



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
“MANUEL FÉLIX LÓPEZ”**

DIRECCIÓN DE CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:
EFECTO DE FITORREGULADORES Y MOVILIZADORES DE
AZÚCARES SOBRE LA MADURACIÓN HOMOGÉNEA DE FRUTOS
DE CAFÉ (*Coffea arabica* L)**

**AUTORES:
NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA
RICARDO STIVEEN VERA VERA**

**TUTOR:
ING. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI. Mg.Sc.**

CALCETA, NOVIEMBRE DE 2021

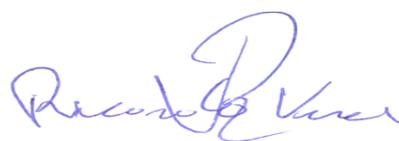
DERECHOS DE AUTORÍA

NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA y **RICARDO STIVEEN VERA VERA**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA



RICARDO STIVEEN VERA VERA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI. Mg.Sc., certifica haber tutelado el proyecto **EFFECTO DE FITORREGULADORES Y MOVILIZADORES DE AZÚCARES SOBRE LA MADURACIÓN HOMOGÉNEA DE FRUTOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L)**, que ha sido desarrollado por **NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA Y RICARDO STIVEEN VERA VERA**, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI. Mg.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFFECTO DE FITORREGULADORES Y MOVILIZADORES DE AZÚCARES SOBRE LA MADURACIÓN HOMOGÉNEA DE FRUTOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L)**, que ha sido propuesto, desarrollado por **NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA Y RICARDO STIVEEN VERA VERA**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. LUIS PÁRRAGA MUÑOZ

MIEMBRO

ING. FREDDY MESÍAS GALLO

MIEMBRO

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A Dios por darnos vida, salud y prosperidad para desarrollar todas las actividades relacionadas al desarrollo personal y académico.

A nuestros padres y familiares por permitirnos gozar del derecho a la educación; básica, superior y de tercer nivel.

A nuestros docentes que con sus conocimientos formaron parte del proceso de desarrollo como profesionales.

NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA

RICARDO STIVEEN VERA VERA

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a Dios que nos dio la voluntad y fortaleza para culminar la etapa de desarrollo profesional como Ingenieros Agrícola.

Yo Nilda Maholy Alvarado Ibarra dedico este trabajo a mis padres Pedro y Nilda, a mis abuelos Elio y Melida, a mis hermanos, a mi novio y compañero de tesis que sin ellos nada de esto sería posible, siempre apoyándome moralmente en todos estos años.

Yo Ricardo Stiveen Vera Vera dedico este trabajo a mis padres Ricardo y Carmen por brindarme su apoyo en el desarrollo de mi etapa de formación estudiantil.

NILDA MAHOLY ALVARADO IBARRA

RICARDO STIVEEN VERA VERA

TABLA DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
CONTENIDO DE CUADROS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 HIPÓTESIS	3
2 CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ ARÁBIGO	4
2.2 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CAFÉ EN EL ECUADOR	4
2.3 SITUACIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR	5
2.4 ECOFISIOLOGÍA DEL CAFÉ ARÁBIGO	6
2.4.1 Temperatura	6

2.4.2	Sombra	6
2.4.3	Precipitación	6
2.4.4	Humedad relativa.....	7
2.4.5	Suelo	7
2.5	FENOLOGÍA DEL CAFÉ ARÁBIGO.....	7
2.6	FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL FRUTO	9
2.6.1	Plagas.....	9
2.6.2	Enfermedades	9
2.6.3	Déficit hídrico	9
2.7	COSECHA DEL FRUTO	9
2.7.1	Composición del fruto	10
2.7.2	Madurez fisiológica del fruto	10
2.8	ACELERANTES DE LA MADURACIÓN EN CAFÉ.....	11
2.8.1	Fitorreguladores de crecimiento	11
2.8.2	Movilizadores de azúcares	12
3	CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	14
3.1	CAMPO EXPERIMENTAL	14
3.2	DURACIÓN DEL PROYECTO	14
3.3	FACTORES EN ESTUDIO.....	14
3.4	TRATAMIENTOS.....	14
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
3.6	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	17
3.7	VARIABLES RESPUESTA.....	17
3.8	MANEJO ESPECÍFICO DEL ENSAYO.....	17
4	CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19

4.1	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS.	19
4.2	SAN PLÁCIDO	23
4.2.1	Análisis de varianza en San Plácido.....	23
4.2.2	Análisis regular (método taguchi) en San Plácido	25
4.3	GUABAL.....	28
4.3.1	Análisis de varianza en Guabal	28
4.3.2	Análisis regular (método taguchi) en Guabal.....	31
5	CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
	Conclusiones.....	35
	Recomendaciones.....	35
6	BIBLIOGRAFÍA	36
	ANEXOS	39

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Factores y niveles en estudio según Diseño ortogonal L9(3) ⁴	14
Cuadro 2. Diseño de los tratamientos, combinando los factores y niveles, según los principios matemáticos de la ortogonalidad.	15
Cuadro 2. 1 Tratamientos codificados con sus respectivas combinaciones de factores y niveles más un tratamiento control. 15	
Cuadro 3. Relación porcentual entre las recolecciones de frutos y el número de cosechas por tratamiento, en San Plácido.	19
Cuadro 4. Análisis de la Varianza variable peso de 100 frutos (g), San Plácido. 23	
Cuadro 4. 1. Análisis de la Varianza del peso de frutos por planta (g/planta), en San Plácido	24
Cuadro 4. 2. Análisis de la Varianza del porcentaje de frutos vanos en San Plácido	25
Cuadro 4. 3. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de 100 frutos (g), en San Plácido.....	25
Cuadro 4. 4. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de frutos por planta (g/planta), en San Plácido.....	26
Cuadro 4. 5. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable porcentaje de frutos vanos (%), en San Plácido.....	27
Cuadro 5. Análisis de la Varianza, variable peso de 100 frutos (g), en Guabal	29
Cuadro 5. 1. Análisis de la Varianza, variable peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal 29	
Cuadro 5. 2. Análisis de la Varianza, variable porcentaje de frutos vanos, en Guabal.	30
Cuadro 5. 3. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de 100 frutos (g), en Guabal.	31
Cuadro 5. 4. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal.	33
Cuadro 5. 5. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable porcentaje de frutos vanos (%), en Guabal.	34

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Curva de desarrollo del fruto de café después de la floración (Arcila et al., 2008).....	8
Figura 2. Comparación de medianas para peso de 100 frutos entre tratamientos con fitoreguladores y el testigo en el sitio Guabal.	20
Figura 3. Comparación de medianas para peso de 100 frutos entre tratamientos con fitoreguladores y el testigo en el sitio San Plácido.....	21
Figura 4. Comparación de medianas para frutos vanos (%) entre tratamientos con fitoreguladores y el testigo en el sitio Guab.....	21
Figura 5. Comparación de medianas para frutos vanos (%) entre tratamientos con fitoreguladores y el testigo en el sitio San Plácido.	22
Figura 6. Efecto de los factores y niveles en estudio vs Testigo en el porcentaje de frutos vanos (%) en el sitio Guabal.	22
Figura 7. Efecto de los factores y niveles en estudio vs Testigo en el porcentaje de frutos vanos (%) en el sitio San Plácido.....	23
Figura 8. Relación entre factores/niveles en estudio y el peso de 100 frutos, en San Plácido.....	26
Figura 9. Relación entre factores/niveles en estudio y peso de frutos por planta (g/planta), en San Plácido.....	27
Figura 10. Relación entre factores/niveles en estudio y el porcentaje de frutos vanos, en San Plácido.....	28
Figura 11. Peso de frutos por planta (g) en función de los tratamientos combinados de factores y niveles, localidad de Guabal.	30
Figura 12. Peso de 100 frutos (g) en función de los tratamientos combinados de factores y niveles, localidad de Guabal.	31
Figura 13. Relación entre factores/niveles en estudio y el peso de 100 frutos (g), en Guabal.....	32
Figura 14. Relación entre factores/niveles en estudio y peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal.	33
Figura 15. Relación entre factores/niveles en estudio y el porcentaje frutos vanos (%), en Guabal	34

RESUMEN

La cosecha constituye el rubro más alto en los costos de producción del café, lo cual motivó un estudio en diseño ortogonal $L_9 (3)^4$, según los métodos Taguchi, con el objetivo de probar fitorreguladores y movilizadores de azúcares sobre la maduración de los frutos de café arábigo. Este ensayo se ejecutó en los sitios Guabal y San Plácido. Los fitorreguladores probados fueron: Ethefon, Cloruro de Mepiquat y su mezcla; los movilizadores de azúcares Sugar mover, Yield max y su mezcla, además del momento de aplicación basado en la proporción de frutos verdes (100, 90, 85%) y los puntos de aplicación: follaje, frutos o ambos. Los resultados permitieron determinar que, en El Guabal, en el testigo, el peso de 100 frutos varió de 100 a 131 g y con la aplicación de fitorreguladores, varió de 92 a 153 g. La producción $g/planta^{-1}$, cuando se aplicó fitorreguladores fue 444 g y del testigo 669 $g. planta^{-1}$. En San Plácido se evidenció un comportamiento similar en el peso de 100 frutos variando de 117 a 200 g, en el testigo, mientras que aplicando los tratamientos varió entre 102 y 220 g. La aplicación de Ethefon y de Yield max, cuando los frutos aún están 100% verdes, aplicado al follaje del cafeto tuvo un efecto significativo en la producción $planta^{-1}$ y en el peso de 100 frutos maduros.

PALABRAS CLAVES: Fitorreguladores, cosecha uniforme, fenología.

ABSTRACT

The harvest constitutes the highest item in coffee production costs, which motivated a study in orthogonal design $L_9 (3)^4$, according to the Taguchi methods, with the objective of testing phytohormones and sugar mobilizers on the ripening of the arabic coffee fruits. This trial was carried out at the Guabal and San Plácido sites. The phytohormones tested were: Ethefon, Mepiquat Chloride and their mixture; the sugar mobilizers Sugar mover, Yield max and their mixture, as well as the time of application based on the proportion of green fruits (100, 90, 85%) and the points of application: foliage, fruits or both. The results allowed to determine that, in El Guabal, in the control, the weight of 100 fruits varied from 100 to 131 g and with the application of phytohormones, it varied from 92 to 153 g. The production $g / plant^{-1}$, when phytohormones were applied was 444 g and 669 g of the control. $floor^{-1}$. In San Plácido a similar behavior was evidenced in the weight of 100 fruits varying from 117 to 200 g, in the control, while applying the treatments it varied between 102 and 220 g. The application of Ethefon and Yield max, when the fruits are still 100% green, applied to the coffee tree foliage had a significant effect on $plant^{-1}$ production and on the weight of 100 ripe fruits.

KEY WORDS: Phytohormones, uniform harvest, phenology.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de café, en el Ecuador, tiene relevante importancia en los órdenes económico, social y ambiental. El país se caracteriza por producir las dos especies de mayor importancia económica: como son arábigo y robusta. En el Ecuador se produce café en 23 de las 24 provincias existentes en el país, lo que denota la importancia económica de este cultivo (Velásquez, 2017).

La producción nacional se estima en 500.000 sacos de 60 kg, volumen que no satisface la demanda de la industria de café soluble estimada en 1.200.000 sacos, ni de los exportadores de grano estimada en 800.000 sacos. A esta demanda se añade un consumo interno de 200.000 sacos, por tanto, el déficit se aproxima a 1.700.000 sacos de 60 kg (Duicela, 2016).

El rendimiento ponderado nacional de café arábigo grano oro fue de 0.44 t/ha, la provincia que reportó el mayor rendimiento fue Zamora Chinchipe con 0.82 t/ha las principales variables que contribuyeron para alcanzar este nivel de productividad fueron: 1) la densidad promedio nacional de 3,215 pl/ha; 2) una edad promedio de los cultivares 6 años; y, 3) tener plantas de café con ejes productivos, 25 ramas productivas y 26 frutos por rama en promedio (MAG, 2018).

La maduración de los granos de café no es uniforme, existe maduración de los granos en tiempos diferentes esto hace que en el momento de la cosecha se la realice por pepiteo, haciendo que el recolector de granos reduzca su potencial de rendimiento y en ocasiones este no coseche los granos adecuados.

La cosecha de los frutos inmaduros reduce la cantidad en peso de la producción potencial esperada y causa un detrimento en la calidad de la taza, por lo que debe evitarse esta práctica. Cuando se cosecha el 100% de frutos inmaduros, el peso de la producción potencial se reduce en un 33 por ciento (Duicela, 2017).

Actualmente existe la necesidad de buscar posibles soluciones que contribuyan a homogenizar la maduración de los frutos de café, para así facilitar la cosecha del grano, reducir las pérdidas en productividad, y reducir el costo de la mano de

obra por las múltiples cosechas que se realizan en un lote de café. Entre los diferentes enfoques que puede responder a este desafío se encuentra el uso de la tecnología de fitorreguladores y movilizadores de azúcares sobre la maduración homogénea de frutos de café por ello se plantea la siguiente interrogante.

¿El uso de fitorreguladores y movilizadores de azúcares puede contribuir a homogenizar la maduración de frutos del café arábigo?

1.2 JUSTIFICACIÓN

En Ecuador se registran problemas en la cosecha del café debido a que la maduración de los frutos no es uniforme, lo cual afecta negativamente la calidad de las cosechas y la rentabilidad económica de los productores cafetaleros, que se ven forzados a gastar mayor cantidad de mano de obra con el mayor número de pases de cosechas. La maduración homogénea de los frutos del café es un tema que actualmente viene siendo motivo de importantes investigaciones, por lo que algunos programas de mejora genética están tratando de desarrollar variedades con maduración uniforme de frutos. En el campo de la fisiología vegetal, se viene evaluando el efecto de algunos fitorreguladores relacionados con la maduración, con el fin de concentrar la cosecha en periodos más cortos. Sin embargo, los resultados alcanzados hasta el momento no han sido los esperados por lo que se tiene que profundizar en el estudio de otros fitorreguladores. En este sentido, existen experiencias en otros cultivos donde el uso combinado de algunas moléculas ha resultado alentadores para concentrar las cosechas en periodos más cortos y menos costosos.

Algunas de las moléculas con resultados positivos en otros cultivos, aún no han sido probadas en café, más aún en Ecuador donde no se han desarrollado trabajos relacionados a maduración homogénea de frutos con el uso de moléculas fitorreguladoras y movilizadoras de azúcares. En este contexto, se busca desarrollar una alternativa tecnológica, que permita reducir los ciclos de cosecha, los costos de producción e incrementar los ingresos económicos de los productores cafetaleros. Por lo anteriormente descrito, la investigación propuesta se justifica plenamente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Probar el efecto de fitorreguladores y movilizadores de azúcares sobre la maduración homogénea de frutos de café arábigo

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de combinaciones de fitorreguladores y movilizadores de azúcares sobre la maduración homogénea de frutos de café arábigo
- Definir el momento y lugar óptimo de aplicación de fitorreguladores y movilizadores de azúcares para homogenizar la maduración de frutos de café arábigo
- Establecer la combinación óptima de fitorreguladores y movilizadores de azúcares para homogenizar la maduración de frutos de café arábigo

1.4 HIPÓTESIS

- Al menos una de las combinaciones de fitorreguladores y movilizadores de azúcares probados contribuirá significativamente a homogeneizar la maduración de granos de café arábigo.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ ARÁBIGO

Según Charrier y Berthand (1985), el centro más probable de origen del café arábigo se encuentra en las montañas sur occidentales de Etiopía, el altiplano del Sudán y el Norte de Kenia, en el África nororiental, donde es un componente natural del sotobosque, entre 1.300 a 2.000 metros de altitud.

Amores et al. (2004), manifiesta que el centro primario de distribución de esta especie fue Yemen, a donde fue introducida desde Etiopía cerca del año 575 D.C. Los árabes y persas llevaron el café a Arabia entre 575 y 890 D.C. Por esos mismos años nativos africanos llevaron el café a Mozambique y Madagascar. En 1960 los holandeses llevaron semillas a Java y desde esta isla se trasladó una planta al jardín botánico de Ámsterdam, en 1706. En 1713 se tomaron semillas para el jardín botánico de París. Los historiadores del café manejan la hipótesis de que esta única progenie fue el punto de partida para la mayor parte de las plantaciones cafetaleras de América Latina.

El MAGAP (1988), indica que posteriormente el café arábigo se introdujo en América en 1714 procedente de Holanda y con destino a la Guayana holandesa. En 1720 se realizó la introducción desde Francia a la isla Martinica y desde aquí se distribuyó a México, Brasil, Colombia, Venezuela y Centroamérica en los siguientes 60 años. Al Ecuador se introdujo en 1830, empezándose a cultivar en los recintos Las Maravillas y El Mamey, del cantón Jipijapa, provincia de Manabí.

2.2 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

El café tiene relevante importancia en los órdenes: económico, social, ambiental y salud humana. En lo económico, es una fuente de divisas para el país e ingresos para productores y otros actores de la cadena que en el 2015 representó ingresos por USD 145.354.370,31, según estadísticas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador. En lo social, la caficultura involucra a casi todas las etnias como kichwas, Shuaras y Tsáchilas, que se arraigan en un amplio tejido social (PROECUADOR, 2013). En lo ambiental, el café se cultiva básicamente en sistemas agroforestales y

contribuye a la conservación de los recursos naturales y biodiversidad. En lo relacionado a la salud, Gotteland y De Pablo (2007) y Capel et al., (2010) indican que el consumo de café muestra correlación inversa con el riesgo de diabetes tipo 2, daño hepático y enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson.

El café, en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199. 215 ha cultivadas, el 68% de esta área corresponde a la especie *Coffea arábica* y el 32% a *Coffea canephora* (PROECUADOR, 2013). El cultivo de café está distribuido en 23 de las 24 provincias del país, por lo tanto está relacionado con un amplio tejido social. *C. arábica* recibe el nombre de café arábigo y es considerado el de mejor calidad, su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes (Aspiazu y Navarro, 2009).

2.3 SITUACIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

En diciembre del 2014, según Duicela (2016), la situación de la caficultura, se resumía en los siguientes datos: superficie cosechada 140.000 ha; área de cafetales viejos 100.000 ha; productividad del café arábigo 231,8 kg/ha; productividad del café robusta 250 kg/ha; 105 000 unidades de producción cafetaleras; producción nacional de 500 000 sacos de 60 kilos; consumo interno 200 000 sacos; requerimiento de la industria 1´200 000 sacos de 60 kilos; capacidad instalada para exportación de café en grano 500 000 sacos de 60 kilos. Esto equivale a una demanda de 1´900 000 sacos de 60 kilos, por tanto, el déficit de producto sería de 1´400.000 sacos de 60 kilos. Se estima que persiste esta situación de crisis de producción.

De acuerdo a Pinargote (2017), de la Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANECAFE), el sector decreció entre 2013 al 2015, es decir, tuvo un decrecimiento equivalente a 127 millones de dólares FOB. Ponce et al. (2018) indican que en el 2016, Ecuador exportó en todas sus presentaciones 922.005 sacos de 60 kilos que significó \$ 146.047.532 FOB en divisas. Además señala las exportaciones de café en grano, constituyen un parámetro para medir la producción nacional, donde se evidencia una reducción significativa, ya que en el 2012 se exportaron 473.491 sacos de 60 kilos de *Coffea arábica* L. y *Coffea canephora*, mientras que en el 2016 se exportaron apenas 84.370 sacos de 60

kg de café en grano, de ambas especies, lo que representa una reducción de 389.121 sacos de 60 kilos.

2.4 ECOFISIOLOGÍA DEL CAFÉ ARÁBIGO

Enríquez (1993), detalla que no hay duda que en todo cultivo el ambiente es el factor más importante que interactúa con la contribución genética, para su desarrollo. Para un buen manejo práctico del cultivo, una de las condiciones más importantes es un claro entendimiento de los aspectos fisiológicos, al mismo tiempo que un buen conocimiento de los factores que afectan todas las funciones fisiológicas del cafeto.

2.4.1 Temperatura

Jaramillo y Guzmán (1984) definen que la temperatura óptima para el crecimiento del café está alrededor de los 21°C, con límite inferior de 10°C y superior de 32°C; por fuera de estos el crecimiento de la planta es nulo. Según Wintgens (2004) la temperatura media óptima para café arábigo es de 18°C durante la noche y 22°C durante el día. El cafeto tolera extremos de temperatura de 15°C durante la noche y 25 a 30°C durante el día.

2.4.2 Sombra

Para lograr una máxima actividad fotosintética en los cafetales, la luz que llegue a la hoja, deberá ser en una proporción más bien menor que un tercio de a la insolación total del medio día (Enríquez, 1993). La proporción de asimilación neta del cafeto es mayor bajo condiciones de luminosidad moderada que a pleno sol. La asimilación diaria total es mayor en la sombra que en el sol. El grado de luminosidad tiene también su aplicación sobre el área foliar y ésta a su vez influye en los rendimientos. Este factor es muy dependiente de las variedades. En general, las variedades mejoradas tienen mejor respuesta a la luz que Typica.

2.4.3 Precipitación

La cantidad de lluvia necesaria para un buen cultivo es un asunto algo controversial, pues los límites de máximo a mínimo varían mucho dependiendo de varios factores como temperatura, estructura del suelo, pendiente, drenaje o tipo de asociación, que hace muy variables estas cifras. De un estudio de varios artículos científicos al respecto, se puede concluir que los límites bajos para un

buen desarrollo del cafeto, fluctúan de 760 a 1780 mm bien distribuidos, mientras los límites altos varían de 990 a 3.000 milímetros (Enríquez, 1993).

2.4.4 Humedad relativa

Aparentemente la humedad relativa ideal es variable para cada especie o variedad de café. Se dice que para "arábica" varía del 70 al 95%, mientras que para los "robustas" de 80 a 90 por ciento. En general, se prefiere una Humedad Relativa baja para un mejor cultivo del cafeto, pues se conoce que la Humedad Relativa tiene una fuerte influencia sobre el desarrollo de enfermedades fúngicas y la proliferación de plagas. Si la Humedad Relativa es alta permanentemente, entonces, los problemas sanitarios pueden ser los limitantes más fuertes para un alto rendimiento, como sucede en el país en las estribaciones de las cordilleras tanto oriental como occidental (Enríquez, 1993).

2.4.5 Suelo

Duicela y Corral (2004) Mencionan que los suelos aptos para la producción de cultivo de café deben ser los profundos, de buen drenaje, estructura granular y textura franca. La profundidad del suelo se relaciona con el espesor de sus horizontes y permite establecer el potencial de fertilidad. Cuando más profunda sea la capa superficial (horizonte A), los cafetos tendrán mayor posibilidad de desarrollo de sus raíces y más capacidad de absorber los nutrientes del suelo.

2.5 FENOLOGÍA DEL CAFÉ ARÁBIGO

El conocimiento de la fenología de los cultivos es importante para la planeación de las épocas oportunas para la realización de ciertas prácticas culturales como la aplicación de fertilizantes y, el control de plagas, enfermedades y arvenses, entre otras (Arcila et al., 2008).

Se usa la "escala BBCH ampliada" (Arcila et al., 2001) para identificar los estados principales del crecimiento y desarrollo del café y sus correspondientes estados secundarios, mediante un código decimal compuesto y escala ordinal.

La fenología, según Ramírez (2014) se refiere al desarrollo, diferenciación e inicio de formación de los órganos de las plantas, también conocido como el estudio de fenómenos biológicos periódicos. El conocimiento de la fenología de cualquier cultivo sirve para desarrollar modelos de crecimiento y desarrollo de

los cultivos, además de ser útil para apoyar la toma de decisiones a nivel de sistema de producción.

En café, la floración se relaciona con el número de pases de cosecha al igual que la distribución porcentual de la misma a lo largo del año; de igual manera, permite estimar las curvas de desarrollo del fruto y con éstas identificar las épocas críticas para el ataque de la broca, identificar las épocas de mayor demanda de agua y de nutrientes del cafetal.

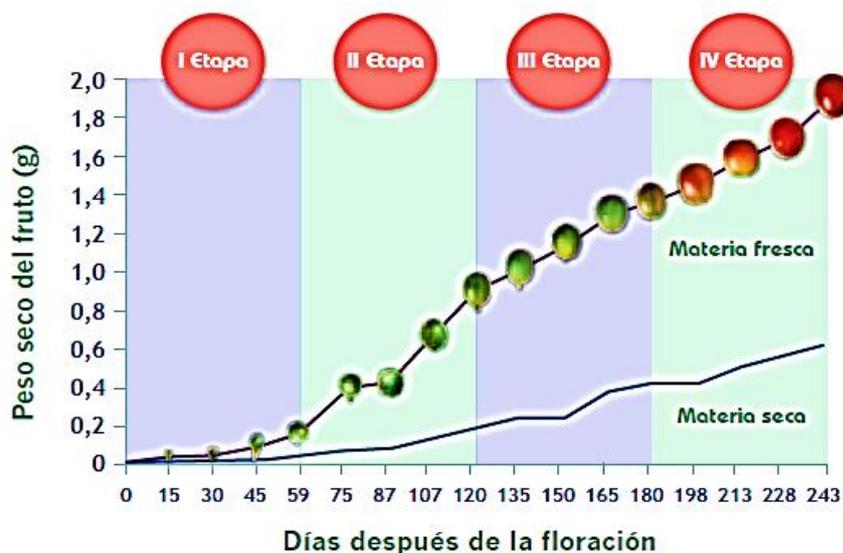
De acuerdo con Arcila (1987), el crecimiento del fruto de café tiene una curva de crecimiento sigmoideal, dividida en cuatro etapas a saber:

Etapa I. Esta etapa cubre desde la floración hasta 50 días aproximadamente, es una etapa de crecimiento lento.

Etapa II. Transcurre entre los 50 y 120 días en promedio, el fruto crece de manera acelerada y adquiere su tamaño final, y la semilla tiene consistencia gelatinosa.

Etapa III. Transcurre entre los 120 y 180 días, la semilla o almendra completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.

Etapa IV. Transcurre entre los 180 y los 224 días, el fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar.



Fuente: Arcila et al, 2008.

Figura 1. Curva de desarrollo del fruto de café después de la floración.

2.6 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL FRUTO

Diversos factores pueden influir sobre el desarrollo normal de la cosecha, desde la floración hasta la maduración de los frutos de café, y causar distintos niveles de pérdida de la producción esperada del cultivo, son las plagas, las enfermedades fungosas y el déficit hídrico.

2.6.1 Plagas

El cafeto hospeda un gran número de especies de insectos, algunos de los cuales constituyen plagas importantes que frecuentemente causan perjuicios, mientras que otras no llegan a causar ningún daño, las principales son: Broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*), el taladrador de la ramilla del café (*Xylosandrus ITlorigerus*) (Páliz y Mendoza, 1993).

2.6.2 Enfermedades

Afecta hojas, ramas y frutos de todas las variedades de café cultivadas. Los frutos son más susceptibles después del cuarto mes de desarrollo, las lesiones producen necrosamiento y como consecuencia, la pulpa se adhiere al pergamino produciendo lo que comúnmente se conoce como café guayaba (Arcila et al., 2008).

2.6.3 Déficit hídrico

El crecimiento reproductivo caracterizado por la formación de flores y frutos es afectado por la disponibilidad hídrica. Las deficiencias hídricas tienden a favorecer la floración, pero pueden perjudicar el crecimiento vegetativo de la planta y el desarrollo normal del fruto, afectándolo de diferentes formas de acuerdo a la etapa de desarrollo en la cual se encuentre (Arcila et al., 2008).

2.7 COSECHA DEL FRUTO

La cosecha de los frutos de café se hace habitualmente con el criterio empírico del color de la cereza, la cual al madurar muestra una mezcla de tonalidades verdes, amarillas y rojas, según el cultivar o variedad, y como resultado se obtiene un producto cosechado que incluye frutos verdes, pintones, maduros, sobremaduros y secos (Roa et al., 1999). Cada uno de estos tipos de frutos posee unas características físicas y químicas específicas, que determinan la cantidad y calidad del producto obtenido durante los procesos de beneficio, trilla, almacenamiento y preparación de la bebida.

2.7.1 Composición del fruto

La pulpa de la cereza madura está formada por el exocarpio (epidermis), que es la capa externa del fruto y representa el 43,2% del fruto en base húmeda. El color de la epidermis varía desde verde o amarillo hasta rojo o rojo intenso y algunas veces hasta violeta o negro. El color depende de la variedad de café y del grado de madurez del fruto. Recubierto por la epidermis se encuentra el mesocarpio, el cual está constituido por una capa gruesa de tejido esponjoso de 5 mm de espesor, rico en azúcares y mucílagos, que recubre los dos granos, los cuales se encuentran unidos por sus caras planas. El mucílago representa el 11,8% del fruto en base húmeda (Arcila et al., 2008).

2.7.2 Madurez fisiológica del fruto

El estado de madurez fisiológica del fruto de café puede definirse como las “alteraciones morfológicas y fisiológicas que ocurren a partir de la fecundación, seguidas por un momento en el cual las semillas están en condiciones de ser cosechadas”. El tiempo de madurez fisiológica del café se definió en 220 días después de la fecundación (Arcila et al., 2008).

La maduración del fruto, según Marín et al. (2003), ocurre en 8 estados, 4 tipos de cerezas con tonalidades verdes, las cuales se diferencian por poseer un pobre beneficio, bajos rendimientos y baja calidad de la bebida. Estos frutos se observan entre los 182 y 203 días después de la floración (ddf). A partir de los 210 ddf aproximadamente, se encuentran frutos en estado pintón.

Estado	Edad del Fruto (ddf)	(% Escala de Color Pantone *				Escala de Color Visual
		Cian	Magenta	Amarillo	Negro	
		(C)	(M)	(Y)	(K)	
 VERDE 1	182	35	0	100	40	Color verde oscuro
 VERDE 2	186	35	0	100	20	Color verde oscuro
 VERDE 3	189	40	20	100	15	Coloración verde oscura brillante
 VERDE AMARILLO	203	20	0	100	40	Coloración verde con tonalidades amarillas
 PINTON	210	20 10	0 75	100 80	40 0	Coloreado predominantemente. Alguna tonalidad de verde cerca al pedúnculo
 MADURO	217	0 10	100 80	90 70	10 15	Color rojo brillante a rojo opaco
 SOBREMADURO	224	10 0	100 35	50 0	30 100	Color morado brillante a morado oscuro opaco
 SECO	231	0 0	0 0	35 25	100 80	Color café oscuro, la cereza se encuentra arrugada, hasta frutos completamente secas (pulpa adherida a la almendra)

*Pantone Process Color Guide (75)

Fuente: Marín et al, 2003.

2.8 ACELERANTES DE LA MADURACIÓN EN CAFÉ

Las plantas dentro de su desarrollo requieren de reguladores hormonales, capaces de controlar toda la actividad metabólica en función de garantizar la homeostasis intracelular y extracelular. Cada fitohormona de acuerdo con su estructura química realiza diferentes interacciones para poder cumplir con sus funciones (Alcántara et al., 2019).

2.8.1 Fitorreguladores de crecimiento

Tanto el crecimiento vegetal como la diferenciación de sus tejidos es controlado por la acción de las fitohormonas naturales y el uso de productos sintéticos ha tenido un éxito relativo, a pesar de que existen muchas clases de estos, como el cloruro de clorocolina (Cycocel, Chlormequat, CCC, Cygogan), ácido 2-cloroetil-

fosfónico (CEPA, Ethrel, Ethephon). Estas sustancias actúan de diferente manera en la planta, según el proceso fisiológico que modifiquen al interferir el sistema hormonal natural de control; su acción puede ser sobre la división y el alargamiento celular, sobre el desarrollo radical, la floración, el desarrollo del fruto, la abscisión (Arcila et al., 2008).

2.8.1.1 Ethrel

Es un compuesto organofosforado que se usa principalmente como madurante de frutos, aunque en algunos cultivos tiene otros efectos. Al ser aplicado a la planta o a los frutos induce la liberación anticipada de etileno que es el madurador natural de las plantas, lográndose así una maduración uniforme en un período de tiempo más corto. Para la maduración uniforme del café, aplíquese Ethrel cuando más del 15% de los frutos estén maduros, a la dosis de 1 cm^3 con 1 litro de agua. (Ecuaquímica, S/f).

2.8.1.1.1 Composición química

Ethephon

2.8.1.2 Cloruro de Mepiquat

Según Quicorp, 2017; actúa inhibiendo la biosíntesis del ácido giberélico, evitando de esta manera el envejecimiento de la planta producido por un exceso de fertilización, temperatura y/o humedad. Regula el crecimiento de la planta, favoreciendo a un mayor rendimiento de órganos cosechables. Es un producto altamente sistémico ya que penetra por cualquier parte del follaje (hojas y tallos) y se transloca por toda la planta. Se usa 1 cm en pulverización sobre el follaje. Se puede aplicar con equipo de pulverización manual o tractor, con un volumen de agua que cubra bien a la planta.

2.8.1.2.1 Composición química

Cloruro de Mepiquat 50 g/L, Aditivos c.s.p. 1 L

2.8.2 Movilizadores de azúcares

2.8.2.1 Sugar Mover

Acelera el flujo de los azúcares, transportándolos desde el follaje hacia los frutos, tallos y demás órganos a cosechar, incrementando las características de calidad, como calibre y uniformidad del fruto, grados Brix, contenido de almidones y

sólidos totales (materia seca), concentración de fenoles y de taninos. Reduce los desórdenes fisiológicos y malformaciones de los frutos (Stoller, 2008).

2.8.2.1.1 Composición química

Boro (B) 9,0%; Molibdeno (Mo) 0,005%

2.8.2.2 Yield Max

Es una formulación de nutriente foliar probiótico que contiene nutrientes orgánicamente formulados. Es un foliar que ayuda a consumir la maduración de los cultivos. Asegura la máxima asimilación y translocación de nutrientes posible. Mejora el movimiento de carbohidratos y proteínas desde las hojas, tallos y raíces hacia la parte a cosechar del cultivo (HUMA GRO, 2016).

2.8.2.2.1 Composición química

Fosfato Disponible (P2 O5) 1.00%; Potasa Soluble (K2O) 20.00%; Boro (B) 0.50%

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 CAMPO EXPERIMENTAL

La presente investigación se desarrolló en dos localidades: La finca Santa Bárbara, en la parroquia San Plácido del cantón Portoviejo, y en la finca Santa María, en el cantón Bolívar.

La finca Santa Bárbara ubicada en el sitio Guarumo de la parroquia San Placido, perteneciente al Cantón Portoviejo, Manabí, posicionada geográficamente en las coordenadas 1° 5' 11" latitud sur y 80° 10' 23" latitud oeste, a una altitud de 458 msnm.

La finca Santa María ubicada en el sitio Guabal, parroquia Calceta, Cantón Bolívar, Manabí, tiene una posición geográfica: 0° 53' 29" latitud sur y 80° 09' 24" latitud oeste, a una altitud de 18 msnm.

3.2 DURACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación tuvo una duración de 12 meses, en campo, desde agosto del 2019 hasta agosto 2020 y el procesamiento de la información hasta diciembre 2020.

3.3 FACTORES EN ESTUDIO

Se probó las combinaciones de fitorreguladores y movilizadores de azúcares sobre la maduración homogénea de frutos de café arábigo, siguiendo la metodología del Diseño Ortogonal $L_9(3)^4$ de Taguchi.

Cuadro 1. Factores y niveles en estudio según Diseño ortogonal $L_9(3)^4$

Factores en estudio		Niveles en estudio		
Factor	Código	1	2	3
Fitorreguladores (1cc/L agua)	A	Ethefon	Cloruro de Mepiquat	Ethefon+ Cloruro de Mepiquat
Movilizadores de azúcares (5 cc/L agua)	B	Sugar mover	Yield Max	Sugar mover+ Yield Max
Momento de aplicación	C	100% frutos verdes	15% frutos maduros	10% frutos maduros
Lugar de aplicación	D	Al follaje	A los frutos	Al follaje y frutos

Fuente: Autores.

3.4 TRATAMIENTOS

Estuvieron conformados por 9 tratamientos combinados y 1 testigo.

Cuadro 2. Diseño de los tratamientos, combinando los factores y niveles, según los principios matemáticos de la ortogonalidad.

Tratamientos	Factores				Código
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁
2	1	2	2	2	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂
3	1	3	3	3	A ₁ B ₃ C ₃ D ₃
4	2	1	2	3	A ₂ B ₁ C ₂ D ₃
5	2	2	3	1	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁
6	2	3	1	2	A ₂ B ₃ C ₁ D ₂
7	3	1	3	2	A ₃ B ₁ C ₃ D ₂
8	3	2	1	3	A ₃ B ₂ C ₁ D ₃
9	3	3	2	1	A ₃ B ₃ C ₂ D ₁

Fuente: Autores.

Cuadro 2. 1. Tratamientos codificados con sus respectivas combinaciones de factores y niveles más un tratamiento control.

Tratamientos	Código	Descripción
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	Ethefon + Sugar mover + 100% frutos verdes + Aplicación al follaje
2	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	Ethefon + Yield max + 10% frutos maduros + Aplicación a frutos
3	A ₁ B ₃ C ₃ D ₃	Ethefon + Sugar mover y Yield max + 15% frutos maduros + Aplicado al follaje y frutos
4	A ₂ B ₁ C ₂ D ₃	Cloruro de mepiquat + Sugar mover + 10% frutos maduros + Aplicado al follaje y frutos
5	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	Cloruro de mepiquat + Yield max + 10% frutos maduros + Aplicado al follaje
6	A ₂ B ₃ C ₁ D ₂	Cloruro de mepiquat + Sugar mover y Yield max + 100% verdes + Aplicado a frutos
7	A ₃ B ₁ C ₃ D ₂	Ethefon y Cloruro de mepiquat + Sugar mover + 15% frutos maduros + Aplicado a frutos
8	A ₃ B ₂ C ₁ D ₃	Ethefon y Cloruro de mepiquat + Yield max + 100% frutos verdes + Aplicado al follaje y frutos
9	A ₃ B ₃ C ₂ D ₁	Ethefon y Cloruro de mepiquat + Sugar mover y Yield max + 10% frutos maduros + Aplicado al follaje
10	Testigo	Sin aplicación

Fuente: Autores.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló bajo un diseño de Bloques completos al azar con 10 tratamientos, tres repeticiones que equivale a 30 unidades experimentales, por cada localidad.

Considerando el tipo de experimento, con arreglo al Diseño ortogonal L₉ (3)⁴, según los métodos Taguchi, el análisis se realizó en dos etapas: el análisis estadístico convencional y el análisis regular.

En el primer caso, se sometieron los 10 tratamientos al análisis de varianza y a la separación de medias usando la prueba de Tukey ($\alpha=5\%$).

En la segunda parte del análisis de datos, se realizó un análisis regular de medias de Taguchi del tratamiento 1 al 9 con la finalidad de predecir y establecer el tratamiento óptimo de fitorreguladores, movilizadores de azúcares, momento y lugar óptimo de aplicación. El análisis de Taguchi consta de los siguientes pasos:

- 1) **Elaboración de la tabla de respuestas.** - Se elaboró usando las medias y separando los efectos factoriales por cada factor y nivel.
- 2) **Gráficas factoriales.** - Es la representación de los efectos individuales de cada factor usando una gráfica de barras.
- 3) **Combinación óptima.** - La combinación óptima de los factores y niveles se deriva de la tabla de respuestas. Si se tratara de variables experimentales como: rendimiento, beneficio neto o producción de biomasa la respuesta “*mayor es mejor*”, es lo deseable. Si se tratara de variables experimentales como: porcentaje de grano vano, número de plantas enfermas, etc., la respuesta “*menor es mejor*”, es lo deseable.
- 4) **Predicción de la máxima respuesta.** - La predicción de la respuesta máxima se estimó asumiendo que los efectos son aditivos a partir de la “*media de medias*”, adicionando los efectos parciales de cada nivel en estudio por factor, según la tabla de respuesta y la combinación óptima definida. La predicción se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Predicción} = \bar{Y} + \sum (A_i - \bar{Y}) + (B_j - \bar{Y}) + (C_k - \bar{Y}) + (D_z - \bar{Y})$$

Donde:

\bar{Y} = Media de factores

A_i : Media del i por nivel óptimo del factor A

B_j : Media del j por nivel óptimo nivel del factor B

C_k : Media del k por nivel óptimo nivel del factor C

D_z : Media del z por nivel óptimo del factor D

3.6 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental se conformó por cinco hileras de cinco plantas (25 cafetos/parcela experimental), donde se registró la información de las cinco plantas centrales.

3.7 VARIABLES RESPUESTA

- **Peso de 100 frutos.** - Se cosecharon 100 frutos maduros, en forma manual, se colocaron en una balanza y se registró el peso en g.
- **Peso de frutos/planta.** - Se cosechó los frutos maduros/planta y se registró el peso en Kg de los frutos en café cereza.
- **Frutos vanos (%).** - Esto se lo determinó relacionando el número total de frutos de la planta y el total de frutos vanos, aplicando un bollado a los frutos cosechados.

$$\% \text{ de frutos vanos} = \frac{\text{total de frutos maduro por planta}}{\text{total de frutos vanos por planta}} * 100$$

- **Frutos maduros/cosecha (%).** - Se determinó al final de las cosechas relacionando el total de frutos cosechados por planta entre el número de frutos recolectados por cosecha.

$$\% \text{ de frutos maduros/cosecha} = \frac{\text{total de frutos cosechados por planta}}{\text{total de frutos recolectados por cosecha}} * 100$$

- **Número de cosechas.** - Se determinó registrando el número de cosechas realizadas por tratamiento.

3.8 MANEJO ESPECÍFICO DEL ENSAYO

Los lotes del presente trabajo establecido fueron en los predios de los agricultores, en San Plácido de Don Willian Martillo Murillo, y en el Bolívar de Don Juan Carlos Vera. Las labores de cultivo realizadas por los agricultores incluyeron: control de malezas, fertilización y control de plagas insectiles.

El control de malezas se realizó de forma manual, utilizando como herramienta de trabajo un machete.

La fertilización se la hizo en función al requerimiento del cultivo de café, las dosis y fertilizantes utilizados fue la que los propietarios de la finca utilizan en el manejo de su parcela.

El control de plagas y enfermedades se efectuó en base a los umbrales críticos u económicos establecidos para el cultivo de café.

La aplicación de los productos se realizó de acuerdo con lo planificado para cada uno de los tratamientos descritos. En lo referente a los fitoreguladores y movilizadores de azúcares se aplicó 1 cm/L y 5 cm/L de agua respectivamente. La misma que se realizó en la etapa fenológica de desarrollo del fruto, aproximadamente entre 170 -190 días, cuando la semilla completa su desarrollo, adquiriendo consistencia sólida y ganado de peso.

La cosecha se efectuó de acuerdo a los indicadores de madurez, color del fruto y consistencia. En los tratamientos con aplicación de productos, la cosecha se realizó entre 13 a 26 días después de la aplicación del mismo, mientras que en el testigo sin aplicación de producto se alargó hasta 40 días.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS.

En el cuadro 3, se indica como referencia el promedio de dos años consecutivos de cosecha, 2019 y 2020, en el sitio San Plácido, en la parcela testigo sin aplicación de fitorreguladores, la primera recolección solo representa el 33%, la segunda el 58% y la tercera el 9% de la cosecha anual. En las parcelas tratadas con fitorreguladores y movilizadores de azúcares, el número de recolecciones se redujo a dos, y en los casos de los tratamientos 1, 7 y 8 a una sola. En este sentido, estudios similares realizados por Upegui y Valencia (1999), encontraron la mayor concentración de cosecha en la primera recolección con 56.9 % para los tratamientos con fitorreguladores y 13.86 % en el testigo sin aplicación. Así mismo, Fuentes (2017), manifiesta que con la aplicación de Ethephon, hubo diferencia altamente significativa para maduración forzada acortando el tiempo de cosecha y el número de recolección del grano.

Cuadro 3. Relación porcentual entre las recolecciones de frutos y el número de cosechas por tratamiento, en San Plácido, Manabí, Ecuador.

Tratamientos	Recolección 1 (%)	Recolección 2 (%)	Recolección 3 (%)	Número de cosechas
1	100	-	-	1
2	82	18	-	2
3	83	17	-	2
4	81	19	-	2
5	68	32	-	2
6	83	17	-	2
7	100	-	-	1
8	100	-	-	1
9	87	13	-	2
Testigo	33	58	9	3

Fuente: Autores.

En la figura 2, se expone la comparación de medianas para peso de 100 frutos entre tratamientos con fitorreguladores y el testigo en el sitio Guabal, donde el promedio con fitorreguladores tiende a ser inferior a los tratamientos sin la aplicación de fitorreguladores y movilizadores de azúcares. Este mismo comportamiento se evidencia en el sitio San Plácido (figura 3). Al respecto, Alcántara et al., (2019) manifiestan que es necesario tener en cuenta aspectos

críticos como oportunidad de aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad y condición de la planta.

En las figuras 4 y 5 se indican los comportamientos de frutos vanos (%) en los sitios Guabal y San Plácido, entre tratamientos con fitoreguladores y el testigo, evidenciándose que las parcelas que reciben la aplicación de fitoregulares muestran un mayor porcentaje de frutos vanos, situación que se vuelve inconveniente para los caficultores. El aumento de los frutos vanos, al aplicar fitoreguladores, resulta contraproducente. Esta situación es corroborada por Arcila et al., (2007), afirmando, que el Ethephon (ácido 2-cloroetil fosfónico) ha sido utilizado en varios países para acelerar la maduración de los frutos de café y se ha encontrado que, aunque es posible anticipar la maduración de los frutos hasta 4 semanas, también se afecta la calidad física del grano (defecto inmaduro).

En las figuras 6 y 7, se expone el efecto de los tratamientos vs Testigo en el vaneamiento de las cerezas, en los sitios Guabal y San Plácido, resultado que corrobora el aumento de los frutos vanos con la aplicación de Ethefon.

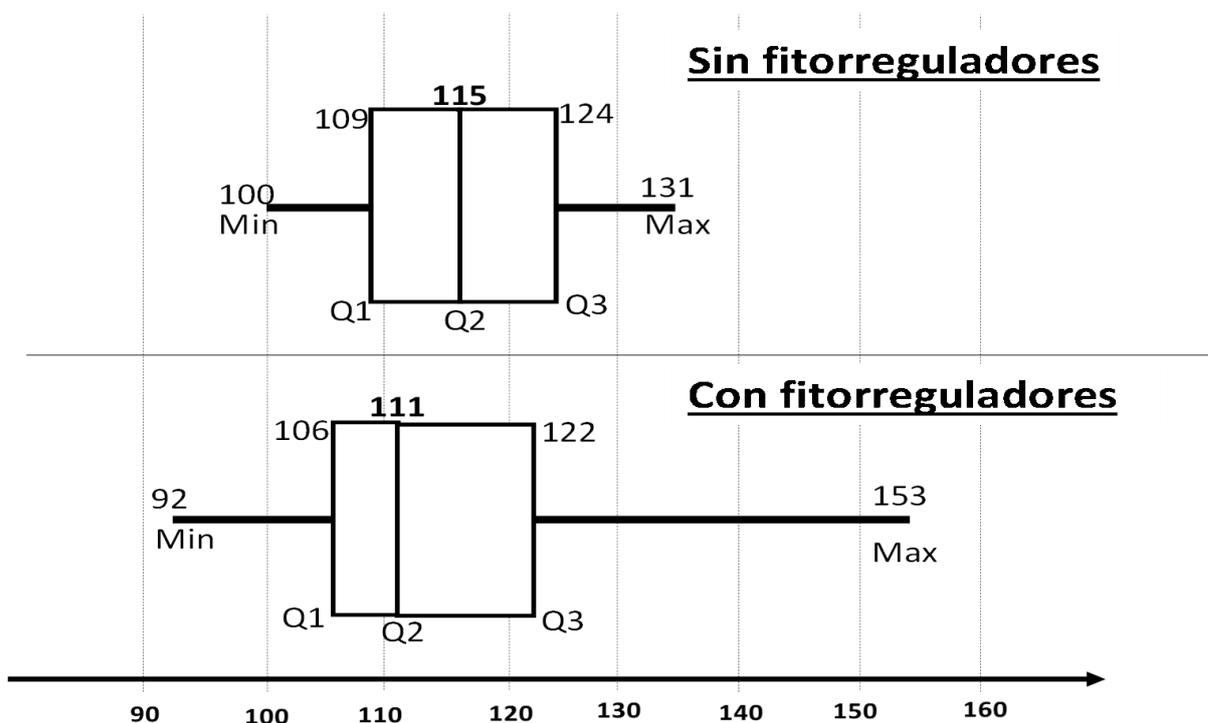


Figura 2. Comparación de medianas para peso de 100 frutos entre tratamientos con fitoreguladores y el testigo en el sitio Guabal, Manabí, Ecuador.

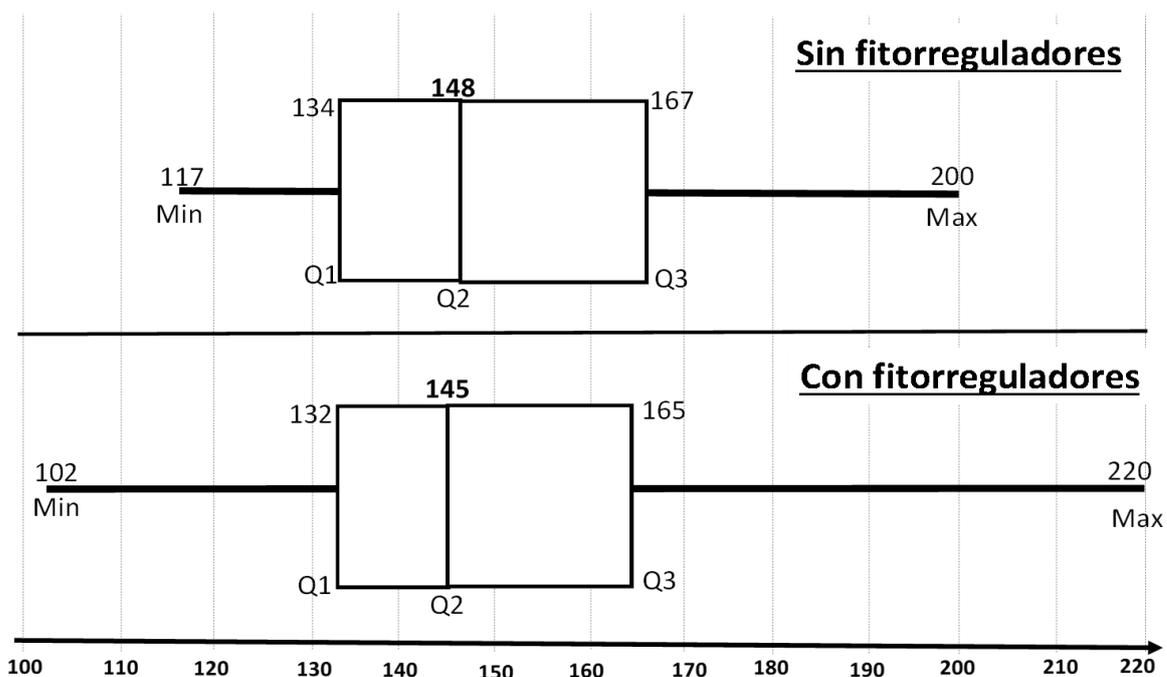


Figura 3. Comparación de medianas para peso de 100 frutos entre tratamientos con fitorreguladores y el testigo en el sitio San Plácido, Manabí, Ecuador.

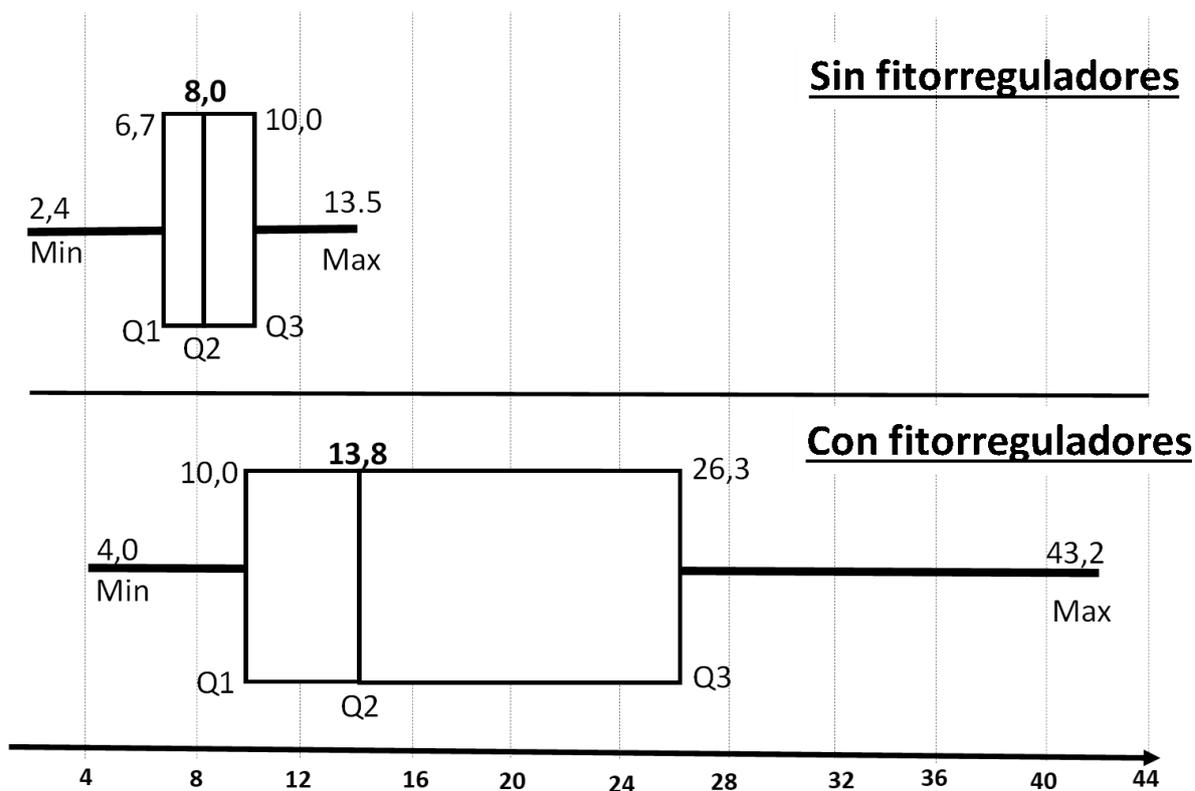


Figura 4. Comparación de medianas para frutos vanos (%) entre tratamientos con fitorreguladores y el testigo en el sitio Guabal, Manabí, Ecuador.

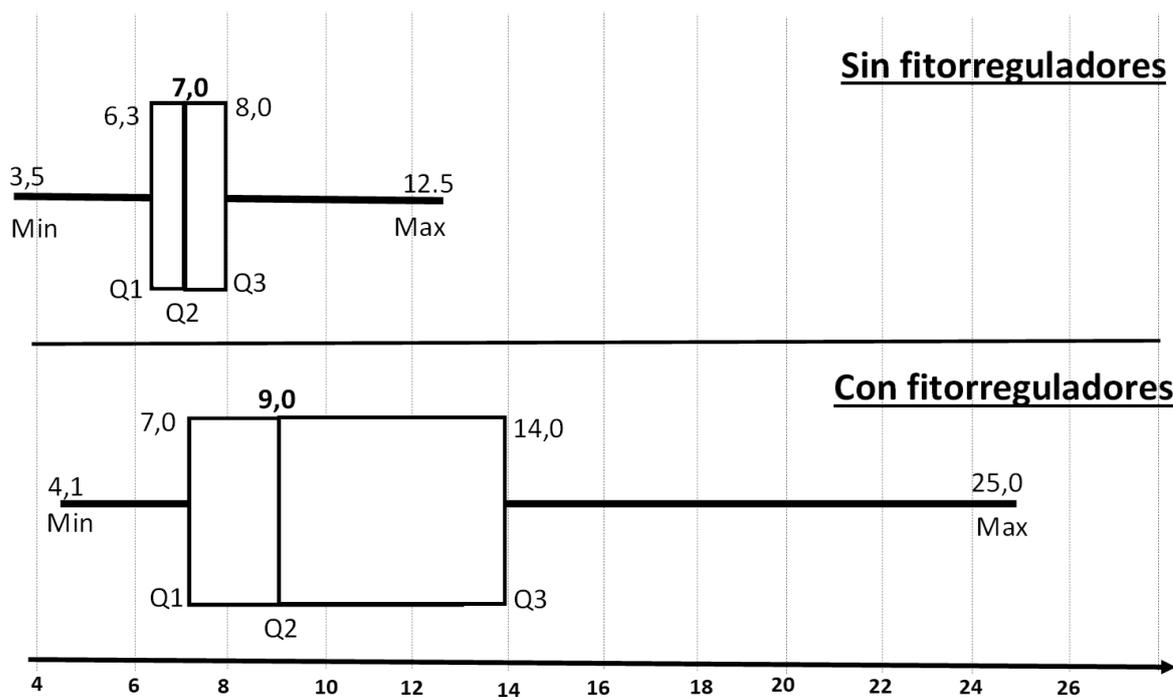


Figura 5. Comparación de medianas para frutos vanos (%) entre tratamientos con fitorreguladores y el testigo en el sitio San Plácido, Manabí, Ecuador.

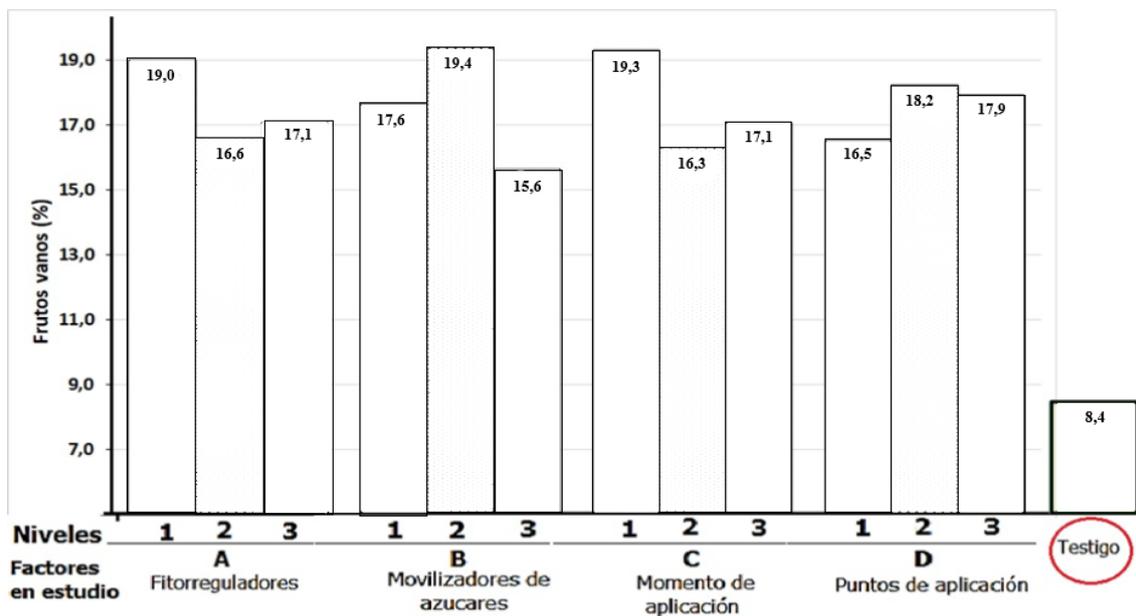


Figura 6. Efecto de los factores y niveles en estudio vs Testigo en el porcentaje de frutos vanos (%) en el sitio Guabal, Manabí, Ecuador.

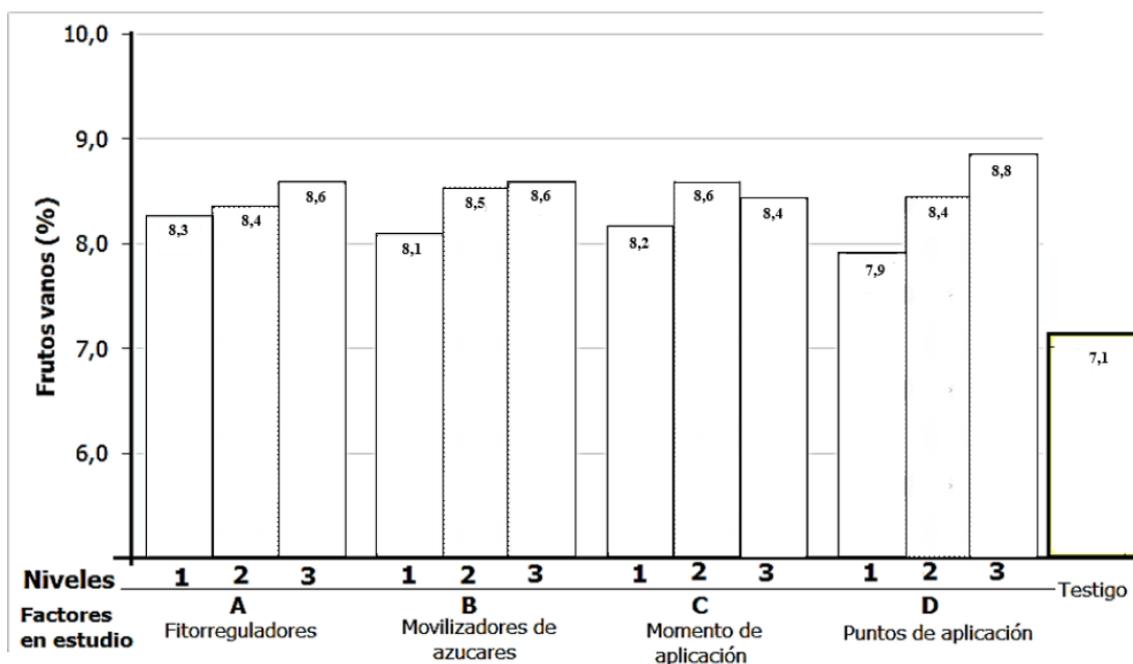


Figura 7. Efecto de los factores y niveles en estudio vs Testigo en el porcentaje de frutos vanos (%) en el sitio San Plácido, Manabí, Ecuador.

4.2 SAN PLÁCIDO

4.2.1 Análisis de varianza en San Plácido

4.2.1.1 Peso de 100 frutos (g)

El análisis de varianza de la variable peso de 100 frutos maduros, se exponen en el cuadro 4., donde se constata un coeficiente de variación de 15,44% y no se detectó diferencia significativa para los tratamientos. Al realizar los contrastes ortogonales, se verificó el comportamiento del peso, no evidenciándose diferencias significativas para los promedios de esta variable, en ningún factor.

Cuadro 4. Análisis de la Varianza variable peso de 100 frutos (g), San Plácido, Manabí, Ecuador.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F _{0.05}	p valor	Significación estadística
Tratamiento	9	3095.5	343.95	0.65	1.96	0.7557	NS
Testigo vs Resto	1	14.63	14.63	0.03	3.92	0.8683	NS
A1 vs A2	1	96.8	96.8	0.18	3.92	0.6697	NS
A2 vs A3	1	183.39	183.39	0.35	3.92	0.5572	NS
B1 vs B2	1	47.02	47.02	0.09	3.92	0.7662	NS
B2 vs B3	1	685.23	685.23	1.29	3.92	0.2569	NS
C1 vs C2	1	262.02	262.02	0.49	3.92	0.4829	NS
C2 vs C3	1	167.64	167.64	0.32	3.92	0.5746	NS
D1 vs D2	1	815.40	815.40	1.54	3.92	0.2163	NS
D2 vs D3	1	108.89	108.89	0.21	3.92	0.6510	NS
Error	289	153449.33	530.97				
Total	298	156544.84					

4.2.1.2 Peso de frutos por planta (g/planta)

La variabilidad en peso de frutos por planta fue alta, ya que expresó en un coeficiente de variación igual a 59%. En el análisis de varianza que se expone en el cuadro 4.1., no hay diferencia estadística entre tratamientos, sin embargo, mediante las comparaciones ortogonales, se determinó que el momento de la aplicación es determinante sobre el efecto en la maduración y peso de los frutos por cafeto, al aplicar fitorreguladores con el 85% de frutos verdes, el peso promedio fue 476g (C2) mientras que cuando se aplica con el 90% es de 403g (Cuadro 4.4.).

Cuadro 4. 1. Análisis de la Varianza del peso de frutos por planta (g/planta), en San Plácido Manabí, Ecuador.,

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F _{0.05}	p valor	Significación estadística
Tratamiento	9	479509.39	53278.82	1.05	1.96	0.4014	NS
Testigo vs Resto	1	1853.78	1853.78	0.04	3.92	0.8487	NS
A1 vs A2	1	8682.94	8682.94	0.17	3.92	0.6796	NS
A2 vs A3	1	6831.28	6831.28	0.13	3.92	0.7141	NS
B1 vs B2	1	27870.78	27870.78	0.55	3.92	0.4595	NS
B2 vs B3	1	8476.18	8476.18	0.17	3.92	0.6833	NS
C1 vs C2	1	197184.46	197184.46	3.88	3.92	0.0498	*
C2 vs C3	1	37171.15	37171.15	0.73	3.92	0.3931	NS
D1 vs D2	1	162122.57	162122.57	3.19	3.92	0.0751	NS
D2 vs D3	1	10.51	10.51	2.1E-04	3.92	0.9884	NS
Error	287	14583398.76	50813.24				
Total	296	15062908.15					

4.2.1.3 Porcentaje de frutos vanos en la primera cosecha

En el cuadro 4.2., se expone los resultados del análisis de varianza donde se evidencia que hay alta diferencia estadística entre tratamientos. Sin embargo, al realizar los contrastes ortogonales se constató que solo el factor C, que se refiere al momento de la aplicación de los fitorreguladores, tiene un real efecto sobre el porcentaje de frutos vanos, en café arábigo (Cuadro 4.5.).

Cuadro 4. 2. Análisis de la Varianza del porcentaje de frutos vanos en San Plácido, Manabí, Ecuador.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F _{0.05}	p valor	Significación estadística
Tratamiento	9	1803.05	200.34	2.55	1.96	0.0081	**
Testigo vs Resto	1	860.59	860.59	10.96	3.92	0.0011	NS
A1 vs A2	1	161.75	161.75	2.06	3.92	0.1525	NS
A2 vs A3	1	7.21	7.21	0.09	3.92	0.7621	NS
B1 vs B2	1	23.29	23.29	0.30	3.92	0.5865	NS
B2 vs B3	1	4.59	4.59	0.06	3.92	0.8092	NS
C1 vs C2	1	468.93	468.93	5.97	3.92	0.0152	**
C2 vs C3	1	351.36	351.36	4.47	3.92	0.0354	NS
D1 vs D2	1	0.30	0.30	3.8E-03	3.92	0.951	NS
D2 vs D3	1	92.08	92.08	1.17	3.92	0.2799	NS
Error	246	19315.06	78.52				
Total	255	21118.11					

4.2.2 Análisis regular (método taguchi) en San Plácido

4.2.2.1 Peso de 100 frutos (g)

Según el análisis regular de medias de Taguchi, muestra que la combinación de factores y niveles A3B3C1D2 (Etefon+Cloruro de Mepiquat y Sugar mover+Yield Max) aplicados sobre los frutos verdes (100%), se logra obtener 141g en peso de 100 cerezas (Cuadro 4.3.).

Tabla de respuesta

Cuadro 4. 3. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de 100 frutos (g), en San Plácido, Manabí, Ecuador.

Niveles	A Fitorreguladores	B Movilizadores azúcar	C Momento de aplicación	D Lugar aplicación	Promedio
1	133	130	133	133	132
2	129	131	133	135	132
3	134	136	131	129	132
Media	132	132	132	132	132

Combinación óptima

A3B3C1D2: Etefon + Cloruro de Mepiquat con Sugar mover + Yield max aplicado y dirigido a los frutos verdes (100%).

Gráficas factoriales

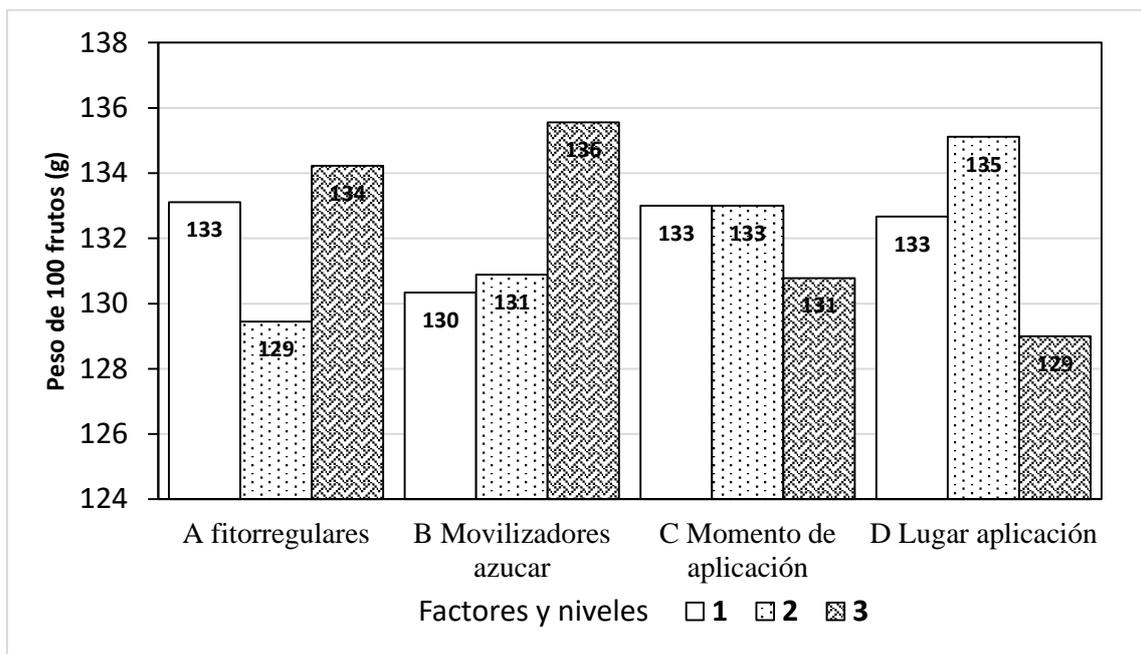


Figura 8. Relación entre factores/niveles en estudio y el peso de 100 frutos, en San Plácido, Manabí, Ecuador.

Predicción de respuesta óptima

$$PRO = \bar{Y} + \sum(A3 - \bar{Y}) + (B3 - \bar{Y}) + (C1 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = 132 \text{ g}$$

Predicción Respuesta óptima = 141 g de peso de 100 cerezas.

4.2.2.2 Peso de frutos por planta (g/planta)

Según el análisis regular de medias de Taguchi, muestra que la combinación de factores y niveles A1B2C2D2 (Etefon y Yield Max) aplicados y dirigidos con el 85% de frutos verdes, se logra obtener 586g en el peso por planta (Cuadro 4.4.).

Tabla de respuesta

Cuadro 4. 4. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de frutos por planta (g/planta), en San Placido, Manabí, Ecuador.

Niveles	A fitorregulares	B Movilizadores azúcar	C Momento de aplicación	D Lugar aplicación	Promedio
1	460	391	433	437	430
2	432	508	476	454	468
3	420	414	403	421	414
Media	437	437	437	437	437

Combinación óptima

A1B2C2D2: Etefon y Yield Max aplicados y dirigidos con el 85% de frutos verdes.

Gráficos factoriales

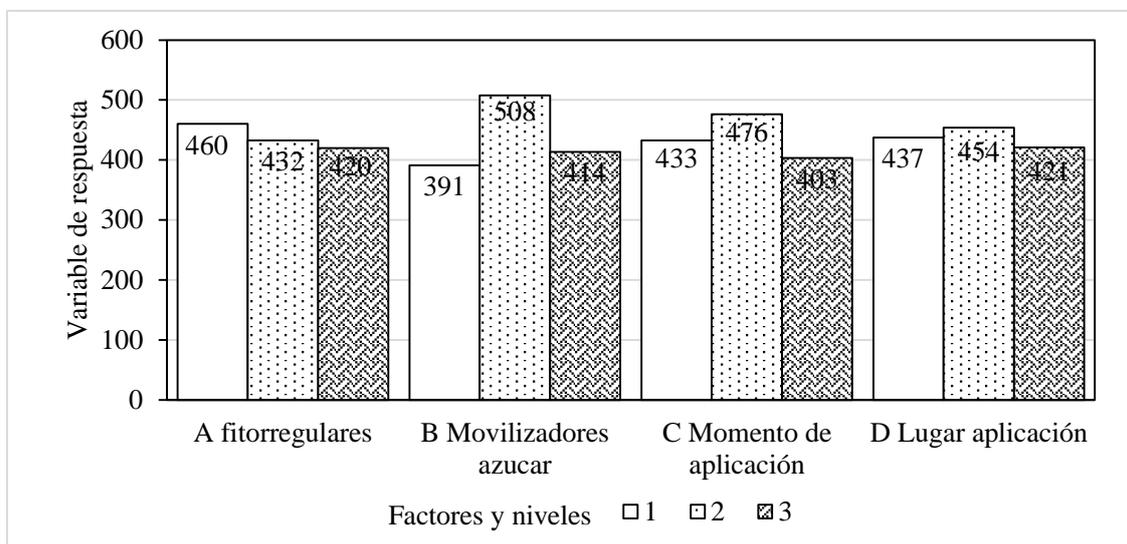


Figura 9. Relación entre factores/niveles en estudio y peso de frutos por planta (g/planta), en San Plácido, Manabí, Ecuador.

Predicción de respuesta óptima

$$PRO = \bar{Y} + \sum(A1 - \bar{Y}) + (B2 - \bar{Y}) + (C2 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = 437 \text{ g}$$

Predicción Respuesta óptima = 586 g de producción por planta

4.2.2.3 Porcentaje de frutos vanos (%)

Según el análisis regular de medias de Taguchi, muestra que la combinación de factores y niveles A1B2C2D2 (Etefon y Yield Max), aplicados y dirigidos con el 90% de frutos verdes, se logra obtener un 4% de vanos (Cuadro 4.5.).

Tabla de respuesta

Cuadro 4. 5. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable porcentaje de frutos vanos (%), en San Plácido.

Niveles	A Fitorreguladores	B Movilizadores azúcar	C Momento de aplicación	D Lugar aplicación	Promedio
1	6	6	6	6	6
2	6	5	5	6	5
3	6	6	7	6	6
Media	6	6	6	6	6

Combinación óptima

A1B2C2D2: Ethefon y Yield Max aplicados y dirigidos con el 90% de frutos verdes.

Gráficas factoriales

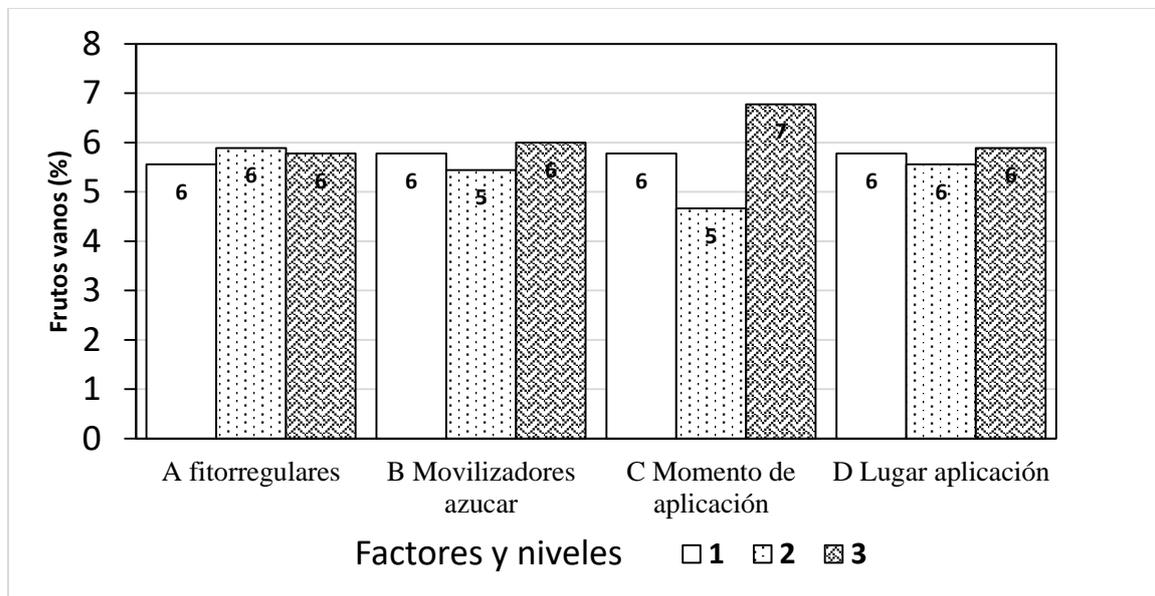


Figura 10. Relación entre factores/niveles en estudio y el porcentaje de frutos vanos, en San Plácido, Manabí, Ecuador.

Predicción de respuesta óptima

$$PRO = \bar{Y} + \sum(A1 - \bar{Y}) + (B1 - \bar{Y}) + (C3 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = 6 \%$$

Predicción Respuesta óptima = 4 % de frutos vanos.

4.3 GUABAL

4.3.1 Análisis de varianza en Guabal

4.3.1.1 Peso de 100 frutos (g)

El resultado del análisis de varianza, para la variable peso de 100 frutos se expone en el cuadro 5. Donde el coeficiente de variación fue de 9,22%. Se encontró diferencias significativas para los tratamientos, sin embargo, al realizar las comparaciones ortogonales, se evidenció que la diferencia estadística solo tiene significación para A2 vs A3, determinándose que la mezcla de Ethefon y cloruro de Mepiquat favoreció una ganancia de peso de los frutos ($p < 0,05$) (Cuadro 5.3.).

Cuadro 5. Análisis de la Varianza, variable peso de 100 frutos (g), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F _{0.05}	p valor	Significación estadística
Tratamiento	9	2841.64	315.74	2.84	1.96	0.0039	(**)
Testigo vs Resto	1	42.37	42.37	0.38	3.92	0.5379	NS
A1 vs A2	1	7.26	7.26	0.07	3.92	0.7987	NS
A2 vs A3	1	1365.33	1365.33	12.27	3.92	0.0006	**
B1 vs B2	1	24.08	24.08	0.22	3.92	0.6423	NS
B2 vs B3	1	106.01	106.01	0.95	3.92	0.3303	NS
C1 vs C2	1	71.70	71.70	0.64	3.92	0.4232	NS
C2 vs C3	1	258.23	258.23	2.32	3.92	0.1295	NS
D1 vs D2	1	341.33	341.33	3.07	3.92	0.0816	NS
D2 vs D3	1	202.81	202.81	1.82	3.92	0.1787	NS
Error	170	18910.56	111.24				
Total	179	21752.20					

4.3.1.2 Peso de frutos por planta (g/planta)

El análisis de varianza, realizado a la variable peso de frutos por planta (g/planta) mostró un coeficiente de variación de 27,1%, los resultados se exponen en el cuadro 5.1. La diferencia entre los niveles en estudio de los distintos factores fue significativa, donde resultaron iguales las aplicaciones de los fitorreguladores a los frutos, como la aplicación al follaje, frutos y follaje (Cuadro 5.4.).

Cuadro 5. 1. Análisis de la Varianza, variable peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F _{0.05}	p valor	Significación estadística
Tratamiento	9	7461152.75	829016.97	54,52	1.96	<0.0001	**
Testigo vs Resto	1	1623504.30	1623504.30	106,77	3.92	<0.0001	**
A1 vs A2	1	1981010.45	1981010.45	130,29	3.92	<0.0001	**
A2 vs A3	1	424504.08	424504.08	27,92	3.92	<0.0001	**
B1 vs B2	1	492885.33	492885.33	32,42	3.92	<0.0001	**
B2 vs B3	1	82060.45	82060.45	5,40	3.92	0.0214	*
C1 vs C2	1	253558.23	253558.23	16,68	3.92	0.0001	**
C2 vs C3	1	128.93	128.93	0,01	3.92	0.9267	**
D1 vs D2	1	144029.04	144029.04	9,47	3.92	0.0024	**
D2 vs D3	1	15865.56	15865.56	1,04	3.92	0.3085	NS
Error	169	2569672.28	15205.16				
Total	178	10030825.04					

4.3.1.3 Porcentaje de frutos vanos en la primera cosecha

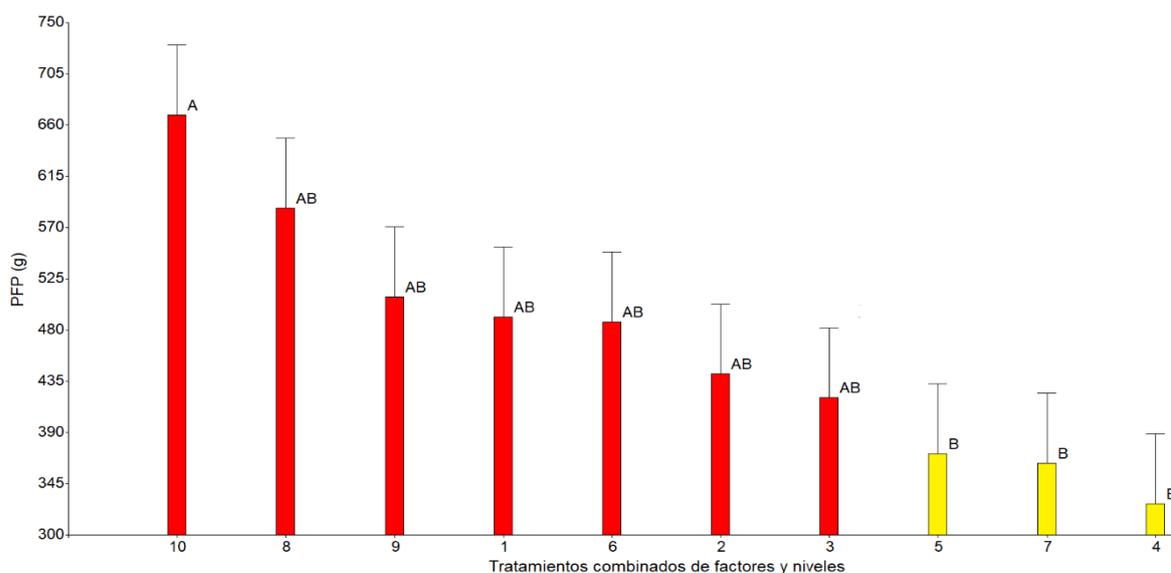
La primera cosecha fue la más importante en el volumen, por lo que se consideró como una variable de respuesta de interés, aunque la variabilidad fue muy alta, pues, el coeficiente de variación alcanzó el 67,5%. Los resultados del análisis de la varianza de esta variable de respuesta se exponen en el cuadro 5.2.

Cuadro 5. 2. Análisis de la Varianza, variable porcentaje de frutos vanos, en Guabal, Manabí, Ecuador.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F _{0.05}	p valor	Significación estadística
Tratamiento	9	1558.44	173.16	0.97	1.96	0.4704	NS
Testigo vs Resto	1	1558.44	173.16	0.97	3.92	0.4704	NS
A1 vs A2	1	737.59	737.59	4.11	3.92	0.0441	*
A2 vs A3	1	40.33	40.33	0.22	3.92	0.6359	NS
B1 vs B2	1	31.44	31.44	0.18	3.92	0.6760	NS
B2 vs B3	1	17.12	17.12	0.10	3.92	0.7577	NS
C1 vs C2	1	142.01	142.01	0.79	3.92	0.3748	NS
C2 vs C3	1	39.36	39.36	0.22	3.92	0.6400	NS
D1 vs D2	1	11.84	11.84	0.07	3.92	0.7976	NS
D2 vs D3	1	280.33	280.33	1.56	3.92	0.2129	NS
Error	168	30127.16	179.33				
Total	177	31685.60					

El análisis de varianza de la variable peso de frutos total, que se indica en el Cuadro 5.1., con un CV=56%, se encontró diferencias significativas ($p < 0,01$) para los tratamientos combinados de factores y niveles.

En la Figura 11., se puede observar que los tratamientos 5, 7 y 4 tienen una reducción significativa del peso de frutos total por planta, que sin duda se ocasiona por la interrupción del ciclo normal de maduración, que se contrasta con el testigo, básicamente, con la maduración natural que alcanza un peso mayor que 600 gramos/planta.

**Figura 11.** Peso de frutos por planta (g) en función de los tratamientos combinados de factores y niveles, localidad de Guabal, Manabí, Ecuador.

El análisis de varianza para la variable peso de 100 frutos, tuvo un CV de 9,2% que se considera muy apropiado, con una significación estadística muy alta para tratamientos combinados ($p < 0,01$), como se indica en la figura 12.

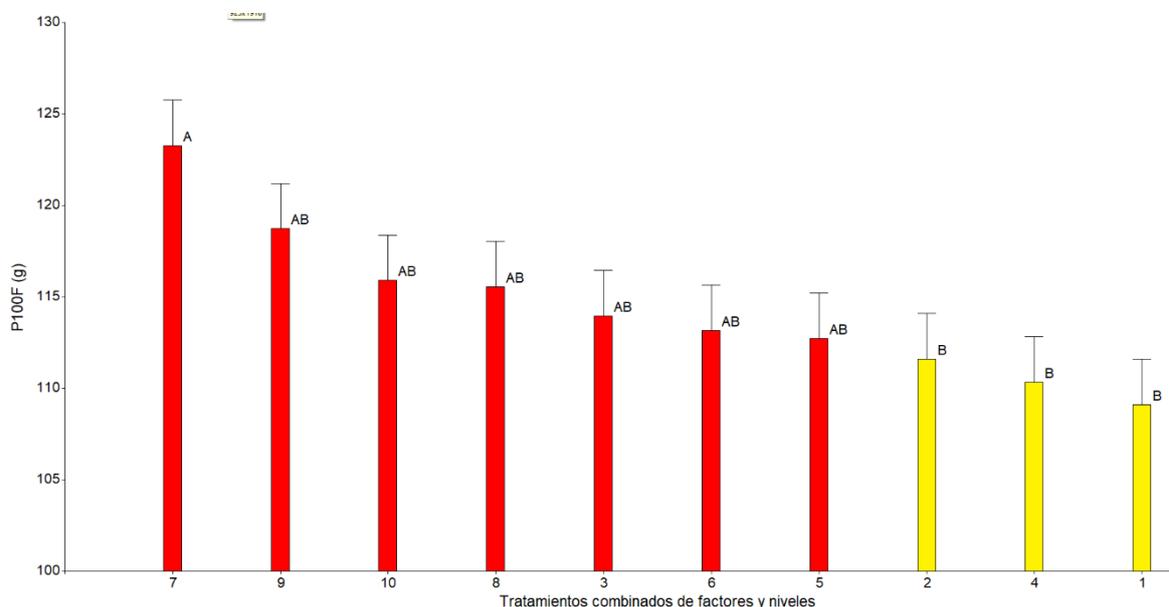


Figura 12. Peso de 100 frutos (g) en función de los tratamientos combinados de factores y niveles, localidad de Guabal, Manabí, Ecuador.

4.3.2 Análisis regular (método taguchi) en Guabal

4.3.2.1 Peso de 100 frutos (g)

Según el análisis regular de medias de Taguchi, muestra que la combinación de factores y niveles A3B1C3D2 (Etefon+Cloruro de Mepiquat y Sugar mover) aplicados y dirigidos con el 90% de frutos verdes, se logra obtener 127g en el peso de 100 cerezas (Cuadro 5.3.).

Tabla de respuesta

Cuadro 5. 3.Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de 100 frutos (g), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Niveles	A fitorreguladores	B Movilizadores azúcar	C Momento de aplicación	D Lugar aplicación	Promedio
1	107	115	112	108	110
2	110	110	108	116	111
3	117	109	114	110	112
Media	111	111	111	111	111

Combinación óptima

A3B1C3D2: Etefon+Cloruro de Mepiquat y Sugar mover aplicados y dirigidos con el 90% de frutos verdes.

Gráficas factoriales

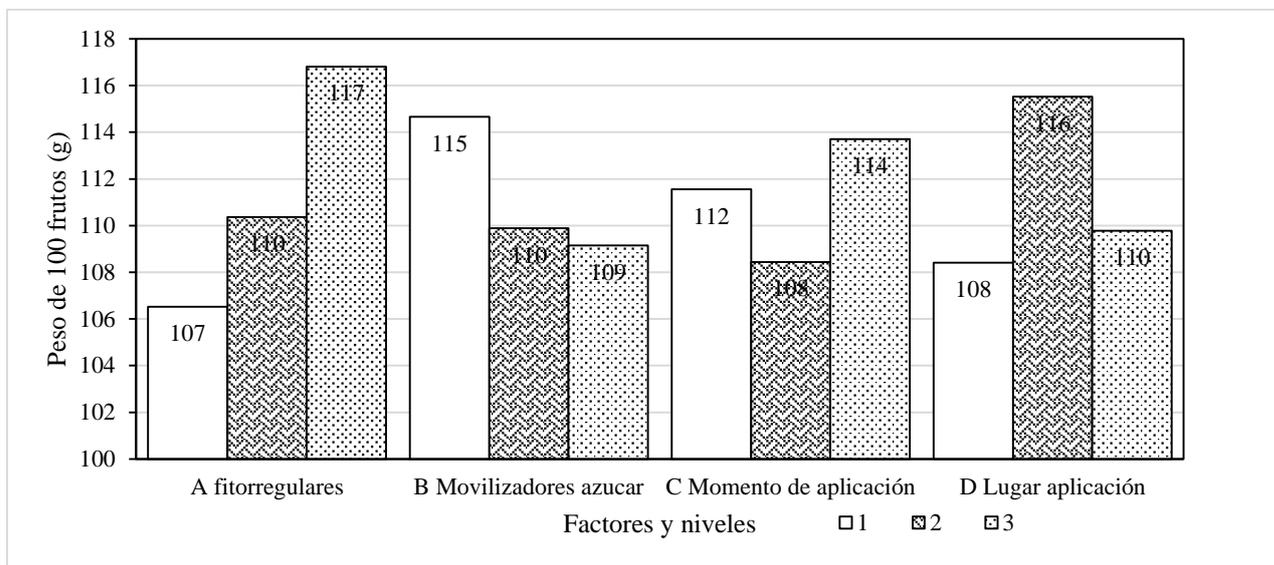


Figura 13. Relación entre factores/niveles en estudio y el peso de 100 frutos (g), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Predicción de respuesta óptima

$$PRO = \bar{Y} + \sum(A3 - \bar{Y}) + (B1 - \bar{Y}) + (C3 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} \quad 111 \text{ g}$$

Predicción Respuesta óptima= 127 g de peso de 100 cerezas.

4.3.2.2 Peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal

Según el análisis regular de medias de Taguchi, muestra que la combinación de factores y niveles A1B3C1D3 (Etefon y Sugar Mover + Yield Max) aplicados al 100% de frutos verdes, dirigido a follaje y cerezas, se logra obtener un peso de 598g por planta (Cuadro 5.4.).

Tabla de respuesta

Cuadro 5. 4. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Niveles	A fitoregulares	B Movilizadores azúcar	C Momento de aplicación	D Lugar aplicación	Promedio
1	505	421	511	456	473
2	395	466	420	457	434
3	483	495	451	469	475
Media	461	461	461	461	461

Combinación óptima

A1B3C1D3: Etefon y Sugar Mover + Yield Max, aplicados con el 100% de frutos verdes dirigido al follaje y frutos.

Gráficos factoriales

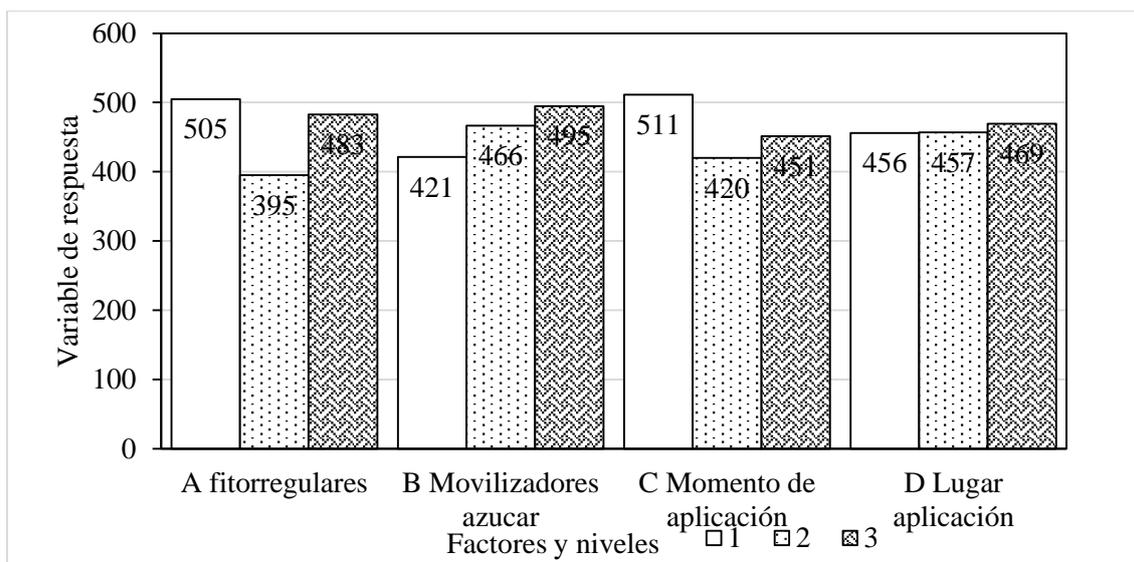


Figura 14. Relación entre factores/niveles en estudio y peso de frutos por planta (g/planta), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Predicción de respuesta óptima

$$PRO = \bar{Y} + \sum(A1 - \bar{Y}) + (B3 - \bar{Y}) + (C1 - \bar{Y}) + (D3 - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = 461 \text{ g}$$

Predicción Respuesta óptima= 598 g de producción por planta.

4.3.2.3 Porcentaje de frutos vanos (%)

Según el análisis regular de medias de Taguchi, muestra que la combinación de factores y niveles A3B1C3D2 (Etefon+ Cloruro de Mepiquat y Sugar mover)

aplicados y dirigido con el 90% de frutos verdes, se logra obtener el 0% de vanos (Cuadro 5.5.).

Tabla de respuesta

Cuadro 5.5. Tabla de respuesta análisis regular método Taguchi, variable porcentaje de frutos vanos (%), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Niveles	A Fitorreguladores	B Movilizadores azúcar	C Momento de aplicación	D Lugar aplicación	Promedio
1	13	10	19	13	14
2	14	16	11	9	13
3	11	11	7	15	11
Media	12	12	12	12	12

Combinación óptima

A3B1C3D2: Etefon+ Cloruro de Mepiquat y Sugar mover aplicados y dirigidos con el 10% de frutos maduros.

Gráficas factoriales

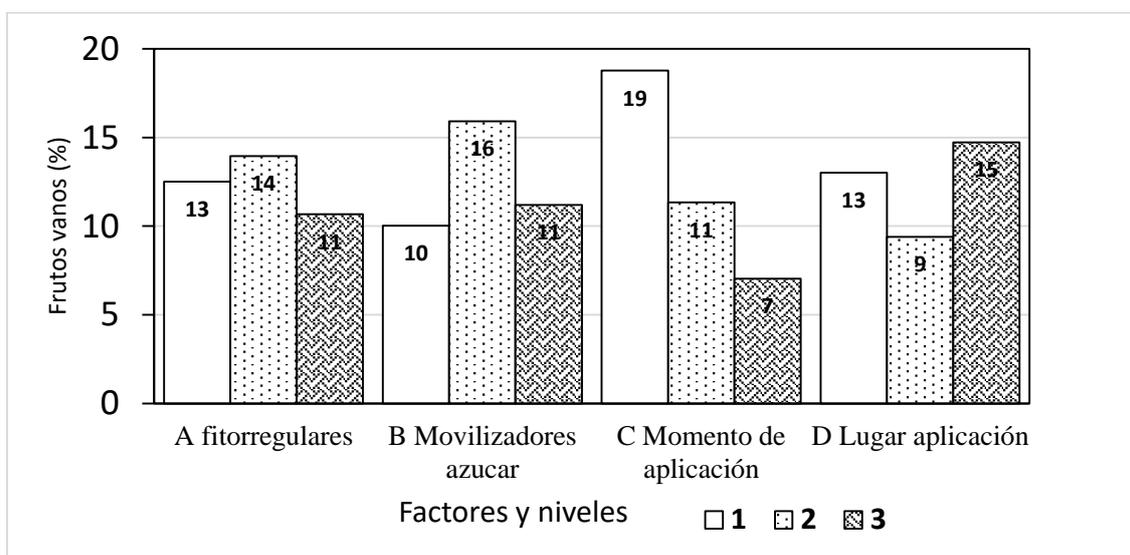


Figura 15. Relación entre factores/niveles en estudio y el porcentaje frutos vanos (%), en Guabal, Manabí, Ecuador.

Predicción de respuesta óptima

$$PRO = \bar{Y} + \sum(A3 - \bar{Y}) + (B1 - \bar{Y}) + (C3 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = 12\%$$

Predicción Respuesta óptima= 0 % de frutos vanos.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones que se derivan del estudio fueron:

- Usando tres combinaciones de fitorreguladores y movilizadores de azúcares se logró homogenizar la maduración de frutos de café arábigo, reduciendo el número de recolecciones de tres a una recolección anual, como promedio de dos años consecutivos de cosecha.
- En el sitio Guabal, en el testigo, el peso de 100 frutos maduros varió de 100 a 131 g y con la aplicación de fitorreguladores varió de 92 a 153 g.
- En Guabal, la producción g.planta^{-1} , cuando se aplicó fitorreguladores fue 444 g y del testigo 669 g.planta^{-1} .
- En San Plácido se evidenció un comportamiento similar en el peso de 100 frutos variando de 117 a 200 g, en el testigo, mientras que aplicando los tratamientos varió entre 102 y 220 g.
- La aplicación de Ethefon y de Yield max, cuando los frutos aún están 100% verdes, aplicado al follaje del cafeto tuvo un efecto significativo en la producción de café cereza g.planta^{-1} y en el peso de 100 frutos.

Recomendaciones

- Realizar una identificación de los tiempos de floración de los cafetales para ser exactos al momento de la aplicación.
- Validar los tratamientos combinando factores y niveles óptimos en distintos escenarios, evaluando en otras variedades de café arábigo y en distintos ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, J; Acero, J; Alcántara, J y Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Revista NOVA, 17(32), 109-129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Amores, F; Duicela, L; Corral, C; Gerrero, H; Vasco, A; Motato, N; Solórzano, L; Zambrano, N; Aveiga, Y y Guedes, R. (2004). Variedades mejoradas de café arábigo una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. Boletín Técnico N° 113. 29 p. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1582>
- Arcila, J. (1987). Aspectos fisiológicos de la producción del café *Coffea arábica* L. In: Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. Chinchiná. Colombia. Tecnología del cultivo del café. 111 p. <https://biblioteca.cenicafe.org>
- Arcila, J; Buhr, L; Bleiholder, H; Hack, H y Wicke, H. (2001). Aplicación de la escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café *Coffea* sp. Boletín Técnico Cenicafé vol. 23. 31 p. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/578/3/bot0023.pdf>
- Arcila, J; Farfán, F; Moreno, A; Salazar, L y Hincapié, E. (2008). Sistema de Producción de Café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 309 p. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf>
- Aspiazu, K y Navarro, J. (2009). Proyecto de comercialización de café de habas (café orgánico), actuando como intermediarios, para el consumo local en la ciudad de Guayaquil y como una opción de exportación. Ecuador. 19-21p. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6286>
- Capel, J; De La Figuera, M; Franco, R; Lizárraga, M; Pérez, J; y Riobó, P. (2010). Café y estilo de vida saludable. Barcelona: EDIMSA. 143 p. https://www.academia.edu/9357327/Caf%C3%A9_y_estilo_de_vida_saludable_EDIMSA
- Charrier, A. y Belthaud. (1985). Botanical classification of coffec. In: Coffee "Botany, Biochemistry and Production of Beans and Bererage". Editcd by M.N. Clifford and K.e. Willson. Wesport, Connecticut. 13-47 p.
- Duicela, L. (2016). Investigación y desarrollo cafetalero en el Ecuador: Situación actual y perspectivas. Ecuador: Centro de Investigación de Ecuador (CIDE). <https://docplayer.es/65662154-Centro-de-investigacion-de-ecuador-cide.html>
- Duicela, L. (2017). Café robusta: producción y poscosecha. Ecuador. Humus. 292 p.

- Duicela, L. y Corral, R. (2004). Caficultura orgánica: Alternativa de desarrollo sostenible. Alemania: Consejo Cafetalero Nacional.
- Duicela, L; Corral, G; Chilan, W. (2016). Selección de “cabezas de clon” en café robusta (*Coffea canephora*) en el trópico seco, Ecuador. REVISTA ESPAMCIENCIA. Vol. 7. 12 p. <http://revistasespam.espam.edu.ec>
- Ecuaquímica. (S/f). Ethrel. Regulador de crecimiento Líquido soluble LS. Disponible en http://ecuanoticias.ec/pdf_agricola/ETHREL.pdf
- Enríquez, G. (1993). Ecofisiología del cultivo. Manual del cultivo del café. Estación Experimental Pichilingue (INIAP). Quevedo, Ecuador. 256 p. <http://repositorio.iniap.gob.ec>
- Gotteland, M y De Pablo V, S. (2007). Algunas verdades sobre el café. Revista Chilena de Nutrición. Vol. 34. 105-115 p. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-75182007000200002&lng=es&nrm=iso
- HUMA GRO. 2016. YIELD MAX. Disponible en <http://agromicrobiotech.com/wp-content/uploads/2016/01/Huma-Gro-Yield-Max.pdf>
- Jaramillo, A.; Guzmán, O. (1984). Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arábica* L., variedad Caturra. Cenicafé 57-65 p. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/708>
- Lucas, V. (2018). Evaluación de la producción de variedades e híbridos de *Coffea arábica* (café arábigo), en Jipijapa, Provincia de Manabí. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1283>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2018). Rendimientos Objetivos de Café Grano Oro en el Ecuador. Quito, Ecuador. 20 p.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). (1988). Zonificación del cultivo del café. Portoviejo Manabí-Ecuador. Programa Nacional del Café. 60 p.
- Marín, M.; Arcila, J; Montoya, C y Oliveros, E. (2003). Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida. Cenicafé. Vol. 54. 315 p. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2015/12/Relaci%C3%B3n-entre-el-estado-de-madurez-del-fruto-del-caf%C3%A9-y-las-caracter%C3%ADsticas-de-beneficio-rendimiento-y-calidad-de-la-bebida.pdf>
- Páliz, V y Mendoza, J. (1993). Plagas del cafeto. Manual del cultivo del café. Estación Experimental Pichilingue (INIAP). Quevedo, Ecuador. 144 p.
- Pinargote, P. (2017). Situación actual de la caficultura: Perspectivas en el Ecuador y el mundo. Conferencia - VII reunión de la Red Universitaria de I&D Cafetalero (REDUCAFE). Guayaquil: ANACAFE.
- Ponce, A.; Orellana, K.; Acuña, I.; Alfonso, L, y Fuentes, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. SciELO. Vol. 6. 19 p.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=pt&nrm=iso

- PROEcuador, (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones). (2013). Análisis sectorial del café. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. 52 p. http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf.
- Quicorp, (Química Suiza Industrial del Perú). 2017. Quimix 50 SL regulador de crecimiento de plantas de uso agrícola. Disponible en <http://www.qsi.pe>
- Ramírez, V. (2014). La fenología del café, una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones. Manizales, Caldas, Colombia. Cenicafé. 9 p. <https://cenicafe.org/es/publications/avt0441.pdf>
- Roa, G; Oliveros, E; Álvarez, J; Ramírez, A; Sanz, R; Dávila, T; Álvarez, R; Zambrano, A; Puerta, I y Rodríguez, N. (1999). Beneficio ecológico del café. Chinchiná, Cenicafé. 273 p.
- Stoller, J. (2008). Catálogo de productos. Disponible en <https://docplayer.es/106579593-Expertos-en-fisiologia-vegetal.html>
- Upegui, L y Valencia, A. (1972). Anticipación de la maduración de la cosecha de café, con aplicaciones de Ethrel. Cenicafé. 19-26 p. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/787/1/arc023%2801%2919-26.pdf>
- Velázquez, V. (2017). Eficacia de Enraizadores Bajo Dos Sistemas de Propagación para la Clonación de Genotipos de Alta Productividad de Café Robusta (*Coffea Canephora*), en Babahoyo, Provincia de los Ríos. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3299/1/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000045.pdf>
- Wintgens, N. (2009). Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Ed. Jean Nicolas Wintgens. 2 ed. Weinheim, DE. 982 p.

ANEXOS

ANEXO 1: EXPERIMENTO EN EL SITIO GUABAL- CALCETA



Foto 1: Identificación del cafetal



Foto 2: Cafeto con frutos pintones.



Foto 3: Aplicación de productos.



Foto 4: Cosecha.



Foto 5: Peso de frutos.



Foto 6: Determinación de frutos vanos.

Croquis del Sitio Guabal



ANEXO 2: EXPERIMENTO EN SAN PLÁCIDO- PORTOVIEJO.

Foto 2: Identificación del cafetal



Foto 2: Cafeto con frutos pintones.



Foto 3: Aplicación de productos.



Foto 4: Cosecha.



Foto 5: Peso de frutos.



Foto 6: Determinación de frutos vanos.

Croquis del Sitio San Plácido

