

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS**

**RELACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EL MANEJO  
DE LA FERTILIZACIÓN CON EL ESTADO NUTRITIVO Y EL  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa* AAA cv  
Cavendish) EN EL CANTÓN DE PARRITA, PUNTARENAS, COSTA  
RICA**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de Bachiller en Ingeniería en Agronomía

**JUAN JOSÉ ARATA RODRÍGUEZ**



Carrera de Ingeniería en Agronomía  
Campus Tecnológico Local  
San Carlos  
2019 - 2023

**SAN CARLOS, 2020**

RELACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EL MANEJO  
DE LA FERTILIZACIÓN CON EL ESTADO NUTRITIVO Y EL  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa* AAA cv  
Cavendish) EN EL CANTÓN DE PARRITA,  
PUNTARENAS, COSTA RICA

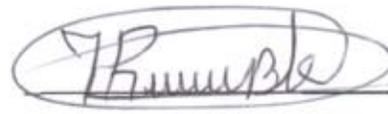
JUAN JOSÉ ARATA RODRÍGUEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.

  
Asesor principal

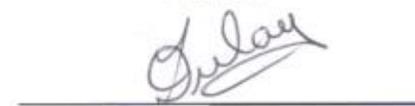
Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M. Sc.

  
Jurado

Ing. Agr. Edgardo Serrano Elizondo, M. Sc.

  
Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.

  
Coordinadora Trabajos  
Finales de Graduación

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, Ph. D.

  
Director  
Escuela de Agronomía

## DEDICATORIA

*A mis padres Juan Carlos Arata  
Herrero y Patricia Rodríguez  
Gamboa, por brindarme siempre su  
apoyo en cualquier situación e  
inculcarme el valor de la constancia  
en todas las cosas que hago.*

*A mi esposa e hijos por ser las  
personas que me acompañan día con  
día y me inspiran a seguir adelante a  
pesar de las adversidades.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, en primer lugar, por haberme concedido el don de la vida y salud día con día para poder estudiar esta carrera universitaria y elaborar este Trabajo Final de Graduación.

Al señor Rommel Castillo Moody, Gerente General de la compañía Frutas Selectas del Trópico S.A., quien me concedió apoyo y espacio en las fincas para poder recopilar la información necesaria para la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, por su excelente labor como asesor principal, siempre con la mayor disposición de guiar, recomendar, aconsejar y acompañar durante la ejecución del trabajo.

A todas las demás personas que de alguna u otra forma fueron parte de este trabajo y me ayudaron para que las cosas se logaran desarrollar de la mejor forma.

A mis amigos Eduardo Murillo, Victor Zúñiga, Victor Quesada, Rolando Chaverri, Julio Blanco y demás, que hicieron que mi experiencia como estudiante fuera de las mejores en mi vida.

A todos los profesores y profesoras, que de algún modo fueron parte de mi proceso de formación académica.

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1	Justificación.....	10
2	Objetivos .....	12
2.1	Objetivo general .....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
3.1	Variedad Cavendish .....	13
3.2	Ciclo fenológico del cultivo del banano .....	13
3.2.1	Fase infantil .....	13
3.2.2	Fase juvenil .....	13
3.2.3	Fase reproductiva .....	14
3.3	Efecto de las condiciones climáticas extremas para el cultivo del banano.....	14
3.3.1	Altas temperaturas.....	14
3.3.2	Lluvias fuertes .....	15
3.3.3	Fuertes vientos.....	15
3.3.4	Lluvias prolongadas .....	15
3.3.5	Sequías prolongadas.....	16
3.3.6	Bajas temperaturas.....	16
3.4	Fertilización en el cultivo el banano.....	17
3.4.1	Nutrientes esenciales .....	17
3.4.2	Niveles foliares óptimos.....	20
3.4.3	Fuentes de fertilización sólidos .....	20

3.4.4	Fuentes de fertilización líquidos y afines.....	22
3.4.5	Dosis de aplicación .....	25
3.5	Rendimientos productivos en el cultivo de banano .....	26
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
4.1	Generalidades del proyecto .....	27
4.1.1	Generalidades de la empresa .....	27
4.1.2	Ubicación.....	27
4.1.3	Época del proyecto .....	27
4.1.4	Condiciones climáticas .....	28
4.1.5	Datos edáficos .....	28
4.2	Tipo de investigación .....	28
4.3	Datos analizados .....	28
4.3.1	Fertilización .....	28
4.3.2	Análisis histórico de concentración de nutrimentos.....	29
4.3.3	Descripción del comportamiento histórico de las condiciones climáticas de la zona de Parrita .....	29
4.3.4	Descripción del comportamiento histórico de la productividad (cajas/ha) en Frutas Selectas del Trópico.....	30
4.3.5	Efecto del clima sobre la concentración de nutrientes en planta.	30
4.3.6	Efecto del clima sobre la productividad .....	30
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
5.1	Dosis de nutrimentos aplicados .....	31
5.2	Concentración de los nutrimentos a nivel foliar .....	43
5.3	Condiciones climáticas de la zona de Parrita .....	46
5.4	Productividad de banano en fincas de Frutas Selectas .....	48

5.5	Relación de las condiciones climáticas con la concentración de nutrimentos .....	49
5.6	Relación de las condiciones climáticas con la productividad.....	52
6	Conclusiones.....	54
7	RECOMENDACIONES .....	57
8	Bibliografía .....	58
9	ANEXOS .....	62

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro N</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1:	Nivel óptimo de nutrientes en tejido foliar en el cultivo de banano.	20
Cuadro 2:	Recomendación de fertilización de acuerdo a los niveles por nutrientes presentes en el suelo (extracción con P-Olsen modificado).	26
Cuadro 3:	Plan de fertilización (fertirriego y al suelo) por nutrimento (kg/ha) en la Finca La Flor, en los años 2017, 2018 y 2019.	33
Cuadro 4:	Plan de fertilización (fertirriego y al suelo) por nutrimento (kg/ha) en la Finca San Gerardo, en los años 2017, 2018 y 2019.	33
Cuadro 5:	Fuentes de fertilización, al suelo y por fertirriego, ciclos por año y kg/L por ciclo y por año, Finca La Flor.	36
Cuadro 6:	Fuentes de fertilización, al suelo y por fertirriego, ciclos por año y kg/L por ciclo y por año, Finca San Gerardo.	37
Cuadro 7:	Cantidad de fertilizantes foliares (kg/ha o l/ha) aplicados por mes, Finca La Flor, del 2017 al 2019.	41
Cuadro 8:	Cantidad de fertilizantes foliares (kg/ha o l/ha) aplicados por mes, Finca San Gerardo, del 2017 al 2019.	42
Cuadro 9:	Datos de concentración foliar de nutrientes en el cultivo de banano, Finca La Flor, de mayo del 2017 a mayo del 2019	45
Cuadro 10:	Datos de concentración foliar de nutrientes en el cultivo de banano, Finca San Gerardo, de mayo del 2017 a mayo del 2019.	45
Cuadro 11:	Datos de productividad (cajas/ha) en las fincas La Flor y San Gerardo.	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N°</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Figura 1:	Temperatura (°C) mínima, máxima y promedio de la zona de Parrita, datos del 2007- 2019.	46
Figura 2:	Promedio de lluvias mensuales (mm) de las fincas La Flor y San Gerardo, datos del 2007- 2019.	47
Figura 3:	Relación entre contenido foliar de Ca, Mg, S y Zn (%) y promedio de lluvias mensual (mm), Finca La Flor, datos de los años 2017 al 2019.	50
Figura 4:	Relación entre contenido foliar de Ca y Mg (%) y promedio de lluvias mensual (mm), Finca San Gerardo, datos de los años 2017 al 2019.	50
Figura 5:	Relación entre contenido foliar de nitrógeno (%) y promedio mensual de temperatura (°C), Finca La Flor, datos de los años 2017 al 2019.	51
Figura 6:	Relación entre la precipitación promedio mensual (mm) y la productividad (cajas/ha), Finca La Flor, datos de los años 2017 al 2019.	52
Figura 7:	Relación entre la temperatura promedio mensual (°C) y la productividad (cajas/ha), Finca San Gerardo, datos de los años 2017 al 2019.	53

## RESUMEN

El trabajo se realizó en la empresa Frutas Selectas del Trópico S.A, ubicada en la comunidad de Parrita, en el Pacífico central de Costa Rica, con el propósito de analizar la relación de las condiciones climáticas y el manejo de la fertilización con el estado nutritivo y el rendimiento de producción del cultivo de banano (*Musa AAA cv Cavendish*) en las dos fincas de la empresa, La Flor y San Gerardo. Se realizó un análisis descriptivo de los datos de fertilización de las fincas, desde mayo 2017 hasta mayo 2019, generando reportes de dosis de cada fuente utilizada, dosis de cada nutriente aplicado al cultivo, momento de aplicación, niveles foliares de los nutrientes y la productividad de las fincas. Además, se generaron gráficos de los datos climáticos de la zona, realizando análisis de correlación entre los datos climáticos y los contenidos foliares de los nutrientes y la productividad de las fincas.

Tanto las dosis aplicadas de cada nutriente como la concentración foliar de N, P, Ca, Mg y S coincidieron con lo reportado en la literatura. La concentración foliar de K estuvo por debajo de los niveles óptimos (3,6% - 4,0%) según Sánchez (2017) en las dos fincas con un promedio de 3,49% para La Flor y 3,54% para San Gerardo, a pesar de que las cantidades aplicadas fueron las más altas recomendadas en este cultivo. En el caso del Zinc el promedio de aplicación fue de 3,2 kg y 2,9 kg de Zn/ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente, lo que es superior a lo recomendado en la literatura y esto se relacionó con contenidos foliares en ambas fincas sobre el nivel óptimo. El boro se aplicó en promedio 0,4 kg/ha/año en las dos fincas evaluadas, lo que es inferior a lo mencionado en la literatura (0.7 kg/ha/año), lo que se reflejó en la concentración foliar por debajo de lo óptimo recomendado.

Se encontró correlación negativa entre la variable lluvia acumulada mensual y la concentración de los nutrientes Ca, Mg, S y Zn en Finca La Flor (p-valor <0,01). La correlación también fue negativa entre lluvia acumulada mensual y la concentración de Ca y Mg en Finca San Gerardo (p-valor<0,05).

## ABSTRACT

The work was carried out at the company Frutas Selectas del Trópico S.A, located in the Parrita community, in the central Pacific of Costa Rica. With the purpose of analyzing the relationship of climatic conditions and the fertilization management of the banana crop (*Musa AAA* cv Cavendish) with the nutritional status and production yield in the two farms of the company, La Flor and San Gerardo. A descriptive analysis of the fertilization data of the farms was carried out, from May 2017 to May 2019, generating reports of the dose of each source used, the dose of each nutrient applied to the crop, time of application, foliar levels of the nutrients and productivity of the farms. In addition, graphs of the climatic data of the area were generated, performing analysis of covariance between the climatic data and the foliar contents of the nutrients and the productivity of the farms.

The leaf levels of the main nutrients were within the optimal range according to the literature, such as: N, P, Ca, Mg, S. The annual average of the leaf level of K was below the optimum levels in the two farms, despite the fact that the applied amounts are the highest recommended according to the literature. In the case of Zinc, the average application was 3.2 kg and 2.9 kg of Zn / ha / year in the La Flor and San Gerardo farms, respectively, which is higher than that recommended in the literature and this was related to foliar contents on both farms above the optimum level. The boron nutriment was applied on average 0.4 kg/ha/year in the two farms evaluated, which is slightly less than what is mentioned in the literature of 700 g/ha/year; reason why a foliar content of B was presented in the two farms below the recommended optimum limit. Nutrients Ca, Mg, S and Zn have a highly significant negative correlation with the variable accumulated rainfall and a significant correlation was presented with rainfall and temperature, with the productivity of the farms. The data obtained allows adjusting and correcting the fertilization programs to improve the company's productivity and repeatability.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Justificación

La producción bananera nacional es una de las actividades más importantes del país, el área cultivada de banano se calcula en 43 000 hectáreas, las cuales generan 40 000 empleos directos. Para el cierre del 2016 el sector bananero representó el 9,6% de las exportaciones totales de bienes de Costa Rica y un 36,7% del total de las exportaciones agrícolas. Además, representa un 2% del Producto Interno Bruto (PIB) costarricense y un 38,6% del PIB agrícola (La Nación 2017).

El año 2019 enfrentó a los productores bananeros a varios retos. No obstante, el sector logró superarlos y exportar aproximadamente 1000 millones de dólares; es decir, que 120 millones de cajas de banano costarricense llegaron a mercados altamente exigentes como la Unión Europea y los Estados Unidos. Estas cifras siguen colocando al sector bananero como líder de la exportación agrícola nacional (CORBANA 2019).

Dentro de los costos de producción en general, uno de los que representan la mayor proporción es la fertilización del cultivo. Históricamente, se ha manejado en el sector productivo y entre los técnicos, que el estado nutricional del cultivo está directamente relacionado con rendimientos, por lo que se trabaja muy fuerte el rubro de fertilización, tanto las fuentes, dosis y frecuencias de aplicación de los fertilizantes, al suelo como de forma foliar.

Al ser el cultivo de banano un sistema de producción perenne, las necesidades nutricionales son constantes a lo largo del año, por lo que las aplicaciones de nutrientes deberían también ser constantes, pero en las fincas existen muchas fluctuaciones de fuentes nutricionales, de dosis, de proveedores del fertilizante, etc. Cabe mencionar, que uno de los factores que podrían afectar las decisiones de los técnicos en las intenciones de mantener un buen estado nutricional del cultivo, es la alta diversidad de formulaciones de fertilizantes disponibles en el mercado.

Por otra parte, las condiciones climáticas que se presentan en Costa Rica son muy fluctuantes y se presentan limitaciones para la producción de banano, relacionadas con el clima como son: exceso y falta de lluvia según la época, bajas temperaturas, baja luminosidad, entre otras.

La empresa Frutas Selectas del Trópico cuenta con sistemas de información que podría ayudarles a ajustar las formulaciones de fertilizantes a utilizar a lo largo del año, haciendo un mejor uso de los nutrientes, dosis y frecuencias de aplicación. De manera que se realizó un análisis de las variables climáticas y de manejo de la fertilización con el estado nutritivo y el rendimiento de las plantaciones de banano en sus dos fincas, con el propósito de disponer de una herramienta para mejorar la toma de decisiones gerenciales.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Analizar la relación de las condiciones climáticas y el manejo de la fertilización del cultivo de banano (*Musa AAA cv Cavendish*) con el estado nutritivo y el rendimiento de producción, en dos fincas de la empresa Frutas Selectas del Trópico ubicadas en el cantón de Parrita, Puntarenas, Costa Rica.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar las dosis de cada nutrimento aplicado al suelo, por fertirriego y vía foliar en dos fincas bananeras en Parrita.
- Describir el comportamiento histórico de la productividad (cajas/ha/semana) en Frutas Selectas del Trópico en Parrita.
- Relacionar las condiciones climáticas con la concentración de nutrimentos en el cultivo de banano en Frutas Selectas del Trópico en Parrita.
- Relacionar las condiciones climáticas con la productividad (cajas/ha/semana) en Frutas Selectas del Trópico en Parrita.

## 3 REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1 Variedad Cavendish

La variedad Cavendish es un subgrupo de variedades que pertenecen al grupo de musáceas denominadas AAA, es la variedad de mayor importancia a nivel nacional y de mayor capital en el comercio mundial; dentro de los cultivares Cavendish existen una gran diversidad de variedades y la más utilizada en Costa Rica es la Grand Naine o Gran enano. Esta se caracteriza por ser una planta con pseudotallo alto, hojas anchas, frutos medianos de excelente calidad, es resistente a la raza 1 de *Fusarium oxysporum*, tolerante al viento y a la sequía (Vargas Céspedes, Watler, Morales, & Vignola 2017).

### 3.2 Ciclo fenológico del cultivo del banano

Según Soto (2014) las fases fenológicas del cultivo de banano son:

#### 3.2.1 Fase infantil

La fase infantil inicia en el momento que germina el corno recién sembrado o la aparición de los retoños o hijos. El desarrollo de las yemas laterales está influenciado por la planta madre, aproximadamente a los tres meses de edad el hijo alcanza una altura promedio de 50 cm; el hijo comienza a independizarse cuando desarrolla entre 7,5 hojas - 12,5 hojas muy reducidas y aparece la primera hoja con lamina foliar de 10 cm de ancho, que se denominada F 10. La aparición de dicha hoja concluye la etapa infantil, que tiene una duración alrededor de 104 días.

#### 3.2.2 Fase juvenil

La segunda fase comienza después de la hoja F 10, seguidamente aparecen nuevas hojas (el número es variable según el desarrollo de la planta) hasta la aparición de la hoja Fm. Esta hoja se considera la primera verdadera de la planta; ya que tiene dimensiones muy parecidas al clon o planta madre y puede aparecer entre la hoja 13 y la 20 según el estado de desarrollo; la duración de la etapa es de aproximadamente 91 días.

### **3.2.3 Fase reproductiva**

La última fase fenológica de banano comprende desde que aparece la hoja Fm que es considerada también como el inicio de la diferenciación floral hasta la cosecha del fruto. Esta etapa se puede subdividir en dos: desde la emergencia de la hoja Fm a la floración, que dura alrededor de 125 días y de la floración a cosecha, que tiene una duración aproximada de 84 días. El cultivo de banano tiene un ciclo de transición, esto consiste en que presenta diferentes estadios en una misma planta; donde se puede tener una planta madre en producción, un hijo desarrollado y un nieto o nueva brotación; donde el hijo sucesor se comienza a desarrollar a los 168 días del inicio de la planta madre.

## **3.3 Efecto de las condiciones climáticas extremas para el cultivo del banano**

Según un estudio realizado por el CATIE en colaboración con Corbana (Vargas, Watler, Morales, & Vignola 2017), para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano, los principales efectos de las condiciones climáticas extremas en la producción de banano son las siguientes:

### **3.3.1 Altas temperaturas**

Según Soto & Guzmán (2011) las temperaturas alrededor de 47,5 °C ocasionan en el cultivo de banano quemaduras de la hoja; al estar a 38 °C provoca estrés hídrico, detiene el crecimiento por el cierre estomático y provoca marchitamiento.

Las altas temperaturas provocan pérdidas de fertilizante granulado por volatilización; además pueden disminuir la disponibilidad de agua para la planta, lo que genera estrés y atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta. Existen problemas de arpeollamiento o la pérdida en la distribución de las hojas (la filotaxia de la planta) que aumenta el porcentaje de problemas en la parición o aborto de la inflorescencia. En la fase reproductiva provoca el aumento de plagas

que atacan al racimo como la cochinilla y la escama; las cuales son consideradas plagas cuarentenadas en otros países.

### **3.3.2 Lluvias fuertes**

La fuerte intensidad de las lluvias puede provocar pérdidas de suelo por erosión y dejar el sistema radical de la planta expuesta; lo que provoca pérdida de plantas por pudrición radical y la diseminación de enfermedades de suelo que ingresan principalmente por las lesiones en las raíces; así como el contagio por salpique de gotas en hojas enfermas con presencia de esporas de sigatoka.

### **3.3.3 Fuertes vientos**

Los vientos con fuerte intensidad pueden provocar el volcamiento de las plantas, ocasionando problemas de anclaje, absorción de nutrientes, pérdida de plantas, disminuye la productividad y afecta el crecimiento y desarrollo del hijo; ya que la madre es el reservorio de nutrientes para el hijo seleccionado. Los daños físicos ocasionados principalmente en las hojas provocan la disminución del índice foliar y reduce la capacidad fotosintética necesaria para la translocación de nutrientes.

### **3.3.4 Lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar aumento del nivel freático y desbordamientos de ríos, esta condición por más de 48 horas, provoca en la planta daños irreversibles por la baja disponibilidad de oxígeno en el suelo que dificulta el desarrollo radical, el crecimiento vegetativo se paraliza y la emisión de la inflorescencia se compromete, lo que disminuyen el rendimiento de la planta. Además, pueden ocasionar pérdidas de suelo por erosión, exposición del sistema radical después de la llena (inundación), pérdida de raíces necesarias para el anclaje y absorción de nutrientes y en casos extremos la pérdida de unidades productivas. Los focos de infección o diseminación de enfermedades incrementan al no realizar las aplicaciones aéreas con fungicidas protectantes; así como también elevan los costos operativos al utilizar productos fungicidas sistémicos de alto valor económico.

### **3.3.5 Sequías prolongadas**

La época seca del año se cataloga como los periodos de mayor aumento en plagas insectiles como picudo y nematodos principalmente *Radopholus similis*, que ocasionan grandes problemas en el sistema radical y la absorción de nutrientes, además en la etapa reproductiva aumentan las plagas como la cochinilla y la escama; que se establecen dentro de los racimos, se dificulta el manejo de lavado. La desecación del suelo por déficit hídrico ocasiona compactación y el agrietamiento del suelo; lo que provoca atraso en prácticas de fertilización (volatilización del fertilizante), disminución de la disponibilidad de recurso hídrico necesario para la planta, disminución en la absorción de nutrientes, y pérdida de filotaxia (arrepollamiento) que afecta la parición de la inflorescencia. En la etapa reproductiva provoca malformaciones del racimo, reduce el calibre de los dedos, disminuye el peso de los racimos y puede ocasionar problemas de maduración temprana en el campo.

### **3.3.6 Bajas temperaturas**

La temperatura óptima para iniciar la floración se encuentra cerca de los 22 °C. Además, el límite inferior para el desarrollo de la planta de banano se ubica en los 16 °C y su crecimiento y acumulación de materia seca se detiene a los 14 °C (Soto & Guzman 2011).

Las bajas temperaturas ocasionan que el proceso fotosintético y fisiológico se paralice; provocando que la planta pueda presentar síntomas de arrepollamiento y la inflorescencia emerja por lados contrarios a los normales, disminuya el calibre de los dedos y pérdida de la fruta. Otro de los problemas con el descenso de la temperatura es el encorvamiento de los dedos; esto provoca pérdida de estética y problemas de empaque.

### **3.4 Fertilización en el cultivo el banano**

#### **3.4.1 Nutrientes esenciales**

De acuerdo a Lopez & Espinoza (1995) los nutrientes esenciales para el cultivo de banano son los siguientes:

##### *3.4.1.1 Nitrogeno (N)*

Se considera al N uno de los elementos de mayor importancia en la nutrición del banano, debido a que la cantidad de este nutrimento es alta en la planta. La cantidad de N en el suelo, generalmente es pequeña, por lo que se debe suplir por medio de programas de fertilización.

Una plantación de 70 t/ha/año (toneladas métricas por hectárea) de producción de racimos de banano, de acuerdo a los contenidos del racimo puede remover del suelo 125 kg/ha/año de N. La mayoría de las zonas bananeras de América latina utiliza dosis de 300 kg/ha/año de N. En Costa Rica han probado que el fraccionamiento de esta dosis hasta en ocho aplicaciones al año mejora la eficiencia de uso del nutriente en zonas de alta precipitación.

##### *3.4.1.2 Potasio (K)*

El K es considerado el nutrimento más importante en la fertilización del cultivo de banano debido a las altas cantidades que demanda la planta. Una plantación de 70 T/ha/año de producción de racimos de banano, de acuerdo a los contenidos del racimo puede remover del suelo 400 kg/ha/año de K. El K es absorbido como catión y es fundamental en procesos como la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación del contenido de agua de las hojas. Pero su función principal es el transporte de acumulados de azúcares dentro de la planta, lo que permite el llenado de la fruta.

El K es medianamente móvil en el suelo porque es retenido en los coloides negativos del suelo. El fraccionamiento de la dosis depende de la precipitación y la textura del suelo, los suelos arenosos no retienen el K por su baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo que es imprescindible fraccionar la dosis.

#### 3.4.1.3 Fósforo (P)

En el caso del P los requerimientos del cultivo de banano son muy bajos, 15 kg/Ha/año en una plantación de 70 t/ha/año de producción de racimos. La mayor absorción ocurre en los primeros cinco meses de la vida de la planta (etapa vegetativa). El P se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimientos activos de la planta de banano.

Es un elemento presente en baja cantidad en la solución del suelo, ya que forma compuestos insolubles con el aluminio, el hierro y el calcio, además es fijado por las arcillas del suelo. Por lo que debe colocarse preferiblemente de forma localizada y cerca de las raíces para reducir el contacto con el suelo y evitar su fijación.

#### 3.4.1.4 Calcio (Ca)

El Ca se usa poco en los programas de fertilización de banano, porque el cultivo lo requiere en moderadas cantidades y es relativamente abundante. Este elemento participa en la formación de las paredes celulares y es activador enzimático de la división celular. Una plantación de 70 t/ha/año de producción de racimos de banano, puede remover del suelo 10 kg/ha/año de Ca.

#### 3.4.1.5 Magnesio (Mg)

El Mg es un nutrimento importante en la fertilización del cultivo de banano, principalmente en los suelos de bajo contenido del mismo, como los de origen volcánico. Al ser el centro de la molécula de clorofila es indispensable en la vida vegetal. Además, activa el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas.

El Mg es retenido en las arcillas del suelo, al ser un catión que se une a las cargas negativas. No es requerido en grandes cantidades por la planta, se habla que para una cosecha de 70 t/ha/año se remueve del suelo 20 kg/ha/año de Mg.

#### 3.4.1.6 Azufre (S)

El S se considera un elemento importante en la nutrición del banano y es común encontrar deficiencias foliares en fincas bananeras de Costa Rica. La

necesidad del cultivo de banano de S para una producción de 70 t/ha/año es de alrededor de 14 kg de S/ha/año. En Costa Rica se han probado la aplicación de hasta 264 kg de S/ha/año, con buenos resultados en la producción.

La función principal del S en la planta es su participación en la estructura de las proteínas y es absorbido por la planta como un anión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). En el suelo se encuentra presente más comúnmente en forma orgánica, por lo que su deficiencia se presenta en suelos de textura gruesa y contenidos bajos de materia orgánica. El exceso de precipitación arrastra a los cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y el  $\text{SO}_4^{2-}$  generalmente se adhiere a ellos eliminándose del suelo.

#### 3.4.1.7 Zinc (Zn)

La deficiencia de Zn en plantaciones de banano se ha reportado en Costa Rica, principalmente, en suelos altos en Ca y arenosos. El Zn interviene en la síntesis de auxinas que regulan el crecimiento, por eso su deficiencia provoca retrasos en el crecimiento de la planta y la formación de racimos pequeños y deformados.

El Zn se presenta en el suelo como un catión ( $\text{Zn}^{2+}$ ) y es retenido por las partículas del suelo. En suelos con altos contenidos de P hay una reducción de la concentración del Zn en los tejidos. Una producción de 50 t/ha/año de fruta extrae 500 gr de Zn/ha/año. Se recomienda la aplicación de foliares que contengan este nutriente para prevenir posibles deficiencias.

#### 3.4.1.8 Boro (B)

La deficiencia de B no es frecuente en banano y el nutriente se utiliza poco en programas de fertilización. El B es esencial en la formación de paredes celulares y las flores y frutos son afectados por su carencia. Las cantidades de B en el suelo son muy bajas, los suelos ácidos con bajo contenido de materia orgánica, por lo general, son pobres en B. Una producción de 50 t/ha/año de fruta necesita alrededor de 700 gr de B/ha/año.

### 3.4.2 Niveles foliares óptimos

**Cuadro 1:** Nivel óptimo de nutrientes en tejido foliar en el cultivo de banano.

(Sanchez 2017)

PORCENTAJE (%)				
N	P	K	Ca	Mg
2,4-2,6	0,14- 0,20	3,6-4,0	0,55- 0,75	0,28-0,33

Ppm				
S	Zn	B	Cu	Mn
>0,12-0,16	>20	>20-50	>8	<200

### 3.4.3 Fuentes de fertilización sólidos

#### 3.4.3.1 Cloruro de potasio blanco (KCl)

El KCl es el fertilizante potásico más utilizado a nivel mundial, debido a su bajo costo y a que incluye más cantidad de K que otras fuentes (60%-63% K<sub>2</sub>O y 45%-47% Cl). El KCl se disuelve rápidamente en la humedad del suelo, donde el K<sup>+</sup> será retenido en los sitios de intercambio con carga negativa de las arcillas y la materia orgánica. Por su parte, el Cl<sup>-</sup> se moverá rápidamente con el agua del suelo. Un grado especial de pureza de KCl puede ser disuelto para fertilizantes líquidos o aplicaciones a través de sistemas de riego (IPNI 2018).

#### 3.4.3.2 Kieserita

La kieserita es un mineral natural que es químicamente conocido como sulfato de magnesio monohidratado (MgSO<sub>4</sub>•H<sub>2</sub>O), es una fuente soluble tanto de magnesio (Mg) como de azufre (S) para la nutrición de las plantas. La kieserita no tiene ningún efecto sobre el pH del suelo, por lo que se puede suministrar a todo tipo de suelo, independientemente del pH. La kieserita no se utiliza directamente como fertilizante foliar y su aplicación al suelo en zonas con altas precipitaciones se recomienda fraccionarlas en dos o más dosis, a fin de evitar las pérdidas por lixiviación (IPNI 2018).

#### 3.4.3.3 Nitrato de Amonio ( $NH_4NO_3$ )

El nitrato de amonio es un fertilizante que proporciona la mitad del N en forma de nitrato y la otra mitad en forma de amonio. La forma nitrato se mueve fácilmente con el agua del suelo hacia las raíces, donde está inmediatamente disponible para su toma por la planta. La fracción de amonio es absorbida por las raíces o es convertida gradualmente en nitrato por los microorganismos del suelo. Debido a que el nitrato de amonio es higroscópico y atrae fácilmente la humedad del aire, se almacena normalmente en bolsas selladas. La alta solubilidad de nitrato de amonio hace que sea muy adecuado para preparar soluciones para fertirrigación o aspersiones foliares (IPNI 2018).

#### 3.4.3.4 Nitrato de Calcio [ $Ca(NO_3)_2$ ]

El nitrato de calcio es un fertilizante granular completamente soluble en agua, con un contenido aproximado 26% de Calcio (CaO) y de 15,5% de nitrógeno (N). El Nitrato de Calcio puede ser mezclado con todos los fertilizantes solubles en agua, excepto con soluciones que contengan fosfatos o sulfatos (Agriculturers 2016).

#### 3.4.3.5 Sulfato de Amonio [ $(NH_4)_2SO_4$ ]

El sulfato de amonio (a veces abreviado como SA o SAM) fue uno de los primeros y más ampliamente utilizados fertilizantes nitrogenados para la producción de cultivos. Se presenta en forma de cristales, altamente solubles y frecuentemente es utilizado en suelos anegados para la producción de arroz, donde los fertilizantes a base de nitrato se pierden por desnitrificación. En suelos con altas temperaturas, los microorganismos del suelo comenzarán rápidamente a convertir el amonio a nitrato y liberan acidez  $[H^+]$ , lo que reducirá el pH del suelo con un uso repetido (IPNI 2018).

#### 3.4.3.6 Urea [ $CO(NH_2)_2$ ]

La urea es utilizada para proveer N para el crecimiento de las plantas aplicándola de varias maneras: al suelo incorporada o aplicada en la superficie;

debido a su alta solubilidad se puede disolver en agua y aplicarse al suelo en forma líquida, agregarse al agua de riego, o rociarse sobre el follaje de las plantas, ya que es absorbida rápidamente por las hojas (IPNI 2018).

Luego de que la urea entra en contacto con el suelo o las plantas, la enzima ureasa comienza a convertir la urea en  $\text{NH}_3$ , en esta etapa la urea es susceptible a pérdidas gaseosas por volatilización como  $\text{NH}_3$ . Las plantas utilizan más comúnmente el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) como fuente de N, y estas moléculas están disponibles luego de que la urea es transformada por la ureasa y los microorganismos del suelo (IPNI 2018).

#### **3.4.4 Fuentes de fertilización líquidos y afines**

##### **3.4.4.1 Agrica 19 GA**

Agrica 19 GA es un fertilizante líquido para prevenir deficiencias o corregir carencias del elemento en los cultivos. Está formulado con fuentes de nitrógeno (9%), Magnesio (5,23%), Calcio (5,23%), Zinc (7,83%) y Ácido Bórico (0,52%); acondicionado con quelatados (5%) y enriquecido con aminoácidos (5%) (Tilawa Agro SF).

##### **3.4.4.2 Black gold**

Black Gold es un bioestimulante-coadyuvante orgánico mineral, presentado como líquido soluble de aplicación directa al suelo, por vía fertirrigación o por vía foliar. Su principal contenido son los ácidos fúlvicos, y en forma secundaria ácidos húmicos y aminoácidos, y trazas de varios elementos. La principal ventaja del Black Gold es su alta capacidad de quelatizar cationes debido que presenta una alta CIC y actúa como un agente acomplejante de las partículas del suelo. Además, fisiológicamente sobre las plantas mejora los procesos de germinación, el enraizamiento y produce un efecto estimulante anti-estrés (Tilawa Agro SF).

##### **3.4.4.3 Everest**

Everest es un activador metabólico que incrementa la actividad fisiológica global de las plantas y está indicado para evitar y superar procesos de estrés,

tanto por factores físicos como químicos y para estimular los sistemas de defensa naturales de la planta. En el cultivo de banano es compatible con la mayoría de los fungicidas protectantes y sistémicos utilizados actualmente en el combate de la Sigatoka Negra, puede usarse en mezclas, solo en agua o en emulsiones. Los contenidos nutricionales de este bioestimulante son: Aminoácidos libres 13%, Algas marinas (*Ascophylum nodosum*) 25%, Polisacáridos 17%, Proteínas, péptidos, carbohidratos 15% (Seracsa SF).

#### 3.4.4.4 *Foliveex Zinc 10%*

Foliveex Zinc 10% es un fertilizante foliar a base de zinc quelatado con L-aminoácidos libres, los cuales facilitan la absorción y la translocación del microelemento dentro de la planta, participando de forma activa en las funciones vitales como la fotosíntesis, transporte de electrones, activación hormonal, entre otros (Seracsa SF).

#### 3.4.4.5 *Foliveex Calcio 10%*

Foliveex Calcio 10% es un fertilizante foliar a base de calcio y aminoácidos, los cuales brindan al cultivo la capacidad para mantener la firmeza de la membrana celular, el calcio es un activador de enzimas que participa en la mitosis, división y elongación celular e interviene en la síntesis de proteínas e intercambio de carbohidratos. El suministro de calcio a nivel foliar previene desordenes fisiológicos producidos en los frutos, además activa los meristemos de la raíz para que haya crecimiento y un buen desarrollo radicular (Seracsa SF).

#### 3.4.4.6 *Foliveex Magnesio 8%*

Es un fertilizante foliar a base de magnesio quelatado con L-aminoácidos. El magnesio es un componente de la clorofila, estabiliza las partículas necesarias para la síntesis de las proteínas, y se vuelve necesario para la formación de azúcares. El magnesio en aplicaciones foliares promueve el crecimiento vegetativo, el llenado de frutos, previene la maduración prematura y la caída de frutos antes de la cosecha (Seracsa SF).

#### 3.4.4.7 *Funibiol K*

Es un fungicida orgánico sistémico, con acción preventiva y curativa de acuerdo con la enfermedad a controlar. Sus metabolitos inhiben la germinación de las esporas, protege completamente las hojas y brotes nuevos proveyendo una capa gruesa de silicio en la cutícula; además, actúa sobre la estimulación del sistema metabólico y del sistema de defensa haciendo que la planta mantenga su desarrollo y productividad (Agrotel 2020).

#### 3.4.4.8 *Golden Calcio*

Golden Calcio es un fertilizante líquido a base de nitrato de calcio quelatado con EDTA, cuyo contenido nutricional son 13% de nitrógeno nítrico (N-NO<sub>3</sub>) y 26% de calcio (CaO). Es ideal para ser aplicado en fertilizaciones líquidas dirigidas al suelo, por vía foliar o bien por sistemas de fertirrigación. La unión del anión nitrato (NO<sub>3</sub>) y el Ca, permite alta disponibilidad y absorción por los tejidos, mejorando incluso la absorción de otros cationes como el Magnesio y Zinc (Tilawa Agro SF).

#### 3.4.4.9 *Mokave*

Es un fertilizante compuesto inorgánico soluble, dirigido a corregir deficiencias de Zinc (6,81%) y Boro (1%). El boro mejora la eficiencia en la absorción del zinc, que a su vez favorece la formación y elongación de tallos, hojas y frutos; así como la conversión de azúcares y la activación fotosintética para una eficiente producción de las cosechas (Quimi-Agro de Costa Rica 2018).

#### 3.4.4.10 *Prolife Aminoácidos*

ProLife Aminoácidos 20% es un fertilizante foliar compuesto por L-aminoácidos libres y enriquecido con macro-elementos (N-P-K), su aplicación foliar suministra los eslabones fundamentales para la formación de macromoléculas biológicas. La incorporación en drench al suelo permite la absorción de sus L-aminoácidos libres por las raíces, estimulando el desarrollo lateral de las raíces y la actividad de la flora microbiana del suelo. ProLife Aminoácidos 20% ejerce un efecto bioestimulante en el cultivo cuando se producen situaciones de estrés como: asfixia radicular, sequía, altas o bajas temperaturas y fitotoxicidades producidas por plaguicidas, entre otros (Seracsa SF).

#### **3.4.5 Dosis de aplicación**

Se han realizado investigaciones para encontrar niveles críticos de nutrientes en el suelo, que reflejen la necesidad de adaptación de las aplicaciones de fertilizantes para garantizar una productividad adecuada en el cultivo de banano (Kema & Drenth 2018). Los resultados de los análisis del suelo indican si las concentraciones encontradas son bajas, medias o altas en comparación con los valores críticos teóricamente esperados. En el Cuadro 2 se proporcionan los valores críticos y las recomendaciones de fertilizantes correspondientes para los sistemas de producción costarricenses de banano (Kema & Drenth 2018).

**Cuadro 2:** Recomendación de fertilización de acuerdo a los niveles por nutrientes presentes en el suelo (extracción con P-Olsen modificado).

(Tomado de: Kema & Drenth 2018)

Nutriente	Nivel en el suelo		
	Bajo	Medio	Alto
<b>Nitrógeno</b>			
Concentración en el suelo		no medible	
Recomendación de fertilización (kg N ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )		350-400	
<b>Fósforo</b>			
Concentración en el suelo (mg/kg)	<10	10-20	>20
Recomendación de fertilización (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha año <sup>-1</sup> )	100	50	0
<b>Potasio</b>			
Concentración en el suelo (cmol(+)/kg)	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Recomendación de fertilización (kg K <sub>2</sub> O/ha/año)	700	600	500
<b>Calcio</b>			
Concentración en el suelo (cmol(+)/kg)	<3	3-6	>6
Recomendación de fertilización (kg CaO/ha/año)	200	100	0
<b>Magnesio</b>			
Concentración en el suelo (cmol(+)/kg)	<1	1-3	>3
Recomendación de fertilización (kg MgO/ha/año)	200	100	0

### 3.5 Rendimientos productivos en el cultivo de banano

En Costa Rica el cálculo de la productividad es el resultado aritmético de dividir el volumen de exportación entre las hectáreas en producción. Para el año 2018, la productividad bananera nacional alcanzó 2894 cajas (de 18,14 kilos cada una) por hectárea, frente a 2989 cajas/ha (aproximadamente 54 t/ha) registradas en el 2017 (CORBANA 2019).

Comparando esta productividad con la de Colombia que para el 2018 produjo 2002 cajas (de 20 kilos cada una) por hectárea, aproximadamente 40 t (Ospina & Calvo 2018), lo cual es muy inferior a las 52,5 t/ha producidas en Costa Rica para el mismo año. Costa Rica tiene uno de los más altos niveles de productividad bananera del mundo por su alto grado de tecnificación e investigación en materia bananera, de allí sus buenos rendimientos.

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Generalidades del proyecto**

#### **4.1.1 Generalidades de la empresa**

Las fincas La Flor y San Gerardo pertenecen a un grupo de capital guatemalteco, Grupo HAME, bajo el nombre de razón social en Costa Rica de Frutas Selectas del Trópico S.A. El grupo adquirió las fincas en el año 2000, siendo en el 2003 cuando inician los procesos de siembra con el cultivo de banano en Finca La Flor en dos etapas propiamente, con 254,79 hectáreas en la primera y 80 hectáreas en la segunda para alcanzar el total del área de esta finca de 334,79 en la actualidad. Mientras que la finca San Gerardo inició siendo una finca de piña, pero éste cultivo no les generó buenos resultados, y en el 2009 iniciaron las siembras de banano en finca San Gerardo, ésta finca ha crecido en tres etapas; sembrando 120 hectáreas en la primera, alcanzando 250 hectáreas en la segunda y cerrando el proyecto en la tercera etapa con el total de 352,07 hectáreas sembradas actualmente.

#### **4.1.2 Ubicación**

El presente proyecto se realizó en dos fincas de la empresa Frutas Selectas del Trópico S.A. ubicadas en el cantón de Parrita de la provincia de Puntarenas, Costa Rica. La primera es la finca San Gerardo, cuenta con una extensión de 352,07 hectáreas, localizada entre los 09°32'27" latitud norte y 84°20'44" longitud oeste. Por su parte la finca La Flor, cuenta con una extensión de 334,79 hectáreas y está localizada entre los 9°33'05" latitud norte y 84°22'39" longitud oeste.

#### **4.1.3 Época del proyecto**

El presente informe se realizó con datos climáticos, de manejo y productivos en el periodo de 2017 al 2019; en las fincas La Flor y San Gerardo de la empresa Frutas Selectas del Trópico S.A.

#### **4.1.4 Condiciones climáticas**

La región Pacífico Central presenta un clima tropical seco, con influencia monzónica. Consta de un periodo lluvioso de alta severidad y muy extenso (entre mayo y octubre) y un periodo seco de intensidad moderada y corto (entre diciembre y abril). Se reporta para la región un promedio de precipitación anual cercano a 3700 mm, con cerca del 85% distribuido en el periodo lluvioso (INDER 2015).

#### **4.1.5 Datos edáficos**

En la Zona de Parrita predominan suelos inceptisoles, principalmente en las zonas planas. Además, es posible encontrar suelos ultisoles en algunas regiones planas y onduladas, así como, entisoles en la desembocadura de los ríos (INDER 2015).

### **4.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación utilizada fue descriptiva, analizando los datos de fertilización, clima y rendimiento agronómico del cultivo de banano en las dos fincas. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación para identificar posibles asociaciones entre variables con efecto en el estado nutricional del cultivo y su productividad.

### **4.3 Datos analizados**

#### **4.3.1 Fertilización**

Se revisaron los registros de fertilización de la finca desde mayo 2017 hasta mayo 2019 inclusive. La revisión incluyó los registros de fertilización granulada de aplicación manual en época de lluvias, el plan de fertilización líquida a través de sistemas de riego por aspersión en época seca y aplicaciones foliares vía aérea, suministrados por la finca.

El análisis de los datos del plan de fertilización fue de tipo exploratorio, con sumatorias de datos y cuadros explicativos que resumen la fertilización utilizada en las fincas.

Con los registros se confeccionó una base de datos para calcular:

- Las fuentes utilizadas en la fertilización al suelo, en el riego y vía foliar
- Dosis de cada fuente utilizada durante el año
- Dosis total anual de cada nutrimento aplicado al cultivo
- Momento de aplicación de cada fuente y cada nutrimento

#### **4.3.2 Análisis histórico de concentración de nutrimentos.**

Se realizó una revisión de los registros de los análisis foliares de concentración de nutrientes de la finca, desde mayo 2017 a mayo 2019.

Los resultados obtenidos de esta fase fueron:

- Una valoración del estado nutritivo de cada una de las fincas de Frutas Selectas del Trópico S. A.
- Una comparación del estado nutritivo general de toda la operación de Frutas Selectas del Trópico S. A. con los valores críticos reportados para el cultivo
- Una descripción de la variación anual en la concentración de nutrimentos en cada una de las fincas

#### **4.3.3 Descripción del comportamiento histórico de las condiciones climáticas de la zona de Parrita**

Se analizaron los datos meteorológicos de la Estación Meteorológica Finca La Ligia en Parrita, la cual se encuentra a 4 kilómetros del lugar de estudio, emitidos por el Instituto Meteorológico Nacional.

Los resultados obtenidos para esta fase son:

- Gráficos de la distribución de la precipitación acumulada mensual en los años de estudio.
- Gráfico de la variación anual de la temperatura media mensual, mínima mensual, máxima mensual.

#### **4.3.4 Descripción del comportamiento histórico de la productividad (cajas/ha) en Frutas Selectas del Trópico**

Se recopiló los datos de productividad en cajas por hectárea, de mayo 2017 a mayo 2019. Con el registro de la productividad se obtuvieron los siguientes resultados:

- Variación histórica en la productividad de la empresa (cajas/ha) y de cada una de las fincas.

#### **4.3.5 Efecto del clima sobre la concentración de nutrientes en planta**

Se analizaron los datos meteorológicos de la estación en Finca La Ligia, emitidos por el Instituto Meteorológico Nacional, para contrastarlos con los resultados históricos de concentración de nutrientes en planta de mayo 2017 a mayo 2019 suministrados por la finca. El resultado de esta fase fue:

- Tabla con coeficientes de correlación entre las variables climáticas y los resultados de los análisis foliares en cada una de las fincas.
- Gráficos con las variables climáticas y los datos de análisis foliar de cada una de las fincas.

#### **4.3.6 Efecto del clima sobre la productividad**

Se analizaron los datos meteorológicos de la estación en Finca La Ligia, emitidos por el Instituto Meteorológico Nacional, y se contrastaron con los resultados históricos de productividad en cajas por hectárea de mayo 2017 a mayo 2019, suministrados por las fincas.

El resultado de esta fase fue:

- Tabla con coeficientes de correlación entre las variables climáticas y los resultados de la productividad en cada una de las fincas
- Gráficos con la variación de los datos climáticas y los datos de productividad de las fincas

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Dosis de nutrimentos aplicados

De acuerdo a Kema y Drenth (2018) la dosis recomendada de nitrógeno por hectarea por año no supera los 400 kg, al no ser medible el nitrógeno a nivel de suelo, esta aplicación no depende del resultado de un análisis de suelo. En las dos fincas de la empresa Frutas Selectas del Trópico S.A. el promedio de aplicación de nitrógeno anual entre los años 2017 a 2019 no supera por mucho esta recomendación de 400 kg/ha/año, ubicándose para la finca La Flor en 418,6 kg/ha/año y para la finca San Gerardo 414,8 kg/ha/año.

En el caso del fósforo Kema y Drenth (2018) recomienda dosis de 100 kg, 50 kg o 0 kg de  $P_2O_5$ /ha/año, dependiendo de la concentración de este nutriente en el suelo. Sin embargo, las fincas no cuentan con los análisis de suelo de los años analizados, atribuyendo la razón a que la empresa suplidora de los fertilizantes, misma que realizaba los análisis de suelo, los extravió. La finca La Flor presenta un promedio de 51,1 kg  $P_2O_5$ /ha/año, mientras de la finca San Gerardo aplican en promedio por año 49,5 kg; estos dos datos se acercan mucho a los 50 kg de  $P_2O_5$ /ha/año que recomienda López y Espinoza (1995) para la zona sur en la fertilización de banano.

Los datos promedio de aplicación de potasio del 2017 al 2019 es de 680,6 kg  $K_2O$ /ha/año para la finca de La Flor y 675,2 kg  $K_2O$ /ha/año para la finca San Gerardo. Estos dos promedios se acercan a la recomendación de Kema y Drenth (2019) de 700 kg  $K_2O$ /ha/año para suelo con un contenido bajo de potasio ( $<0,2$  cmol(+)/kg) y López y Espinoza (1995) recomienda para la zona Sur de Costa Rica entre 500 kg-600 kg de  $K_2O$ /ha/año.

El Mg se aplicó en promedio 17,0 kg de  $MgO$ /ha/año en la finca La Flor y 18,7 kg para la finca San Gerardo. Al no conocer las concentraciones de este nutriente en el suelo, se comparan las aplicaciones con las recomendaciones de Kema & Drenth (2018) de 200 kg, 100 kg o 0 kg de  $MgO$ /ha/año de Mg, para suelos bajos, medios y altos de este elemento. La aplicación actual sería correcto para un suelo

con alto contenido de este nutrimento, por su parte, Lopez y Espinoza (1995) recomienda para la zona sur del país de 50 kg a 200 kg de MgO/ha/año.

El en caso del Ca la aplicación para la finca La Flor estuvo en promedio del 2017 al 2019 en 126,3 kg de Ca/ha/año y 107,6 kg de Ca/ha/año en la finca San Gerardo. Kema & Drenth (2018) recomiendan de 100 kg a 200 kg/ha/año de este nutriente en suelos con contenidos de medio a bajo, lo cuál se asemeja a los aplicado en las fincas analizadas, sin conocerse los contenidos de Ca en el suelo de estas fincas. Por otro lado Lopez y Espinoza (1995) no recomienda la aplicación de calcio en cultivos de banano de la zona sur para evitar deficiencias por desequilibrios con K o Mg.

Para el azufre se aplicaron en promedio 54,3 kg y 57,4 kg/ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente. Según Lopez y Espinoza (1995) una plantación con una producción de fruta de 50 t/ha/año puede extraer hasta 14 kg de S/ha/año. Además, recomienda que en suelos de la zona sur de Costa Rica, se aplique de 60 kg a 100 kg de S/ha/año en el cultivo de banano, lo aplicado en las fincas analizadas se acerca mucho al límite bajo del rango de esta recomendación.

El nutrimento del boro, se aplicó en promedio 0,4 kg/ha/año en las dos fincas evaluadas. Lopez y Espinoza (1995) mencionan que la extracción de la planta es de unos 700 g para una producción de 50 t/ha/año, que es aproximadamente la producción de ambas fincas.

En el caso del Zinc el promedio de aplicación entre los años 2017 a 2019 para la finca La Flor fue de 3,2 kg de Zn/ha/año y de 2,9 kg de Zn/ha/año para la finca San Gerardo. La extracción de Zn de las plantas de banano es de unos 700 g para una producción de 50 t/ha/año (Lopez & Espinoza 1995).

En el Cuadro 3 y 4 se observan las fuentes y mezclas de fertilizantes utilizadas, la forma de aplicación (fertirriego o al suelo) los ciclos de aplicación por año, los kg/ciclo de cada fuente o mezcla y los kg/año de cada fuente o mezcla.

**Cuadro 3:** Plan de fertilización (fertirriego y al suelo) por nutrimento (kg/ha) en la Finca La Flor, en los años 2017, 2018 y 2019.

<b>Año</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
2017	440,9	49,0	716,5	18,4	115,6	75,6	0,6	2,9
2018	440,9	49,0	716,5	18,4	115,6	75,6	0,6	2,9
2019	374,0	55,2	609,0	14,2	147,7	11,7	0,0	3,6
<b>Promedio general</b>	<b>418,6</b>	<b>51,1</b>	<b>680,6</b>	<b>17,0</b>	<b>126,3</b>	<b>54,3</b>	<b>0,4</b>	<b>3,2</b>

**Cuadro 4:** Plan de fertilización (fertirriego y al suelo) por nutrimento (kg/ha) en la Finca San Gerardo, en los años 2017, 2018 y 2019.

<b>Año</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
2017	432,4	48,1	703,3	21,0	86,2	80,0	0,6	2,5
2018	432,4	48,1	703,3	21,0	86,2	80,0	0,6	2,5
2019	379,5	52,3	619,1	14,2	148,7	12,4	0,0	3,8
<b>Promedio general</b>	<b>414,8</b>	<b>49,5</b>	<b>675,2</b>	<b>18,7</b>	<b>107,0</b>	<b>57,4</b>	<b>0,4</b>	<b>2,9</b>

En los primeros cuatro meses del año la empresa Frutas Selectas del Trópico realiza la aplicación de nutrientes en las plantaciones de banano de sus dos fincas (La Flor y San Gerardo) por medio del fertirriego, adicionando diferentes tipos de fertilizantes solubles al agua de riego.

La mezcla representada por los porcentajes 19,3(N)-0(P)-32,9(K)-1,2(Mg)-1 (S) con el inhibidor de la ureasa NBPT (Triánida N-(n-butil) Tiofosfórica); está formada por 53 kg de cloruro de potasio (KCl) soluble, 4 kg de kieserita (o sulfato de magnesio monohidratado, MgSO<sub>4</sub>), 2 kg de sulfato de amonio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), y 41 kg de urea con NBPT. Esta mezcla se aplica en ocho ciclos de 90 kg cada uno, con un total por año de 720 kg/ha en las dos fincas analizadas.

El KCl soluble es una buena fuente de potasio a pesar de su alto contenido de Cl, ya que este último nutriente no tiene efectos negativos en el cultivo del banano,

al ser muy resistente a este elemento (Lopez & Espinoza 1995). Por su parte la keiserita es muy soluble y suple rápidamente la deficiencia de Mg. El Sulfato de amonio es una fuente de bajo costo, muy soluble, y que proporciona un nitrógeno de rápida asimilación por la planta, pero con la desventaja de presentar una fuerte reacción ácida en el suelo. Por último, la urea NBPT permite inhibir la volatilización del amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), aumentando la absorción de nitrógeno por parte del cultivo (Morales, Rubí, López, Martínez, & Morales 2019).

Por fertirriego se aplica también el fertilizante Hidro Hume, que es un foliar a base de ácidos orgánicos de leonardita que favorece la absorción de nutrientes (Chemo Internacional SF).

La otra mezcla de fertilizantes que se aplica por medio del fertirriego es la 10 (N)-0 (P) -19,2 (K) – 0,3 (Zn) – 18 (CaO), y se realizaron ocho ciclos al año de 90 Kg cada uno, para un total de 720 kg de esta mezcla por año, en las dos fincas analizadas. Esta mezcla se realiza adicionando 32,0 kg de cloruro de potasio, 66,5 kg de nitrato de calcio y 1,5 kg de sulfato de zinc.

El nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) es un fertilizantes muy soluble que aporta N y Ca de manera rápida a la planta, su uso se limita por su alto precio. Para el caso de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) se considera una de las formas más económicas de aplicar Zn al suelo, y ha reportado buenos resultados en banano (Lopez & Espinoza 1995).

En la fertilización al suelo existe una única aplicación de fosfato diamónico o DAP ( $(\text{NH}_4)_2 \text{PO}_4$ ) de 180 kg/ha/año para la finca La Flor y 175 kg/ha/año para la finca San Gerardo. Esta fuente se considera altamente soluble y tiene la ventaja de dejar los nutrientes disponibles para la planta antes de su fijación en el suelo (López & Espinoza 1995).

Una de las mezclas físicas que se aplican al suelo es la 17,8(N)-0(P)-27(K)-0(Mg)-2,5 (S)-0,3 (Zn)-4,6 (CaO). En la finca La flor se realizó tres ciclos anuales con esta mezcla de 162,0 kg cada una, con un total de 486 kg de la mezcla por año. Por su parte en la finca San Gerardo se realizaron los mismos tres ciclos, con 157,5 kg por ciclo y un total de 472,5 kg al año.

Esta mezcla de fertilizantes está elaborada con 45 kg de KCl, 15,6 kg de Sfera S2, 0,8 kg de sulfato de Zn y 36,0 kg de urea. El fertilizante Sfera S2 se considera un acondicionador del suelo, con un contenido de Azufre (SO<sub>4</sub>) del 46% y Calcio (CaO) 29%, que permite liberar los nutrientes y dejarlos fácilmente disponibles para la planta (Teuton Elemental SF). La urea, por su parte, se considera un excelente fertilizante nitrogenado por su alto contenido de N (46%) y que al ser hidrolizado forma iones NH<sub>4</sub>, y son disponibles para las plantas (Lopez & Espinoza 1995).

Otra de las mezclas físicas de fertilizantes que se aplicaron al suelo en las fincas de la empresa Frutas Selectas del Trópico fue la 20(N)-0(P)-26(K)-2(Mg)-1,3(S)-1,2 (CaO)-2,5 (SiO<sub>2</sub>) + DCD 4l/TON, que está compuesta de 43,0 kg de KCl soluble, 5,2 kg de sulfato de amonio (SAM), 14,2 kg de la enmienda Sfera 2, 1,4 kg de sulfato de zinc y 43 kg de urea y un inhibidor de la nitrificación llamado Dicianamida (DCD). Esta fórmula o mezcla se aplica en cuatro ciclos por año en dosis de 162/ciclo para la finca La Flor (con un total de 648 kg/año) y para la finca San Gerardo 157,4 kg/ciclo (con un total de 630 kg/año).

En el Cuadro 5 y 6 se observan las fuentes y mezclas de fertilizantes utilizadas en fertirriego y al suelo, ciclos de aplicación por año, los kg/ciclo y los kg/año de cada fuente o mezcla.

El producto Sfera 2 se considera una enmienda porque en suelos ácidos, corrige el pH del suelo y contrarresta el efecto fitotóxico del aluminio en las plantas. Esta enmienda contiene Mg en un 15% y Ca 25%, por lo que mejora la relación Ca:Mg en el suelo e incrementa la disponibilidad de estos elementos a la planta, lo que contribuye a la mejor producción y calidad de las cosechas (Teuton Elemental SF). Según menciona López y Espinoza (1995) en la zona sur del país

no es recomendable la aplicación de enmiendas calcáreas, por el desbalance en la relación con K y Mg, por lo que está enmienda de lenta liberación es una buena opción para regular la acidez de los suelos.

Por último, se utilizó la mezcla o fórmula 15(N)-0(P)-30(K), la cual se componen de 50 kg de KCl y 43 kg de nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Esta fórmula se aplicó en la finca La Flor a una dosis de 162 kg por ciclo por dos ciclos al año, con un total de 324 kg al año. Para el caso de la finca San Gerardo, la dosis fue de 157,5 kg por dos ciclos al año, con un total de 315 kg al año.

El nitrato de amonio es una fuente con alto contenido de nitrógeno (33,5%) y son fuentes fácilmente disponibles para la planta y acidifica poco el suelo por su bajo contenido de nitrógeno amoniacal con respecto a otros fertilizantes (Lopez & Espinoza 1995).

**Cuadro 5:** Fuentes de fertilización, al suelo y por fertirriego, ciclos por año y kg/L por ciclo y por año, Finca La Flor.

Fuente o mezcla	Forma de aplicación	Ciclos/ año	Kg_L/ ha/ciclo	Kg_L/ ha/año
19,3-0-32,9-1,2-1 (S) Con NBPT	Fertirriego	8	90	720
Hydra Hume (ácidos húmicos líquidos)	Fertirriego	2	3	6
10-0-19,2-0,3 (Zn)-18 (CaO)	Fertirriego	8	90	720
DAP (18-46-0)	Al suelo	1	180	180
17,8-0-27-0-2,5 (S)-0,3 (Zn)-4,6 (CaO)	Al suelo	3	162	486
20-0-26-2-1,3(S)-1,2 (CaO)-2,5 (SiO <sub>2</sub> ) + DCD 4l/TON	Al suelo	4	162	648
17-0-30	Al suelo	2	162	324

**Cuadro 6:** Fuentes de fertilización, al suelo y por fertirriego, ciclos por año y kg/L por ciclo y por año, Finca San Gerardo.

Fuente o mezcla	Forma de aplicación	Ciclos/año	Kg_L/ha/ciclo	Kg_L/ha/año
19,3-0-32,9-1,2-1 (S) Con NBPT	Fertirriego	8	90	720
Hydra Hume (ácidos húmicos líquidos)	Fertirriego	2	3	6
10-0-19,2-0,3 (Zn)-18 (CaO)	Fertirriego	8	90	720
DAP (18-46-0)	Al suelo	1	175	175
17,8-0-27-0-2,5 (S)-0,3 (Zn)-4,6 (CaO)	Al suelo	3	157,5	472,5
20-0-26-2-1,3(S)-1,2 (CaO)-2,5 (SiO <sub>2</sub> ) + DCD 4l/TON	Al suelo	4	157,5	630
17-0-30	Al suelo	2	157,5	315

En la finca se aprovecha las aplicaciones aéreas para el control de enfermedades para complementar la fertilización que se realiza al suelo de forma sólida o por fertirriego.

Las cantidades de nutrimentos que pueden aplicarse vía foliar no son altas por que según Salas (2002) las plantas pueden absorber pequeñas cantidades de nutrientes a través de los estomas de las hojas, sin poder competir con la absorción por las raíces.

El fertilizante Agrica 19 GA es un multimineral quelatado que se aplica de forma foliar en las dos fincas con un total de 4,6 l/ha/año para la finca La Flor y 5,08 l/ha/año para la finca San Gerardo. Los principales meses de aplicación fueron enero, febrero y marzo; que son meses de verano y lo que se busca es suplir las necesidades nutricionales del cultivo por medio foliar dada la reducción de la absorción radicular.

Uno de los productos aplicados por vía foliar es el Black gold, que es un bioestimulante-coadyuvante orgánico que aporta a la planta ácidos fúlvicos, y en forma secundaria ácidos húmicos, los cuales produce un efecto estimulante anti-estrés en la planta. Solamente se realizó un ciclo de aplicación por año entre los años del 2017 al 2019 durante el mes de enero, procurando reducir el estrés de las plantas durante la etapa de más sequía. La dosis de aplicación para la finca La Flor fue de 2,63 l/ha y para la finca San Gerardo de 2,44 l/ha; la dosis recomendada por la empresa fabricante es de 2 a 5 l/ha.

El Everest es un activador metabólico que incrementa la actividad fisiológica de las plantas y estimula los sistemas de defensa naturales. La mayoría de aplicaciones en las fincas evaluadas se realizaron en época lluviosa, para estimular la defensa de la planta contra enfermedades fungosas como la Sigatoka Negra (Seracsa SF). Las dosis aplicadas fueron entre 0,04 l/ha y 0,5 l/ha, sin embargo, la recomendación del productor es de 1 l/ha a 3 l/ha; con una aplicación total anual de 2,09 l/ha/año en la finca La Flor y 1,69 l/ha/año para la finca San Gerardo.

Otro de los foliares aplicados en las fincas evaluadas es el Foliveex Zinc 10% a base de zinc quelatado que facilita la absorción del micro-elemento dentro de la planta (Seracsa SF). El zinc se considera relativamente insoluble por lo que agentes quelatantes mejoran la absorción de este micronutriente por vía foliar (Segura 2002). En las dos fincas se realizaron una a dos aplicaciones al año, en los meses de enero y febrero, con un total anual de 0,49 l/ha/año para la finca La Flor y 0,19 l/ha/año para la finca San Gerardo; la dosis de aplicación del fabricante es de 0,5 l/200 litros de agua a 1 l/200 litros de agua.

El Foliveex Calcio 10% es un fertilizante foliar a base de calcio y aminoácidos, para mantener la firmeza de la membrana celular; la dosis de aplicación de este foliar es de 0,5 litros a 2 litros por hectárea (Seracsa SF). En la finca La Flor se realizó aplicaciones de Foliveex Calcio 10% en el periodo del 2017 al 2019, en diez de los doce meses al año, con una dosis mínima de 0,01 l/ha y máxima de 1,99 l/ha y una dosis total de 7,55 l/ha/año. En el caso de la finca San Gerardo el

producto Foliveex Calcio 10% se aplicó en promedio nueve meses al año, con una dosis mínima de 0,08 l/ha y máxima de 1,89 l/ha, la aplicación total en el año fue de 5,26 l/ha/año.

El Foliveex magnesio es un fertilizante foliar a base de magnesio quelatado con L-aminoácidos, que en aplicaciones foliares promueve el crecimiento vegetativo y el llenado de frutos (Seracsa SF). Las aplicaciones realizadas en las fincas fueron en dos meses del año, con dosis de 0,03 l/ha y 0,16 l/ha para un total por año de 0,19 l/ha/año para las dos fincas, que son dosis bajas en comparación con las recomendaciones del fabricante del producto que es de 0,5 l/ha a 1 l/ha.

El producto Funibiol K es un fungicida orgánico sistémico, con acción preventiva y curativa, que actúa sobre la estimulación del sistema metabólico y el sistema de defensa y aporta potasio a la planta (Agrotel 2020). Se aplicó en diez meses al año en la finca La Flor, la dosis total por año fue de 0,55 l/ha/año para la finca La Flor, con la dosis más alta de 0,14 kg/ha. Por su parte para la finca San Gerardo, se aplicó el Funibilo K en ocho meses al año en promedio, la dosis total por año fue de 0,28 kg/ha/año, con la dosis más alta de 0,14 kg/ha.

Otro de los productos aplicados de forma foliar es el Golden Calcio, que es un fertilizante a base de Nitrato de Calcio quelatado (13% NO<sub>3</sub> y 26% de CaO) (Tilawa Agro SF). En la finca La Flor se realizaron tres aplicaciones al año con la dosis más alta de 0,56 l/ha y con un total anual de 1,14 l/ha/año. Para el caso de la finca San Gerardo se realizaron dos aplicaciones anuales (en el periodo del 2017 al 2019) cuya dosis más alta fue de 0,61 l/ha y una aplicación total anual de 0,64 l/ha. La recomendación de dosis de Golden Calcio es de 0,25 l/ha a 1,5 l/ha por ciclo, lo cual es ajusta a las dosis usadas por las fincas.

Se utilizó el producto Mokave que es un fertilizante inorgánico soluble, dirigido a corregir deficiencias de Zinc (6,81%) y Boro (1%) (Quimi-Agro de Costa Rica 2018). Las aplicaciones de este producto se realizaron prácticamente todos los meses en la Finca la Flor, la dosis más alta utilizada por hectárea fue de 1,96 l y un total de 11,81 l/ha/año. En el caso de la finca San Gerardo se realizaron aplicaciones todos los meses del año en el periodo del 2017 al 2019, la dosis más

alta utilizada fue de 2,03 l/ha y un total anual de 12,69 l/ha. La dosis recomendada por el fabricante para banano es de 0,5 l/ha a 1,5 l/ha, por lo que algunas de las aplicaciones realizadas en las fincas están por encima de esa recomendación.

Por último, el ProLife Aminoácidos 20% es un fertilizante foliar compuesto por aminoácidos y enriquecido con macro-elementos (N-P-K), que ejerce un efecto bioestimulante en el cultivo cuando se producen situaciones de estrés (Seracsa SF).

En la finca La Flor se realizaron dos aplicaciones al año con Prolife en época de sequía y cuatro más en los meses de más lluvia, con la dosis más alta de 0,73 l/ha y un total anual de 2,28 l/ha. Por su parte en la finca de San Gerardo aplicó el Prolife en siete meses al año, cuya dosis más alta es de 0,86 l/ha y la dosis total por año es de 1,83 l/ha. La dosis recomendada por el productor es de 1 l/ha a 2 l/ha y las dosis utilizadas en las fincas están muy por debajo de esta recomendación.

En el Cuadro 7 y 8, se resumen los productos y las cantidades de fertilizantes foliares mencionados anteriormente, utilizados en la finca La Flor (Cuadro 7) y finca San Gerardo (Cuadro 8) en promedio de los años del 2017 al 2019.

**Cuadro 7:** Cantidad de fertilizantes foliares (kg/ha o l/ha) aplicados por mes, Finca La Flor, del 2017 al 2019.

<b>MES</b>	<b>Agrica 19</b>	<b>Black gold</b>	<b>Everest</b>	<b>Foliveex aa zinc</b>	<b>Foliveex calcio</b>	<b>Foliveex magnesio</b>	<b>Funibiolk</b>	<b>Golden calcio</b>	<b>Mokave</b>	<b>Prolife</b>
Enero	0,98	2,63	0,49	0,49	1,42	-	0,03	0,54	0,32	-
Febrero	0,82	-	-	-	0,04	0,03	-	-	1,06	0,04
Marzo	1,02	-	-	-	1,02	-	0,03	0,04	-	-
Abril	0,20	-	0,05	-	0,01	0,16	-	-	1,02	0,73
Mayo	0,04	-	-	-	0,12	-	0,08	0,56	1,02	-
Junio	0,04	-	-	-	-	-	0,03	-	1,96	-
Julio	0,98	-	-	-	-	-	0,05	-	1,14	-
Agosto	0,08	-	-	-	1,99	-	0,05	-	1,08	-
Septiembre	0,38	-	0,09	-	0,62	-	0,06	-	0,87	0,40
Octubre	-	-	0,41	-	1,05	-	0,05	-	1,40	0,65
Noviembre	0,03	-	0,55	-	0,84	-	0,14	-	1,05	0,29
Diciembre	0,03	-	0,50	-	0,44	-	0,03	-	0,89	0,17
<b>TOTAL</b>	<b>4,6</b>	<b>263</b>	<b>2,09</b>	<b>0,49</b>	<b>7,55</b>	<b>0,19</b>	<b>0,55</b>	<b>1,14</b>	<b>11,81</b>	<b>2,28</b>

**Cuadro 8:** Cantidad de fertilizantes foliares (kg/ha o l/ha) aplicados por mes, Finca San Gerardo, del 2017 al 2019.

<b>MES</b>	<b>Agrica 19</b>	<b>Black gold</b>	<b>Everest</b>	<b>Foliveex aa zinc</b>	<b>Foliveex calcio</b>	<b>Foliveex magnesio</b>	<b>Funibiolk</b>	<b>Golden calcio</b>	<b>Mokave</b>	<b>Prolife</b>
Enero	1,07	2,48	0,5	0,04	1		0,04		0,3	0,03
Febrero	0,85				1,03	0,04			1,03	
Marzo	1,04			0,15	0,89		0,01	0,03	0,15	0,86
Abril	0,19		0,04			0,15			1,04	
Mayo	0,03				0,08		0,08	0,61	0,88	
Junio	0,03						0,04		2,03	
Julio	0,92								1,15	
Agosto	0,85				0,19				1,34	
Septiembre	0,02				0,54		0,02		1,56	0,4
Octubre	0,03		0,5		0,77		0,03		1,18	0,2
Noviembre	0,02		0,5		0,53		0,02		1	
Diciembre	0,03		0,15		0,23		0,04		1,03	0,34
<b>TOTAL</b>	<b>5,08</b>	<b>2,48</b>	<b>1,69</b>	<b>0,19</b>	<b>5,26</b>	<b>0,19</b>	<b>0,28</b>	<b>0,64</b>	<b>12,69</b>	<b>1,83</b>

## 5.2 Concentración de los nutrimentos a nivel foliar

El análisis de la composición química de una parte de la planta permite cuantificar analíticamente el contenido de nutrimentos en el tejido y dar una recomendación de fertilización, de acuerdo a la comparación de contenidos nutricionales de plantas con altos rendimientos, estableciendo un nivel crítico (Salas 2002).

Entre los meses de enero a marzo se reporta los niveles más altos de nitrógeno en las dos fincas, superiores al rango óptimo propuesto por Sanchez (2017). Esta época es en pleno verano en el pacífico central de nuestro país, sin embargo, en estas fincas se aplican fertirriego y utilizan fuentes de nitrógeno altamente disponibles para las plantas, como es la urea y el nitrato de amonio. Además, es en los primeros cuatro meses del año donde se aplica la mayor parte del nitrógeno en las fincas por medio del fertirriego.

Por su parte en el mes de noviembre el nivel de N en las dos fincas se reporta por debajo del nivel óptimo, con un 2,26% para la finca La Flor y 2,23% en la Finca San Gerardo, precisamente es el mes de octubre el más lluvioso de la zona con un promedio de precipitación entre 500 mm y 700 mm de lluvia, y el N se puede perder por lixiviación (Lopez & Espinoza 1995). Además, de acuerdo al programa de fertilización de ambas fincas, octubre y noviembre son los dos meses que menos fertilización nitrogenada reciben.

En el caso del fósforo los niveles foliares que se reportan en ambas fincas se encuentran dentro del rango óptimo mencionado por Sanchez (2017), con un promedio anual de 0,19% para la finca La Flor y 0,20% en San Gerardo.

El promedio por año del nivel foliar de potasio (K) estuvo por debajo del nivel óptimo que es de 3,60%, con un promedio de 3,49% para la finca La Flor y 3,54% para la finca San Gerardo. Las aplicaciones anuales de K realizadas en las fincas son para arriba de 600 kg/ha/año, que es lo que recomienda Lopez & Espinoza (1995) para los suelos de la zona, pero no se conoce los niveles nutricionales del suelo por la ausencia de los resultados de los análisis y la relación de Ca y Mg

puede estar interfiriendo en la disponibilidad del K, o la fijación del elemento en el suelo.

El promedio anual del contenido foliar de calcio en las dos fincas es el adecuado en comparación con el rango óptimo que menciona Sánchez (2017) en la finca La Flor, el cual se encuentra en 0,60% y para San Gerardo es de 0,62%. Los meses entre septiembre y noviembre presentan un contenido de calcio inferior al rango óptimo, y es precisamente durante estos meses en que la aplicación de este nutriente es mínima en las dos fincas, principalmente para evitar la lixiviación de estos nutrientes por acción de la alta lluvia de esa época.

Para el nutriente de Magnesio, el promedio anual del contenido foliar, entre el periodo del 2017 al 2019, se encuentran en un rango óptimo en las dos fincas analizadas. El mes de marzo presenta un contenido superior al rango óptimo mencionado por Sánchez (2017) en las dos fincas, relacionándose con que las mayores aplicaciones del nutriente se realizan en los primeros cuatro meses del año por medio del fertirriego, con una fuente muy soluble y fácilmente asimilable por la planta, como es el sulfato de magnesio.

En relación al azufre (S) el promedio anual del contenido foliar de las dos fincas se encuentran dentro del rango óptimo establecido por Sánchez (2017). En el plan de fertilización por fertirriego de las fincas se basa en varios sulfatos, por su solubilidad, con una aplicación superiores a los 50 kg de S/ha/año, que se acerca a las recomendación de López y Espinoza (1995) de 60 kg a 100 kg de S/ha/año para plantaciones de banano en esta zona de Costa Rica.

Para el elemento menor del zinc los promedios anuales del contenido foliar de ambas fincas están sobre el nivel óptimo recomendado por Sánchez (2017), con 28,74 ppm en la finca La Flor y 27,26 ppm en la finca San Gerardo. Mientras que para el boro los promedios anuales y mensuales para las dos fincas está por debajo de límite óptimo recomendado por Sánchez (2017) de >20 ppm, presentando un promedio de 11,62 ppm para la finca de La Flor, y 11,64 ppm en la finca San Gerardo. Las dos fincas en general están aplicando una dosis más baja de la recomendada por Lopez y Espinoza (1995) para los suelos bananeros de la

zona del pacífico central de Costa Rica, por lo que se podría valorar la opción de incrementar la cantidad de boro a aplicar en el plan de fertilización de las fincas.

Al comparar los datos del Cuadro 9 y 10 que muestra el promedio de la concentración de nutriente en el tejido foliar de la plantación de banano tanto en la finca La Flor como en la finca San Gerardo, entre los años 2017 al 2019; si se comparan los niveles críticos reportados por Sánchez (2017) se observa que el promedio anual del nitrógeno se ubica en un nivel óptimo.

**Cuadro 9:** Datos de concentración foliar de nutrientes en el cultivo de banano, Finca La Flor, de mayo del 2017 a mayo del 2019.

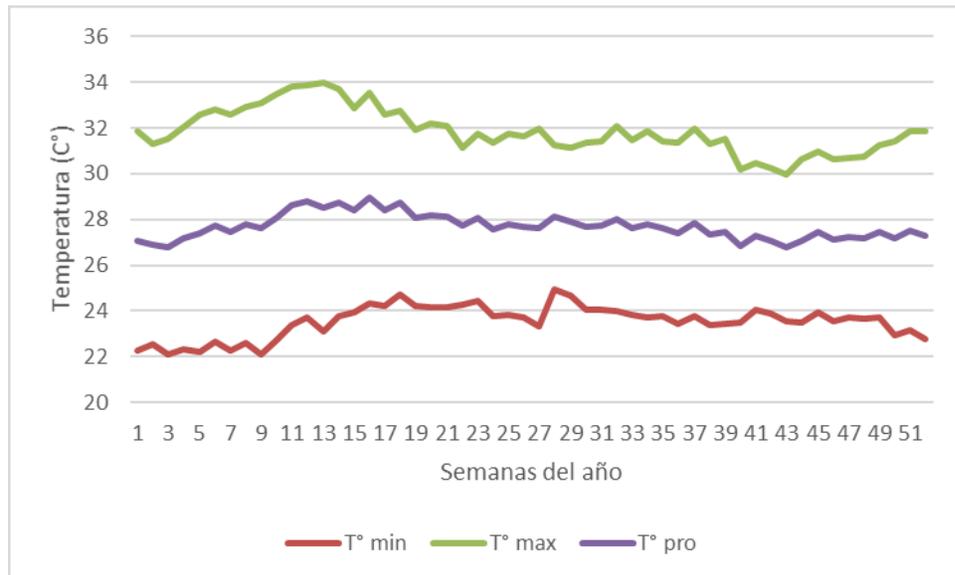
MES	PORCENTAJE (%)						ppm	
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B
Enero	2,65	0,19	3,37	0,66	0,32	0,19	40,00	11,25
Marzo	2,73	0,19	3,51	0,75	0,36	0,19	37,85	10,75
Mayo	2,54	0,20	3,47	0,55	0,28	0,17	19,73	12,03
Junio	2,52	0,20	3,33	0,59	0,28	0,17	35,20	10,80
Septiembre	2,40	0,19	3,56	0,54	0,29	0,16	22,65	12,10
Noviembre	2,26	0,19	3,60	0,51	0,29	0,17	24,75	12,15
<b>Promedio</b>	<b>2,52</b>	<b>0,19</b>	<b>3,49</b>	<b>0,60</b>	<b>0,30</b>	<b>0,18</b>	<b>28,74</b>	<b>11,62</b>

**Cuadro 10:** Datos de concentración foliar de nutrientes en el cultivo de banano, Finca San Gerardo, de mayo del 2017 a mayo del 2019.

MES	PORCENTAJE (%)						ppm	
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B
Enero	2,66	0,19	3,45	0,70	0,33	0,19	27,46	11,13
Marzo	2,68	0,19	3,55	0,72	0,34	0,19	37,88	10,83
Mayo	2,55	0,20	3,39	0,58	0,30	0,18	22,08	11,00
Junio	2,41	0,19	3,70	0,63	0,30	0,17	24,33	10,67
Septiembre	2,57	0,21	3,68	0,58	0,31	0,18	28,64	13,92
Noviembre	2,23	0,19	3,64	0,53	0,30	0,17	23,96	11,88
<b>Promedio</b>	<b>2,53</b>	<b>0,20</b>	<b>3,54</b>	<b>0,62</b>	<b>0,31</b>	<b>0,18</b>	<b>27,26</b>	<b>11,64</b>

### 5.3 Condiciones climáticas de la zona de Parrita

El promedio de temperatura para la zona de Parrita, tomando en cuenta datos desde el 2007 al 2019, fue de 27,7 °C, con una temperatura mínima promedio de 23,5 °C y una temperatura máxima promedio 31,8 °C. Según Torres (2012) el rango de temperatura idónea para el cultivo de banano va de 25 °C a 30 °C; por su parte Vargas, Watler, Morales, & Vignola (2017) menciona que el límite inferior del crecimiento de la planta se ubica en los 16 C° y por encima de los 38 °C puede incurrir en deficit hídrico para la planta. En la Figura 1 se puede corroborar que los datos reportados de temperatura para la zona de Parrita se ajustan a las temperaturas necesarias para la producción del banano.



**Figura 1:** Temperatura (°C) mínima, máxima y promedio de la zona de Parrita, datos del 2007- 2019.

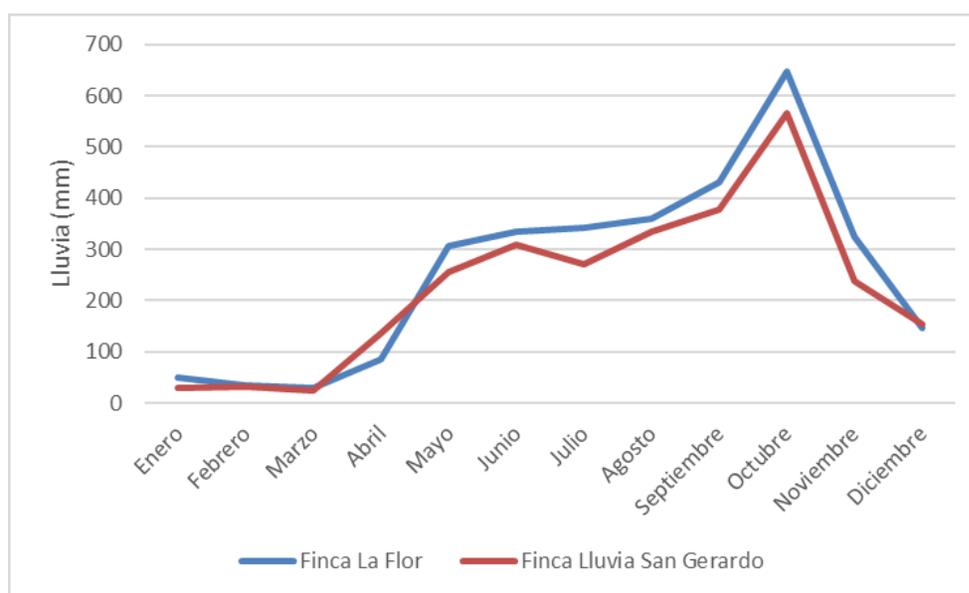
En el caso de la precipitación al analizar los datos suministrados, desde el 2007 al 2017, en la Figura 2, se puede observar que en los primeros cuatro meses del año se presentan las menores precipitaciones, siendo el mes más seco de año marzo el cuál no supera los 30 mm mensuales acumulados, en las dos fincas.

Torres (2012) menciona que precipitaciones mensuales superiores a 100 mm son satisfactorias, sin embargo, este nivel no se alcanza en esos primeros meses

de verano. Por esta razón la empresa Frutas Selectas realiza la práctica de fertirriego esos primeros cuatro meses del año en las dos fincas productoras de banano, para suplir las necesidades de agua y nutrientes que se dificultan en el verano.

Las precipitaciones anuales en las fincas de la empresa Frutas Selectas son de 3093,2 mm para la finca La Flor y 2728,6 mm para la finca San Gerardo, y según Torres (2012) para el desarrollo del cultivo de banano se requiere precipitaciones anuales que oscilen entre 2000 y 3000 mm acumulados, lo que se cumplen satisfactoriamente con las presipitaciones reportadas en la zona de Parrita.

En la producción de banano la cantidad de agua total anual es menos importante que la distribución de la misma en todos los meses del año, meses muy lluviosos pueden provocar aumento de la presencia de enfermedades, y por la falta de oxígeno en las raíces provocar el volcamiento de la plantación. El mes de octubre representa el mes más lluvioso del año con una precipitación de 645,9 mm acumulados para la finca La Flor y 567,0 mm acumulados para la finca San Gerardo.



**Figura 2:** Promedio de lluvias mensuales (mm) de las fincas La Flor y San Gerardo, datos del 2007- 2019.

#### 5.4 Productividad de banano en fincas de Frutas Selectas

El promedio de producción de cajas (de 18,14 kilos cada una) en las fincas evaluadas entre los años 2017 al 2019 fue de 2947 cajas/ha para la finca La Flor y 3080 cajas/ha para la finca San Gerardo (Cuadro 11 y Cuadro 12). Según reporta CORBANA (2019) el promedio de productividad en Costa Rica para el año 2018 fue de 2894 cajas/ha y para el 2017 de 2989 cajas/ha, las productividades de las fincas fueron ligeramente superior a la productividad nacional, evidenciando un buen manejo de las plantaciones.

La productividad en las fincas evaluadas fue en aumento cada año desde el 2017, siendo el 2019 el más alto, en la Empresa Frutas Selectas del Trópico S.A se realizaron algunos cambios en el plan de fertilización de ambas fincas (Cuadros 3 y 4) para el año 2019, lo que pudo influir en el aumento de la productividad. Este aumento no se relaciona con el clima imperante ese año, porque según menciona Avendaño (2019) la productividad bananera nacional tuvo una reducción del 15,3% hasta abril del 2019, relacionado con sequías intensas a principio de año.

**Cuadro 11:** Datos de productividad (cajas/ha) en las fincas La Flor y San Gerardo.

<b>Finca</b>	<b>Año</b>			<b>Promedio</b>
	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	
La Flor	2849,2	2874,8	3117,0	2947,0
San Gerardo	2701,3	2983,4	3558,1	3080,9
<b>Promedio</b>	2775,3	2929,1	3337,6	3014,0

## **5.5 Relación de las condiciones climáticas con la concentración de nutrimentos**

Analizando la correlación de la lluvia acumulada mensual y la concentración foliar de los nutrientes, se observa que solamente para los nutrientes Ca, Mg, S y Zn existe correlación negativa altamente significativa con la variable lluvia acumulada por mes para la finca La Flor. Por su parte, en la finca San Gerardo se presentó correlación negativa altamente significativa entre la lluvia acumulada por mes con la concentración de Ca y significativa para la concentración de Mg. No se encontró correlación estadísticamente significativa entre las condiciones climáticas con los demás nutrimentos (Anexo 1 y Anexo 2). Las Figuras 3 y 4 incluyen las gráficas de correlación estadísticamente significativas entre el clima y la concentración de nutrimentos.

El calcio al igual que el magnesio en el suelo son cationes que se lixivian al presentarse altos niveles de precipitación. Los espacios liberados por estos cationes son remplazados por iones hidrógenos del agua, lo que acidifica el suelo y reduce su fertilidad (Arias 2001). Es importante realizar los análisis de suelo correspondientes para medir la acidez y corregirla con enmiendas que permitan la incorporación del calcio y magnesio perdido, las fincas evaluadas no cuentan con los análisis de suelo por extravío de los mismos, los cuales son una de las bases necesarias para generar recomendaciones de aplicaciones de una forma más técnica y eficiente.

El azufre en el suelo se presenta en la forma de ión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), como se observa en los resultados obtenidos en las correlaciones anteriores, las lluvias intensas se percolan y arrastran los cationes como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , los cuales se acompañan con el anión  $\text{SO}_4^{2-}$ , por lo que este mismo también se pierde por lixiviación (Lopez & Espinoza 1995).

Por su parte el zinc se presenta en el suelo en forma de catión divalente ( $\text{Zn}^{2+}$ ) que al igual que el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  se pueden lixiviar por el exceso de lluvia, lo que justificaría la correlación negativa del contenido de este nutrimento, con la precipitación en la finca La Flor.

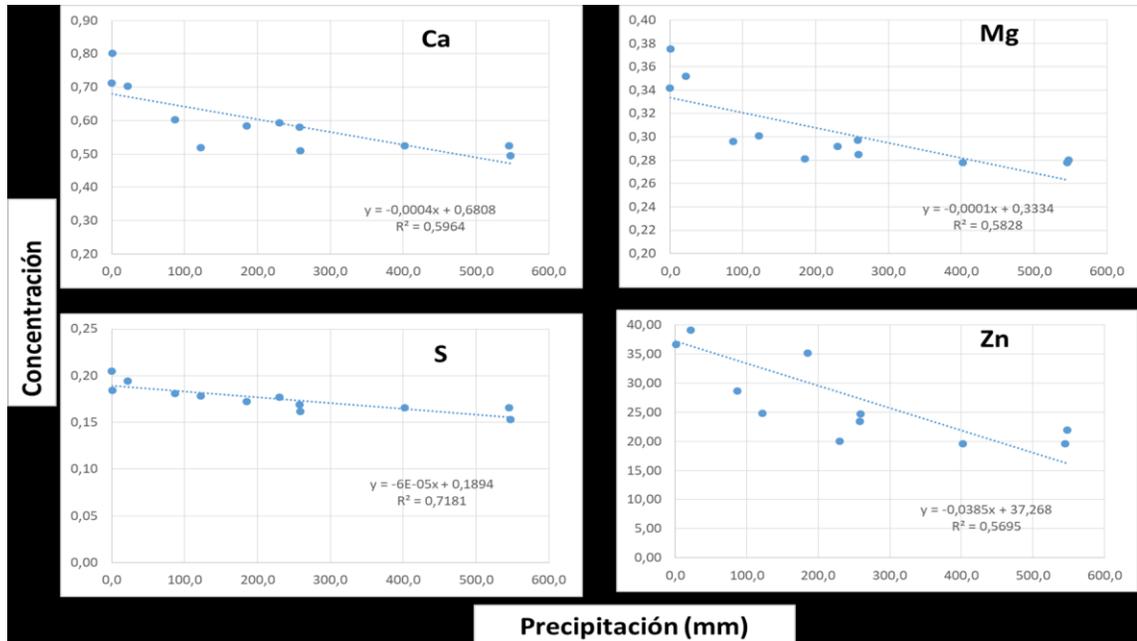


Figura 3: Relación entre contenido foliar de Ca, Mg, S y Zn (%) y promedio de lluvias mensual (mm), Finca La Flor, datos de los años 2017 al 2019.

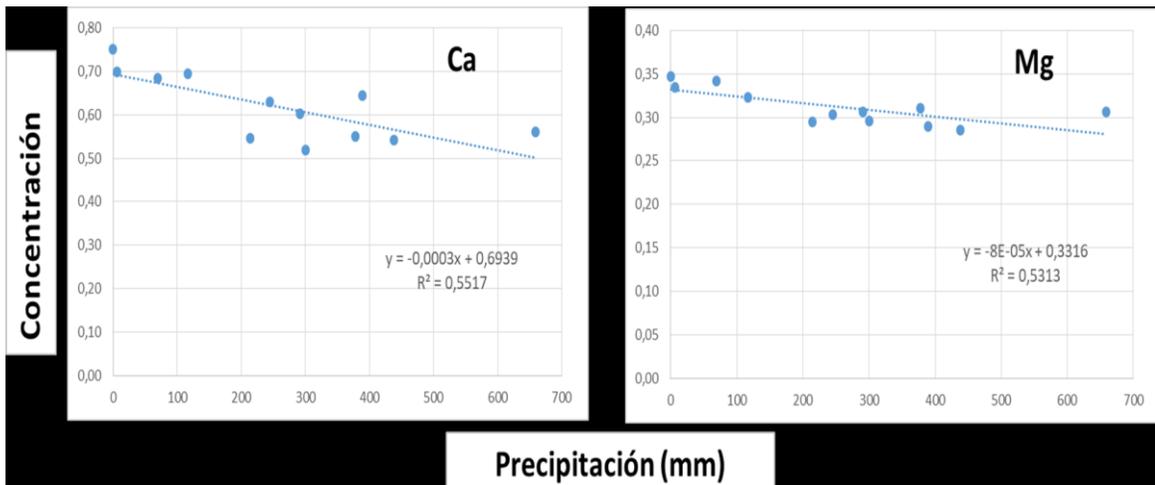
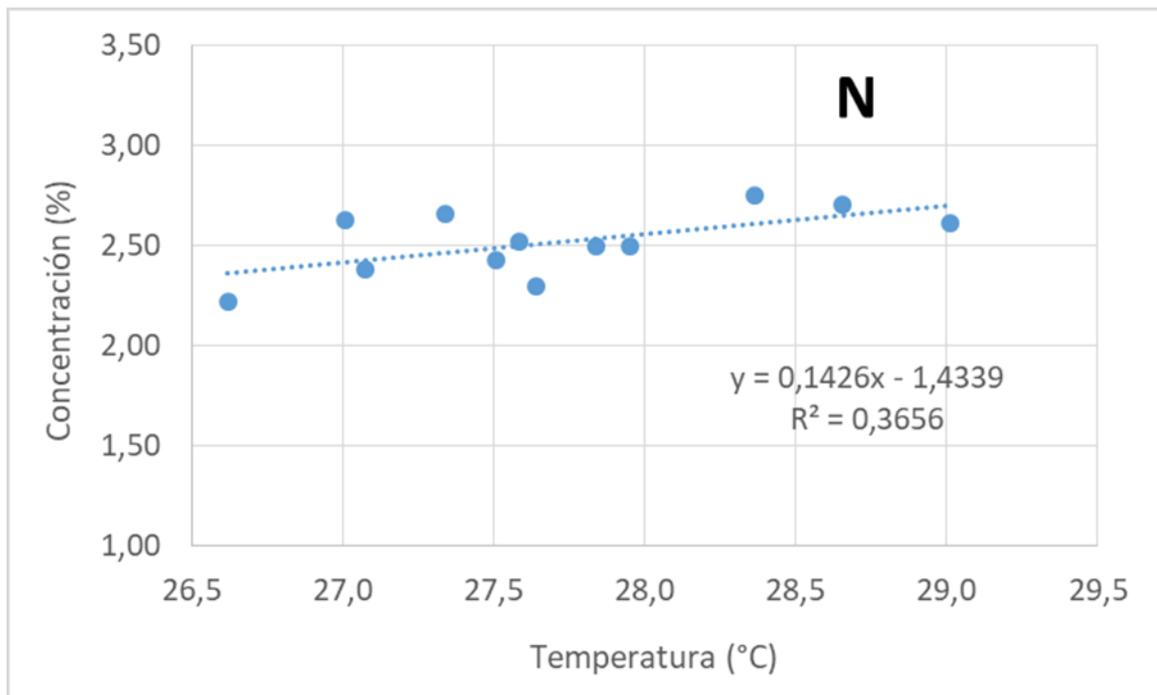


Figura 4: Relación entre contenido foliar de Ca y Mg (%) y promedio de lluvias mensual (mm), Finca San Gerardo, datos de los años 2017 al 2019.

Se analizó la correlación entre la temperatura promedio de cada una de las fincas y la concentración de nutrientes (Anexo 1). Solamente se encontró correlación positiva significativa entre la temperatura promedio reportada en la finca La Flor y la concentración foliar de N (Figura 5).

Según menciona Perdomo, Barbazán, & Durán (SF) la mineralización del N se realiza por medio de los microorganismos los cuales la mayoría son termófilos, con un rango óptimo de temperatura entre 40 °C y 60 °C, lo cual hace más disponible el N en condiciones de temperatura alta.

Otro de los motivos por los cuales el contenido foliar de nitrógeno sea más alto en verano, que es la época del año con las temperaturas más altas, puede ser porque la finca utiliza un sistema de fertirriego en esta época y aporta fuentes de nitrógeno altamente disponibles como son el nitrato de calcio y la urea.

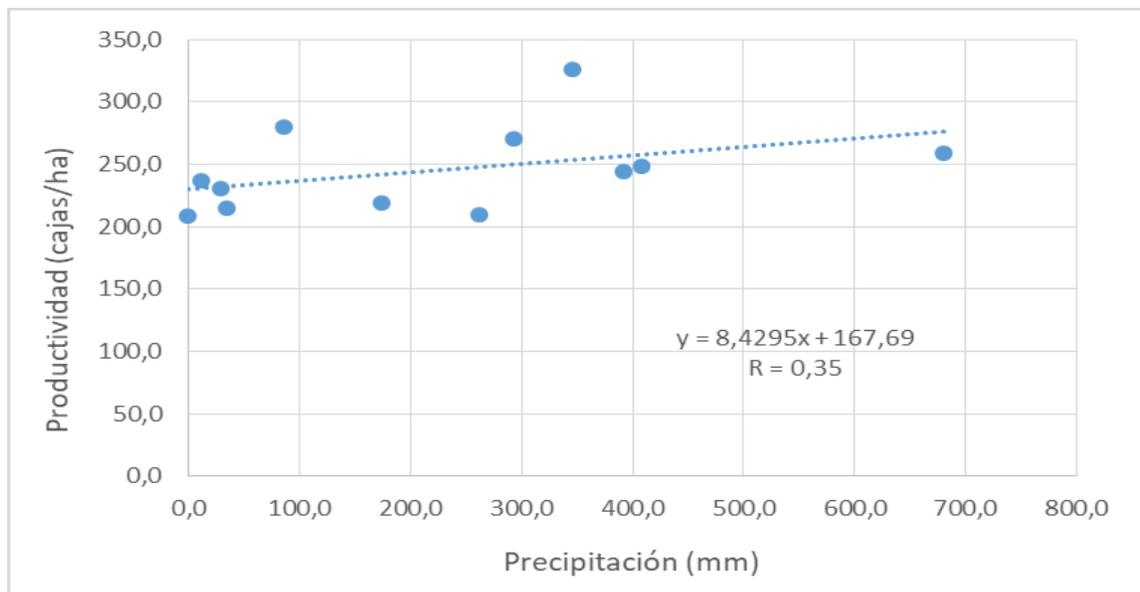


**Figura 5:** Relación entre contenido foliar de nitrógeno (%) y promedio mensual de temperatura (°C), Finca La Flor, datos de los años 2017 al 2019.

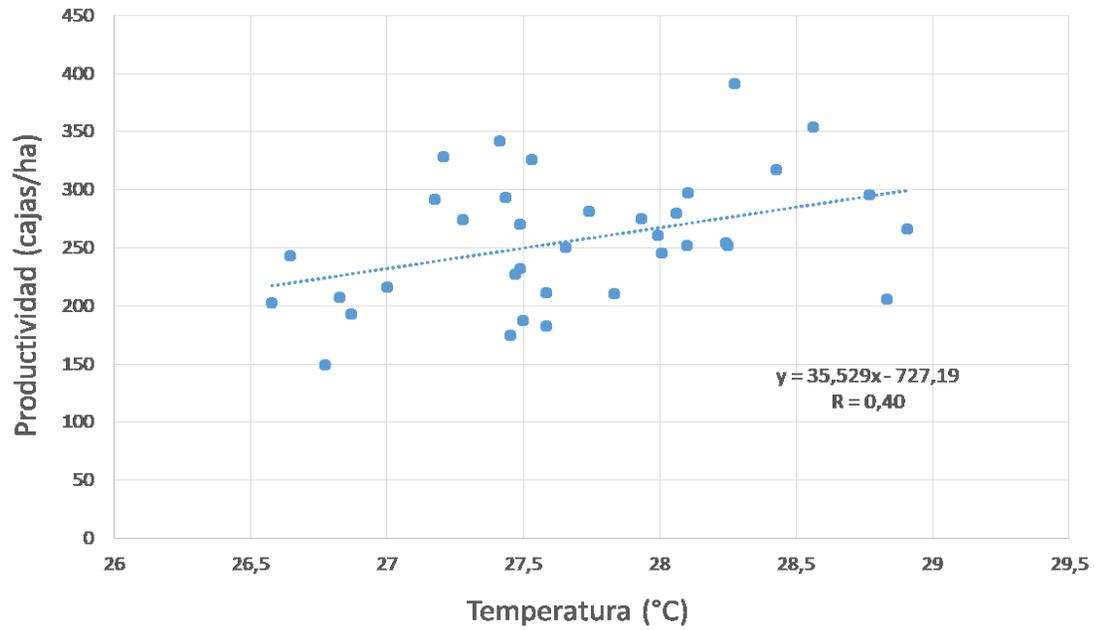
## 5.6 Relación de las condiciones climáticas con la productividad

Se realizó un análisis de correlación entre las condiciones climáticas y la productividad de las dos fincas evaluadas (Anexo 3 y 4). En el caso de la finca La Flor presentó correlación positiva significativa entre precipitación y productividad (cajas/ha) con un coeficiente de Pearson de 0,35 (Figura 6). Por su parte en la finca San Gerardo se presentó correlación significativa entre la temperatura promedio y la productividad (cajas/ha), como se observa en la Figura 7, con un coeficiente de Pearson de 0,40.

En relación a esto el banano exige un clima cálido y una constante humedad, necesita una temperatura media de 26 °C – 27 °C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas (Infoagro 2016). Lo que justifica que en las fincas la producción esté relacionada con el aumento de la temperatura y la precipitación en las fincas evaluadas.



**Figura 6:** Relación entre la precipitación promedio mensual (mm) y la productividad (cajas/ha), Finca La Flor, datos de los años 2017 al 2019.



**Figura 7:** Relación entre la temperatura promedio mensual (°C) y la productividad (cajas/ha), Finca San Gerardo, datos de los años 2017 al 2019.

## 6 CONCLUSIONES

En las fincas de producción de banano de la empresa Frutas Selectas del Trópico S.A, en los años analizados del 2017 al 2019, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en la presente investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- El promedio de aplicación de nitrógeno anual fue de 418,6 y 414,8 kg/ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente, lo cual se acerca a la recomendación en la literatura de 400 kg/ha/año.
- El nutrimento de P se aplicó 51,1 kg y 49,5 kg  $P_2O_5$ /ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente, similar a los que recomienda López y Espinoza (1995) de 50 kg de  $P_2O_5$  /ha/año para esa zona de Costa Rica.
- La aplicación de potasio fue de 680,6 kg y 675,2 kg  $K_2O$ /ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente. Lo que se acerca a lo mencionado por Kema y Drenth (2019) de 700 kg  $K_2O$ /ha/año para suelo con un contenido bajo de potasio.
- El Mg se aplicó en promedio 17,0 kg y 18,7 kg de  $MgO$ /ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente, según Kema & Drenth (2018) no se requiere aplicación de Mg para suelos con altos contenido de este elemento, pero no se puede comprobar el contenido de los suelos, por falta de los análisis de suelo.
- En el caso del Ca la aplicación fue de 126,3 kg y 107,6 kg Ca/ha/año en la finca La Flor y San Gerardo respectivamente. Coincidiendo con la recomendación de Kema & Drenth (2018) de 100 kg a 200 kg de Ca/ha/año para suelos con un contenido de Ca de bajo a medio.
- Para el azufre se aplicaron en promedio 54,3 kg y 57,4 kg/ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente. Similar a la recomendación de las referencias de 60 kg a 100 kg de S/ha/año en el cultivo de banano, en suelos de esa zona de Costa Rica.

- El nutrimento del boro, se aplicó en promedio 0,4 kg/ha/año en las dos fincas evaluadas, lo que es un poco inferior a lo mencionado en la literatura de 700 g/ha/año. Por lo que se ha presentado un contenido foliar de boro en las dos fincas por debajo de límite óptimo recomendado.
- En el caso del zinc el promedio de aplicación fue de 3,2 kg y 2,9 kg de Zn/ha/año en las fincas La Flor y San Gerardo respectivamente, lo que es superior a lo mencionado por Lopez y Espinoza de 700 g Zn/ha/año; y esto se relaciona con contenidos foliares en ambas fincas están sobre el nivel óptimo recomendado.
- En los primeros cuatro meses del año la empresa Frutas Selectas del Trópico realiza la aplicación de nutrientes por medio del fertirriego, adicionando diferentes tipos de fertilizantes solubles al agua de riego, que complementan las aplicaciones sólidas en la época de invierno.
- A través de las aplicaciones aéreas para el control de enfermedades se complementa en las fincas la fertilización, al aplicar productos orgánicos activadores y bioestimulantes como: Everest, Black gold y Prolife. Se suplen en pequeñas cantidades elementos mayores con productos como: Agrica 19, Foliveex calcio, Foliveex magnesio, Funibiolk y Golden calcio. Y el suplemento de elementos menores con productos como el Foliveex aa zinc y Mokave.
- Los niveles foliares más altos de nitrógeno (N) se reportan en los primeros meses del año en las dos fincas de la empresa, que es cuando se realiza el fertirriego con fuentes de N altamente disponibles.
- El mes de noviembre reportó el nivel foliar de N más bajo en las dos fincas, con un 2,26% y 2,23% en la finca La Flor y San Gerardo respectivamente, lo que coincide con los meses más lluviosos del año y aplicaciones bajas de N en los programas de fertilización.
- El promedio anual del nivel foliar de K estuvo por debajo del niveles óptimos recomendados de 3,60%, con 3,49% y 3,54% para la finca La Flor y San

Gerardo respectivamente. A pesar de que las cantidades aplicadas por año en ambas fincas son adecuadas de acuerdo a la literatura.

- Los promedios anuales de los contenidos foliares de P, Ca, Mg, S en las dos fincas se presentaron en un nivel adecuado en comparación con el rango óptimo que menciona la literatura, evidenciando programas de fertilización eficientes para estos nutrientes.
- La temperatura promedio anual y la precipitación acumulada anual en las fincas evaluadas se ajustan a las necesidades del cultivo de banano según menciona la literatura, con 27,7 °C de temperatura promedio y entre 3093,2 y 2728,6 mm para la finca La Flor la finca y San Gerardo respectivamente.
- El promedio de producción de cajas en las fincas evaluadas entre los años analizados fue de 2947 y 3080 cajas/ha en la finca La Flor la finca y San Gerardo respectivamente. Superior al promedio anual reportado por CORBANA para el 2018 de 2894 cajas/ha.
- Para los nutrientes Ca, Mg, S y Zn existe una correlación negativa altamente significativa con la variable lluvia acumulada por mes para la finca La Flor, y para el Ca y Mg para la finca San Gerardo.
- En la finca La Flor se presentó una correlación positiva significativa entre lluvia y productividad (cajas/ha). Por su parte en la finca San Gerardo presentó una correlación positiva significativa entre la temperatura promedio y la productividad (cajas/ha).

## 7 RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo observado en la investigación realizada se presentan las siguientes recomendaciones:

- Tener siempre registro digital y en físico de los resultados de análisis tan importantes como las concentraciones de nutrientes en el suelo y vía foliar.
- Repetir los análisis de correlación entre condiciones climáticas y contenidos foliares de los diferentes nutrimentos con más datos, para tener más exactitud de los resultados que se obtuvieron en la presente investigación.
- Repetir los análisis de correlación entre condiciones climáticas y la productividad de las dos fincas con más datos, para tener más exactitud de los resultados que se obtuvieron en la presente investigación.
- Se pueden reducir las aplicaciones del nutrimento zinc (Zn) al presentarse un nivel foliar alto en ambas fincas.
- Aumentar las dosis anuales de aplicación del elemento boro (B) para mejorar los niveles foliares de la finca, ya sea al suelo o por vía foliar.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Agriculturers. (8 de Abril de 2016). *Lo que deben saber del nitrato de calcio en la agricultura*. Obtenido de Agriculturers: Red de especialistas en agricultura: <https://agriculturers.com/lo-debes-saber-del-nitrato-calcio-la-agricultura/>
- Agrotel. (2020). *Funibiol*. Obtenido de <https://agrotel.com.do/productos/funibiol/>
- Arias, A. C. (2001). *Suelos tropicales*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Avendano, M. (13 de Julio de 2019). *Clima y exceso de oferta golpean fuerte a cultivos de exportación*. Obtenido de El Financiero: <https://www.pressreader.com/>
- Chemo Internacional. (SF). *Nutrición, biostimulantes, productos químicos especializados, surfactantes, adyuvantes y tecnología de enmiendas del suelo*. Obtenido de Chemo Agriculture: [https://www.chemo.com/Static/Pdf/CHEMO\\_AGRICULTURE\\_BROCHURE\\_Espanol-1.1.pdf](https://www.chemo.com/Static/Pdf/CHEMO_AGRICULTURE_BROCHURE_Espanol-1.1.pdf)
- CORBANA. (2019). *Estadística*. Obtenido de Corporación Bananera Nacional: <http://www.corbana.co.cr/banano-de-costa-rica/#estadistica>
- INDER. (2015). *Caracterización territorio Quepos, Garabito y Parrita. Dirección Regional Pacífico Central, Instituto de Desarrollo Rural. Costa Rica. (En línea)*. Recuperado el 5 de Abril de 2020, de Instituto de Desarrollo Rural: [https://www.inder.go.cr/territorios\\_inder/region\\_pacifico\\_central/caracterizaciones/Caracterizacion%20Quepos-Garabito-Parrita.pdf](https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_pacifico_central/caracterizaciones/Caracterizacion%20Quepos-Garabito-Parrita.pdf)
- Infoagro. (27 de Julio de 2016). *El Cultivo de Banano*. Obtenido de Infoagro: [http://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_platano\\_\\_banano\\_.asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp)
- IPNI. (2018). *Fuentes de Nutrientes Específicos*. Obtenido de IPNI: [http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/A48F7C5B42D2D6BF85257BBA0059A849/\\$FILE/NSS-ES-03.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/A48F7C5B42D2D6BF85257BBA0059A849/$FILE/NSS-ES-03.pdf)

- Kema, G., & Drenth, A. (2018). *Achieving sustainable cultivation of bananas* (Vol. 1: Cultivation techniques). Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing.
- La Nación. (11 de Abril de 2017). *Costa Rica alcanzó record en la exportación bananera*. Obtenido de La Nación: <https://www.nacion.com/economia/agro/costa-rica-alcanzo-record-en-la-exportacion-bananera/XJBWUNUKIJBFR02RLDFHPBXO7Y/story/>
- Lopez, A., & Espinoza, J. (1995). *Manual de nutrición y fertilización del banano*. Obtenido de Carbaná: [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf)
- Morales, E., Rubí, M., López, J., Martínez, Á., & Morales, E. (12 de Noviembre de 2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1876-1886. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas: <file:///C:/Users/Merilyn/Downloads/Dialnet-UreaNBPTUnaAlternativaEnLaFertilizacionNitrogenada-7230619.pdf>
- Ospina, A., & Calvo, M. (2018). *Coyuntura Bananra 2018*. Obtenido de AUGURA: Asociación de Bananero de Colombia: <https://www.augura.com.co/wp-content/uploads/2019/04/COYUNTURA-BANANERA-2018.pdf>
- Perdomo, C., Barbazán, M., & Durán, J. M. (SF). *Nitrógeno*. Obtenido de Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica Uruguay: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf#page=6&zoom=100,144,149>
- Quimi-Agro de Costa Rica . (2018). *Mokave: descripción del producto*. Obtenido de Quimi-Agro de Costa Rica : <https://www.quimiagrocr.com/producto-mokave>

- Salas, R. (2002). *Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar*. In: *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. (G. Melendez, & E. Molina, Edits.) Obtenido de Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones:  
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Sanchez, J. (10 de Agosto de 2017). *Manejo del cultivo a partir del conocimiento de la fisiología y fenología del banano*. Obtenido de VII Congreso técnico bananero de Colombia: <http://www.augura.com.co/wp-content/uploads/2017/08/2.-MANEJO-DEL-CULTIVO-A-PARTIR-DEL-CONOCIMIENTO-DE-LA-FISIOLOG%C3%8DA-Y-FENOLOG%C3%8DA-DEL-BANANO>
- Segura, A. (2002). FERTILIZACIÓN FOLIAR: PRINCIPIOS Y APLICACIONES. En G. Melendez, & E. Molina (Ed.), *FERTILIZACIÓN FOLIAR: PRINCIPIOS Y APLICACIONES* (págs. 19-25). San José, CR: CIA, UCR. Obtenido de FERTILIZACIÓN FOLIAR: PRINCIPIOS Y APLICACIONES: <file:///C:/Users/Merilyn/Dropbox/Arata/bibliografía/Memoria%20Curso%20Fertilización%20Foliar.pdf>
- Seracsa. (SF). *Fertilizantes*. Obtenido de Seracsa: <http://www.seracsa.com/productos/nacional/fertilizante/especial/>
- Soto, E., & Guzman, M. (2011). *Unidades de calos (UD): Su interpretación y utilidad en la producción de banano*. San José: CORBANA, Dirección de investigaciones, sección de fitopatología.
- Soto, M. (2014). *Bananos, conceptos básicos*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Teuton Elemental. (SF). *Sfera*. Obtenido de <http://www.teuton.com.gt/category/productos/sfera/>

Tilawa Agro. (SF). *Ficha técnica*. Obtenido de Tilawa Agro:  
<http://alagro.net/FICHAS%20TECNICAS/BLACK%20GOLD%20Ficha%20Tecnica.pdf>

Torres, S. (Julio de 2012). *Guía práctica para el manejo del banano orgánico en el valle de Chira*. Obtenido de Swisscontact:  
[https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual\\_banano.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf)

Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (Diciembre de 2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica*. Obtenido de CORBANA, MAG:  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>

## 9 ANEXOS

**Anexo 1:** Análisis de correlación de Pearson de las variables climáticas y los contenidos foliares de los diferentes nutrientes, finca La Flor, datos del 2017 al 2019.

*Finca = La Flor*

*Correlación de Pearson*

<u>Variable(1)</u>	<u>Variable(2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
Temperatura	Temperatura	12	1,00	<0,0001
Temperatura	Lluvia	12	-0,20	0,5310
Temperatura	N	12	0,61	0,0353
Temperatura	P	12	0,28	0,3756
Temperatura	K	12	0,23	0,4740
Temperatura	Ca	12	0,45	0,1418
Temperatura	Mg	12	0,36	0,2488
Temperatura	S	12	0,32	0,3081
Temperatura	Zn	12	0,02	0,9605
Temperatura	B	12	0,19	0,5549
Lluvia	Temperatura	12	-0,20	0,5310
Lluvia	Lluvia	12	1,00	<0,0001
Lluvia	N	12	-0,52	0,0822
Lluvia	P	12	0,04	0,8978
Lluvia	K	12	-0,20	0,5278
Lluvia	Ca	12	-0,77	0,0034
Lluvia	Mg	12	-0,75	0,0046
Lluvia	S	12	-0,75	0,0046
Lluvia	Zn	12	-0,75	0,0046
Lluvia	B	12	0,04	0,8969

**Anexo 2:** Análisis de correlación de Pearson de las variables climáticas y los contenidos foliares de los diferentes nutrientes, finca San Gerardo, datos del 2017 al 2019.

*Finca = San Gerardo*

*Correlación de Pearson*

<u>Variable(1)</u>	<u>Variable(2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
Temperatura	Temperatura	12	1,00	<0,0001
Temperatura	Lluvia	12	-0,13	0,6757
Temperatura	N	12	0,36	0,2468
Temperatura	P	12	0,21	0,5091
Temperatura	K	12	0,15	0,6486
Temperatura	Ca	12	0,22	0,4971
Temperatura	Mg	12	0,29	0,3684
Temperatura	S	12	0,28	0,3853
Temperatura	Zn	12	0,19	0,5616
Temperatura	B	12	0,02	0,9630
Lluvia	Temperatura	12	-0,13	0,6757
Lluvia	Lluvia	12	1,00	<0,0001
Lluvia	N	12	-0,17	0,5935
Lluvia	P	12	0,25	0,4388
Lluvia	K	12	-0,18	0,5840
Lluvia	Ca	12	-0,75	0,0048
Lluvia	Mg	12	-0,70	0,0116
Lluvia	S	12	-0,44	0,1566
Lluvia	Zn	12	-0,22	0,4846
Lluvia	B	12	0,05	0,8735

**Anexo 3:** Análisis de correlación de Pearson de las variables climáticas y la productividad (cajas/ha), finca La Flor, datos del 2017 al 2019.

*Finca = La Flor*

*Correlación de Pearson*

<u>Variable (1)</u>	<u>Variable (2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
Cajas/ha	Cajas/ha	36	1,00	<0,0001
Cajas/ha	Lluvia (mm)	36	0,35	0,0371
Cajas/ha	Temperatura (C°)	36	0,30	0,0706
Lluvia (mm)	Cajas/ha	36	0,35	0,0371
Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	36	1,00	<0,0001
Lluvia (mm)	Temperatura (C°)	36	-0,25	0,1372
Temperatura (C°)	Cajas/ha	36	0,30	0,0706
Temperatura (C°)	Lluvia (mm)	36	-0,25	0,1372
Temperatura (C°)	Temperatura (C°)	36	1,00	<0,0001

**Anexo 4:** Análisis de correlación de Pearson de las variables climáticas y la productividad (cajas/ha), finca San Gerardo, datos del 2017 al 2019.

*Finca = San Gerardo*

*Correlación de Pearson*

<u>Variable (1)</u>	<u>Variable (2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
Cajas/ha	Cajas/ha	36	1,00	<0,0001
Cajas/ha	Lluvia (mm)	36	0,26	0,1311
Cajas/ha	Temperatura (C°)	36	0,40	0,0164
Lluvia (mm)	Cajas/ha	36	0,26	0,1311
Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	36	1,00	<0,0001
Lluvia (mm)	Temperatura (C°)	36	-0,26	0,1305
Temperatura (C°)	Cajas/ha	36	0,40	0,0164
Temperatura (C°)	Lluvia (mm)	36	-0,26	0,1305
Temperatura (C°)	Temperatura (C°)	36	1,00	<0,0001