

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
Huella Hídrica del cultivo de piña (*Ananas comosus*) y banano (*Musa paradisiaca*) de la empresa Dole Food Company en la Zona Norte de Honduras

Estudiante

María Fernanda Silva Garcés

Asesores

Josué Aníbal León Carvajal, Mtr.

Erika Tenorio Moncada, M.Sc.

Honduras, agosto de 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a “Dole Food Company” por haberme dado la oportunidad de desarrollar mi proyecto especial de graduación en las plantaciones de banano y piña de la empresa a través del Proyecto de Gestión Participativa de la Subcuenca del Río Uchapa. Al Ing. Roberto Salinas por haberme brindado su apoyo e información durante todo el proceso. Al Ing. Ariel Acosta por haberme acompañado en el proceso de recolecta de datos en campo en la Ceiba y Olanchito. A los ingenieros Walter Tizado, Karbel Montes, Aldo Contreras, Pedro Mejía y a todo el equipo de investigación por su apoyo durante todo el proceso.

Contenido

Agradecimientos.....	3
Índice de Cuadros.....	7
Índice de Figuras.....	8
Índice de Anexos.....	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Metodología.....	15
Sitio de Estudio	15
Caracterización de las Áreas de Cultivo y Empacadoras.....	16
Estimación de la Huella Hídrica.....	17
“CropWat®” 8.0.....	17
Módulo de Clima/Evapotranspiración (ETo):.....	18
Módulo de Precipitación.....	19
Módulo de Cultivo.....	19
Módulo de Suelo.....	21
Módulo de Programación	22
Huella Hídrica Verde	23
Huella Hídrica Azul	23
Huella Hídrica Gris.....	25
Resultados y Discusión.....	26
Cultivo de Piña	26
Condiciones Climáticas	26
Características del Cultivo.....	27

Suelo.....	28
Mecanización	29
Nutrición	30
Fuentes de Agua	30
Riego	32
Cosecha	32
Infraestructura	32
Productividad	32
Empacadora	33
Cultivo de Banano	34
Condiciones Climáticas	34
Características del Cultivo.....	34
Suelo.....	35
Nutrición	36
Fuentes de Agua	36
Riego	37
Cosecha	39
Infraestructura	40
Manejo de Plagas y Enfermedades.....	40
Productividad	40
Empacadoras.....	42
Certificaciones y Sostenibilidad	42
Evaluación de Huella Hídrica.....	45
Huella Hídrica de Piña	45
Huella Hídrica de Banano.....	46

	6
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Referencias.....	52
Anexos.....	54

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Clase de suelos en las fincas Este y Oeste de AGROPOR.....	29
Cuadro 2 Tipos de fertilizantes usados en AGROPOR durante los años 2021 y 2022	30
Cuadro 3 Pozos de agua activos usados en AGROPOR	31
Cuadro 4 Estaciones de Sump activos en AGROPOR	31
Cuadro 5 Producción anual de AGROPOR de los años 2020-2022	33
Cuadro 6 Textura de las cinco fincas a una profundidad de 40 cm	36
Cuadro 7 Bombas y grupos de riego utilizadas por cada finca	38
Cuadro 8 Certificaciones utilizadas por Dole Food Company en los cultivos de piña y banano	43
Cuadro 9 Huella Hídrica de la fase productiva de piña	45
Cuadro 10 Huella Hídrica de la fase de empaque de la piña	46
Cuadro 11 Huella Hídrica total de piña en la fase productiva y de empaque	46
Cuadro 12 Huella Hídrica de la fase productiva de banano.....	47
Cuadro 13 Huella Hídrica de la fase de empaque del banano	48
Cuadro 14 Huella Hídrica total de piña en la fase productiva y de empaque	49

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del cultivo de piña, El Porvenir-Atlántida, Honduras	15
Figura 2 Ubicación del sitio de estudio en el departamento de Olancho y Arenal, Zona Norte de Honduras.....	16
Figura 3 Precipitación promedio en AGROPOR periodo 2005-2022.....	26
Figura 4 Temperaturas promedio mensual de AGROPOR de la estación de La Ceiba.....	27
Figura 5 Mapa general del cultivo de piña.....	28
Figura 6 Precipitación promedio anual de las 5 fincas de 2002 hasta 2022	34
Figura 7 Total de cajas empacadas al año.....	41

Índice de Anexos

Anexo A Requerimientos de Clima.....	54
Anexo B Precipitación media mensual por una serie temporal.....	55
Anexo C Datos del suelo.....	56
Anexo D Riego por aspersión con cañón autopropulsado Irrifrance	57
Anexo E Carreta de transporte de piña.....	58
Anexo F Mapa general de las fincas Palo Verde A y Palo Verde B.....	59
Anexo G Mapa general de la finca Cayo	60
Anexo H Mapa general de la finca Naranja	61
Anexo I Mapa general de la finca ACARSA.....	62
Anexo J Textura del suelo de la Finca Palo Verde A.....	63
Anexo K Textura del suelo de la Finca Palo Verde B	64
Anexo L Textura del suelo de la Finca Cayo	65
Anexo M Textura del suelo de la Finca Naranja	66
Anexo N Textura del suelo de la Finca ACARSA	67
Anexo O Bodega de fertilizantes.....	68
Anexo P Recomendación Nutricional Anual 2022	69
Anexo Q Aspersor de Nelson Rotator R10 Turbo P8-15, Boquilla #86	70
Anexo R Calibrador de banano	71
Anexo S Proceso de cosecha de banano.....	72
Anexo T Cable vía usado en las fincas.....	73

Resumen

El agua es un recurso vital para el desarrollo humano, pero su uso inadecuado provoca agotamiento y contaminación de las fuentes disponibles. La huella hídrica es un indicador útil para estimar el consumo de agua dulce en la producción agrícola y de empaque. En este estudio se estimó la huella hídrica de los cultivos de piña (*Ananas comosus*) y banano (*Musa paradisiaca*) en plantaciones de la empresa Dole Food Company en la zona norte de Honduras. Se utilizó el modelo "CropWat®", con registros de datos climáticos de las estaciones meteorológicas de la empresa y de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) para estimar la huella hídrica azul, verde y gris de ambos cultivos en la fase de producción. La huella hídrica de la piña se estimó en 217.66 m³/ton y para el banano la huella hídrica total en promedio de las cinco fincas evaluadas fue de 279.05 m³/ton. El rendimiento del cultivo por finca tiene una relación directa en la huella hídrica. La mayor huella hídrica de banano se estimó en la finca Naranja como resultado de sus bajos rendimientos y alto consumo de agua. A pesar de que la huella gris es relativamente baja, se deben implementar tratamientos para reducir las concentraciones de Aluminio de las pilas de lavado de ambos cultivos. Por lo tanto, un buen manejo en el cultivo, procesos eficientes en empaque y las condiciones climáticas de cada región son un factor determinante para la huella hídrica en procesos de producción.

Palabras clave: Agua, banano, estimación, indicadores, piña

Abstract

Water is a vital resource for human development, but its inadequate use causes depletion and contamination of the available sources. The water footprint is a useful indicator for estimating freshwater consumption in agricultural and packinghouse production. This study estimated the water footprint of pineapple (*Ananas comosus*) and banana (*Musa paradisiaca*) crops in plantations of the Dole Food Company in northern Honduras. The "CropWat[®]" model was used, with climatic data records from the company's weather stations and FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) to estimate the blue, green and gray water footprint of both crops in the production phase. The water footprint for pineapple was estimated at 217.66 m³/ton and for bananas the total water footprint averaged 279.05 m³/ton for the five farms evaluated. The crop yield per farm has a direct relationship with the water footprint. The largest banana water footprint was estimated for the Naranjo farm as a result of its low yields and water consumption. Although the gray footprint is relatively low, treatments should be implemented to reduce aluminum concentrations in the wash piles of both crops. Therefore, good crop management, efficient packing processes and the climatic conditions of each region are a determining factor for the water footprint in production processes.

Keywords: Banana, estimate, indicators, pineapple, water

Introducción

En la actualidad, la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y de buena calidad es una de las principales necesidades de cualquier población. Sierra (2011) menciona que las fuentes de agua, en mayor o menor proporción, han sido contaminadas gradualmente, es por esto que, a principios del siglo XIX se empezó a implementar procesos para el tratamiento del agua para consumo. Sin embargo, a medida que la humanidad se ha ido desarrollando, las descargas de agua residuales, domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos.

Para Galeano (2020), la industria alimentaria se destaca por el gran impacto medioambiental que genera, tanto por sus procedimientos de producción como por los diversos productos que ofrece al mercado. Esta situación se debe a que la actividad económica de este sector produce una cantidad significativa de residuos y consume grandes cantidades de agua, lo que puede ocasionar cargas de contaminación orgánica y eutrofización del medio acuático, impactando negativamente a los ecosistemas. También, según el tipo de alimento que se produzca, pueden generarse diferentes contaminantes que afectan el recurso hídrico directamente. Además, el autor también menciona que las aguas que provienen de la industria alimentaria contienen una carga contaminante importante y poseen un elevado contenido en materia orgánica, fósforo y nitrógeno.

Los primeros estudios realizados de la huella hídrica fueron llevados a cabo por Hoekstra A.Y y Hung en el 2002 y Chapagain y Hoekstra (2004). Estos últimos manifiestan que la huella hídrica es "la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda humana de bienes y servicios". También mencionan que "la huella hídrica puede considerarse un indicador integral de la apropiación de los recursos hídricos frente a la medida tradicional y restrictiva de la extracción del agua". Asimismo, Del Vázquez Mercado y Buenfil (2012) señalan que la Huella Hídrica puede significar un cambio de paradigma en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y en las políticas hídricas, agropecuarias y comerciales en todo el mundo.

Según Hoekstra et al. (2011), la huella hídrica corresponde al volumen de agua de lluvia que se evapora de los cultivos y el suelo, así como el agua de riego. La huella hídrica azul corresponde a la cantidad de aguas superficiales y subterráneas utilizadas o contaminadas para la producción de bienes y servicios. La huella hídrica gris corresponde a la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes de las aguas residuales hasta que se cumplan las normas de calidad del agua.

Según The World Counts (2023), la huella hídrica mundial se estima en 9 billones de toneladas por año, lo que es casi 300,000 ton de agua por segundo. Esta está compuesta por el 74% de agua verde, 15% de agua gris y 11% de agua azul. Además, el autor también menciona que esta huella hídrica mundial está incorporada a los productos agrícolas (92%), a productos industriales (4.4%) y en uso doméstico del agua (3.6%).

Los estudios de Huella Hídrica a niveles geográficos más bajos y específicos pueden proporcionar una imagen precisa de cuánta agua consumen los sistemas de agua locales, en qué condiciones y cuánta agua se necesita para compensar los flujos contaminados (Chapagain y Orr, 2009). Además, se puede conocer de donde procede el agua en el ciclo hidrológico, a la vez que se relacionan los productos comercializados con las zonas de producción. El principal método actualmente en uso es el desarrollado por Chapagain y Hoekstra (2004), actualizado en Hoekstra et al. (2009).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), el banano es un cultivo crucial en el ámbito de las frutas tropicales debido a su gran volumen de producción. Se estima que para el año 2028 representará alrededor del 53% del total mundial de producción de frutas tropicales. A pesar de que su demanda está saturada en gran parte de las regiones y su crecimiento es más lento que otras frutas tropicales, su producción global continuará aumentando a un ritmo del 1.5% anual. Además, el banano mantendrá su posición como la fruta más exportada en el comercio global y se espera que las exportaciones alcancen un volumen cercano a los 22 millones de toneladas en 2028.

Según los datos de la FAO (2023a), obtenidos de FAOSTAT, en 2021 la producción mundial de piña tropical abarca los 28,647,865.69 ton. Sin embargo, a partir del 2013, Honduras se ha visto con una disminución de la producción de piña; para el 2013 producía 137,064.09 y en 2020 produjo 65,799.97 ton de piña. Para Acuña (2006), desde el punto de vista ambiental y socioeconómico, la certificación y la calidad del producto permiten comercializar la piña en el mercado internacional. Es importante saber que para la piña (*Ananas comosus*), existen dos formas marcadas de producción de piña: por un lado, están los cultivos convencionales que cubren amplias áreas de terreno y necesitan ser tratados con varios agroquímicos, como pesticidas y productos para madurar la fruta. Por otro lado, están los cultivos orgánicos que se distinguen por un uso de tierra más limitado y la utilización reducida de agroquímicos (Maglianesi, 2013).

La empresa “Dole Food Company” es el principal productor y comercializador mundial de frutas y hortalizas frescas. Su creciente gama de productos alimenticios se ha expandido a más de 90 países y ahora está a la vanguardia del desarrollo de programas de educación nutricional para niños basados en tecnología. Los principales productos comercializados son la piña y banano, lo que ha provocado conflictos sociales asociados al uso de agua para la irrigación de estos cultivos debido a la cantidad de tierras cultivadas. Este estudio tiene como objetivo principal, estimar la huella hídrica de los cultivos de piña (*Ananas comosus*) y banano (*Musa paradisiaca*) en la fase de cultivo y empaque de la empresa “Dole Food Company” en la Zona Norte de Honduras. Los objetivos específicos son los siguientes: a) Caracterizar los aspectos biofísicos, manejo del cultivo y procesos de empaque de la piña y el banano en fincas de las empresas AGROPOR S.A. y “Standard Fruit” de Honduras; y, b) Cuantificar la huella hídrica total en fase de cultivo y procesos de empaque de piña y banano en las fincas de AGROPOR y “Standard Fruit” de Honduras.

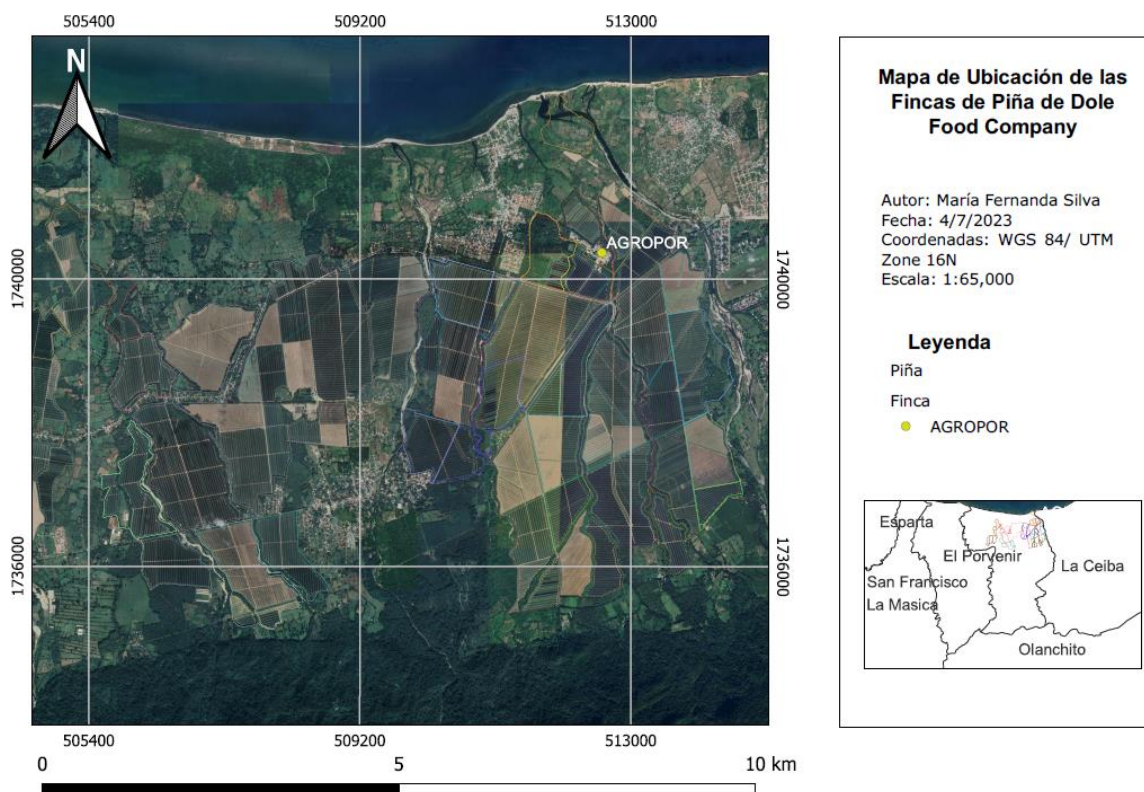
Metodología

Sitio de Estudio

El cultivo de piña situado en el municipio de El Porvenir, departamento de Atlántida (Figura 1). Se encuentra a una altitud de 26 msnm y cuenta con temperaturas que oscilan entre los 20.7 y 29 °C, así como una precipitación promedio anual de 3,230.2 mm. Cabe destacar que AGROPOR, empresa perteneciente a “Dole Food Company”, posee 3,400 ha de cultivo de piña (*Ananas comosus*) que se encuentra distribuida en dos fincas, Este y Oeste.

Figura 1

Ubicación del cultivo de piña, El Porvenir, Atlántida, Honduras

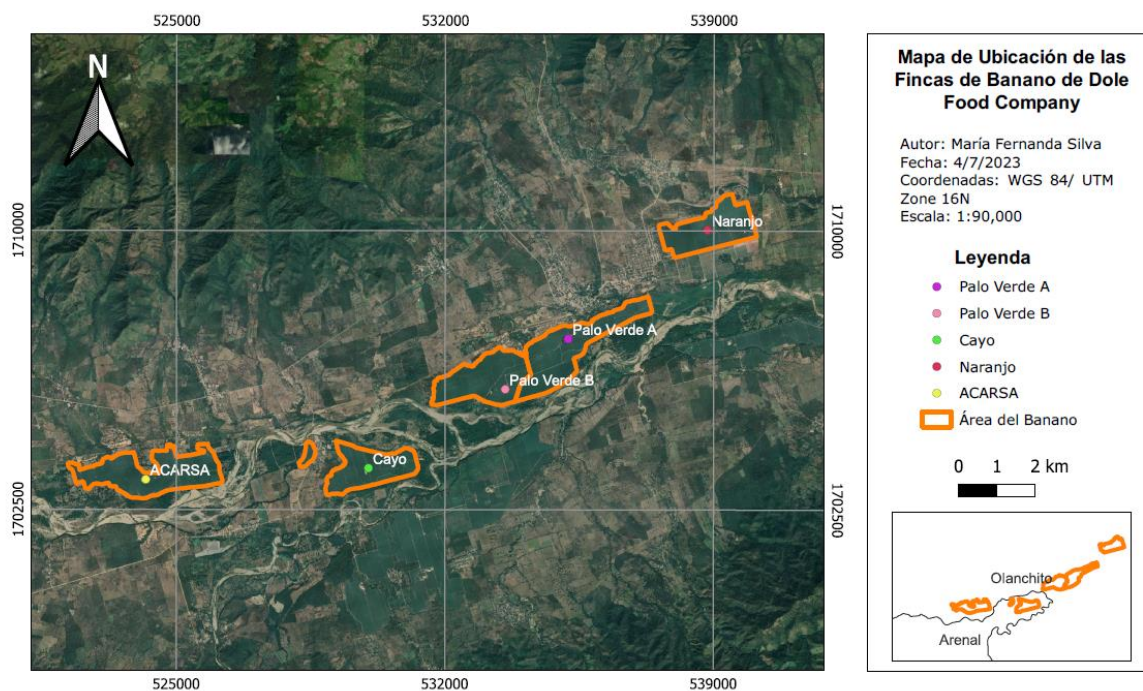


El cultivo de banano se ubica en los municipios de Olanchito y Arenal, pertenecientes al departamento de Yoro. Se encuentra a una altitud de 660 msnm y cuenta con temperaturas que oscilan entre 20.17 y 33.93 °C, y su precipitación media anual es de 994.48 mm. Para este estudio se tomaron en cuenta cinco fincas de la “Standard Fruit Company” con un total de 1,337.1 ha con cultivo

de banano (*Musa paradisiaca*). Las fincas son: Palo Verde A (285.3 ha), Palo Verde B (233.75 ha), Cayo (198.66 has), Naranjo (305.35 ha) y ACARSA (314.04 ha) como se muestra en la Figura 2. Cabe recalcar que cada finca cuenta con su propia empacadora.

Figura 2

Ubicación del sitio de estudio en el departamento de Olanchito y Arenal, Zona Norte de Honduras



Caracterización de las Áreas de Cultivo y Empacadoras

Se realizaron visitas a “Dole Food Company” que comprende AGROPOR y la “Standard Fruit Company”. A través de información adquirida por técnicos que manejan la información tanto del cultivo como de la empacadora se realizó un mapeo del área de estudio utilizando el programa “Quantum Geographic Information System” (por su abreviatura en inglés, QGIS®).

En el caso de los cultivos de piña, se proporcionaron mapas en formato “AutoCad®” por parte de AGROPOR. Dichos mapas se importaron a “QGIS®” en forma de archivo “shapefile” para su posterior manejo. En el caso del banano, el equipo de la “Standard Fruit Company” proporcionó las coordenadas de las cinco fincas y empacadoras, lo que permitió crear polígonos en “QGIS®” y generar archivos “shapefile” correspondientes a cada área.

En la descripción de las áreas de cultivo se tomó en cuenta: las características del cultivo, el manejo de las plantaciones, las condiciones climáticas, nutrición, riego, cosecha, tipo de suelo, mecanización, las fuentes de agua, la infraestructura, el manejo de plagas y enfermedades, las certificaciones y sostenibilidad y la productividad de cada finca. Y, en las empacadoras del producto: el método de lavado, el volumen de las pilas, el volumen de agua utilizado en los ciclos de lavado de fruta y los productos químicos que se utilizan en el proceso.

Estimación de la Huella Hídrica

Para contabilizar la Huella hídrica del cultivo de piña y banano se utilizó el programa “CropWat®”, mismo que está avalado por la FAO. La empresa “Dole Food Company” cuenta con estaciones meteorológicas ubicadas en cada lote de producción que proporcionan datos importantes como temperatura, humedad, radiación solar, evapotranspiración y velocidad del viento; que contribuyen a una estimación de la demanda hídrica para cada cultivo.

“CropWat®” 8.0

“CropWat®” es un programa de computadora desarrollado por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas de la FAO, se utiliza para calcular la cantidad de agua necesaria para regar los cultivos en función de datos como clima, suelo y cultivos. Según la FAO (2023c), “CropWat®” es utilizado a nivel mundial en diversos estudios de ingeniería, agricultura de precisión, nutrición y gestión hídrica. Este programa emplea información meteorológica, características del suelo y detalles del cultivo para calcular la evaporación y necesidades de riego de los cultivos. Se usó “CropWat®” en el presente estudio ya que el programa es capaz de calcular el agua necesaria para el riego de un cultivo específico y determinar sus necesidades de agua; todo en conjunto con datos relevantes como suelo y clima. De esta manera, se pudo estimar la cantidad de agua que “Dole Food Company” necesita para producir los cultivos de piña y banano, y calcular su huella hídrica azul y verde.

Módulo de Clima/Evapotranspiración (ETo):

Para el módulo de Clima/ETo es necesario ingresar información sobre la estación meteorológica (altitud, latitud y longitud) y los datos climáticos del sitio de estudio (Swennenhuis, 2009). Los datos de temperatura mínima y máxima (°C) fueron obtenidos a partir de las estaciones que están ubicadas en cada finca, una para la piña y cinco para el banano. Todos los datos que fueron proporcionados por la empresa están en formato “Microsoft Excel®” para el periodo de 2002-2022; los mismos que son recolectados por historiadores de las fincas realizan toma de los datos diariamente y luego se los entregan a los gerentes de cada finca.

Adicionalmente se usó la base de datos de las estaciones meteorológicas de La Ceiba que se encuentra ubicada en las coordenadas (15.35, -88.4) y de Olanchito que sus coordenadas son (15.73, -86.86) obtenida del programa “ClimWat® para acceder a la humedad relativa (%), viento (km/día) e insolación (horas) ya que la empresa “Dole Food Company” no mide estos parámetros. Según la FAO (2023b), “ClimWat®” incluye una serie de datos recientes con al menos 15 años. Toda la información de las estaciones es extraída de la base de datos del Grupo Agromet de la FAO.

La evapotranspiración se estimó con el método acreditado por la FAO de Penman–Monteith que está configurado automáticamente en el programa “CropWat®”. Para estimar la evapotranspiración de un cultivo de referencia, este método utiliza registros obtenidos de estaciones meteorológicas de radiación solar neta, temperatura del aire, velocidad del viento y tensión de vapor del agua (Guevara, 2006). Además, los datos que genera el programa “CropWat®” se compararon con el método actual de medición de la evaporación con pana de la empresa en función de los datos históricos.

A continuación, se muestra la Ecuación 1 de Penman-Monteith FAO98 (Allen, 2006) y la identificación de sus variables:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad [1]$$

Donde:

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Δ : Pendiente de la curva de la tensión de vapor saturado (kPa/°C)

R_n : Radiación neta sobre la superficie del cultivo (MJ/m²día)

G : Flujo calórico utilizado en el calentamiento del suelo (MJ/m²día)

$(R_n - G)$: energía disponible en la superficie del uso (MJ/m²día)

γ : Constante psicométrica (kPa/°C)

u_2 : Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

$(e_s - e_a)$: Déficit de tensión de vaporización (kPa)

T : Temperatura media del aire (°C)

e_s : Tensión de vapor saturado

e_a : Tensión de vapor actual

Módulo de Precipitación

Para el módulo de precipitación (mm) se usaron los datos de la estación meteorológica de AGROPOR y de las cinco fincas de la "Standard Fruit Company". Los tipos de datos disponibles en la entrada de "CropWat®" son de manera mensual, por lo que se realizó un promedio por mes de los últimos 20 años. Adicionalmente, el manual del programa menciona que este es capaz de realizar un cálculo de precipitación efectiva en donde se toma en cuenta las pérdidas por escorrentía superficial y percolación profunda; esto va a depender del tipo de suelo, pendiente, tipo de cultivo, intensidad de la precipitación y el contenido inicial del agua en el suelo.

Módulo de Cultivo

Este módulo está dividido en dos partes: arroz y cultivos diferentes al arroz. En este caso se escogió la segunda opción y se introdujo los datos como fecha de siembra, coeficiente del cultivo (Kc),

etapas de crecimiento, altura del cultivo, fracción de agotamiento crítico (p) y factor de respuesta del rendimiento (K_y) (Swennenhuis, 2009).

Coefficiente del Cultivo (K_c).

Está influenciado por el tipo de cultivo y en menor medida por el clima y evapotranspiración del suelo (Swennenhuis, 2009). Este varía dependiendo de las etapas del cultivo debido a los cambios que se producen a medida que el cultivo se desarrolla. Tras varias investigaciones la “Standard Fruit Company” determinó que su valor de K_c es de 1.25 debido a que el cultivo está permanente en fase final.

Etapas del Cultivo.

Swennenhuis (2009) estableció que el programa divide las etapas del cultivo en 4: La primera, es la etapa inicial desde la fecha de siembra hasta que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de la cobertura del suelo. La segunda, la fase de desarrollo del cultivo comienza cuando el cultivo cubre el 10% del suelo hasta cubrirlo por completo. La cobertura completa para muchos cultivos ocurre al comienzo de la floración. La tercera, la etapa de mediados de temporada se extiende desde la cobertura total hasta la madurez temprana. El inicio de la madurez generalmente se detecta cuando el cultivo comienza a madurar, el amarillamiento o la senescencia de las hojas, la defoliación o la maduración de la fruta, lo que resulta en una disminución de la evapotranspiración del cultivo en relación con una evapotranspiración de referencia. Y la cuarta es la etapa final, va desde la maduración hasta la cosecha o senescencia completa; se supone que el cálculo de K_c y ET_c se realiza cuando el cultivo se cosecha, se seca de forma natural, completamente senescente.

El departamento de investigación de AGROPOR maneja la plantación de piña de esta manera: 30 días en fase inicial, 270 días en fase de desarrollo, 150 días en mediados de temporada y 240 días en fin de temporada, dando un total de 690 días hasta que termine su ciclo de producción. Y para banano, el departamento de investigación de la “Standard Fruit Company” determinó: 56 días en fase

inicial, 58 días en fase de desarrollo, 84 días en mediados de temporada y 54 días en fin de temporada, dando un total de 252 días hasta que termine su ciclo de producción.

Factor de Respuesta del Rendimiento (Ky).

Hace referencia a la reducción del rendimiento relativo en función a la reducción de la ETC generada por falta de agua (Swennenhuis, 2009). Cada cultivo tiene su propio valor específico y varían dependiendo de la temporada de crecimiento. Según la publicación de la FAO No. 33 el valor recomendable para el banano es de 1 m ya que la disminución en el rendimiento es proporcionalmente menor con el aumento del déficit de agua.

Fracción de Agotamiento Crítico (p).

Este factor indica el nivel crítico de humedad en el suelo, afectando a la evapotranspiración del cultivo y su producción. Se utilizan valores específicos para cada etapa de desarrollo, los cuales fueron obtenidos de la Evapotranspiración del Cultivo (Allen, 2006). Para la piña, se usaron los valores 0.45 (etapa inicial), 0.35 (etapa mediados de temporada) y 0.55 (etapa final). Y, para el banano 0.55 (etapa inicial), 0.45 (etapa mediados de temporada) y 0.45 (etapa final).

Altura del Cultivo.

Este campo es opcional. Este valor permite ajustar valores del Kc bajo condiciones no estándar, dependiendo mucho de la humedad relativa y velocidad del viento (Swennenhuis, 2009). En el caso de la piña, no se usó este parámetro; y en el caso del banano, la altura del cultivo es de 3.5-4 m, por lo que el promedio de estos valores fue de 3.75 m.

Módulo de Suelo

Para este módulo, se requieren los siguientes parámetros: agua disponible total (ADT), tasa máxima de infiltración y profundidad radicular máxima.

Agua Disponible Total (ADT).

Es la cantidad de agua disponible para el cultivo. Es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. El ADT depende de la estructura, textura y contenido de materia orgánica en el suelo (Swennenhuis, 2009).

Tasa Máxima de Infiltración.

Representa la lámina de agua que se infiltra en el suelo en 24 horas, esto está determinado por el tipo de suelo, pendiente y la intensidad de la precipitación o riego. También, permite establecer una estimación de la escorrentía superficial (Swennenhuis, 2009).

Profundidad Radicular.

Define la capacidad de cada cultivo para aprovechar el agua del suelo (Swennenhuis, 2009). Para la piña, se usó un valor máximo de 0.6 m de profundidad y para el banano 0.40 m debido a que los estudios del suelo se realizan máximo a esta profundidad.

Para la piña, se usó la base de datos de la FAO para suelos livianos dado que no se pudo acceder a los análisis de suelos. Y para el banano, se solicitaron los análisis de suelo al departamento de investigación de la "Standard Fruit Company" y se colocaron los valores en el campo. Estos valores dependen de la cantidad de arcilla, limo y arena que tenga el suelo de cada finca.

Módulo de Programación

Este módulo permite: Desarrollo de planes indicativos de riego para mejorar la gestión del agua, evaluar las prácticas de riego actuales y la productividad del agua de los cultivos asociados, evaluar los rendimientos de los cultivos y la viabilidad del riego suplementario en condiciones de sequo y desarrollar planes alternativos de suministro de agua para situaciones en las que esta es limitada (Swennenhuis, 2009). Para este caso, el módulo generó automáticamente los datos totales necesarios para el cálculo de la huella hídrica verde y azul.

Huella Hídrica Verde

Es el agua de la precipitación que es consumida en el proceso de producción y que no se convierte en escorrentía. Se toma en cuenta que no toda el agua es utilizada por la planta, sino que existe una pérdida por evapotranspiración (Arévalo et al., 2011).

Primero, se realizó el cálculo de la evaporación de agua verde con la Ecuación 2:

$$\text{Evaporación de Agua Verde} = \text{mínimo (requerimiento hídrico de cultivo, precipitación efectiva)} \text{ [mm]} \quad [2]$$

Segundo, se calcula la evapotranspiración de agua verde total con la Ecuación [3] del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]):

$$\text{Evaporación de Agua Verde Total} = \text{evaporación de agua verde} + \text{deficit de humedad en cosecha} \text{ [mm]} \quad [3]$$

Tercero, se multiplica el agua verde total por 10 para obtener el resultado en m³/ha. Este valor es el Uso de Agua Verde del Cultivo (UAC) que se necesita para aplicar la Ecuación 4 de Hoekstra et al. (2011), para determinar la huella hídrica verde del producto:

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{verde}} = \frac{\text{UAC}_{\text{verde}}}{Y} \text{ [m}^3\text{/ton]} \quad [4]$$

Donde:

$\text{UAC}_{\text{verde}}$: Uso de Agua verde del Cultivo, expresada en m³/ton de producto

Y: Rendimiento del cultivo (ton/ha)

El Uso de Agua Verde del Cultivo (UAC) se basó en registros reales de cosechas de las fincas para la obtención del rendimiento del cultivo; en piña se hizo un promedio de la producción anual de los años 2020-2022 debido a que solo se tuvo acceso a estos años; y para el banano, se hizo un promedio de la producción anual de los años 2008-2022 del cultivo de banano.

Huella Hídrica Azul

Hace referencia al uso consuntivo de agua dulce (subterráneas o superficiales). Se toma en cuenta el agua evaporada, el agua que se incorpora al cultivo, el agua que no vuelve a la misma fuente de donde se obtuvo y también a aquella que no vuelve en el mismo periodo de tiempo (Hoekstra et al., 2011). En el presente estudio se tomó en cuenta dos procesos: proceso de producción y proceso de empaque del producto tanto para piña como para banano.

Primero, se calculó la irrigación efectiva con la Ecuación 5 del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA):

$$\text{Irrigación efectiva} = \text{Evapotranspiración total del cultivo} - \text{evapotranspiración verde [mm]} \quad [5]$$

Segundo, se calculó la evapotranspiración de agua azul con la Ecuación 6:

$$\text{Evapotranspiración de agua azul} = \text{mínimo (Requerimiento de riego, irrigación efectiva o lámina total) [mm]} \quad [6]$$

Tercero, se multiplica la evapotranspiración de agua azul por 10 para obtener el resultado en m³/ha. Este valor es el Uso de Agua Azul del Cultivo (UAC) que se necesita para la aplicación de la Ecuación 7 de Hoekstra et al. (2011), para determinar la huella hídrica azul:

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{azul}} = \frac{\text{UAC}_{\text{azul}}}{Y} \text{ [m}^3\text{/ton]} \quad [7]$$

Donde:

UAC_{azul} : Uso de Agua azul del Cultivo, expresada en m³/ton

Y: Rendimiento del cultivo (ton/ha)

El Uso de Agua Azul del Cultivo (UAC) se basó en registros de las fincas para la obtención del rendimiento del cultivo; en piña se hizo un promedio de la producción anual de los años 2020-2022 debido a que solo se tuvo acceso a estos años; y para el banano, se hizo un promedio de la producción anual de los años 2008-2022 del cultivo de banano.

Huella Hídrica Gris

Es un indicador del grado de contaminación del agua dulce que puede estar relacionado a un proceso productivo. Está definido como el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar la carga de contaminantes hasta llegar a concentraciones que cumplan las normas de calidad de agua (Vázquez del Mercado y Buenfil, 2020). Se usó la norma técnica de las descargas de aguas residuales de Honduras para valorar la concentración máxima aceptable del Aluminio.

Para calcular la huella hídrica gris se utiliza la Ecuación 8 extraída de Hoekstra et al. (2011):

$$Huella\ Hídrica_{gris} = \frac{L}{(C_{max} - C_{nat})} [m^3/ton] \quad [8]$$

Donde:

L: Carga de contaminantes (masa/tiempo)

C_{max} : Concentración máxima aceptable del contaminante (kg/m^3)

C_{nat} : Concentración natural del contaminante (kg/m^3)

Resultados y Discusión

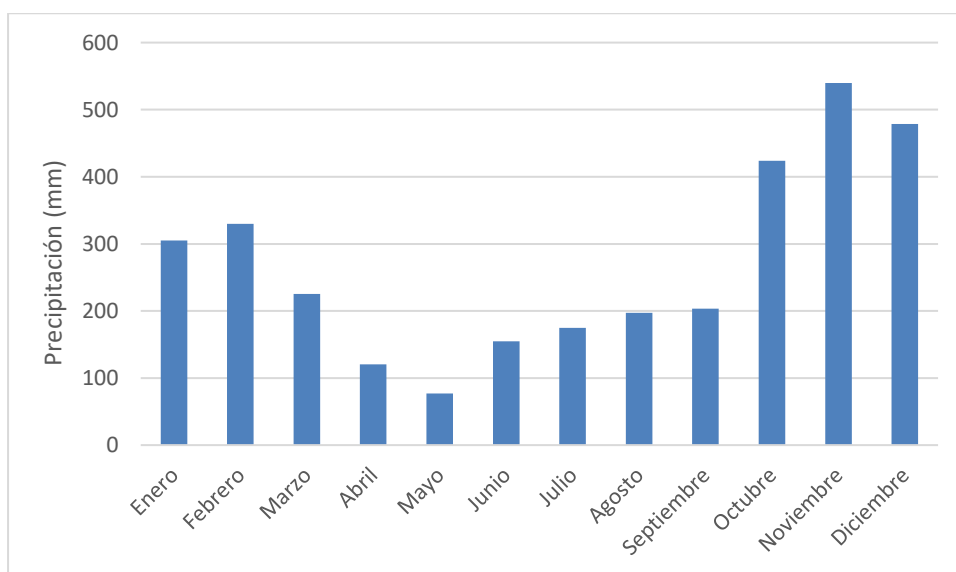
Cultivo de Piña

Condiciones Climáticas

Según los datos históricos proporcionados por la empresa, la precipitación promedio anual desde el 2005 hasta el 2022 fue de 3,230 mm. La precipitación es menor entre abril y septiembre, como se muestra en la Figura 3, por lo que habrá un aumento en el riego durante este período. Según Vargas et al. (2018), la precipitación óptima para el cultivo de piña debe estar ser de 1,500 a 1,800 mm, sin embargo, pueden desarrollarse en un rango de 1,000 a 2,500 mm.

Figura 3

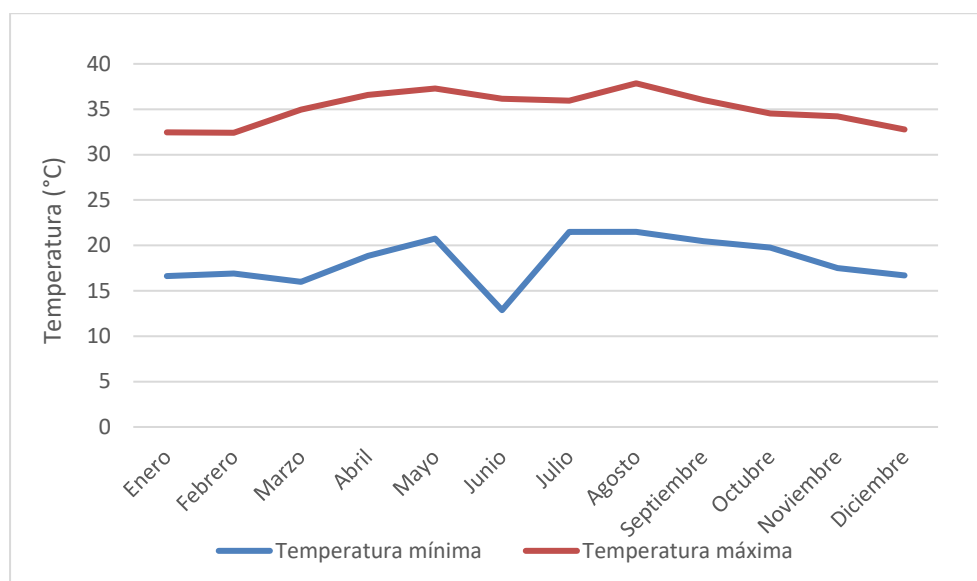
Precipitación mensual promedio en AGROPOR en el periodo 2005-2022



Además, en la Figura 4 se presenta la temperatura promedio mensual del cultivo de piña. La temperatura mínima se registró en febrero con 18.07 °C, mientras que la máxima se reportó en mayo con 36.32 °C. Se debe tomar en cuenta que los meses más calurosos van a provocar mayor evapotranspiración de los cultivos y, por ende, un aumento en la aplicación de agua para riego.

Figura 4

Temperaturas mensual promedio de AGROPOR de la estación de La Ceiba



Características del Cultivo

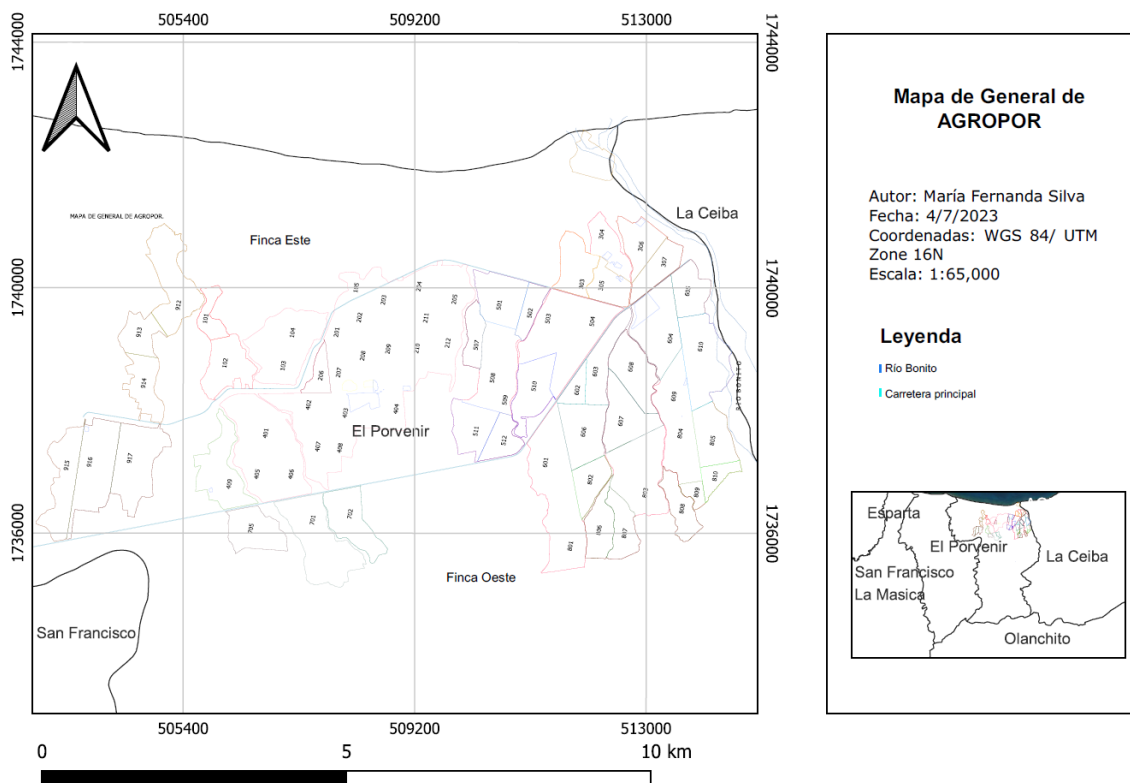
La variedad de piña que se cultiva en las plantaciones es Dole11, la cual fue desarrollada por la empresa. Esta es caracterizada porque las hojas no tienen espinas facilitando la labor de cosecha. Las raíces del cultivo tienen una profundidad de entre los 30 y 60 cm. Desde su siembra hasta la cosecha cumple un ciclo de 23 meses, sin embargo, la finca normalmente maneja dos ciclos de producción, para un total de producción de 4 años. Una vez que la piña termina su ciclo de 23 meses, se procede a la propagación de la planta obteniendo el hijuelo de la mata madre. La semilla pasa entre uno y dos semanas en campo para que pierda peso, ya que este es un factor determinante en su ciclo de crecimiento, y después se planta en el terreno previamente preparado.

En la Figura 5 se pueden ver las 3,400 ha de cultivo divididos en lotes para facilitar el manejo y a conveniencia de AGROPOR. La finca Este se puede observar a la derecha y la finca Oeste a la izquierda del mapa, las cuales están separadas por la carretera principal CA 13. Las áreas productivas se rotan y no todas se encuentran en producción, pueden estar en fase de cultivo o en preparación de suelo. Los lotes están divididos por carreteras internas que facilitan la aplicación de riego, fertilizantes

y herbicidas, así como la extracción de la fruta durante cosecha. En promedio la empresa está cosechando anualmente alrededor de 2,700 has.

Figura 5

Mapa general del cultivo de piña



Suelo

Cada finca de AGROPOR tiene su propia clasificación de suelos que va desde la clase I a la IV. Se analiza pendiente, pedregosidad, profundidad efectiva, drenaje, erosión, fertilidad, salinidad, textura, aptitud del suelo y otras características. En el Cuadro 1 se puede ver la frecuencia porcentual según la textura del suelo determinada por los análisis fisicoquímicos. En la finca Este se encuentran mayor porcentaje de texturas como arcillo limoso, franco arenoso medio y arena franca fina; mientras que en la finca Oeste se encuentran texturas como franco arenoso fino, franco arcillo limoso y arenas francas muy finas.

Cuadro 1*Clase de suelos en las fincas Este y Oeste de las fincas de piña*

Clase de Suelo	Textura	Finca Este (%)	Finca Oeste (%)
I	Franco, Franco arenoso muy fino, franco arcillo limoso (-).	14.89	21.98
II	Franco arenoso fino, franco arcillo limoso, arenas francas muy fina.	27.89	29.44
III	Arcillo limoso (-), franco arenoso medio, arena franca fina	36.52	25.26
IV	Grava	20.7	23.32
Total		100	100

Nota. Datos tomados de la empresa AGROPOR para la realización de este documento.

Estos suelos son catalogados livianos según la clasificación de la FAO, tienen una mayor capacidad de infiltración y, por ende, una menor retención de agua, lo que implica que en épocas secas se deba suministrar una mayor cantidad de agua mediante riego para evitar el estrés hídrico en las plantas.

Mecanización

AGROPOR realiza dos tipos de mecanización: RT y MT; RT es labranza regular o completa y MT es labranza mínima. Se realizan de manera alternada en cada ciclo de cosecha. Cuando termina todo el ciclo se realiza la destrucción mecánica del suelo y se deja de 2 a 3 meses de descomposición de materia orgánica para que los residuos se incorporen al suelo. Después se realiza un subsolado y arado para la preparación del terreno antes de realizar las camas y colocación del plástico para su posterior siembra.

El problema con la labranza completa es que puede provocar erosión en el suelo y la compactación de este, si se realiza de manera continua entre ciclos. Por esta razón es importante adoptar otras prácticas que eviten el desgaste del suelo ya que la empresa produce únicamente en monocultivo de piña.

Nutrición

Debido a la cantidad de área en producción y el tipo de suelo es necesaria la aplicación de fertilizantes, tales como urea, nitrato de amonio, entre otros; como se puede observar en el Cuadro 2 con la cantidad aplicada en kilogramos de los años 2021 y 2022. Para dar inicio al proceso de fertilización es necesario colocar los fertilizantes en un tanque de mezclado que se encuentra en la rampa de fertilización, misma que tiene la capacidad de 5,678 L. Se completan boletas de registro indicando la dosis, el responsable y la finca dónde se aplica cada mezcla. Finalmente, se lleva la mezcla en un "Spray Boom" para realizar la aplicación foliar.

Cuadro 2

Tipos de fertilizantes usados en AGROPOR durante los años 2021 y 2022

Fertilizante aplicado	Cantidad aplicada (kg)	
	2021	2022
Urea	1,267,525	1,321,593
Nitrato de Calcio	251,278	200,671
Nitrato de Amonio	1,157,408	881,311
MAP	213,152	181,232
Cal Dolomita	955,055	799,192

Nota. Datos tomados de la empresa AGROPOR para la realización de este documento.

Además, es importante tomar en cuenta que al ser un monocultivo que lleva alrededor de 40 años de producción va a necesitar mayores requerimientos nutritivos para que la planta se pueda desarrollar en óptimas condiciones. Es por esto que es importante los muestreos anuales tanto del suelo como de la planta para conocer las condiciones en las que se encuentran y poder buscar medidas correctivas en caso de encontrar defectos en las plantas.

Fuentes de Agua

La fuente de agua usada tanto para riego como para el proceso de empacado de piña son pozos, como se muestra en el Cuadro 3. Son 18 pozos de los cuales no todos están activos al mismo tiempo. Los pozos AGR-BV-03, AGR-PESCA y AGR-CAEPSA son utilizados únicamente para instalaciones; mientras que AGR-402, AGR-610-3 y AGR-305 son utilizados tanto para riego como para instalaciones. Los restantes son únicamente para riego de las áreas productivas.

Cuadro 3*Pozos de agua activos usados en AGROPOR*

#	Código	Finca	Área Regada	Uso
1	AGR-915-1	Oeste	915	Riego
2	AGR-917-02	Oeste	917	Riego
3	AGR-917-04	Oeste	917	Riego
4	AGR-BV-03	Oeste	BV	Uso Instalaciones
5	AGR-409	Oeste	409	Riego
6	AGR-406	Oeste	406	Riego
7	AGR-402	Oeste	402	Riego / Uso Instalaciones
8	AGR-407	Oeste	407	Riego
9	AGR-207	Oeste	207	Riego
10	AGR-211	Oeste	211	Riego
11	AGR-PESCA	Oeste	PESCA	Uso Instalaciones
12	AGR-CAEPSA	Oeste	CAEPSA	Uso Instalaciones
13	AGR-610-1	Este	610	Riego
14	AGR-610-3	Este	610	Riego / Uso Instalaciones
15	AGR-306-1	Este	306	Riego
16	AGR-306-2	Este	306	Riego
17	AGR-305	Este	305	Riego / Uso Instalaciones
18	AGR-501-3	Este	501	Riego

Nota. Datos tomados de la empresa AGROPOR para la realización de este documento.

Es importante destacar que en una de las visitas a campo se pudo observar que uno de los pozos no cuenta con medidor de agua, lo que provoca que no tengan contabilizada el agua que utilizan en los diferentes procesos de funcionamiento. Los “Sumps” son estaciones de riego que funciona como reservorio del agua que se extrae de los pozos, en total son 11 activos. El agua puede llegar de uno o varios pozos a un “Sump” o, por el contrario, de un pozo a varios “Sumps”, dependiendo la capacidad de estos. En el Cuadro 4 se muestran las estaciones de riego que suministran el agua para el riego de las plantaciones.

Cuadro 4*Estaciones de “Sump” activos en AGROPOR*

#	Código	Finca	Área	Comentarios
1	SUMP- 913	Oeste	913	Riego
2	SUMP-102	Oeste	102	Riego
3	SUMP-409	Oeste	409	Riego
4	SUMP-407	Oeste	407	Riego
5	SUMP-207	Oeste	207	Riego
6	SUMP-211	Oeste	211	Riego
7	SUMP-701	Oeste	701	Riego
8	SUMP-610	Este	610	Riego
9	SUMP-603	Este	603	Riego

#	Código	Finca	Área	Comentarios
10	SUMP-503	Este	503	Riego
11	SUMP-508	Este	508	Riego

Nota. Datos tomados de la empresa AGROPOR para la realización de este documento.

Riego

AGROPOR utiliza riego por aspersión mediante un cañón autopropulsado de la marca Irrifrance (Anexo D), únicamente en época seca (abril-septiembre). Este tiene una eficiencia del 85% y es transportado por tractores al lote de riego, funciona con batería o un panel solar incorporado al cañón y el tubo de riego tiene alrededor de 378 m de largo. Las aplicaciones de riego son tres veces por semana. Tiene un ángulo de rotación de 360°, un radio de 60 m y riega a dos lotes al mismo tiempo, es decir, 35 m a cada lado. Está programada de 2 a 4 horas para fácil manejo de los trabajadores. Por otra parte, es importante aclarar que existen pérdidas de agua en campo que no son contabilizadas, estas son por fugas o por equipo en mal estado.

Cosecha

La cosecha se realiza de manera manual diariamente cuando la fruta se encuentra lista después de los 23 meses. Se transporta en carretas (Anexo E) que son haladas por tractores, estas cuentan hasta con tres niveles (pisos) para poder abarcar la mayor cantidad de fruta posible sin que sufran daños en el transcurso de campo a la empacadora.

Infraestructura

AGROPOR cuenta con los siguientes establecimientos para ambas fincas: planta de semillas, “green house” (vivero), taller de reparación, rampas de fertilizantes, comedor y sanitarios. Hay que tomar en cuenta que únicamente comparten la zona de oficinas. El agua que es utilizada en estas áreas no es contabilizada por el personal, solo suponen que un 10% del total del agua utilizada es para estos usos.

Productividad

Según registros de producción obtenidos de AGROPOR de los años 2020-2022, se puede observar un aumento de 15,775,439 kg en 2022 con respecto al 2021 como se muestra en el Cuadro 5, teniendo como resultado una productividad de 29.07 ton/ha.

Cuadro 5

Producción anual de AGROPOR de los años 2020-2022

Año	Producción (kg)	Productividad (ton/ha)
2020	70,889,580	26.26
2021	74,391,938	27.55
2022	90,167,377	33.40
Promedio		29.07

Empacadora

AGROPOR cuenta únicamente con una empacadora, es decir, es la encargada del procesamiento de la fruta que llega de la finca Este y Oeste. El proceso inicia con el recibo de la fruta a través de carretas de cosecha y pasan manualmente al lavado en las dos pilas que tienen capacidad de 69,000 y 44,915 L, su uso va a depender de cuanta fruta llegue al día. El agua con la que se lava la piña tiene concentraciones de cloro de 90 ppm para garantizar la desinfección de la fruta y eliminar la presencia de microorganismos, su formulación depende de la cantidad de fruta que ingrese a las pilas; además, se le agrega sulfato de aluminio como floculante y coagulante de materia orgánica, ayuda a la sedimentación de estas haciendo más fácil su remoción. Las concentraciones son monitoreadas cada hora.

Una vez lavada la fruta, entra a la empacadora para ser roseada con cera como tratamiento postcosecha de la piña, contiene 8.1% de parafina y 91.9% de ingredientes aditivos. Posteriormente pasan a la selección manual y mecánico dependiendo al tamaño de la fruta para colocarlas ya en las cajas de exportación de 40 lb. Aproximadamente 30 contenedores son transportados diariamente desde la empacadora hasta el puerto. Algo importante a recalcar es que el agua utilizada en todo el proceso no se reutiliza.

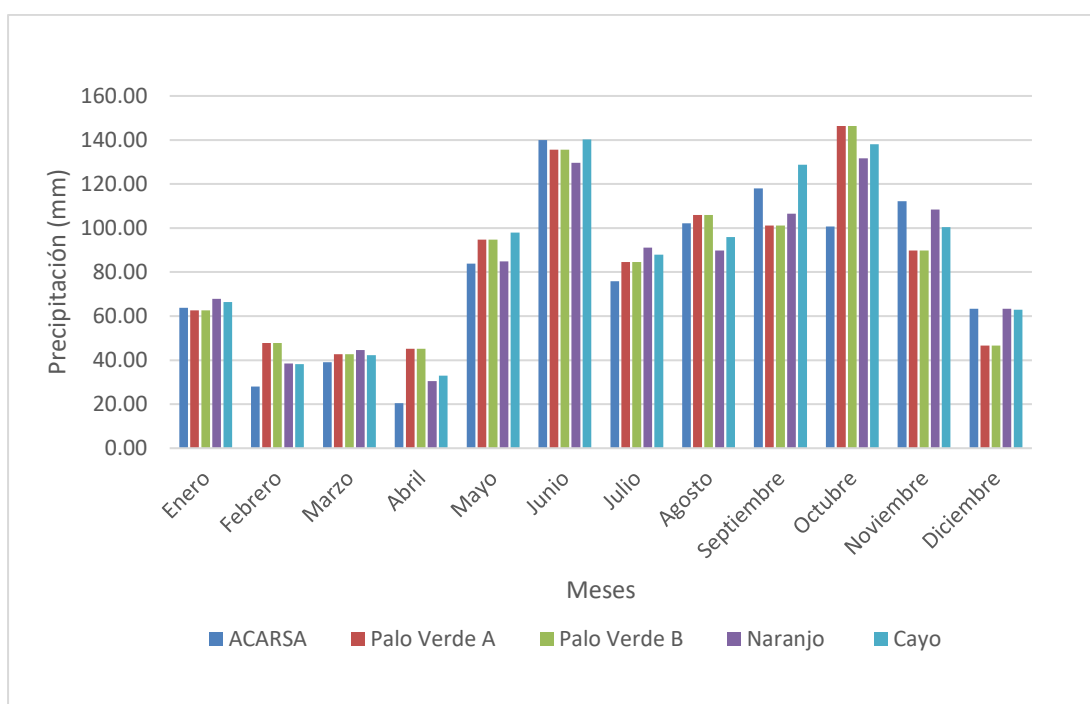
Cultivo de Banano

Condiciones Climáticas

Según datos históricos de las estaciones de la “Standard Fruit Company” desde 2002 hasta 2022, las fincas ACARSA, Palo Verde A, Palo Verde B, Naranjo y Cayo se encuentran a 150 msnm, con una temperatura promedio mínima de 20.17 °C y máxima de 33.93 °C. En la Figura 6 se muestra la distribución de la precipitación promedio anual de datos históricos de 20 años (2002-2022), el promedio de precipitación de las cinco fincas es de 994.48 mm al año. Es importante tomar en cuenta que de diciembre hasta abril se va a requerir mayor uso de agua para riego debido a que sus precipitaciones son menores a 80 mm.

Figura 6

Precipitación promedio anual de las 5 fincas en el periodo 2002-2022



Características del Cultivo

La variedad cultivada por la empresa “Dole Food Company” es Banano “Cavendish”. Esta variedad tiene un ciclo de 9 meses, sin embargo, la empresa lo maneja en semanas variando de 34-36

semanas hasta la cosecha dependiendo de las condiciones climáticas y otros factores. La planta puede llegar a crecer hasta los cuatro metros y una profundidad radicular de 40 cm.

Se maneja la planta como madre-hijo-nieto, es decir que a la par que crece la madre crece su hijo y nieto, de esta manera se va renovando la plantación naturalmente y no es necesario iniciar las plantaciones después que termine su ciclo productivo. Cada cierto tiempo, se realiza la selección y deshije del banano en orientación de sur a norte y algunas veces, de este a oeste; esto depende mucho hacia donde está caminando la plantación, con el objetivo de no dejar espacios sin población en las hileras y que esta cubra el total del área destinada a la plantación. Se elimina la plantación únicamente cuando está infectada con Moko (*Ralstonia solanacearum*) como medida de sanidad para prevenir futuros casos.

Suelo

En las fincas de “Dole Food Company” se realizan muestreos periódicos para determinar el tipo de suelo. Por lo general, estos muestreos se realizan después del programa de Mini Retro, que se lleva a cabo aproximadamente cada 2 años y que implica la remoción del suelo alrededor de la planta. El departamento de Investigación es responsable de llevar a cabo estos muestreos en la zona y luego realizar análisis en el laboratorio de suelo que se encuentra ubicado en las instalaciones de Coyoles.

Los encargados de la recolección de muestras se trasladan a la finca indicada y seleccionan cinco puntos específicos para la toma de muestras. Cada muestra debe tener su respectivo código y ubicación con referencia a la válvula “manifold”. Al momento de evaluar el sitio se deben posicionar en medio de cuatro aspersores, asegurarse que el área sea plana para limpiar el sitio, dejándolo sin restos vegetales. Se procede a realizar dos muestreos con el barreno, uno a los 20 cm y otro a los 40 cm. Se deja un tubo como señalética del muestreo con su respectivo código. Después, en el laboratorio, se realizan análisis del punto de marchitez permanente, capacidad de campo, porcentaje de agua disponible, densidad y textura del suelo.

En el Cuadro 6 se puede observar la textura de los suelos de las cinco fincas a una profundidad de 40 cm. Esta profundidad fue seleccionada debido a que es el nivel crítico de agua, donde la retención e infiltración de agua es crucial. Según la clasificación de la FAO, estos suelos son de textura media a pesada, lo que los hace óptimos para el cultivo. Al contener arcilla, estos retienen mayor cantidad de agua en un periodo de tiempo más largo lo que implica que se requiere una menor cantidad de agua para el riego.

Cuadro 6

Textura de las cinco fincas a una profundidad de 40 cm

Finca	Texturas de Suelo (40 cm)
Palo Verde A	Franco Arcilloso
Palo Verde B	Franco Arcilloso
Cayo	Franco
Naranja	Arcillosa
ACARSA	Franco Arenoso

Nutrición

La empresa cuenta con un departamento de Investigación que provee información nutricional de la planta anualmente a los encargados de las fincas, estas recomendaciones están basadas en muestreos anuales de la planta (tallo, hojas y raíces) y depende mucho de las deficiencias que estas muestran. La nutrición está basada en urea, Cloruro de Potasio (KCl) y magnesio. En la época seca se realizan aplicaciones de fertilizantes a través del sistema de riego y en la época húmeda lo realizan de forma manual. En el Anexo P se muestra la bodega de la finca Palo Verde A, de esta manera se encuentra una bodega por cada finca. Además, se observa cómo se envía las recomendaciones anuales del cultivo para cada finca, dependiendo de las necesidades particulares de cada área.

Fuentes de Agua

Las cinco fincas con sus respectivas empacadoras se manejan de manera diferente con respecto a las fuentes de agua que se utilizan para su proceso. Por su parte, las fincas Palo Verde A, Palo Verde B, Cayo y Naranja toman el agua del río Aguán para la irrigación, mientras que las

empacadoras usan el agua de pozos para su proceso de empaque. Exceptuando ACARSA, que utiliza agua de pozos para los dos casos.

Las cinco fincas se encuentran relativamente cercanas para que el administrador de este bloque se pueda trasladar de manera rápida y eficiente. Las cuatro primeras fincas están conectadas por el desvío del río Aguán que pasa por estas, entrando por Cayo, Palo Verde B, Palo Verde A y saliendo por Naranjo para terminar su recorrido en el cauce principal del río Aguán. En el caso de ACARSA, la finca usa pozos desde que comenzó su producción en 2008.

Riego

El departamento de Investigación se encarga de los muestreos de suelos y con el uso de lisímetro determinan el consumo de agua del cultivo, este consumo varía en cada etapa del cultivo. El riego se suministra de maneras subfoliar, utilizando aspersores de Nelson R10 T, con descarga de 1.27 - 1.5 GPM@35 PSI. Este método tiene un 90% de eficiencia. Se toman datos de humedad de suelo a través la sonda TDR con el que se calcula la lámina de riego para el día siguiente.

La distancia entre aspersores es de 9 m, y entre laterales de 10 m. Se realiza un cálculo en base a la evapotranspiración del día anterior y con el valor del coeficiente del cultivo (Kc) de 1.25 para determinar la lámina de agua a regar y número horas deberá operar la bomba en base a caudal de riego. Se puede ver en la Ecuación [9], por ejemplo:

$$\text{Evapotranspiración} * kc = \text{lámina de riego} \quad [9]$$

$$6mm * 1.25 = 7.5 mm \text{ es la lámina de riego}$$

$$\frac{1.5 \text{ GPM} * 3785 * 60}{9m * 10} = 3.78 \frac{mm}{h}$$

$$3.78 \frac{mm}{h} * 0.9 = 3.40 \frac{mm}{h}$$

$$\frac{7.5 mm}{3.4 \frac{mm}{h}} = 2.20 h$$

Transformando 2.20 hora a un valor real ya que cada hora tiene 60 min, el resultado es 2 horas y 12 minutos que se deberán regar ese día. Se pasa la información en horas para que los operadores

de las bombas puedan entender con mayor facilidad a que solo tener la lámina de riego. Cada finca cuenta con su caseta de riego, en donde están ubicadas las bombas para enviar el agua de irrigación a cada grupo asignado.

Cabe destacar que los grupos de riego no están divididos por textura de suelo, sino que a conveniencia de la empresa y por facilidad de uso de las bombas de riego. Esto es importante porque al clasificarlos de esta manera tendrían una mejor idea sobre la cantidad real de agua que ingresa al suelo.

En el Cuadro 7 se puede ver la distribución de bombas y grupos de riego que manejan las cinco fincas de la “Standard Fruit Company”. Palo Verde A maneja las bombas A, B y T con 22 grupos de riego, cubriendo de esta manera las 285.3 ha de cultivo. Palo Verde B al igual que Cayo poseen dos bombas y 15 grupos de riego, sin embargo, Palo Verde B tiene 233.75 ha y Cayo 128.08 ha de producción. Naranja maneja las bombas Q, R, S y U con 35 grupos de riego y un total de 305.35 ha cultivadas. ACARSA es la que posee más bombas (A, B, C, D y E) con 39 grupos y 314.04 ha cultivadas.

Cuadro 7

Bombas y grupos de riego utilizadas por cada finca

Finca	Bomba	Grupos de riego	Área cultivada (ha)
Palo Verde A	A	7	111.81
	B	8	92.69
	T	7	80.8
Palo Verde B	C	7	103.45
	D	8	130.3
Cayo	E	7	59.91
	F	8	68.17
	Q	10	86.46
Naranja	R	9	71.35
	S	9	66.79
	U	7	80.75
ACARSA	A	7	55.9
	B	8	67.57
	C	8	64.65
	D	8	65.39
	E	8	60.53

El número de bombas usadas por cada finca no es proporcional al área que cubren para riego, esto es porque depende mucho la ubicación de las fuentes de agua y las bombas de riego.

Cosecha

Al terminar el ciclo de producción de la planta, después de las 34-36 semanas, se procede al corte del racimo de banano. Para saber que el banano es óptimo para ser cosechado se usa un calibrador de 1/32" como se muestra en el Anexo H, este debe tener un calibre de 40 para ser seleccionado. También, cada racimo posee una cinta con color verde, azul, blanco, amarillo, morada, rojo, dorada y negra que simbolizan el estado en el que se encuentra y las fechas en las que estarán listas para su cosecha. Además, se fija un margen de desperdicio (pirracha) máximo del 18%. La cosecha es una tarea manual normalmente realizada por cuadrillas de seis personas, distribuidos de la siguiente manera: dos personas encargadas de cortar, dos recolectan, una cuelga el producto en el cable vía y una persona lleva a la mula.

Primero, un cortador procede a la remoción de las hojas de la planta con un serrucho curvo para evitar el daño tanto para el producto como para el personal. Segundo, se realizan cortes en el tallo con un machete para lograr que el tallo se incline despacio. Tercero, la persona que recolecta el producto procede a el apoyo del racimo en su hombro, esperando a que este se encuentre en la posición correcta y lo acomoda en la almohadilla. Cuarto, el producto que se encuentra en la almohadilla se lleva a colgar en los ganchos dispuestos en el cable vía. Quinto, al racimo colgado se le colocan almohadillas entre las manos del banano para evitar daños al ser transportado. Sexto, al completar 50 racimos se procede a llevarlos directamente a la empacadora a través de cable vía que es arrastrado con ayuda de una mula.

El cable vía se encuentra separado por 70 m entre cables. Se toma de referencia el cable para la cosecha, por tanto, la cuadrilla tiene un margen de 35 m a cada lado del cable vía que deben recorrer para poder realizar el trabajo.

El trabajo de cosecha se ha visto agilizado tras el cambio en la forma de transporte de la fruta, hace aproximadamente 2 años que se cambiaron de carretas a cable vía. Esto permite que la fruta llegue a la empacadora en racimo completo y allí se encarguen del desmane, evitando que este trabajo sea realizado en campo.

Infraestructura

Las fincas tienen la misma infraestructura. En la caseta de riego se cuenta con un cuarto de controles de la bomba, una oficina del personal que maneja las bombas. También se cuenta con baños para el uso de trabajadores, un espacio que funciona como comedor y la bodega de fertilizantes. Además, cada baño cuenta con su propio pozo séptico.

Manejo de Plagas y Enfermedades

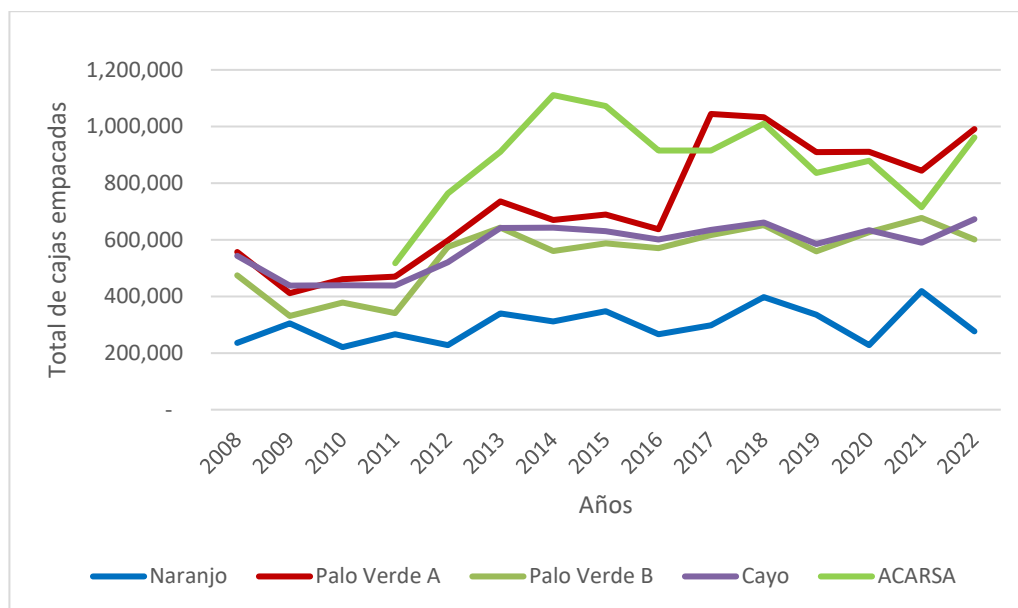
El plan de fumigaciones se realiza en las noches, tres veces por semana en avioneta por su fácil manejo al ser grandes extensiones del terreno. Actualmente existen 20 ha que la llaman “Spring”, esta se encuentra en cuarentena por enfermedad de Moko, aquí aplican fungicidas de manera manual y eliminan la plantación cada año; además, en los controles se eliminan plantas que tienen esta enfermedad.

Productividad

En las cinco fincas se tomó en cuenta el total de cajas empacadas de 41.5 lb/año para determinar su productividad. Cabe recalcar que está permitido únicamente el 18% de merma por defectos y calidad del producto. En la Figura 7 se muestra el total de cajas empacadas anuales por cada finca entre el 2008 y 2022.

Figura 7

Total de cajas empacadas al año



La finca Naranja registra una menor productividad en relación con las otras fincas con 235,337 cajas empacadas en 2008. Sin embargo, en 2021 se mira una tendencia positiva con 418,878 cajas empacadas de 41.5 lb en relación con años anteriores. Le sigue la finca Palo Verde B, se reportan datos más bajos de productividad en 2009 con 330,924 total de cajas empacadas. Por el contrario, a partir del 2012 hasta el 2021 se ve un aumento en los tres indicadores de productividad, resaltando 2021 por su mayor número de cajas empacadas con 667,220. En la finca Cayo se observa que en el 2009 existe un déficit con respecto al 2008; se tiene 438,538 cajas empacadas. Del 2010 hasta el 2020 se muestra un periodo constante con un promedio de 584,383 cajas empacadas. En 2021 se ve un déficit en producción, sin embargo, en 2022 comienza un ascenso superando las cifras de años anteriores. En los datos de la finca Palo Verde A, se observa que el año de menor producción fue en 2009 con 411,483 cajas empacadas. Mientras que en el año 2017 se muestra una mayor productividad con 1,044,385 cajas empacadas. La finca que muestra una mayor productividad es ACARSA. Se puede observar que ha mantenido un rendimiento constante desde el 2012 hasta el 2020, el promedio de estos es de 934,888 cajas empacadas. Mientras que en el 2021 tuvo una baja con relación al 2020 de

aproximadamente 163,908 cajas empacadas. Además, se puede observar un aumento de producción en 2022 con respecto a los dos últimos años.

Empacadoras

Cada finca cuenta con su propia empacadora, trabajan desde las 6:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. Se realizan análisis de agua en los pozos, antes que ingrese a la empacadora para asegurar una concentración entre 0.5 y 1 ppm de cloro. Durante todo el proceso la concentración de cloro debe estar entre 0.5 y 5 ppm para garantizar la inocuidad del banano en el proceso, es un valor recomendado tras estudios de la empresa. Además, el monitoreo debe ser constante debido a la carga orgánica que entra a las pilas de lavado.

El proceso empieza con la llegada del banano por cable vía. Los trabajadores de encargan de retirar el material de protección, cubierta entre los dedos del racimo para evitar daños, y las bolsas que cubren el banano: El cortador comienza a desmanar el producto y lo inserta en las pilas de lavado que contienen agua clorada. Las manos son pesadas y se colocan en bandejas hasta alcanzar el peso ideal de 41.5 lb, a estas se les aplica fungicida en la corona para dar mayor vida útil ya que le proporciona más de 8 días de vida útil hasta que llegue el producto a su destino.

El proceso de empaque cuenta con un área donde el agua de las pilas es tratada con sulfato de aluminio, que actúa como floculante, para su reutilización. El cambio de agua se realiza tres veces a la semana y el efluente es destinada al riego de un terreno denominado área “buffer”. También, cada empacadora posee un generador de luz en caso de cortes eléctricos, que son seguidos, para no detener el proceso.

Certificaciones y Sostenibilidad

AGROPOR cuenta con certificaciones que abarcan campos ambientales, sociales y económicos. Estas certificaciones están diseñadas para promover y garantizar altos niveles de calidad en diversos ámbitos, como la calidad de los productos y servicios, la gestión medioambiental, la seguridad alimentaria, la salud y seguridad en el trabajo y la responsabilidad social. Estas son

acreditaciones reconocidas internacionalmente que permiten a AGROPOR demostrar su compromiso con la excelencia en una variedad de áreas, mejorando su reputación y la confianza de clientes y partes interesadas. Cada una de estas certificaciones desempeña un papel importante en su ámbito y contribuye a la creación de un mundo más seguro, sostenible y ético. Estas certificaciones se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8

Certificaciones utilizadas por Dole Food Company en los cultivos de piña y banano

Certificaciones	Descripción
GLOBALGAP (GGAP)	Es un estándar internacional para la certificación de buenas prácticas agrícolas en la producción de alimentos. Se enfoca en aspectos de seguridad alimentaria, sostenibilidad ambiental, bienestar animal y salud, seguridad y bienestar de los trabajadores agrícolas.
RAINFOREST ALLIANCE (RFA)	Certificación que promueve la conservación ambiental y el desarrollo sostenible. Se enfoca en prácticas agrícolas sostenibles, la conservación de la biodiversidad y el bienestar de los trabajadores.
FACILITY AND MERCHANDISE AUTHORIZATION (FAMA-Disney)	Certificación específica de Disney para garantizar que las instalaciones y productos que llevan la marca Disney cumplan con estándares de calidad, seguridad y ética.
INTE - ISO / IEC 17025; 2000;	Es una norma internacional para la competencia técnica de laboratorios de calibración y ensayo. Establece los requisitos para la calidad y la imparcialidad en la realización de pruebas y calibraciones.
ISO 14001	Estándar internacional para la gestión ambiental en organizaciones. Establece los requisitos para establecer un sistema de gestión que ayude a identificar, controlar y reducir el impacto ambiental de las actividades de una organización.
ISO 50001	Norma internacional para la gestión de la energía. Proporciona un marco para que las organizaciones establezcan políticas y objetivos energéticos, implementen medidas de mejora y monitoreen el desempeño energético.
ISO 9001	Estándar internacional para la gestión de la calidad. Establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad que ayude a las organizaciones a cumplir con las necesidades de los clientes, mejorar continuamente y lograr la satisfacción del cliente.
AddOn RT4	Certificación específica para la industria alimentaria que garantiza la calidad y seguridad de los alimentos procesados mediante el cumplimiento de estándares de inocuidad alimentaria.
AddOn FSMA	Certificación relacionada con la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA) de los Estados Unidos. Se enfoca en asegurar la seguridad de los alimentos importados a los Estados Unidos mediante el cumplimiento de los requisitos de la FSMA.

Certificaciones	Descripción
AddOn GRASP	Certificación que evalúa y promueve las prácticas responsables de empleo en el sector agrícola, con especial énfasis en aspectos como el trabajo infantil, el trabajo forzado, la salud y seguridad laboral, y los derechos laborales.
OHSAS 18001	Estándar internacional para la gestión de la salud y seguridad ocupacional. Proporciona un marco para identificar, controlar y reducir los riesgos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y saludable.
PRIMUSLABS	Certificación específica para la industria alimentaria que evalúa y verifica la seguridad y calidad de los productos alimentarios a través de auditorías y pruebas de laboratorio.
BASC y CTPAT	BASC (Business Alliance for Secure Commerce) y CTPAT (Customs-Trade Partnership Against Terrorism) son programas de seguridad aduanera que promueven prácticas seguras y cumplimiento de normas en la cadena de suministro internacional.
Norma de Seguridad Dole	Es una norma de seguridad alimentaria específica de la empresa Dole, que establece requisitos para garantizar la calidad y seguridad de sus productos.
CONAD	Certificación específica de la cadena de supermercados italiana CONAD, que garantiza la calidad y la trazabilidad de los productos alimentarios ofrecidos en sus tiendas.
EDEKA-WWF	Certificación de la colaboración entre la cadena de supermercados EDEKA y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Se enfoca en la promoción de la sostenibilidad y la protección del medio ambiente en la cadena de suministro de alimentos.
AWS	Certificación de "Amazon Web Services" (AWS) que garantiza la seguridad y confidencialidad de los datos almacenados en su plataforma en la nube.
FLO	"Fairtrade Labelling Organizations International" (FLO) es una certificación que promueve el comercio justo y sostenible, asegurando que los productores reciben un precio justo por sus productos.
FT USA	
ETI	"Ethical Trading Initiative" (ETI) es una organización que promueve el respeto de los derechos laborales y las condiciones de trabajo justas en la cadena de suministro global.
SA8000	Estándar internacional para la responsabilidad social corporativa que se enfoca en garantizar condiciones laborales justas, derechos laborales y bienestar de los trabajadores.
DISNEY	Certificación específica de Disney para garantizar la calidad y seguridad de los productos que llevan su marca y cumplir con los estándares éticos y medioambientales establecidos por la empresa.
SMETA	"Sedex Members Ethical Trade Audit" (SMETA) es una metodología de auditoría ética que evalúa las prácticas laborales, éticas y ambientales en la cadena de suministro.
Costco	Certificación específica de la cadena de tiendas minoristas Costco, que garantiza la calidad y seguridad de los productos vendidos en sus establecimientos.
KROGER	Certificación específica de la cadena de supermercados "Kroger", que garantiza la calidad y la seguridad de los productos alimentarios ofrecidos en sus tiendas.
MARK & SPENCER	Certificación específica de la cadena de tiendas minoristas "Mark & Spencer", que garantiza la calidad y la sostenibilidad de los productos vendidos en sus establecimientos.

Certificaciones	Descripción
TESCO NATURE CHOICE	Certificación específica de la cadena de supermercados Tesco, que garantiza la calidad y la sostenibilidad de los productos alimentarios ofrecidos en sus tiendas bajo la marca "Nature's Choice".
Secretaría de Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASA)	Es la autoridad sanitaria de México encargada de la protección y regulación de la sanidad e inocuidad agroalimentaria en el país.
Fundación Hondureña de Responsabilidad Social	Es una organización en Honduras que promueve la responsabilidad social empresarial y certifica a las empresas que cumplen con estándares éticos, sociales y ambientales en sus operaciones

Evaluación de Huella Hídrica

Huella Hídrica de Piña

La huella hídrica de la fase productiva de la piña se muestra en el Cuadro 9. Se obtuvo 213.45 m³/ton de huella verde y 1.26 m³/ton de huella azul, lo que significa que hacen un mayor uso de agua de la lluvia al solo regar en la época seca las 3,400 ha.

Cuadro 9

Huella Hídrica de la fase productiva de piña

Cultivo	Finca	Área (ha)	Rendimiento del cultivo (ton/ha)	Huella Hídrica (m ³ /ton)		Huella Hídrica Total en la fase productiva (m ³ /ton)
				Verde	Azul	
Piña	AGROPOR	3400	23.08	213.45	1.26	214.71

Un estudio realizado por Bolaños (2011) muestra que para la piña la huella hídrica verde es de 173.8 m³/ton y la azul de 5 m³/ton. Siendo la huella verde la de mayor consumo debido a la cantidad de precipitación anual de la ubicación del cultivo.

En el Cuadro 10 se puede ver la huella hídrica total de la fase de empaque de la piña con 2.95 m³/ton. Los valores de los análisis de aluminio de la descarga de agua de la empacadora fueron de 5.79 mg/l sobrepasando la normativa de Honduras. Además, Bolaños (2011) menciona que el la huella hídrica gris de piña es de 4 m³/ton en Honduras.

Cuadro 10*Huella Hídrica de la fase de empaque de la piña*

Producto	Empacadora	Huella Hídrica Gris (m ³ /ton)
Piña	AGROPOR	2.95

En el Cuadro 11 se puede observar la huella hídrica total de la fase productiva y de empaque para la piña, siendo 217.98 m³/ton. Y Bolaños (2011) menciona que esta huella hídrica total en Honduras es de 182.8 m³/ton. Además, según The World Counts (2023) la huella hídrica global de la piña es de 225 m³/ton. Por lo que la huella hídrica total estimada en el presente estudio está por debajo de lo mencionado por estos autores

Cuadro 11*Huella Hídrica total de piña en la fase productiva y de empaque*

Cultivo	Finca	Área (ha)	Rendimiento del cultivo (ton/ha)	Fase Productiva		Fase de Empaque	Huella Hídrica Total (m ³ /ton)
				Huella Hídrica (m ³ /ton)		Huella Hídrica (m ³ /ton)	
				Verde	Azul	Gris	
Piña	AGROPOR	3400	23.08	213.45	1.26	2.95	217.66

Huella Hídrica de Banano

Para el cultivo y producción de banano se tuvo una base de datos más amplia que el de la piña, a partir del cual se realizó el promedio anual de la producción de los años 2008-2022. Los resultados de la fase del cultivo se muestran en el Cuadro 12, siendo la huella hídrica total promedio de las cinco fincas en esta fase de 277.69 m³/ton.

Cuadro 12*Huella Hídrica de la fase productiva de banano*

Cultivo	Finca	Área (ha)	Rendimiento del cultivo (ton/ha)	Huella Hídrica (m ³ /ton)		Huella Hídrica Total en la fase de cultivo (m ³ /ton)
				Verde	Azul	
Banano	Palo Verde A	285.3	53.15	93.50	112.18	205.68
	Palo Verde B	233.75	48.49	126.61	98.83	225.44
	Cayo	198.66	60.39	106.98	74.04	181.02
	Naranjo	305.35	20.27	238.97	300.18	539.15
	ACARSA	314.04	46.73	112.20	124.98	237.18
Promedio				135.65	142.04	277.69

En la fase productiva del banano se obtuvo un promedio de las cinco fincas, en huella hídrica verde 135.65 m³/ton y en la azul de 142.04 m³/ton, siendo el agua de uso para riego el de mayor consumo. Al comparar con los resultados del estudio realizado por Bolaños (2011), se pudo observar que la huella hídrica verde es de 232.5 m³/ton y la azul de 159.6 m³/ton, siendo estas más altas que el promedio producido por la empresa.

También, los resultados de las cinco fincas de banano son similares a los de Clercx et al. (2016), ya que determinaron la huella hídrica del banano de pequeños productores de Perú y Ecuador, la huella hídrica media fue de 576 m³/ton para la muestra ecuatoriana y de 599 m³/ton para la muestra peruana. En Perú, la azul representó el 94% de la huella hídrica media, mientras que en Ecuador representó el 34% del uso total de agua. En ambos países, la fase de producción agrícola representó más del 99% de la huella hídrica total. Lo que significa que los valores de huella hídrica van a depender de la ubicación y características climáticas de cada región.

Para la fase de empaque de ambos productos se utilizó el aluminio (Al) como contaminante para el cálculo de la huella hídrica gris. Según la normativa hondureña para descargas de aguas residuales el máximo permisible del aluminio contaminante es de 2 mg/l.

En el Cuadro 13 se puede ver la Huella hídrica gris de la fase de empaque del banano, teniendo 0.35 m³/ton como promedio de las cinco fincas. La finca Naranja es la que reporta una mayor huella hídrica gris con 0.51 m³/ton en esta fase y Palo Verde B la que menos huella hídrica gris genera con 0.19 m³/ton. Los valores de aluminio (Al) en la descarga de aguas residuales están entre 0.38 y 1 mg/l lo que significa que cumplen con la normativa establecida.

Cuadro 13

Huella Hídrica de la fase de empaque del banano

Producto	Empacadora	Huella Hídrica Gris (m ³ /ton)
Banano	Palo Verde A	0.28
	Palo Verde B	0.19
	Cayo	0.35
	Naranja	0.51
	ACARSA	0.42
Promedio		0.35

En cooperación con el Programa Mundial de Alimentos, “Dole” llevó a cabo una investigación adicional utilizando el método de la huella hídrica ISO 14046, que mide la cantidad de agua utilizada para cultivar plátanos en Costa Rica, y determinó que la huella hídrica total fue de 812 m³/ton, siendo la huella hídrica de 398 m³/ton, la huella hídrica azul de 342 m³/ton y la huella hídrica gris de 72 m³/ton. El estudio reveló que se necesita una gran cantidad de agua para eliminar el látex en la fase de procesamiento (Palacios, 2019). Además, Bolaños (2011) menciona que la huella hídrica gris para el banano es de 3 m³/ton, y al compararlo con el promedio de esta huella obtenida es de 0.35 m³/ton muy por debajo del autor. También, según The World Counts (2023) la huella hídrica global del banano es de 790 m³/ton.

Según Rivera et al. (2016), el aluminio al ser desechado al área buffer mediante riego por aspersión puede ser tóxico para las plantas, especialmente en suelos ácidos con un pH inferior a 5.5. En concentraciones elevadas, el aluminio puede reducir la calidad y el rendimiento de los cultivos y afectar negativamente al crecimiento de las plantas y al desarrollo de las raíces. También, el mismo

autor dice que se ha demostrado que el aluminio provoca la acidificación del suelo, lo que inhibe el crecimiento de las plantas y reduce la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, en algún momento, este contaminante puede llegar a fuentes de agua subterránea y es importante realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos a las fuentes de agua que se usan para consumo humano.

En el Cuadro 14 se puede observar la huella hídrica total de las cinco fincas, obteniendo un valor promedio de 278.05 m³/ton. Es importante tomar en cuenta que Naranja es un caso especial por el tipo de manejo de la finca, al ser la B y C de una única cosecha al año va a generar una mayor demanda hídrica del cultivo.

Cuadro 14

Huella Hídrica total de piña en la fase productiva y de empaque

Cultivo	Finca	Área (ha)	Rendimiento del cultivo (ton/ha)	Fase Productiva		Fase de Empaque	Huella Hídrica Total (m ³ /ton)
				Huella Hídrica (m ³ /ton)		Huella Hídrica (m ³ /ton)	
				Verde	Azul	Gris	
	Palo Verde A	285.3	53.15	93.50	112.18	0.28	205.96
	Palo Verde B	233.75	48.49	126.61	98.83	0.19	225.63
Banano	Cayo	198.66	60.39	106.98	74.04	0.35	181.37
	Naranja	305.35	20.27	238.97	300.18	0.51	539.66
	ACARSA	314.04	46.73	112.20	124.98	0.42	237.60
Promedio							278.05

Conclusiones

Las diversas certificaciones, la eficiencia de sistemas de riego, el monitoreo continuo de la humedad del suelo y la pluviosidad en áreas de cultivo de piña y banano son condiciones que favorecen al uso adecuado del agua, tanto en la fase de cultivo como en procesos de empaque de las empresas AGROPOR y “Standar Fruit Company” de Honduras.

La huella hídrica total en la fase de cultivo y empaque de la piña es de 217.66 m³/ton y del banano es 278.05 m³/ton. La dimensión de este indicador ambiental está estrechamente relacionada con el rendimiento del cultivo, ya que a menor rendimiento mayor es su huella hídrica. Por lo tanto, un buen manejo en el cultivo, procesos eficientes en empaque, el tipo de suelo y las condiciones climáticas de cada región, son factores determinantes para la cuantificación de la huella hídrica en fase de cultivo y procesos de empaque de piña y banano de AGROPOR y “Standar Fruit de Honduras”.

Recomendaciones

AGROPOR y “Standar Fruit de Honduras” deben mejorar los registros de consumo de agua en la salida de todos los pozos para contabilizar el agua utilizada en la huella asociada y de esta manera promover prácticas más eficientes de uso. Además, distribuir los grupos de riego de acuerdo con la textura del suelo para lograr mayor eficiencia en el uso de agua en la fase de cultivo.

AGROPOR y “Standar Fruit de Honduras” deben implementar prácticas de agricultura de precisión con tecnología de vanguardia, mediante la incorporación de sistemas avanzados de monitoreo, control de la humedad del suelo, riego y fertilización; además del uso de tecnología reciente como sensores de alta precisión. De igual forma considerar la adopción de herramientas de análisis de datos para optimizar los procesos productivos y mejorar la toma de decisiones, para de esta manera optimizar aún más la gestión del recurso hídrico.

Referencias

- Acuña, I. (2006). La política ambiental en los planes de desarrollo en Colombia 1990-2006. Una visión crítica. *Luna Azul*(22), Artículo 22, 8–19. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727224002.pdf>
- Allen, R. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Arévalo, D., Lozano, J. y Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola. *Revista Internacional De Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*(6), 101–126. <http://hdl.handle.net/2099/11915>
- Bolaños, M. (2011). *Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/cee69852-2f88-4abf-bfc6-73820db4f8bf/content>
- Chapagain, A. K. y Hoekstra, A. Y [A Y] (Eds.). (2004). *Value of Water Research Report Series: Vol. 16. Water Footprints of Nations*. UNESCO-IHE Institute for Water Education. <https://research.utwente.nl/en/publications/water-footprints-of-nations>
- Chapagain, A. K. y Orr, S. (2009). An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1219–1228. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.06.006>
- Clercx, L., Zarate, E. y Kuiper, J. D. (2016). Water footprint assessment of bananas produced by small banana farmers in Peru and Ecuador. *Acta Horticulturae*(1112), 21–28. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1112.1>
- Del Vázquez Mercado, R. y Buenfil, M. (2012). Huella Hídrica de América Latina: retos y oportunidades. *Aqua-LAC*, 4(1), 41–48. <https://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/86>
- Galeano, P. (2020). *Gestión del agua en la industria alimentaria como estrategia empresarial para disminuir la huella hídrica generada en el desarrollo de su actividad económica* [Tesis de pregrado]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/17181>
- Guevara, J. (2006). La fórmula de Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, ETo. *Terra Nueva Etapa*, XXII(31), 31–72. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72103103>
- Hoekstra, A. Y [A. Y.], Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. y Mekonnen, M. M. (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*. Water Footprint Network. <https://edepot.wur.nl/573908>
- Hoekstra, A. Y [A. Y.], Chapagain, A. K., Aldaya, M. y Mekonnen, M. M. (2011). *Manual de evaluación de la huella hídrica. Establecimiento del estándar mundial: Establecimiento del estándar mundial*. AENOR Internacional, S.A.U.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (s.f.). *Cálculo de las Huellas Hídricas Verde, Azul y Gris*. <https://elearning.iica.int/mod/book/view.php?id=17003&chapterid=19126>

- Maglianesi, M. (2013). Desarrollo de las piñeras en Costa Rica y sus impactos sobre ecosistemas naturales y agro-urbanos. *Biocenosis*, 27(1-2), 63–70. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/611>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Perspectivas a mediano plazo: perspectivas para la producción y el comercio mundial de bananos y frutas tropicales 2019-2028*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca7568es/ca7568es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023a). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023b). *Tierra y Agua: Climwat*. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023c). *Tierra y Agua: CropWat*. FAO. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- Palacios, M. (2019). *Cuantificación de la huella hídrica en la producción bananera: Un estudio de caso en Bocas del Toro, Panamá* [Tesis de Maestría]. Catie, Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9114>
- Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M. y Romero, H. M. (2016). La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas*, 37(1), 11–23. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11696>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua: Evaluación y Diagnostico*. Arquitectura. Ediciones de la U, Universidad de Medellín.
- Swennenhuis, J. (2009). Manual Cropwat 8.0. <https://vdocuments.mx/manual-cropwat-80-espanol.html>
- Vargas, A., Morales, M., Watler, W. y Vignola, R. (2018). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos: Como parte del estudio de prácticas efectivas para adaptación de cultivos prioritarios para seguros, en Costa Rica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Practicas-reduccion-impactos-por-eventos-climatologicos.html>
- The World Counts. (2023). *Global Water Footprint*. <https://www.theworldcounts.com/challenges/freshwater/global-water-footprint>

Anexos

Anexo A

Requerimientos de Clima

País		Estación	
------	--	----------	--

Altitud		m	Latitud		°N/°S	Longitud		°E/°W
---------	--	---	---------	--	-------	----------	--	-------

Mes	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Humedad	Viento	Insolación	Radiación	ETo
	°C	°C	%	Km/día	horas	MJ/m ² /día	Mm/día
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							
Promedio							

Anexo B

Precipitación media mensual por una serie temporal

Estación		Método Prec. Ef.	Método USDA S.C
----------	--	------------------	-----------------

Mes	Precipitación	Precipitación Efectiva
	mm	mm
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Total		

Anexo C

Datos del suelo

Tipo de suelo	
---------------	--

Datos generales del suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)		mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación		mm/día
Profundidad radicular máxima		centímetros
Agotamiento inicial de humedad de suelo (como % de ADT)		%
Humedad de suelo inicialmente disponible		mm/metro

Anexo D

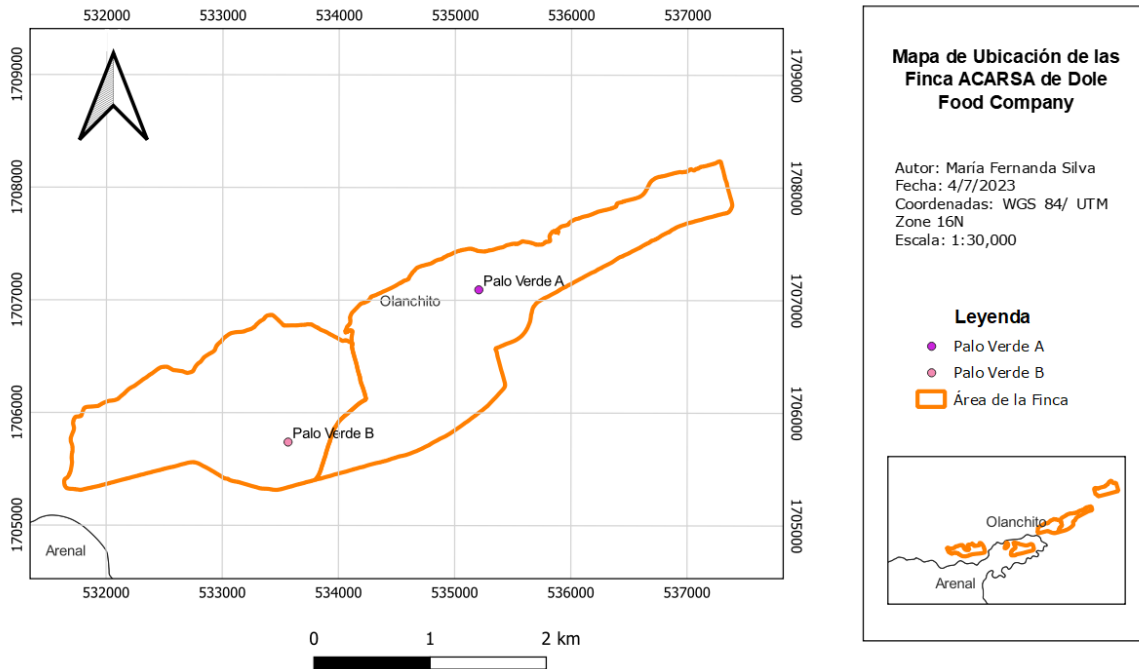
Riego por aspersión con cañón autopropulsado "Irrifrance"



Anexo E*Carreta de transporte de piña*

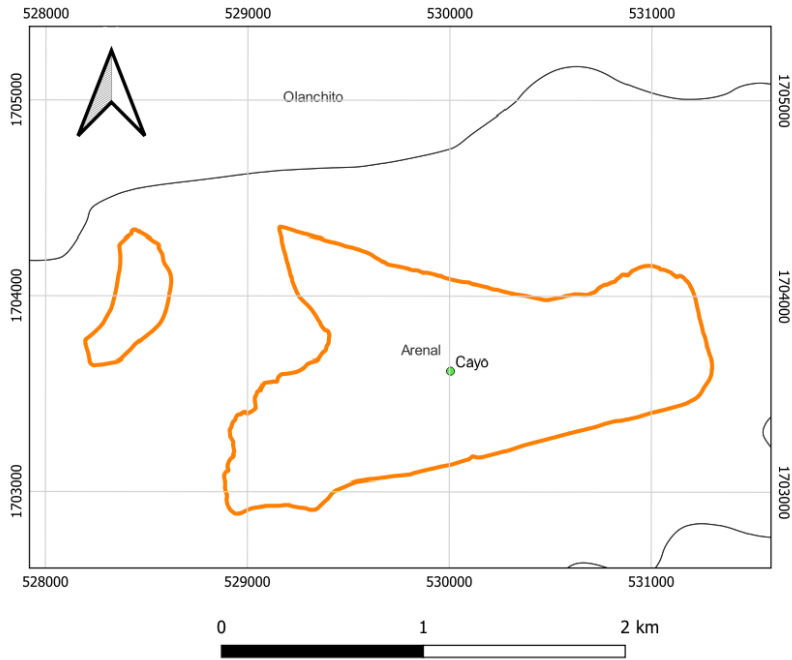
Anexo F

Mapa general de las fincas Palo Verde A y Palo Verde B



Anexo G

Mapa general de la finca Cayo



Mapa de Ubicación de las Finca ACARSA de Dole Food Company

Autor: María Fernanda Silva
Fecha: 4/7/2023
Coordenadas: WGS 84/ UTM
Zone 16N
Escala: 1:17,000

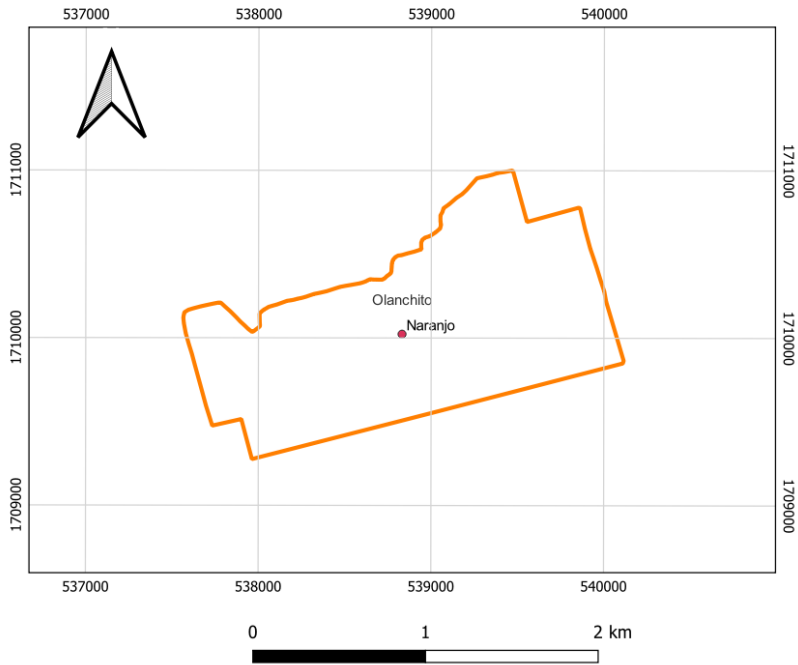
Leyenda

- Cayo
- ▭ Área de la Finca

The inset map shows a larger geographical context, highlighting the location of the finca area (orange outline) relative to the towns of Olanchito and Arenal.

Anexo H

Mapa general de la finca Naranjo



Mapa de Ubicación de las Finca ACARSA de Dole Food Company

Autor: María Fernanda Silva
Fecha: 4/7/2023
Coordenadas: WGS 84/ UTM
Zone 16N
Escala: 1:20,000

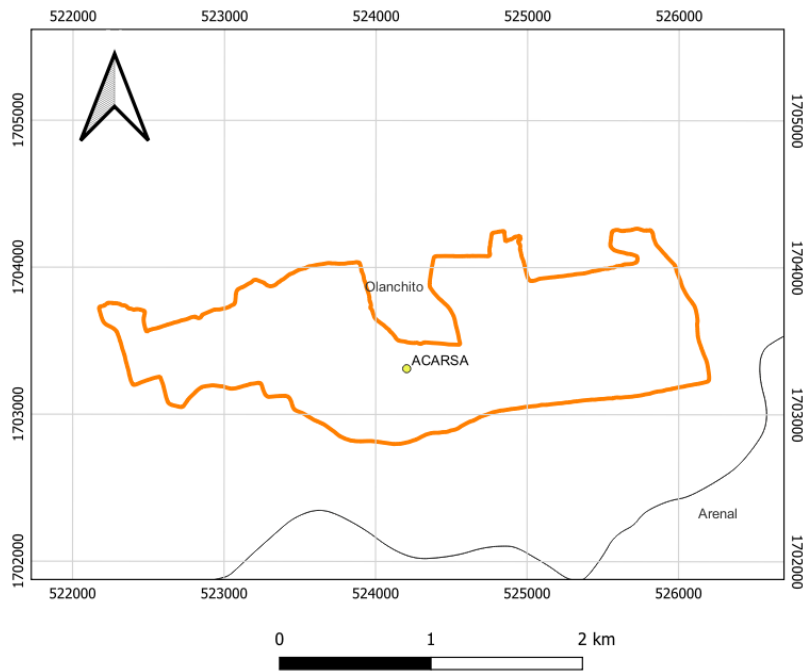
Leyenda

- Naranjo
- ▭ Área de la Finca

The inset map shows a larger area with labels for 'Olanchito' and 'Arenal'. The finca's location is highlighted with an orange outline, corresponding to the main map's coordinates.

Anexo I

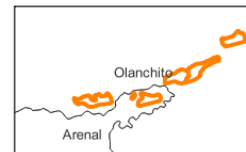
Mapa general de la finca ACARSA

**Mapa de Ubicación de las
Finca ACARSA de Dole
Food Company**

Autor: María Fernanda Silva
Fecha: 4/7/2023
Coordenadas: WGS 84/ UTM
Zone 16N
Escala: 1:23,000

Leyenda

- ACARSA
- ▭ Área de la Finca



Anexo J

Textura del suelo de la Finca Palo Verde A

Textura del suelo de la Finca Palo Verde A								
Profundidad (cm)	Puntos de Muestreo							
	A2	A3	A5	B1	B2	B3	B5	B8
20	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso
40	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso
20	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Franco	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso
40	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso
20	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco	Arcilla	Arcillo Limoso
40	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso	Arcilla	Franco Arcillo Limoso
20	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla
40	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
20	Arcilla	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcilla
40	Arcilla	Franco Arcilloso	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcilla
20	Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcilloso			Franco Arcilloso	Franco
40	Arcillo Limoso	Arcilla	Franco Limoso	Franco Arcillo Limoso			Arcillo Limoso	Franco
20	Arcillo Limoso		Franco Arcillo Limoso					Franco Arcilloso
40	Arcillo Limoso		Franco Arcillo Limoso					Franco Arcillo Limoso
20	Arcilla		Franco Arcillo Limoso					
40	Arcilla		Franco					
20			Franco					
40			Arcilloso					
40			Franco Arcilloso					

Anexo K

Textura del suelo de la Finca Palo Verde B

Textura del suelo de la Finca Palo Verde B			
Profundidad (cm)	Puntos de Muestreo		
	C4	D3	D6
20	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
40	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
20	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
40	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
20	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
40	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco
20	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Arcillo Limoso
40	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Arcillo Limoso
20	Franco	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso
40	Franco	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
20	Franco	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso
40	Franco	Franco	Franco Arcilloso
20	Franco		
40	Franco		

Anexo L

Textura del suelo de la Finca Cayo

Textura del suelo de la Finca Cayo							
Profundidad (cm)	Punto de muestreo						
	E3	E5	E7	F1	F2	F4	F8
20	Franco	Franco	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco
40	Arenoso Franco	Franco	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco
20	Franco Arcillo Limoso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco
40	Franco Limoso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Franco	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Arcilla
20	Franco	Franco	Franco Limoso	Franco	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco
40	Franco Arcillo Arenoso	Franco	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco
20	Franco Arcilloso	Franco	Franco Limoso	Franco	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso
40	Franco Arcilloso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcillo Limoso	Franco
20	Franco	Franco	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso
40	Franco Arcilloso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso
20	Franco Arcilloso	Franco	Franco Limoso	Franco Arenoso			Arcillo Limoso
40	Franco Arcilloso	Franco	Arcillo Limoso	Arenoso Franco			Arcillo Limoso
20		Franco					Arcilla
40		Franco					Arcillo Limoso

Anexo M

Textura del suelo de la Finca Naranjo

Textura del suelo de la Finca Naranjo														
Profundidad (cm)	Puntos de muestreo													
	R5	R6	R7	R8	R9	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
20	Arcilla	Franco Arcillo Arenoso	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcillo Limoso	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Franco Arcilloso
40	Arcilla	Franco Arcillo Arenoso	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Franco Arcilloso
20	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso
40	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla
20	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcillo Limoso
40	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcillo Limoso
20	Arcillo Limoso			Arcillo Limoso	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Arcilla	Arcillo Limoso	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla
40	Arcilla			Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla	Franco Arcilloso	Arcilla

Anexo N

Textura del suelo de la Finca ACARSA

Textura del suelo de la Finca ACARSA			
Profundidad (cm)	Puntos de muestreo		
	E4	E6	E7
20	Franco Arcilloso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
40	Franco Arcilloso	Franco	Franco Arcillo Limoso
20	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Limoso	Franco Arenoso
40	Franco Arcilloso	Franco Arenoso	Arenoso Franco
20	Franco Arcillo Limoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
40	Franco Arcillo Limoso	Arenoso Franco	Arenoso Franco
20	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arenoso
40	Franco	Franco Arcillo Limoso	Franco Arenoso
20	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco
40	Franco	Franco Arenoso	Franco Arenoso
20		Arenoso Franco	
40		Arenoso Franco	
20		Franco Arenoso	
40		Franco Arenoso	

Anexo O

Bodega de fertilizantes



Anexo P

Recomendación Nutricional Anual 2022

Fuentes	Recomendación Anual 2022			% de Recomendación	Frecuencia Aplicar	
	Nitrógeno	KCL	Magnesio			
Grupo	0.46	0.50	0.095	0.0875 ↙	N	1
A1	290	565	55	0.0875 ↙	Mg	
A2	275	535	65	0.0875 ↙	K	
A3	275	570	90			
A4	305	500	60			
A5	280	490	40			
A6	295	565	60			
A7	275	515	55			
B1	300	525	45			
B2	335	535	30			
B3	350	535	45			
B4	305	555	60			
B5	310	525	55			
B7						
B8						
T1	265	515	55			
T2	320	530	70			
T3	265	540	75			
T4	275	530	70			
T5	300	565	85			
T6	270	485	75			
T7	280	510	75			

Fuente: Standard Fruit de Honduras S.A

Anexo Q

Aspersor de Nelson Rotator R10 Turbo P8-15, Boquilla #86



Anexo R

Calibrador de banano



Anexo S

Proceso de cosecha de banano



Anexo T

Cable vía usado en las fincas

