiper (2013) realizaron un estudio en empresas productoras de banano en Ecuador y Perú. En este, obtuvieron un resultado de consumo de agua de 24 l/kg para Ecuador, y de 7 l/kg para Perú; en cuanto al estudio de Sikirica (2011), se obtuvo un valor de huella hídrica de 0.05 l/kg. Al comparar estos valores respecto al uso consuntivo directo de agua en dicho proceso en la Platanera Río Sixaola, y relacionando los resultados al peso de cada caja, se encontró que en esta se hace uso de 0.66 l/kg de banano, valor encontrado entre los resultados de ambas publicaciones.

Es importante resaltar que las metodologías y el alcance de los estudios que se mencionan para comparar los resultados, son distintas a la metodología y alcance empleada en el presente estudio. Por lo cual, una comparación de estos resultados no sería certera para definir si es alto o bajo el consumo de agua. Además, en el estudio desarrollado por la Platanera Río Sixaola, se contabilizan los impactos ambientales específicos en la cuenca, tomando en cuenta inclusive la contribución indirecta del agua, lo cual le confiere un mayor valor al resultado obtenido.

A partir del desarrollo de este estudio, se identificaron las oportunidades de mejora en la gestión de la información y en la gestión del recurso hídrico en la empresa. Adicionalmente, se toma consciencia de la contribución de las actividades de la Platanera Río Sixaola, a los impactos en la escasez del agua en la cuenca y privación de esta a otros usuarios. Y por medio de este se logra reconocer aquellos procesos o materiales en los que hay oportunidades para trabajar con el fin de reducir la huella de agua según disponibilidad del producto, y promover el resguardo de tal preciado y esencial recurso para beneficiar con esto a la población de la región y a las futuras generaciones.

7. ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE AGUA

Los usos de agua en los cuales el 100 % de esta es regresada a la misma cuenca, no contribuyen a la huella de agua según disponibilidad. Por lo tanto es importante el estudio realizado, de forma que se logró identificar que:

- La evapotranspiración del cultivo siempre contribuirá a la huella de agua directa según disponibilidad, ya que es un uso indispensable e intrínseco a la actividad productiva. Sin embargo, se destaca que la Platanera Río Sixaola contribuye a la protección del recurso hídrico mediante sus bosques de Mielina. Se insta, por consiguiente, a contribuir con dicha práctica, y en la medida en que sea posible, a extender la siembra de árboles en los alrededores de la finca y la región en general para protección de las fuentes de agua.
- Se recomienda realizar una búsqueda de materiales de empaque más amigables con el medio ambiente, y cuyo proceso productivo demuestre un menor uso de agua. Debido a la alta contribución del uso de agua indirecto en la huella de agua según disponibilidad total, este tipo de materiales puede contribuir a la reducción de la huella de agua según disponibilidad. Se pueden buscar alternativas más sostenibles al cartón corrugado y agroquímicos, o bien, buscar optimizar su uso con diseños más eficientes en cuanto a la cantidad empleada de material.
- Es recomendable promover el uso de materiales reciclados, y la reutilización de aquellos que se permitan según las exigencias del mercado y la actividad productiva.
- Así mismo, aunque el consumo de energía no aporta un volumen significativo a la huella de agua según disponibilidad, el ahorro energético puede contemplarse como una oportunidad de mejora y reducción de la huella. Se insta a continuar con los esfuerzos realizados en dicho aspecto, y en paralelo a estas mejoras ya realizadas, promover actividades y medidas para la reducción del consumo de energía eléctrica.

En cuanto a la gestión de la información, se generan las siguientes recomendaciones:

- Establecer un solo documento para el registro de toda la información relacionada al consumo de agua en la empresa. De esta forma, se centralizará la información para su rápido y fácil acceso, y permitirá mejorar la trazabilidad de la misma. Esto también permitirá la confianza de los auditores al evaluar los datos, ya que se contará únicamente con una fuente, que debe estar ligada al registro de datos en el programa SAP para una mejor trazabilidad.
- Se debe comenzar a registrar el consumo de agua en la biofábrica y en la unidad de Lombricultura, de forma que los datos para futuros estudios sean primarios, y no derivados de suposiciones y estimaciones. Para esto se debe definir un procedimiento específico, y un responsable de seguimiento de los datos.
- Es importante tomar, al menos una vez al mes, la medición de los volúmenes del sistema de recirculación y las pilas de lavado, de esta forma se tendrá un dato más certero y con menos incertidumbre de este valor.
- Se recomienda a su vez, la instalación de un medidor a la salida de las aguas en la Planta de Tratamiento; o bien, definir un proceso específico de realización semanal para tener registros de las salidas en la Planta de Tratamiento y en los canales que recogen las aguas que se riegan de las pilas de lavado de la Planta Empacadora. De esta forma se obtendrá un valor de salida de agua más certero, y se espera que se reduzca el valor obtenido de huella de agua por uso directo de la Planta Empacadora.

Como recomendación final, se resalta que para obtener un panorama más completo de los impactos por el uso del recurso, se debe continuar con estudios de la huella de agua por degradación. Esta incluirá el análisis de los impactos en la eutrofización, ecotoxicidad y toxicidad humana, para esto se requerirá mejorar en la recuperación de información de la Planta de Tratamiento, así como de los análisis físico-químicos de las aguas involucradas en la actividad.

8. CONCLUSIONES

El agua es indispensable para el sostenimiento de la vida y el ecosistema, por lo cual el acceso a este recurso es reconocido por las Naciones unidas como “un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos”. Sin duda alguna, este recurso está bajo una gran presión en muchas áreas del planeta, como consecuencia de la sobreexplotación y la contaminación de este. A pesar de que Costa Rica contiene una riqueza de fuentes de agua, se encuentra en una región vulnerable a los cambios de clima, y no escapa de las problemáticas mundiales relacionadas a este recurso (Vallejo, 2015).

La empresa Platanera Río Sixaola, exportadora de banano para Alemania, se ubica en una cuenca con un índice de estrés hídrico bajo (WSI de 0.0101), el cual indica que dicho recurso no se encuentra bajo presión en la cuenca del Río Sixaola. En el entendimiento del compromiso que la empresa tiene para el resguardo del recurso hídrico, esta realizó el esfuerzo de medir su huella de agua según disponibilidad con un enfoque de cuna a la puerta. El resultado final de esta dio un valor, respecto al flujo de referencia, de 0.14 metros cúbicos equivalentes privados por cada caja física de 18.14 kg producida para exportación durante el año 2015. Se resalta que no hay estudios similares en cuanto alcance, que permitan clasificar dicho valor en un rango de magnitud; pero el estudio permitió la concientización de los usos que contribuyen de mayor forma a esta huella estimada.

El Campo en el uso consuntivo directo por la evapotranspiración de las plantas, constituye el principal contribuyente a la huella de agua según disponibilidad; seguidamente se encuentra el uso indirecto en la Planta Empacadora, y el uso indirecto de agua en Campo por el uso de materiales. La menor contribución la tiene la Planta Empacadora en su uso directo, ya que el agua es reutilizada y regresada a la misma cuenca.

Como resultado de este estudio, se lograron identificar oportunidades de mejora en la gestión de la información y del recurso hídrico. Se resalta que, la búsqueda de materiales de empaque más amigables con el ambiente, el uso de materiales reciclados o reutilizados, y el diseño de empaques más eficientes en relación a la cantidad de material

empleado, contribuirán a la reducción de la huella de agua según disponibilidad. Cabe destacar que, las mayores oportunidades de reducción se encuentran en el uso de cartón corrugado, agroquímicos y fertilizantes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boulay, A. M., Bulle, C., Bayart, J. B., Deschênes, L., y Margni, M. (2011). Regional characterization of freshwater use in LCA: Modeling direct impacts on human health. *Environmental Science and Technology*, *45*(20), 8948–8957. doi:10.1021/es1030883

Díaz, E. (2002). Guía de Lombricultura. *Lombricultura: Una alternativa de producción*. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior [ADEX]. Municipio Capital de La Rioja, Nicaragua. pp. 57.

ETHzürich. (2015). Downloads: Watershed level: kmz-file (for use in Google Earth). Recuperado de https://www1.ethz.ch/ifu/ESD/downloads/EI99plus

Goedkoop, M., Heijungs, R., De Schryver, A., Struijs, J., y van Zelm, R. (2013). ReCiPe 2008. A LCIA method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. (1st ed.). Recuperado de http://www.pre-sustainability.com/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf

Goedkoop, M., Heijungs, R., De Schryver, A., Struijs, J., y van Zelm, R. (2014). Characterisation and normalisation factors (updated Dec. 2014). Recuperado de http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet

Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO]. (2015). INTE ISO 14046:2015 Gestión ambiental — Huella de agua — Principios , requisitos y directrices.

Instituto Meteorológico Nacional [IMN]. (2016). Atlas Climatológico. Recuperado de https://www.imn.ac.cr/atlas-climatologico

Kounina, A., Margni, M., Bayart, J.-B., Boulay, A. M., Berger, M., Bulle, C., … Humbert, S. (2012). Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *18*(3), 707–721. doi:10.1007/s11367-012-0519-3

Jeswani, H. K., y Azapagic, A. (2011). Water footprint: Methodologies and a case study for assessing the impacts of water use. *Journal of Cleaner Production*, *19*(12), 1288–1299. doi:10.1016/j.jclepro.2011.04.003

Northey, S. a., Haque, N., Lovel, R., y Cooksey, M. a. (2014). Evaluating the application of water footprint methods to primary metal production systems. *Minerals Engineering*, *69*, 65–80. doi:10.1016/j.mineng.2014.07.006

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivo. Roma, Italia. 298 p. ISSN 0254-5293.

Pfister, S., Koehler, A., y Hellweg, S. (2009). Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science & Technology*, *43*(11), 4098–4104. doi:10.1021/es802423e

Rohibás, L., Elbehri, A. y Hospido, A. (2015). Evaluating the sustainability of Ecuadorian bananas: Carbon footprint, water usage and wealth distribution along the supply chain. *ELSEVIER, Sustainable Production and Consumption* (2), 3-16.

Sikirica, N. (2011). Water Footprint Assessment Bananas and Pineapples. *Soil & More International*. p. 41.

Sistema de Alerta Temprana para el Istmo Centroamericano y la República Dominicana [SATIC] (2010). Información Geo Referenciada. COSTA RICA - Mapas Temáticos. Recuperado de http://sat.rimd.org/mapa.php?id=185

Vallejo, A.L. (2015). Metodología práctica para la cuantificación de la huella de agua en Plantas Empacadoras de banano en Costa Rica. Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Tecnológico de Costa Rica.

Zarate, E. y Kuiper, D. (2013). Evaluación de Huella Hídrica del banana para pequeños productores en Perú y Ecuador. *Good Stuff International.* p. 70.

APÉNDICES

Documento	Descripción
Inventario de Huella de Agua	Documento en Excel que incluye aspectos generales del estudio, y resume los resultados del uso consuntivo de agua directo e indirecto, así como la huella de agua según disponibilidad.
Huella de Agua Directa	Documento en Excel que abarca las estimaciones, cálculos y detalles de la huella de agua directa según disponibilidad.
Huella de Agua Indirecta	Documento en Excel que abarca las estimaciones, cálculos y detalles de la huella de agua indirecta según disponibilidad.
MODELACIÓN SIMAPRO-HAI	Incluye los resultados de la estimación de la huella de agua indirecta en el software SimaPro, mediante el uso de la base de datos Ecoinvent.
CROPWAT-PRS-Datos	Incluye los resultados de la estimación de la evapotranspiración de las plantas en el campo mediante el uso del software CROPWAT.