



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACION**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Implementación tecnológica en el manejo de drones para la  
fertilización foliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)”.

**AUTOR:**

Wellington Enrique Molina Loor

**TUTORA:**

Lcda. Martha Uvidia Vélez, MSc.

**Babahoyo – Los Ríos – Ecuador**

**2023**

## RESUMEN

### **“Uso de implementos tecnológicos (drones) como medio de óptimo rendimiento en la fertilización foliar para cultivos de cacao”.**

El tema de investigación surge debido a las grandes falencias y problemáticas que enfrentan los productores debido al mal manejo o uso tradicional de técnicas las cuales pueden ser reemplazadas tanto por sistemas, programas o aplicaciones tecnológicas que permitan un constante control apropiado para el manejo del cultivo dentro de las diferentes etapas del mismo. Sin embargo, el uso de drones en la fertilización foliar de los cultivos de cacao, aporta beneficios y desafíos asociados con la tecnología, para mejorar la eficiencia de la fertilización foliar, optimizando el suministro de nutrientes y, en última instancia, incrementando el rendimiento y la calidad de los cultivos de cacao, en comparación con los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes. Los resultados obtenidos se esperan contribuyan a la implementación efectiva de esta tecnología en la agricultura de cacao, ofreciendo una alternativa prometedora para optimizar la productividad y sostenibilidad de los cultivos, así como el bienestar económico de los agricultores.

**Palabras claves:** Drones, rendimiento, tecnología, productividad.

## **SUMMARY**

### **"Use of technological implements (drones) as a means of optimal performance in foliar fertilization for cocoa crops".**

The research topic arises due to the great shortcomings and problems faced by producers due to mismanagement or traditional use of techniques which can be replaced by systems, programs or technological applications which allow constant appropriate control for crop management within the different stages of it. The objective of this research is to analyze the potential of the use of drones in the foliar fertilization of cocoa crops, studying the characteristics, benefits and challenges associated with this technology, it seeks to determine if the use of drones can improve the efficiency of foliar fertilization, optimizing the supply of nutrients and, ultimately, increasing the yield and quality of cocoa crops compared to traditional fertilizer application methods. In conclusion, it seeks to provide a comprehensive view on the use of drones as a means of optimal performance in foliar fertilization for cocoa crops. It is expected that the results obtained will contribute to the effective implementation of this technology in cocoa agriculture, offering a promising alternative to improve the productivity and sustainability of crops, as well as the economic well-being of farmers.

**Keywords:** Drones, performance, technology, productivity.

# INDICE

RESUMEN .....	II
SUMMARY .....	III
I. INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
1. MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo general .....	5
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
1.5. Fundamentación teórica .....	6
1.5.1. El cacao: fruto o producto .....	6
1.5.2. Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao .....	8
1.5.3. Principales nutrientes que necesita el cacao .....	9
1.5.4. Tipos de fertilización en Ecuador .....	11
1.5.4.1. Fertilización edáfica .....	11
1.5.4.2. Fertiirrigación .....	12
1.5.4.3. Fertilización foliar .....	13
1.5.5. Propósito de la fertilización foliar .....	14
1.5.6. Uso de drones en la agricultura .....	15
1.5.7. Fertilización foliar con drones .....	15
1.5.8. Tipos de drones utilizados en la fertilización foliar .....	16
1.5.8.1. Dron DJI Agras T10 .....	16
1.5.8.2. Dron DJI Agras T30 .....	18
1.5.8.3. Dron DJI Agras T40 .....	19
1.5.9. Factibilidad del uso de los drones .....	20
1.5.9.1. Viabilidad del sistema de fumigación foliar de los drones .....	20
1.6. Hipótesis .....	21
1.7. Metodología de la investigación .....	21
CAPÍTULO II .....	22
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.1. Desarrollo del caso .....	22

2.2.	Situaciones detectadas.....	22
2.3.	Soluciones planteadas.....	23
2.4.	Conclusiones .....	24
2.5.	Recomendaciones .....	25
BIBLIOGRAFÍA.....		26

# I. INTRODUCCIÓN

. La agricultura es una actividad vital para la alimentación, economía global y la producción de cacao desempeña un papel fundamental en la industria del chocolate. Sin embargo, garantizar un óptimo rendimiento en los cultivos de cacao requiere de una serie de prácticas agrícolas efectivas, incluyendo la polinización y la fertilización foliar. La polinización es esencial para la formación de frutos y semillas, mientras que la fertilización foliar asegura un adecuado desarrollo y crecimiento de los mismos.

En la investigación: Absorción de nutrientes a través de la hoja, Murillo *et al.* (2011) interpretan: “La fertilización foliar es una práctica ampliamente utilizada en la agricultura para suministrar nutrientes directamente a través de las hojas de las plantas. En el caso de los cultivos de cacao, la fertilización foliar desempeña un papel crucial en el desarrollo y rendimiento de los árboles de cacao, ya que permite compensar deficiencias nutricionales y mejorar la calidad de los frutos”.

González (2020) señala que la agricultura que todos conocíamos ha sufrido una gran transformación. Esto se debe, en gran medida, a la incorporación de nuevas tecnologías en las labores diarias de las explotaciones agrícolas. Entre estas innovaciones se incluyen maquinarias avanzadas para la aplicación de productos químicos, sistemas de autocontrol, sensores, drones especializados en agricultura y software agrícola, entre otros.

El avance de la tecnología ha introducido nuevas herramientas y enfoques para mejorar la eficiencia y precisión de la fertilización foliar. Uno de estos avances prometedores es el uso de drones como medio de óptimo rendimiento en la aplicación de fertilizantes foliares en los cultivos. Los drones ofrecen la posibilidad de realizar una aplicación precisa y uniforme de los nutrientes, alcanzando áreas específicas de la planta que requieren una mayor atención nutricional.

Bajo este contexto, es fundamental llevar a cabo un análisis exhaustivo del uso de drones como medio de óptimo rendimiento en la fertilización foliar para cultivos de cacao, con el fin de proporcionar información científica y técnica que permita tomar decisiones sobre su implementación y aprovechar al máximo su potencial en el sector agrícola.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

Este estudio se centra en la aplicación de tecnología en la gestión de drones para llevar a cabo la fertilización foliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). El uso de drones ha revolucionado diversos sectores y la agricultura no es una excepción. Los drones ofrecen una solución prometedora para mejorar la eficiencia y precisión en las prácticas agrícolas.

Estas aeronaves no tripuladas pueden llevar a cabo tareas específicas de manera autónoma o controlada por un operador, y su capacidad para alcanzar áreas de difícil acceso los convierte en una herramienta invaluable en la agricultura moderna, por ello, la investigación tiene la finalidad de conocer la factibilidad y viabilidad del uso de drones como medio de óptimo rendimiento en la fertilización foliar para cultivos de cacao.

### 1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de cacao desempeña un papel fundamental en la industria agrícola y alimentaria, siendo una fuente importante de ingresos económicos para muchos países. La fertilización foliar es una práctica comúnmente utilizada para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos de cacao, ya que permite una rápida absorción y asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Sin embargo, los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes foliares, como la pulverización manual o el uso de mochilas, presentan limitaciones en términos de eficiencia, precisión y costo.

En el caso de los cultivos de cacao, la fertilización foliar es un proceso crucial que consiste en la transferencia de polen de los estambres a los pistilos de las flores. La eficiencia de la fertilización afecta directamente la producción de frutos y, en última instancia, la calidad y cantidad del cacao cosechado. Los métodos tradicionales de fertilización, como la polinización manual o el uso de bombas de mochila, son laboriosos y consumen mucho tiempo. Aquí es donde los drones pueden desempeñar un papel transformador.

Sin embargo, a pesar de las posibles ventajas del uso de drones en la fertilización foliar de cultivos, existen varios aspectos que requieren una investigación más profunda. Es necesario evaluar la efectividad y eficiencia de los drones en comparación con los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes en plantaciones de cacao.

### **1.3. Justificación**

El uso de drones se ha propuesto como una posible solución para optimizar la fertilización foliar en los cultivos de cacao y otros. Además, ofrecen la capacidad de aplicar fertilizantes de manera precisa y controlada, llegando a áreas específicas de la planta y optimizando el uso de recursos. También, su uso puede reducir la exposición de los trabajadores agrícolas a productos químicos y disminuir el impacto ambiental asociado con la pulverización aérea.

La utilización de drones se presenta como una alternativa eficiente para llevar a cabo la fertilización foliar en plantaciones de cacao, logrando resultados óptimos en términos de rendimiento, por ello, la investigación se justifica debido a los beneficios potenciales que ofrece con relación a eficiencia agrícola, reducción de costos y recursos, acceso a áreas difíciles, monitoreo y gestión precisa de los cultivos, así como el avance tecnológico y el potencial de innovación.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Analizar la implementación tecnológica en el manejo de drones para la fertilización foliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*).

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar las características de los drones disponibles en el mercado y su capacidad para realizar la fertilización foliar en cultivos de cacao.
- Determinar la factibilidad y viabilidad del uso de drones en la fertilización foliar para cultivos de cacao, como una alternativa eficiente en comparación con los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes.

## **1.5. Fundamentación teórica**

### **1.5.1. El cacao: fruto o producto**

De acuerdo con (Chávez Betancourt, et al., 2019), el cacao es el fruto obtenido de plantas cuya historia se remonta a árboles nativos de América Central y del Sur. Su nombre científico es *Theobroma cacao*, que en griego significa "alimento de los dioses". En la actualidad, existe una amplia variedad de variedades de cacao, pero el más reconocido por su sabor, aroma y dulzura es el Nacional o Fino de Aroma. Este tipo de cacao se destaca por su sabor a frutos secos y es altamente valorado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO, por sus siglas en inglés).

En Ecuador, la producción de cacao fino de aroma es beneficiosa debido a las condiciones favorables del suelo para el cultivo de esta variedad. Las precipitaciones de agua ocurren a lo largo de todo el año, con mayor frecuencia en ciertos meses. Las temperaturas generalmente se sitúan en el rango de 25 a 28 grados centígrados. La producción de cacao fino de aroma comienza aproximadamente a los 4 o 5 años de edad de la planta y alcanza su punto máximo entre los 8 y 10 años. El cacao fino de aroma o cacao nacional tiene mazorcas alargadas y de textura leñosa. Inicialmente, las mazorcas son verdes cuando están en su etapa tierna y luego se vuelven amarillas a medida que maduran (Chávez Betancourt, et al., 2019).

El director de Desarrollo Productivo del Gobierno de Los Ríos, Geovanny Tóala, informó que se han entregado cerca de 900.000 plantas de cacao de la variedad CCN-51, las mismas que han sido sembradas en una extensión de 808 hectáreas de cultivo. (La Hora 2019)

Como parte de la política de brindar un permanente impulso a la producción agrícola y mejorar la economía de las comunidades rurales, el Gobierno de Los Ríos ha llevado el proyecto ‘Siembra de cacao’ a 92 asociaciones autónomas campesinas de los 13 cantones y las 17 parroquias rurales de la provincia. (La Hora,2019)

Según la entidad, en la actualidad este proyecto beneficia a 1. 619 agricultores que forman parte de dichas asociaciones, en el que el Gobierno de Los Ríos ha invertido 476.494 dólares. (La Hora 2019)

Este cultivo que se realiza en 18 provincias del país, concentrándose en Los Ríos, Guayaquil, Manabí, Esmeraldas, y actualmente está teniendo un mayor Incremento en Santo Domingo (García, citado por Casanova 2020).

En la imagen de la tabla 1, se muestra las principales provincias productoras en el año 2020, tomando en cuenta la superficie sembrada (ha), la producción (t) y el Rendimiento (t/ha) (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2021).

<b>Tabla 1: Principales provincias productoras en el año 2020</b>			
<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>Nacional</b>	<b>527,347</b>	<b>385,209</b>	<b>0,73</b>
<b>Los Ríos</b>	124,457	121,762	0,97
<b>Guayas</b>	108,971	109,762	1,01
<b>Manabí</b>	102,102	63,438	0,62
<b>Esmeralda</b>	63,447	32,561	0,51
<b>Santo Domingo de los Tsáchilas</b>	26,684	17,520	0,66
<b>Orellana</b>	19,182	9,587	0,50
<b>Otras</b>	82,504	31,223	0,38

**Fuente:** MAG – CGINA (2020); ESPAC – INEC (2020)

**Imagen** Tabla 1

**Fuente** (MAG – CGINA 2020)

### **1.5.2. Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao**

Según Romero (2023), La fertilización juega un papel fundamental en la producción de cacao, y su influencia en el rendimiento y la calidad de los granos es innegable. Una gestión adecuada de la fertilización puede ser determinante para lograr un cultivo saludable y productivo, ya que proporciona los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento, la floración y la producción de frutos en las plantas de cacao. Los nutrientes primordiales requeridos para el cacao incluyen el nitrógeno, el fósforo y el potasio, aunque también se necesitan otros elementos como el calcio, el magnesio y el azufre. Esto puede incrementar la producción de cacao en un 30% o más, al mismo tiempo que mejora la calidad de los granos y permite controlar su tamaño y forma. Además, contribuye a aumentar la resistencia de las plantas al estrés hídrico y a las enfermedades.

La fertilización se refiere a la aplicación de enmiendas y nutrientes con el propósito de compensar la escasez de elementos nutritivos en el suelo, los cuales pueden obstaculizar el adecuado desarrollo y rendimiento de los cultivos. Para lograr esto, es fundamental realizar un análisis del suelo, una herramienta que permite evaluar las características físico-químicas del terreno y la presencia de materia orgánica, con el fin de elaborar un plan nutricional efectivo. En algunos casos, es necesario complementar este análisis con un análisis foliar (Valenzuela Arango 2021).

Bermúdez (2021) en su artículo: Fertilización del cacao basado en las 4rs, añade, si consideramos estos criterios al llevar a cabo la fertilización del cacao, convertiremos esta práctica en una actividad económicamente beneficiosa y amigable con el entorno, dado que:

1. Se usan las cantidades que la planta necesita y en el momento que lo necesita (Bermúdez 2021).
2. Vamos a aprovechar al máximo el fertilizante que vamos a aplicar (es decir vamos a reducir las pérdidas de nutrientes de los fertilizantes) (Bermúdez 2021).
3. Vamos a tener mejor respuesta de la planta a la aplicación de fertilizantes y, por lo tanto (Bermúdez 2021).
4. Tendremos mayores rendimientos del cultivo y obviamente (Bermúdez, 2021).
5. Mayores ingresos para el agricultor (Bermúdez 2021).

### **1.5.3. Principales nutrientes que necesita el cacao**

El cacao como todo cultivo requiere para desarrollarse y reproducir de suelos fértiles, un suelo fértil además de un aspecto deseable debe tener una buena constitución química, la que está dada por macroelementos nutricionales primarios como: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K); macroelementos secundarios como: Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y micronutrientes como: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn), que intervienen en el metabolismo de la planta. La experiencia de Ecuador ha demostrado que cuando el nivel tecnológico se eleva, la productividad de los huertos puede duplicarse y hasta triplicarse. Entre las estrategias de mejoramiento tecnológico se destacan el uso de clones mejorados de cacao, de riego, podas sanitarias y abonamiento suficiente, acorde con la demanda del cultivar (Paspuel Huera 2018).

La fotosíntesis es más activa en plantaciones sin sombra y muestra una respuesta positiva a la fertilización. En la región de Santander, se ha comprobado la necesidad de fertilizar los cultivos de cacao que están expuestos al pleno sol debido a la alta tasa de fotosíntesis, lo que se traduce en rendimientos elevados. Se ha observado que la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio produce resultados satisfactorios, lo que indica que una fertilización adecuada en condiciones de plena exposición solar puede generar ganancias económicas y mantener rendimientos consistentes con el tiempo. Sin embargo, es importante evaluar de manera integral la práctica de fertilización, considerando no solo la producción del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El exceso de calcio en las hojas del cacao puede ser la causa de varios problemas que afectan al cultivo, ya que crea un desequilibrio con los niveles de potasio, boro y magnesio (Leiva Rojas 2019).

De acuerdo con la investigación: Fertilización del cacao y requerimientos nutricionales, Akane (2019), agrega, en general durante el primer año, el agricultor puede realizar una aplicación de fertilización antes de la siembra y aplicaciones complementarias cada dos meses después de que las plántulas de cacao hayan desarrollado 2-3 pares de hojas (se puede utilizar un fertilizante N-P-K 12:24:12). Más adelante, y hasta el tercer año de crecimiento de las plantas, el agricultor de cacao puede aplicar 0,2 kg o 0,5 libras de un fertilizante NPK 30:10:10 por árbol, dos veces al año. Finalmente, los árboles de cacao que hayan alcanzado la madurez reproductiva deben recibir de 0,4-1,2 kg (1-3 libras) de un fertilizante 16:8:24 NPK por árbol, dos veces al año (1). Además de los 3 nutrientes básicos (N, P, K), los árboles de cacao también requieren de micronutrientes como Ca, Mn, Mg y Zn. Todos los fertilizantes que se aplicaran como gránulos en el suelo deben colocarse en un círculo, a 1 m (3,3 pies) de distancia del tronco del árbol (regar o incorporar el fertilizante manualmente).

#### **1.5.4. Tipos de fertilización en Ecuador**

Las formas más conocidas o implementadas para la realización de esta actividad son, la fertilización edáfica, la fertilización implementando el agua como vehículo, conocida como fertirriego y la fertilización foliar (Reetz 2016).

##### **1.5.4.1. Fertilización edáfica**

International Fertilizer Industry Association (2012), indica que esta técnica implica la aplicación directa del fertilizante en la proximidad de la base de la planta, en el sustrato o directamente en el suelo, con el objetivo de que los nutrientes estén ubicados lo más cerca posible de la zona de absorción de las raíces, de manera que la planta pueda tomarlos. Por lo general, se utilizan fertilizantes sólidos en forma de gránulos para esta práctica, con una frecuencia de aplicación baja a lo largo del tiempo. Esto se hace con el propósito de mantener los nutrientes en el suelo durante un período prolongado, permitiendo que la planta los absorba gradualmente.

El manejo de la fertilización edáfica determina de manera importante la eficiencia de la fertilización general, tomando como eficiencia la cantidad de nutrientes tomados por la planta, respecto de la cantidad total aplicada. Para lograr la máxima eficiencia posible es necesario el análisis minucioso de ciertas variables que afectan de manera directa dicha optimización de los fertilizantes aplicados, como son: tipo de suelo, clima, tipo y edad del cultivo, técnica de aplicación, comportamiento agronómico, componentes económicos y disponibilidad del producto (International Fertilizer Industry Association 2012).

#### **1.5.4.2. Fertiirrigación.**

La técnica de aplicar fertilizantes a los cultivos utilizando el agua de riego como vehículo es llamada fertiirrigación o fertirriego. También podemos decir que es una técnica agrícola que provee una excelente oportunidad para maximizar los rendimientos, y a la vez, reducir la polución ambiental al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes ya que, en la fertiirrigación, el momento, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados (Tarchitzky & Kafkafi, 2012).

De acuerdo con Torri (2015), agregar los fertilizantes en el sistema de riego implica la necesidad de cumplir con los siguientes requisitos fundamentales:

1. Equipo: en sistemas de riego presurizados, la presión de inyección de la solución fertilizante debe ser mayor que la presión interna. Adicionalmente, debe contar con un filtro que prevenga el taponamiento de los emisores por partículas sólidas que puedan llegar al emisor y una válvula que prevenga el retroflujo (Torri, 2015).
2. Fertilizantes: solubilidad de los fertilizantes en el agua de riego, que contiene constituyentes químicos que pueden interactuar con los fertilizantes disueltos, provocando efectos indeseados. Adicionalmente, el grado de acidez de los fertilizantes en la solución fertilizante debe considerarse en relación con su corrosividad a los componentes del sistema de riego (Torri 2015).

#### **1.5.4.3. Fertilización foliar**

La fertilización foliar se utiliza como un suplemento a la fertilización del suelo, permitiendo la adición de nutrientes al cultivo. Estas aplicaciones son beneficiosas para corregir las deficiencias nutricionales que pueden surgir durante el desarrollo de las plantas y para asegurar una nutrición adecuada en todas las etapas de su crecimiento. Por lo tanto, la fertilización foliar representa una herramienta de gran valor para los agricultores, ya que les permite suministrar a las plantas los elementos esenciales, reduciendo así el riesgo de deficiencias y mejorando al mismo tiempo el rendimiento, la calidad y la salud de sus cosechas (Herrera 2021).

Según Segura (2012), en este sistema de nutrición, la hoja juega un papel crucial en la absorción de nutrientes. Desde una perspectiva fisiológica, cualquier elemento mineral puede ser tomado por la planta a través de las hojas en diversas etapas de su desarrollo. Sin embargo, para que este proceso se produzca, se requieren factores específicos, los cuales pueden ser categorizados en:

- I. Factores correspondientes a la planta: estos juegan un papel fundamental por ser el blanco biológico objetivo de la práctica; entran en juego la cutícula, las estomas y los estodemos que participan de manera activa en el paso de solutos (Segura 2012).
- II. Factores ambientales: la temperatura, la luz, la humedad relativa y la hora de la aplicación influyen en la eficacia de las aspersiones foliares, facilitando o presentando mecanismos de oposición al paso de nutrientes a través del mesofilo (Segura 2012).
- III. Factores correspondientes a la solución foliar: se hace énfasis en el pH, surfactantes y adherentes, presencia de sustancias activadoras, concentración de la solución e iones acompañantes (Segura 2012).

### **1.5.5. Propósito de la fertilización foliar**

La fertilización foliar, al permitir la rápida incorporación de nutrientes esenciales en los procesos metabólicos de la fotosíntesis, ofrece múltiples beneficios y propósitos. Estos incluyen solucionar deficiencias nutricionales durante el desarrollo de las plantas, suplir requerimientos nutricionales que no son cubiertos adecuadamente por la fertilización convencional en el suelo, suministrar nutrientes a las plantas que quedan retenidos o fijados en el suelo, mejorar la calidad del producto final, acelerar o retrasar etapas fisiológicas de las plantas, optimizar la eficiencia en la absorción de los fertilizantes, solucionar problemas fitopatológicos mediante la aplicación de cobre y azufre, y respaldar o reforzar la fertilización del suelo para maximizar el rendimiento de los cultivos (Santos & Manjarrez 2019).

Los tratamientos foliares con macro y micronutrientes, bioestimulantes a base de fitorreguladores y aminoácidos, y tierra de diatomeas, son efectivos para potenciar el rendimiento del cacao nacional en seco. Los tratamientos nutricionales foliares que incluyeron tierra de diatomeas promueven un mejor estado sanitario del cacao. La fertilización foliar complementaria con nutrientes minerales, bioestimulantes y tierra de diatomeas es económica-mente viable para los productores de cacao nacional en sistemas de seco. La fertilización foliar complementaria se presenta como una alternativa tecnológica de fácil adopción y con una rentabilidad económica superior al 70%, con relación a la fertilización edáfica tradicional en sistemas de seco (Bravo Palma et al 2022).

### **1.5.6. Uso de drones en la agricultura**

Es un equipo con sensores de tecnología avanzada que puede monitorear un gran número de hectáreas, permitiendo a los agricultores gestionar de mejor manera sus cultivos e incrementar su productividad. Esta tecnología permite, entre otras cosas, identificar el sobre uso de insumos como agua y fertilizantes para ahorrar costos, determinar las variaciones en el crecimiento de las plantas y notar zonas del campo con poca productividad para mejorar el rendimiento de éste (Portal Frutícola 2017).

La entrada de drones en la agricultura fue muy bien recibida, ya que ofrecen una variedad de aplicaciones que van desde el monitoreo y mapeo de cultivos hasta la pulverización de pesticidas y la aplicación precisa de fertilizantes foliares. Su capacidad para proporcionar imágenes de alta resolución y su resistencia a las condiciones climáticas hacen que sean una herramienta valiosa para los agricultores comerciales. En consecuencia, los drones no solamente tienen la capacidad de capturar imágenes de alta calidad, sino que ciertos modelos están equipados con compartimentos que contienen pesticidas y fertilizantes. Estos pueden ser administrados de manera selectiva en áreas específicas del campo, identificadas previamente por el dron como lugares con carencia de nutrientes, infestaciones de plagas o enfermedades. (Sela 2022).

### **1.5.7. Fertilización foliar con drones**

Los drones son manipulados a distancia, facilitando que los agricultores no estén expuesto a un constante contacto con productos químicos y condiciones desfavorables, garantizando la seguridad. Dependiendo de su capacidad, podrá pulverizar entre 50 y 100 hectáreas al día, lo que se traduce en 30 veces más que un pulverizador de mochila tradicional. El alto grado de pulverización ahorra hasta un 30% de fertilizantes y pesticidas. El dron utiliza una tecnología con el perfecto volumen de pulverización, lo que permite ahorrar, en comparación con los métodos tradicionales, hasta un 90% de agua. El coste de la pulverización es un 97% menor que con los métodos de pulverización convencional.

Se permite un tratamiento rápido debido a que los resultados se consiguen en 3-4 semanas. Los drones agrícolas tienen un diseño robusto con un bajo coste de mantenimiento, a su vez una fácil sustitución o adaptación de piezas. Permiten la aplicación de fertilización y/o tratamientos cuando el desarrollo del cultivo es tan avanzado que no se puede entrar con maquinaria rodada (Arrés 2023).

#### **1.5.8. Tipos de drones utilizados en la fertilización foliar**

Según Pino (2019), en el ámbito global de la agricultura, existen diferentes categorías de drones disponibles. Los más comunes en esta área son el multirroto-cuadróptero, que tiene un tiempo de vuelo de aproximadamente 30 minutos y puede cubrir alrededor de 65 hectáreas por vuelo, y el dron de ala fija, que ofrece un rango de tiempo de vuelo de 30 a 90 minutos y una cobertura por vuelo que va desde 120 hasta 3,800 hectáreas.

##### **1.5.8.1. Dron DJI Agras T10**

El dron para fumigar DJI Agras T10 cuenta con un tanque de 10 litros con los que puede rociar hasta 5 metros, es capaz de fumigar hasta 30 hectáreas por día. Su diseño es fuerte y confiable. El dron se puede plegar y desplegar de forma eficaz, lo que lo hace más cómodo de transportar y más fácil de transportar a otros campos (Omega drone 2020).

**Ilustración 1: Especificaciones del dron DJI Agras T10.**

<b>DRONE DJI AGRAS T10</b>	
	<b>Contenido</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tanque de (10 litros)</li><li>• 1 Control remoto</li><li>• 1 Batería para el control remoto</li><li>• 1 Cargador inteligente para control remoto</li><li>• 1 Correa para el control remoto</li><li>• 1 Kit de 4 boquillas</li><li>• 1 manguera de repuesto</li><li>• Refacciones de tornillería</li><li>• Manuales</li></ul>
	<b>Aeronave</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tanque de operaciones de 10L</li><li>• 4 pulverizadores con un caudal de 2,4 L/min</li><li>• Transmisión de imágenes hasta de 5 km</li><li>• Cámaras frontal y trasera</li><li>• Proyector LED de alto brillo para trabajo nocturno</li><li>• Protección IP67 de cobertura total</li></ul>
	<b>GPS y vuelos automáticos</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Despegue con una sola tecla, planificación inteligente y barrido automático de bordes</li><li>• Posicionamiento RTK de alta precisión a nivel centimétrico</li></ul>

**Elaborado por:** Autor

**Fuente:** (Omega drone 2020)

Dron para aplicación de agroquímicos DJI Agras T10 despegue con solo presionar un botón. La planificación autónoma y el barrido automático de bordes ofrecen una amplia cobertura de pulverización y un funcionamiento sin esfuerzo. El Agras T10 viene con un módulo RTK de posicionamiento de precisión centimétrica y la nueva aplicación DJI Agriculture permite una experiencia de sistema más fluida y un funcionamiento mucho más intuitivo (Omega drone 2020).

El dron fumigador Agras T10 de DJI adopta un diseño de cuatro boquillas con una tasa de salida de hasta 2.4 litros por minuto. Un caudalímetro de solenoide de doble canal que controla las boquillas para una pulverización más uniforme y un control de volumen de alta precisión, fundamental en la distribución de pesticidas, además posee una batería de vuelo inteligente dedicada almacena 9500 mAh de potencia con una garantía de producto de 1000 ciclos (Omega drone 2020).

El módulo de control del dron para campo DJI Agras T10 utiliza una estructura completamente cerrada para mayor durabilidad. Tres capas de protección sobre componentes críticos ofrecen una resistencia al agua nominal general de IP67 contra pesticidas, polvo, fertilizantes y corrosión. El mecanismo de plegado de los brazos utiliza un bloqueo rápido y redundancias para ayudar a garantizar la seguridad operativa (Omega drone 2020).

### 1.5.8.2. Dron DJI Agras T30

El dron para fumigar DJI T30 cuenta con un tanque operacional de 30 litros, tiene una anchura de pulverización de 9 metros, es capaz de suministrar un flujo de hasta 8 litros por minuto gracias a la disposición de sus 16 boquillas y a la gran potencia de sus bombas de rociado. Su eficiencia operativa es de 16 hectáreas/hora, posee una batería de 29.000 mAh para 1000 ciclos ultra largos y un cambiador de 7200 W para carga ultrarrápida de 10 minutos (Omega drone 2020).

*Ilustración 1. Especificaciones del dron DJI Agras T30.*

<b>DRONE DJI AGRAS T30</b>							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th style="background-color: #D3D3D3;">Contenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de (30litros)</li> <li>• 1 Control remoto</li> <li>• 1 Batería para el control remoto</li> <li>• 1 Cargador inteligente para control remoto</li> <li>• 1 Correa para el control remoto</li> <li>• 1 Kit de 16 boquillas</li> <li>• 1 manguera de repuesto</li> <li>• Refacciones de tornillería</li> <li>• Manuales</li> </ul> </td> </tr> <tr> <th style="background-color: #D3D3D3;">Aeronave</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de operaciones de 30L</li> <li>• 16 pulverizadores con alto caudal de 8 L/min</li> <li>• Transmisión de imágenes hasta de 5 km</li> <li>• Cámaras frontal y trasera</li> <li>• Proyector de alto brillo para trabajo nocturno</li> <li>• Protección IP67 de cobertura total</li> </ul> </td> </tr> <tr> <th style="background-color: #D3D3D3;">GPS y vuelos automáticos</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>•• Despegue con una sola tecla, planificación inteligente y barrido automático de bordes</li> <li>• 1 Posicionamiento RTK de alta precisión a nivel centimétrico</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de (30litros)</li> <li>• 1 Control remoto</li> <li>• 1 Batería para el control remoto</li> <li>• 1 Cargador inteligente para control remoto</li> <li>• 1 Correa para el control remoto</li> <li>• 1 Kit de 16 boquillas</li> <li>• 1 manguera de repuesto</li> <li>• Refacciones de tornillería</li> <li>• Manuales</li> </ul>	Aeronave	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de operaciones de 30L</li> <li>• 16 pulverizadores con alto caudal de 8 L/min</li> <li>• Transmisión de imágenes hasta de 5 km</li> <li>• Cámaras frontal y trasera</li> <li>• Proyector de alto brillo para trabajo nocturno</li> <li>• Protección IP67 de cobertura total</li> </ul>	GPS y vuelos automáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•• Despegue con una sola tecla, planificación inteligente y barrido automático de bordes</li> <li>• 1 Posicionamiento RTK de alta precisión a nivel centimétrico</li> </ul>
Contenido							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de (30litros)</li> <li>• 1 Control remoto</li> <li>• 1 Batería para el control remoto</li> <li>• 1 Cargador inteligente para control remoto</li> <li>• 1 Correa para el control remoto</li> <li>• 1 Kit de 16 boquillas</li> <li>• 1 manguera de repuesto</li> <li>• Refacciones de tornillería</li> <li>• Manuales</li> </ul>							
Aeronave							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de operaciones de 30L</li> <li>• 16 pulverizadores con alto caudal de 8 L/min</li> <li>• Transmisión de imágenes hasta de 5 km</li> <li>• Cámaras frontal y trasera</li> <li>• Proyector de alto brillo para trabajo nocturno</li> <li>• Protección IP67 de cobertura total</li> </ul>							
GPS y vuelos automáticos							
<ul style="list-style-type: none"> <li>•• Despegue con una sola tecla, planificación inteligente y barrido automático de bordes</li> <li>• 1 Posicionamiento RTK de alta precisión a nivel centimétrico</li> </ul>							

**Elaborado por:** Autor  
**Fuente:** (Omega drone, 2020)

El T30 aumenta la carga máxima a un tanque de hasta 30 litros y la eficiencia de la aplicación en campo alcanza una nueva altura; el revolucionario cuerpo “deformado”, el efecto de fumigación de árboles frutales es sobresaliente; con soluciones agrícolas digitales, orientación científica para adelgazar y aumentar la producción (Omega drone 2020).

### 1.5.8.3. Dron DJI Agras T40

El AGRAS T40 está equipado con el revolucionario diseño de rotor doble coaxial, que le permite transportar una carga de rociado de 40 kg y una carga de esparcido de 50 kg (70 l). La anchura de esparcido de 11 m y su eficiencia de funcionamiento en campo es de 21,33 ha/hora. Posee una batería de 30.000 mAh que se puede cargar completamente en solo 9 minutos (Omega drone 2020).

*Ilustración 2. Especificaciones del dron DJI Agras T40.*

DRONE DJI AGRAS T40	
	<p style="text-align: center;"><b>Aeronave</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capaz de esparcir hasta 50 kg.</li> <li>• Pulverizar cargas de hasta 40 kg.</li> <li>• Ancho de pulverización de hasta 11 metros.</li> <li>• Pulverización más uniforme.</li> <li>• Impermeabilización IPX6K</li> <li>• Batería de 30.000 mAh que se puede cargar completamente en solo 9 minutos.</li> <li>• Diseño de válvula centrífuga.</li> <li>• Capaz de pulverizar hasta 130 hectáreas por hora.</li> <li>• Radar omnidireccional y binoculares para detectar obstáculos a distancias de hasta 50 metros.</li> <li>• Equipado con una cámara de alta definición.</li> <li>• Un gimbal ajustable para la captación de imágenes en tiempo real, la construcción de mapas y la identificación automática de límites de cultivos.</li> <li>• Capaz de construir rutas inteligentes para mejorar la fertilización y fumigación.</li> <li>• La nueva plataforma de agricultura inteligente de DJI.</li> <li>• Permite a los usuarios automatizar inspecciones, análisis de crecimiento de cultivos y monitoreo de plagas.</li> </ul>

**Elaborado por:** Autor  
**Fuente:** (Omega drone, 2020)

El aspersor centrífugo doble atomizado del T40 nebuliza las partículas de manera uniforme, mientras que el tamaño de las gotas es ajustable para diferentes usos, como la prevención de enfermedades y el rociado con insecticidas, para una mayor penetración y eficacia. El T40 tiene un alto caudal, que puede llegar hasta los 90 kg/min para fertilizantes compuestos. También tiene una entrada de depósito más grande que reduce el tiempo de carga del fertilizante en medio minuto cada vez y aumenta la productividad en 0.5 a 1 hora por día (Omega drone 2020).

### **1.5.9. Factibilidad del uso de los drones**

- ❖ Tiempo de fumigación operacional reducida por el efecto de pulverizado.
- ❖ Control de límites de linderos por el uso de comandos dirigidos por su sistema satelital.
- ❖ Costos de producción más bajos con respecto al tiempo establecido en su funcionamiento.
- ❖ Taza de contaminación mínima al ser un vehículo Aéreo no tripulado.

#### **1.5.9.1. Viabilidad del sistema de fumigación foliar de los drones**

Al ser un sistema dirigido por GPS este implementó tecnológico brinda la estabilidad en fumigación pulverizada y controlada ya que su mecanismo está diseñado para regar una cantidad determinada, en un tiempo determinado y abarcando los espacios entre plantas. El producto que se utiliza en la fumigación al ser de mayor concentración y con una velocidad requerida para evitar intoxicación estomática permite que su funcionamiento tenga una viabilidad aceptable y mejorando la calidad de aplicación por vía foliar de los fertilizantes utilizados para obtener un mayor rendimiento en la producción de cacao.

## **1.6. Hipótesis**

**Ho:** El uso de drones como medio de óptimo rendimiento en la fertilización foliar para cultivos de cacao no mejorará significativamente la eficiencia y precisión de la aplicación de nutrientes, lo que resultará en una reducción en el rendimiento y calidad de los cultivos, en comparación con los métodos tradicionales de fertilización foliar en la agricultura del cacao.

**Ha:** El uso de drones como medio de óptimo rendimiento en la fertilización foliar para cultivos de cacao mejorará significativamente la eficiencia y precisión de la aplicación de nutrientes, lo que resultará en un aumento en el rendimiento y calidad de los cultivos, en comparación con los métodos tradicionales de fertilización foliar en la agricultura del cacao.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para efectuar la investigación, se emplea el método deductivo, basado en una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el uso de drones en la fertilización foliar y su aplicabilidad específica en los cultivos de cacao. Implica examinar estudios previos, investigaciones científicas y experiencias prácticas relacionadas con el tema. Se recopila información relevante sobre las técnicas de fertilización foliar, los beneficios de esta práctica, así como las ventajas y limitaciones específicas del uso de drones en el contexto de los cultivos de cacao. Además del análisis de información obtenida se presentan conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados alcanzados.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

Una problemática significativa asociada con la falta de uso de drones para la fertilización foliar en cultivos de cacao es la ineficiencia y la inexactitud de los métodos tradicionales utilizados para aplicar fertilizantes en estas plantaciones.

La fertilización foliar es una práctica común en la agricultura, que implica la aplicación de nutrientes directamente a las hojas de las plantas. En el caso de los cultivos de cacao, la fertilización foliar es particularmente importante debido a la necesidad de suministrar nutrientes específicos en momentos clave del ciclo de crecimiento de las plantas.

Sin embargo, la aplicación manual de fertilizantes foliares en cultivos de cacao presenta varios desafíos. En primer lugar, el cacao es un cultivo que se desarrolla en áreas extensas, a menudo en terrenos difíciles de acceder. Esto hace que sea un proceso laborioso y lento para los agricultores aplicar los fertilizantes de manera uniforme y en la cantidad adecuada en cada planta. Además, la falta de precisión en la dosificación manual puede resultar en una distribución desigual de nutrientes, lo que puede afectar negativamente el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

#### **2.2. Situaciones detectadas**

En la actualidad, se pueden encontrar en el mercado una variedad de drones con diferentes niveles de autonomía de vuelo y capacidad de pulverización por hora. La tecnología ofrece una amplia gama de modelos de aeronaves adaptados para satisfacer diversas necesidades, incluso en entornos como áreas forestales y cultivos frutales.

Los drones han adquirido una importancia inigualable en el ámbito agrícola, siendo una herramienta invaluable para aquellos que buscan optimizar sus negocios con un uso más eficiente de los recursos. Su capacidad para realizar evaluaciones aéreas de la salud de los cultivos y supervisar las plantaciones a distancia resulta sumamente valiosa. Además, los agricultores encuentran en los drones de fertilización una solución más rápida a una necesidad: la aplicación de fertilizantes y pesticidas en una fracción del tiempo que les tomaría hacerlo manualmente.

### **2.3. Soluciones planteadas**

Los métodos tradicionales de fertilización foliar, como la aplicación manual o el uso de mochilas fumigadoras, pueden ser costosos y requerir una gran cantidad de mano de obra. El dron DJI Agras T40, al ser capaz de cubrir grandes extensiones de cultivos de manera rápida y eficiente, pueden reducir significativamente los costos operativos y el tiempo requerido para la fertilización. Además, al aplicar los nutrientes de manera precisa y controlada, asegura una distribución uniforme del polen sobre las flores, lo que favorece una mayor tasa de fertilización y, en consecuencia, un mayor rendimiento en los cultivos de cacao. También se evita el desperdicio de fertilizantes, lo que a su vez contribuye a la conservación de los recursos y al cuidado del medio ambiente.

El dron DJI Agras T40 está equipado con cámaras y sensores que permiten obtener imágenes aéreas de alta resolución y recopilar datos sobre el estado de los cultivos de cacao. Estos datos, combinados con técnicas de procesamiento y análisis de imágenes, pueden proporcionar información detallada sobre la salud de las plantas, la distribución de nutrientes y posibles problemas como enfermedades o plagas. Esto permite a los agricultores tomar decisiones más informadas y adaptar las prácticas de fertilización de manera precisa, lo que puede mejorar la productividad y la calidad de los cultivos de cacao.

## 2.4. Conclusiones

Además de su eficiencia, el uso de drones en la fertilización foliar ofrece beneficios adicionales, como la reducción del impacto ambiental. Al utilizar drones, se minimiza la necesidad de equipos pesados y maquinaria que puedan dañar el suelo y los cultivos. Asimismo, se reduce la exposición de los trabajadores agrícolas a productos químicos utilizados en los métodos tradicionales de fertilización.

El uso de drones en la agricultura es una aplicación de tecnología emergente que ofrece un amplio potencial de innovación. La investigación sobre el uso de drones en la fertilización foliar para cultivos de cacao contribuye al avance de la agricultura de precisión y al desarrollo de soluciones tecnológicas más eficientes y sostenibles. Además, el estudio de esta tecnología en el contexto específico de los cultivos de cacao puede brindar información valiosa para mejorar la producción en esta industria particular, que desempeña un papel importante en la economía y el comercio internacional.

La tecnología ofrece un desarrollo sostenible en las aplicaciones de productos que facilitan el desarrollo agronómico de los cultivos, dando por entendido que el Dron DJI Agras T40 cumple con la fumigación requerida al momento de distribuir el producto de forma uniforme ya que al ser la fumigación con un sistema de pulverizado recorre con facilidad las moléculas de los productos a emplearse y su absorción favorable para la plantación.

Los drones empleados para la fertilización foliar tienen un grado factible al momento de dirigir el producto, ya que cuenta con un sistema de vuelo dirigido por coordenadas satelitales distribuido a lo largo del mapeo que se realiza antes de la fumigación, con una viabilidad exclusiva en conformidad al tiempo, calidad de fumigación, reducción de costos de producción, problemas de contaminación de los fumigadores y límites de linderos establecidos en el sistema que utiliza el dron.

## **2.5. Recomendaciones**

Antes de implementar los drones en la fertilización foliar de cultivos de cacao, es importante realizar una evaluación detallada de las necesidades específicas de los cultivos. Considera factores como la variedad de cacao, la etapa de crecimiento, el tipo de suelo y las condiciones climáticas locales. Esto te permitirá diseñar un plan de fertilización adaptado a cada situación particular.

Preferir el dron DJI Agras T40, posee un equipamiento más adecuado para la aplicación de fertilizantes foliares en cultivos de cacao, considerando la autonomía de vuelo, la capacidad de carga, el sistema de pulverización y la precisión de navegación.

Realizar un análisis económico para evaluar el costo-beneficio de utilizar drones en la fertilización foliar de cultivos de cacao. También es relevante evaluar el impacto ambiental de esta tecnología en términos de reducción de uso de recursos y potencialmente de químicos.

Es fundamental brindar capacitación adecuada a los operadores de los drones y al personal involucrado en la fertilización foliar. Esto garantizará un uso correcto de la tecnología y maximizará su eficiencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akane, B., 2019. Fertilización del cacao y requerimientos nutricionales. *Wikifarmer*.
- Arrés, A., 2023. *Herograespeciales*. [En línea]  
Available at: <https://herograespeciales.com/fertilizacion-con-drones/#:~:text=Beneficios%20del%20uso%20de%20drones%20en%20la%20fertilizaci%C3%B3n&text=El%20alto%20grado%20de%20pulverizaci%C3%B3n,hasta%20un%2090%25%20de%20agua>.
- Bermúdez, J., 2021. Fertilización del cacao basado en las 4rs. *Progresá Caribe*.
- Bravo Palma, E. H., Cedeño García, G., Cedeño García, G. A. & Castro Olaya, J. R., 2022. Fertilización foliar complementaria mejora el rendimiento, sanidad y rentabilidad del cacao en agroecosistemas de secano. *Ciencia y agricultura*, p. 28.
- Chávez Betancourt, R. X., Carbo Avellán, S. C., Lombeida García, E. & Cobos Mora, F. J., 2019. Estudio socio-económico del cultivo de cacao (theobroma cacao l.) En la parroquia febres cordero, cantón babahoyo los ríos-ecuador. *Eumed.net*.
- González, M., 2020. *Agroptima*. [En línea]  
Available at: <https://www..com/es/blog/drones-para-fumigacion-agricola-son-viables/>
- Herrera, G., 2021. *Semillas Valle S.A.*. [En línea]  
Available at: <https://semillasvalle.com/site/blog/la-importancia-de-la-fertilizacion-foliar-para-lograr-excelentes-cultivos/#>
- International Fertilizer Industry Association, (., 2012. *WORLD FERTILIZER USE MANUAL*. Paris, France: s.n.
- Leiva Rojas, E. I., 2019. Aspectos para la nutrición del cacao (*Theobroma cacao l*). *Universidad Nacional de Colombia*.
- Avilés Salazar, Neyser José. *Análisis del comercio internacional del cacao (Theobroma cacao) ecuatoriano de los años 2000 al 2020. BS thesis. BABAHOYO: UTB, 2022, 2022.*
- Murillo Castillo, R. G., Piedra Marín, G. & G. Leon, R., 2011. Absorción de nutrientes a través de la hoja. *Uniciencia*.
- Omega drone, 2020. *Omega drone*. [En línea]  
Available at: [https://omegadrone.com.mx/producto/dji-t10\\_2/](https://omegadrone.com.mx/producto/dji-t10_2/)
- Paspuel Huera, M. E., 2018. Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en pangua. *Universidad Central del Ecuador*.

Pino, E., 2019. *Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología*, Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Portal Frutícola, 2017. *Agritotal.com*. [En línea]  
Available at: <https://www.agritotal.com/nota/32047-aplicacion-de-productos-quimicos-con-drones-en-la-agricultura/>

Reetz, J., 2016. *Fertilizers and their efficient use*. Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA) .

Romero, S., 2023. Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao en Ecuador. *Del Monte AG*.

Santos, A. T. & Manjarrez, D. A., 2019. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, p. 252.

Segura, A., 2012. *Principios y aplicaciones de fertilización foliar. Fertilización foliar principios y aplicaciones.*, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas.

La Hora, 2019. [En línea] <https://www.lahora.com.ec/noticias/proyecto-de-siembra-de-cacao-en-sectores-rurales/#:~:text=El%20director%20de%20Desarrollo%20Productivo%20del%20Gobierno%20de,en%20una%20extensi%C3%B3n%20de%20808%20hect%C3%A1reas%20de%20cultivo.>

Sela, G., 2022. *Cropaia*. [En línea]  
Available at: <https://cropaia.com/es/blog/el-uso-de-drones-en-la-agricultura/>

Tarchitzky, U. & Kafkafi, J., 2012. *Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua.*, Horgen: Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) e Instituto Internacional de la Potasa (IIP).

Torri, S. I., 2015. *Fertirriego*, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Valenzuela Arango, J. F., 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nutrición y fertilización. *Compañía Nacional de Chocolate*, p. 7.