

Análisis de covarianza en un diseño de experimento factorial 3x4 para la evaluación de la floración y fructificación en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*).

Analysis of covariance in a 3x4 factorial experiment design for the evaluation of flowering and fructification in tomato tree tomato (*Solanum betaceum cav*).

Rubio Villarreal, Rober Josué*; García Bolívar, Judith.

Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Dirección de Posgrado, Av. Universitaria y Antisana, Tulcán, Ecuador.

*rober.rubio@upec.edu.ec

Resumen.

*El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar junto con el uso de la covarianza el efecto de la aplicación de fitohormonas y fosfitos en la floración y fructificación en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), en campo abierto, en el sector de Cumbaltar Cantón Montufar provincia del Carchi. El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar con 36 unidades experimentales, comprendido por 12 tratamientos, donde se evaluaron las combinaciones de dos factores; fitohormonas y fosfitos. Las variables a evaluar fueron número de flores en los ramilletes midiendo cada 15 días y porcentaje de fructificación a los cuatro meses de aplicados los tratamientos. Se utilizó el ANACOVA para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos con ajuste por el número de flores inicialmente existentes en cada ramillete. Para la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0,05.*

Palabras clave: ANACOVA, giberelina, citoquinina, auxina, fosfito de Ca y B, fosfito de potasio.

Abstract

*The objective of this research work was to evaluate the effect of the application of phytohormones and phosphites on flowering and fruiting in the tree tomato crop (*Solanum betaceum Cav*), in open field, in the sector of Cumbaltar Canton Montufar, province of Carchi, using covariance. The design used was a completely randomized block design with 36 experimental units, comprising 12 treatments, where the combinations of two factors, phytohormones and phosphites, were evaluated. The variables to be evaluated were the number of flowers in the clusters measured every 15 days and the percentage of fruiting four months after the treatments were applied. ANACOVA was used to determine statistical differences between treatments with adjustment for the number of flowers initially existing in each bunch. The Tukey test was used for the comparison of means with a significance level of 0.05.*

Keywords: ANACOVA, giberelina, cytokinin, auxin, Ca and B phosphite, potassium phosphite.

1. Introducción

El análisis de covarianza, es una técnica estadística, gracias a la cual es posible extraer la variabilidad de una característica numérica secundaria la cual influye en el resultado de un experimento (Londoño, 2013), ayuda por lo tanto a analizar de una mejor manera el EFECTO los tratamientos sobre las variables evaluadas que solo usando el ANOVA, según lo anterior podemos decir que una experimentación es más confiable en la medida que podamos controlar el error experimental.

El ANACOVA, es una generalización del ANOVA y de la regresión lineal, permite comprobar si hay asociación entre las variables respuesta y un factor controlando por el posible efecto de la covariable. (Nolasco, 2020).

Entre los principales usos del ANACOVA. podemos indicar que hay un aumento en la precisión de los experimentos, reduciendo el error experimental, ayudando a entender la naturaleza de los efectos de ciertos tratamientos, según Martínez y col. (2004), indica que el ANACOVA debe tenerse en cuenta en los experimentos en el que el bloqueo no puede reducir el error adecuadamente o también en las situaciones en las que la fuente de variación secundarias se reconocieron después de haber iniciado el experimento, por lo que se recomienda que en experimentos agrícolas de corta duración sea aconsejable utilizar plantas tan uniformes como sea posible.

La calidad en toda investigación depende de la validez de la información que genere, y esta tiene mucho que ver con la estimación y control del error experimental, una forma útil de manejar esta variabilidad se logra con el bloqueo de factores que puedan afectar las variables de respuesta, cuando no es posible bloquear hay otra alternativa que es mediante el uso de covariables (Martínez y col., 2004).

En Ecuador, se reporta en el 2021 una superficie plantada de 1997 hectáreas de tomate de árbol distribuidas principalmente en las provincias de Tungurahua, Imbabura, Azuay, Pichincha, Carchi, Bolívar, Cotopaxi y Loja. Encuesta de Superficie y producción Agropecuaria. (INEC, 2021).

El bajo porcentaje de cuajado, es causante de bajos rendimientos y calidad del fruto en el cultivo de tomate. El control de la caída de flores e incremento del cuajado permitirá incrementar los rendimientos para favorecer de esta manera, los ingresos económicos de los agricultores dedicados a este cultivo.

La aplicación o el uso de fitohormonas y fosfitos son alternativas que permiten sobrellevar las deficiencias

nutricionales que tienen los suelos de este sector, aportando suplemento adicional que mejoraría ciertas condiciones adversas al desarrollo del cultivo. Además, se lograría regular algunos eventos o procesos fisiológicos específicos como: crecimiento de la planta, amarre de flores, crecimiento y maduración de fruto, caída de hoja flores y frutos.

Al realizar un manejo técnico y adecuado del cultivo de tomate de árbol, aplicando nuevas alternativas de fertilización foliar como fitohormonas y fosfitos, se logra que la planta sea más resistente al ataque de plagas, enfermedades y factores climáticos y se disminuye la caída de las flores, aumentando el cuajado de frutos y el rendimiento al momento de la cosecha.

Al ir disminuyendo los costos de producción y aumentando la calidad de los frutos mediante la utilización de fertilizantes adecuados, se logra que los agricultores tengan más ganancias y se evita que abandonen el campo mejorando la calidad de vida. Adicionalmente se disminuye el uso de agroquímicos sintéticos y de gran residualidad.

En la investigación que realizó (Chicaiza, 2014); en la Universidad Técnica de Cotopaxi, evaluó tres sistemas de tutorado, con la aplicación de dos fertilizantes foliares a base de Calcio y Boro; para disminuir el aborto de flores y frutos en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav). El bioestimulante que generó mejor respuesta fue Calcio y Boro en las variables: número de flores por racimo con 17,18; 12,65 y 10,62 a los 15, 30 y 45 días respectivamente, número de frutos por racimo con 4,91; 3,62 y 3,03 a los 60, 75 y 90 días.

En la investigación de (González, 2015). Se utilizó el híbrido de pimiento Quetzal y los tratamientos fueron la aplicación vía foliar de cinco dosis de fosfito de potasio (0; 1,5; 3,0; 4,5 y 6,0 l/ha), se hizo la aplicación cada 0, 15 y 30 días después del trasplante. Se concluyó que las dosis óptimas fisiológicas y económicas fueron de 1,78 l/ha cada una, distribuidas en tres aplicaciones a los 0, 15 y 30 días después del trasplante. El tratamiento con 1,5 l/ha presentó los mayores promedios en número de flores y número de frutos.

En el trabajo que realizó (Martínez, 2012), en el cultivo de tomate de árbol, evaluó la respuesta de cinco biorreguladores y un testigo probados a diferentes dosis con los siguientes tratamientos: Esteroides (Brassinolinas) a tres dosis: T1 (0,05 g.L-1), T2 (0,1 g.L-1) y T3 (0,15 g.L-1); Giberelinas (New Gibb) a tres dosis T4 (1,00 g.L-1), T5 (2,00 g.L-1) y T6 (3,00 g.L-1); Auxinas (Hormonagro A.N.A) a una dosis T7 (0,25 mL.L-1); Citoquininas

(Cytokín) a una dosis T8 (1,25 mL.L-1). El testigo que utilizan los agricultores, en base a Biohormonas

y micronutrientes. Se concluyó que la mejor época para la aplicación de los productos fue tanto a flor cerrada como a flor abierta. Con la aplicación de Brassinolinas T1 (0,05 g.L-1) y T2 (0,10 g.L-1) se obtuvieron mejores respuestas fisiológicas en variables de interés como son número de frutos cuajados y porcentaje de amarre.

2. Sección Experimental

2.1 Materiales

El experimento se localizó a una altitud de 2981 msnm con temperaturas promedio de 12. 32° C, latitud 00°36'32" N, Longitud 77°49'23" W en el sector Cumbaltar, ciudad de San Gabriel, Provincia del Carchi, Ecuador.

Como unidad experimental se tomaron cuatro árboles y se planificaron 12 tratamientos. El área donde se realizó el ensayo fue de 576 m². El total de plantas por cada bloque o repetición fue de 48 plantas con tres repeticiones, se necesitaron 144 plantas para la realización de la investigación.

El cultivo de tomate estaba en etapa fisiológica de producción, con diferentes niveles de floración (flor abierta, flor cerrada y frutos cuajados) en una misma planta. En cada planta se marcó: 1) un ramillete que estuviese más el 50% de las flores cerradas, 2) otro ramillete con más del 50% de las flores abiertas y 3) otro ramillete con flores cerradas y abiertas y frutos cuajados. Se aplicaron los tratamientos a toda la planta por aspersión.

La muestra estuvo compuesta por un ramillete floral de cada planta. Cada ramillete se marcó con diferentes colores y en cada planta se escogió; un ramillete con flores abiertas (amarillo), otro con flores cerradas (azul) y otro con frutos cuajados (rojo). Se contó el número de flores inicialmente existente en cada ramillete escogido.

2.2 Métodos

Se instaló el ensayo con Diseño de Bloque Completos al Azar con dos factores en un arreglo factorial 4x3 con un total de 12 tratamientos. Los factores fueron fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas, más un testigo absoluto) y fosfitos (fosfito de Potasio, fosfito de Calcio y Boro y un testigo absoluto) considerando la pendiente como factor de bloqueo, esto es para control de este efecto. Los factores considerados fueron:

Factor 1; Fitohormonas: Son sustancias químicas que se sintetizan en un lugar específico de la planta y actúan a muy bajas concentraciones, regulando el metabolismo, crecimiento y desarrollo de la misma. (Núñez, 2015) Las dosis empleadas fueron: Auxinas,

1,5 cc; Citoquininas, 3 cc; Giberelinas, 12 cc; todas disueltas en 2.4 litros de agua, por aspersión directa a todas las 12 plantas.

Factor 2; Fosfitos: Son compuestos que se derivan del ácido fosforoso utilizados como alternativa para control de organismos fitoparásitos (Yanez y col., 2018). Las dosis utilizadas fueron: Fosfito de Potasio, 6 cc; Fosfito de Calcio y Boro 6 cc en 2,4 litros de agua, por aspersión directa a todas las 12 plantas.

La aplicación de los tratamientos fue fraccionada y se realizó cada 15 días por tres ocasiones consecutivas. Se realizó el conteo de flores en los ramilletes marcados al inicio del ensayo y se realizó la primera aplicación fraccionada de los tratamientos. A los 15 días de la primera aplicación se realizó la primera toma de datos, 15 días después y antes de la segunda aplicación de los tratamientos se realizó el conteo de flores en los ramilletes marcados, y a los 15 días posteriores la tercera aplicación de los tratamientos. A 60 días de iniciada la aplicación quincenal de los tratamientos, se determinó el porcentaje de fructificación en relación al número de flores existentes en el primer conteo de flores.

Las variables a evaluar fueron número de flores en los ramilletes marcados, en los dos muestreos contados 15 días después de la aplicación de los tratamientos y el porcentaje de fructificación a los dos meses del inicio de la aplicación de los tratamientos.

El porcentaje de flores caídas se calculó con la ecuación:

$$\% \text{ Flores caídas} = \frac{\text{número inicial de flores} - \text{número final de flores}}{\text{número inicial de flores}} \times 100$$

El porcentaje de fructificación se calculó con la ecuación:

$$\% \text{ Fructificación} = \frac{\text{número de frutos cuajados}}{\text{número inicial de flores}} \times 100$$

En experimentos de campo se puede encontrar con una variable no controlable llamada covariable o variable concomitante, es ahí donde el uso del ANACOVA nos ayuda a obtener resultados más precisos. El modelo matemático utilizado para combinar ambos procedimientos ANOVA y Regresión Lineal, se conoce como modelo

ANACOVA es útil para clasificaciones bidireccionales.

Para el análisis de la base de datos del presente experimento, se utilizó el análisis de Covarianza (ANACOVA) con el objetivo de determinar diferencias estadísticas entre tratamientos y para la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significación de 0,05; con un ajuste por el número de flores inicialmente existentes en cada ramillete. La descripción de los tratamientos se presenta en la tabla 1, y el esquema del ANACOVA en la tabla 2.

Tabla 1. Tratamientos a evaluar

TRATAMIENTOS	Factor 1	Factor 2
T1	Auxinas	Testigo
T2	Citoquininas	Testigo
T3	Giberelinas	Testigo
T4	Testigo	Fosfito de K
T5	Testigo	Fosfito de Ca y B
T6	Auxinas	Fosfito de K
T7	Citoquininas	Fosfito de K
T8	Giberelinas	Fosfito de K
T9	Auxinas	Fosfito de Ca y B
T10	Citoquininas	Fosfito de Ca y B
T11	Giberelinas	Fosfito de Ca y B
T12	Testigo	Testigo

Tabla 2. Esquema del Análisis de Covarianza

F de V	GL	SC	CM	F	P
Fosfito	2				
Hormona	3				
Rep	2				
Hormona * fosfito	6				
Número inicial de flores	1				
Error	129				
Total	143				

En el presente trabajo hemos utilizado como covariable el número de flores inicial en el ramillete, permitiendo estandarizar este factor entre las plantas. La toma de esta lectura se realizó antes de iniciar los tratamientos y es el referente para obtener el porcentaje de flor caída y el porcentaje de fructificación.

En la parte agrícola, y en la investigación de cultivos, se necesita probar los auténticos resultados de los tratamientos y las auténticas divergencias entre tratamientos. La reducción del error se conoce como análisis de covarianza (ANCOVA). (Yang & Juskiw, 2011).

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k(j) + G_i + (GA)_{ij} + \beta(X_{ijk} - \bar{X}..) + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Media del porcentaje de fructificación por planta para cada unidad experimental del i-ésimo tratamiento de fitohormona obtenido en el j-ésimo tratamiento de fosfito y el k-ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general.

A_j = Efecto del j-ésimo tratamiento del fosfito

$B_k(j)$ = Efecto del k-ésimo bloque o repetición dentro de cada ambiente.

G_i = Efecto del i-ésimo tratamiento de la fitohormona.

$(GA)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento de fitohormona y el j-ésimo tratamiento de fosfito.

β = Coeficiente de regresión q relaciona Y_{ijk} con la covariable de X_{ijk} . Número de flor inicial en el ramillete antes de los tratamientos por unidad experimental (Covariable).

e_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental asociado al i-ésimo tratamiento de fitohormonas en

el j-ésimo tratamiento de fosfitos y el K-ésimo bloque.

Las covariables confiables son aquellas que se toman antes de aplicar los tratamientos y están exentos de los resultados de los tratamientos, como el análisis del suelo y los efectos residuales de los tratamientos aplicados en el pasado (Mahmood et al., 2007).

2. Resultados y Conclusiones

En la todos los casos el ajuste por la covariable fue necesario ($p < 0,05$), indicando que el número de flores existentes dependía del número de flores inicialmente presentes en el ramillete. Por lo tanto, los promedios comparados por la prueba de Tukey estaban ajustados por la covariable. Solo hubo interacción entre los dos factores evaluados (Hormona * Fosfito) en un caso, por lo tanto, la mayoría de veces los dos factores actuaron independientemente. Tanto el bloqueo como el análisis de covarianza se aplican para reducir el error experimental, pero son diferentes entre sí (Mahmood et al., 2007).

A. Análisis ramilletes con todas las flores cerradas en la aplicación de los tratamientos

A los 15 días de la primera aplicación de los tratamientos, en ramilletes que iniciaron con flores cerradas se contaron las flores en los ramilletes que constituían la unidad experimental, el ANACOVA no mostró diferencia entre Fosfitos ($p = 0,419$) pero si entre las Hormonas ($p = 0,010$) (tabla 3), siendo el testigo el de mayor número promedio de flores (tabla 4).

Tabla 3. Resumen ANACOVA en ramilletes con todas las flores cerradas en las diferentes épocas de aplicación de los tratamientos.

FUENTES	Gl	15 DIAS	30 DIAS	%Fr
Fosfito	2	0,419	0,786	0,150
Hormona	3	0,010	0,021	0,005
Rep	2	0,854	0,948	0,481
Fosfito*	6	0,697	0,654	0,582
Hormona				
Cov	1	0,000	0,000	0,000
Error	129			
Total	143			

A la segunda aplicación de los tratamientos, se evidenció la misma situación; el factor Fosfito no presentó diferencias significativas ($p = 0,786$) y hubo diferencias entre Hormonas ($p = 0,021$) (tabla 3); con el testigo con mayor número promedio de flores y la auxina fue la Hormona que tuvo menor cantidad de flores (tablas 4-5).

Tabla 4. Prueba de medias de Tukey para número de flores a los 15 días de la primera aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con flores cerradas.

Hormonas		Fosfitos	
Testigo	18,57A	Testigo	18,19A
Citoquininas	18,11AB	Fosfito de K	17,95A
Giberelinas	18,10AB	Fosfito de Ca y B	17,34A
Auxinas	16,10 B		
MG	17,71	CV	18,92%

Tabla 5. Prueba de medias de Tukey para número de flores a la segunda aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con flores cerradas.

Hormonas		Fosfitos	
Testigo	13,20A	Testigo	12,08 A
Giberelinas	12,59AB	Fosfito de K	11,52 A
Citoquininas	11,23AB	Fosfito de Ca y B	11,96 A
Auxinas	10,44B		
MG	11,86	CV	34,72%

El porcentaje de fructificación se midió a los 60 días después de la primera aplicación de los tratamientos, el factor fosfito no presentó diferencias significativas ($p = 0,150$), pero si hubo diferencias entre hormonas ($p = 0,005$) (tabla 3). Las giberelinas y citoquininas presentaron diferencias con respecto al resto y tiene mayor promedio; sin embargo, a este punto había

muchas flores en el ramillete que posterior a esta fecha desarrollaron frutos. El porcentaje general de cuajado de frutos en relación al número inicial de flores, a los 60 días del inicio del ensayo fue de 7,56% (tabla 6).

Tabla 6. Prueba de medias de Tukey para porcentaje de fructificación a los 60 días de la primera aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con flores cerradas.

Hormonas		Fosfitos	
Giberelinas	8,71% A	Testigo	6,93% A
Citoquininas	8,11% A	Fosfito de K	7,43% A
Testigo	7,68% AB	Fosfito de Ca y B	8,33% A
Auxinas	5,77% B		
MG	7,56%	CV	47,09 %

B. Análisis ramilletes con todas abiertas en la aplicación de los tratamientos.

Tabla 7. Resumen ANACOVA en ramilletes con todas las flores abiertas en las diferentes épocas de aplicación de los tratamientos

FUENTES	DF	15 DIAS	30 DIAS	% FRUCTIFICACION
FOSFITO	2	0,516	0,521	0,667
HORMON A	3	0,017	0,004	0,493
REP	2	0,213	0,544	0,001
FOSFITO* HORMON A	6	0,217	0,220	0,117
COVARIA BLE	1	0,000	0,000	0,000
ERROR	129			
TOTAL	143			

A los 15 días de la primera aplicación de los tratamientos, en ramilletes que iniciaron con flores abiertas; el ANACOVA no mostró diferencias estadísticamente significativas entre fosfitos ($p=0,516$) pero si entre las hormonas ($p=0,017$) (tabla 7), siendo las citoquininas las de mayor número promedio de flores seguidas por las giberelinas. Las auxinas y el testigo muestran menores promedios (tabla 8).

A la segunda aplicación de los tratamientos, se evidenció que el factor fosfito no presentó diferencias significativas ($p=0,521$) y hubo diferencias entre hormonas ($p=0,000$) (tabla 9) siendo las citoquinina y giberelinas las mejores con igual promedio (tabla 9). Según Revelo, (Revelo et al., 2004). Indicaron que, en el cultivo de tomate de árbol, el uso directo de ácido giberélico sobre los ramilletes florales en flor abierta, mejora la producción hasta en dos frutos por racimo floral. Ellos también establecieron que cada planta a los tres meses de iniciada la primera floración cuenta con un promedio de cuatro a cinco racimos, cada uno con 35 a 36 flores.

Núñez (2015), concluyó que el uso de fitohormonas tiene una influencia significativa en el número de racimos florales en el cultivo de mora. Resultado que concuerda con Coloma (2017), quien mediante la aplicación de ácido giberélico más citoquinina alcanzó mayor promedio flores fecundadas por planta en el cultivo de maracuyá

Tabla 8. Prueba de medias de Tukey para número de flores a los 15 días de la primera aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con flores abiertas.

Hormonas		Fosfitos	
Citoquininas	25,24A	Fosfito de K	24,03A
Giberelinas	23,91AB	Fosfito de Ca y B	23,40A
Auxinas	22,49 B	Testigo	22,94A
Testigo	22,28 B		
MG	23,47	CV	18,70%

Tabla 9. Prueba de medias de Tukey para número de flores a la segunda aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con flores abiertas

Hormonas		Fosfitos	
Citoquininas	19,29A	Fosfito de K	18,41A
Giberelinas	19,29A	Fosfito de Ca y B	17,85A
Testigo	17,77AB	Testigo	16,97A
Auxinas	14,65B		
MG	17,75	CV	34,17%

A los 60 días, se midió el porcentaje de fructificación, El factor fosfito no presentó diferencias significativas en porcentaje de fructificación ($p=0,667$) y no hubo diferencias entre hormonas ($p=0,493$) (tabla 7); a este punto había muchas flores en el ramillete que posterior a esta fecha desarrollaron frutos. El porcentaje general de cuajado de frutos a los 60 días del inicio del ensayo fue de 6,35%, este valor es inferior al caso en el que la aplicación de los tratamientos se inició con ramilletes con flores cerradas (tabla 10).

Tabla 10. Prueba de medias de Tukey para porcentaje de fructificación a los 60 días de la primera aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con flores abiertas.

Hormonas		Fosfitos	
Giberelinas	7,06% A	Fosfito de K	6,74% A
Testigo	6,35% A	Testigo	6,26% A
Citoquininas	6,34% A	Fosfito de Ca y B	6,04% A
Auxinas	5,65% A		
MG	6,35%	CV	60,60%

C. Análisis de ramilletes con presencia de frutos cuajados en la aplicación de los tratamientos

Tabla 11. Resumen ANACOVA ramilletes con frutos cuajados, en las diferentes épocas de aplicación de los tratamientos.

				%
FUENTES	DF	15 DIAS	30 DIAS	FRUCTIFICACION
FOSFITO	2	0,261	0,050	0,200
HORMONA	3	0,022	0,000	0,847
REP	2	0,047	0,637	0,116
FOSFITO*				
HORMONA	6	0,005	0,106	0,966
COVARIABLE	1	0,000	0,000	0,005
ERROR	129			
TOTAL	143			

A los 15 días de la primera aplicación de los tratamientos, en ramilletes que iniciaron con frutos cuajados, se contaron las flores en los ramilletes que constituían la unidad experimental y el ANACOVA mostró diferencias en la interacción Fosfito*Hormona ($p=0,005$) (tabla 11); siendo donde solo se aplicó Fosfito de K, el de mayor número promedio de flores (tabla 12). Aunque no difiere del tratamiento donde se aplicó fosfito de Ca y B + Giberelinas e igual al tratamiento donde se aplicó Fosfito de K + Giberelinas, en este caso por simplicidad se recomienda la aplicación de solo fosfito de K.

A la segunda aplicación de los tratamientos, cambió la situación; tanto el factor fosfito como hormonas presentaron diferencias significativas; ($p=0,05$ y $0,000$ respectivamente) (tabla 11). De las hormonas, el testigo obtuvo promedio más alto, aunque igual a la giberelina y a la citoquinina, la auxina obtuvo menor cantidad de flores (tabla 13).

Tabla 12. Prueba de medias de Tukey para número de flores a los 15 días de la primera aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con frutos cuajados

Fosfitos	Hormonas	
Fosfito de K	Testigo	27,01A
Fosfito CaB	Giberelinas	25,49A
Fosfito de K	Giberelinas	25,31A
Fosfito CaB	Citoquininas	24,86A
Testigo	Citoquininas	24,40AB
Testigo	Auxinas	24,10AB
Testigo	Testigo	23,61AB
Fosfito de K	Citoquininas	23,00AB
Testigo	Giberelinas	22,43AB
Fosfito CaB	Testigo	21,91AB
Fosfito K	Auxinas	21,78AB
Fosfito CaB	Auxinas	19,18B
MG		23,59
CV		17,87%

Tabla 13. Prueba de medias de Tukey para número de flores a la segunda aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con frutos cuajados

Hormonas		Fosfitos	
Testigo	24,33A	Testigo	23,86A
Giberelinas	23,38A	Fosfito de K	22,40AB
Citoquininas	22,84A	Fosfito de Ca y B	21,12B
Auxinas	19,32B		
MG	22,47	CV	24,24%

A los 60 días, ni el factor fosfito ni el factor hormonas presentaron diferencias estadísticamente significativas en porcentaje de fructificación ($p=0,200$ y $0,847$ respectivamente) (tabla 11). El porcentaje general de cuajado de frutos a los 60 días

del inicio del ensayo fue de 4,98% (tabla 14) con un CV mayor al 100% indicando mucha variabilidad, es visible que en esta etapa no es recomendable la aplicación de los tratamientos a evaluar ya que el testigo tiene el mismo promedio, además el porcentaje de cuajado es el más bajo que en las otras etapas. Cabe destacar que se tiene mucha variabilidad, esto se debe a que hay un alto número de plantas con ningún fruto cuajado. (Tabla 14).

Tabla 14. Prueba de medias de Tukey para porcentaje de fructificación a los 60 días de la primera aplicación de los tratamientos en ramilletes que iniciaron con frutos cuajados

Hormonas		Fosfitos	
Giberelinas	5,45% A	Fosfito CaB	5,89% A
Auxinas	5,24% A	Testigo	5,03% A
Citoquininas	4,67% A	Fosfito de K	4,01% A
Testigo	4,55% A		
MG	4,98%	CV	101%

D: Análisis de Flores caídas y fructificación

Cuando se aplicaron los tratamientos iniciando con flores cerradas, hubo una dramática disminución del número de flores a los 15 días (de 24,19 a 17,71 flores en promedio) y continuó a los 30 días disminuyendo a 11,86 flores en promedio, evidenciándose un 50,97% de flores caídas. Cuando se aplicaron los tratamientos iniciando con flores abiertas, a los 30 días hubo 38,68% de flores caídas, este valor es inferior al obtenido con flores cerradas.

Cuando se aplicaron los tratamientos en ramilletes con frutos cuajados hubo 10,41% de flores caídas lo cual está muy por debajo de los otros dos casos, incluso en algunos tratamientos se formaron más flores que las inicialmente existían. Se evidencia que, al aplicar los tratamientos en presencia de frutos cuajados, las plantas tienden a mantener las flores y se disminuyen los abortos.

Como se observa en la figura 1. El mayor porcentaje de flores caídas se encuentra en la época de flor cerrada y flor abierta, debido a que son etapas tempranas en donde aún no se sostienen dichas flores, al contrario de fruto cuajado.

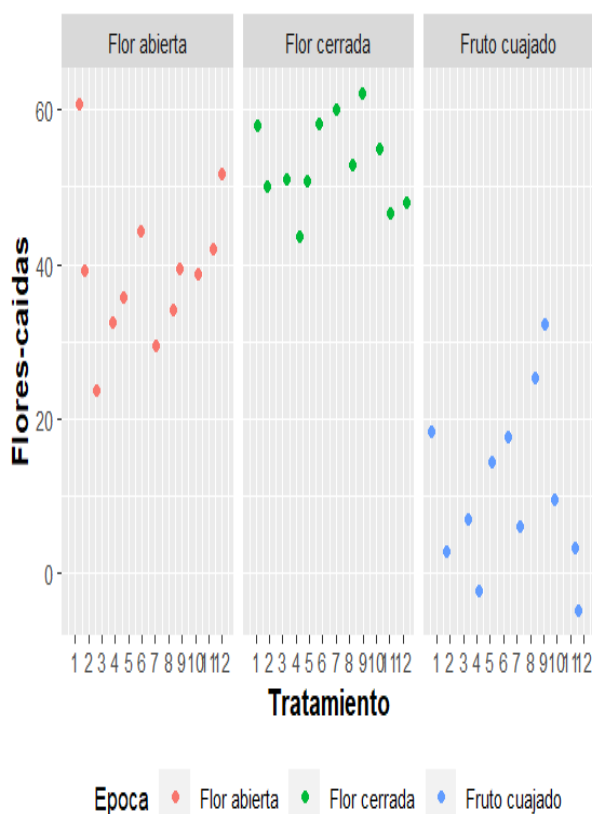


Figura 1. Porcentaje de flores caídas

En la figura 2. Se observa un mayor porcentaje de fructificación en las épocas de flor cerrada y abierta tal como se evidencia en el trabajo que realizó (Valencia Martínez, 2012), en el cual se concluyó que la mejor época para la aplicación de los productos fue tanto a flor cerrada como a flor abierta.

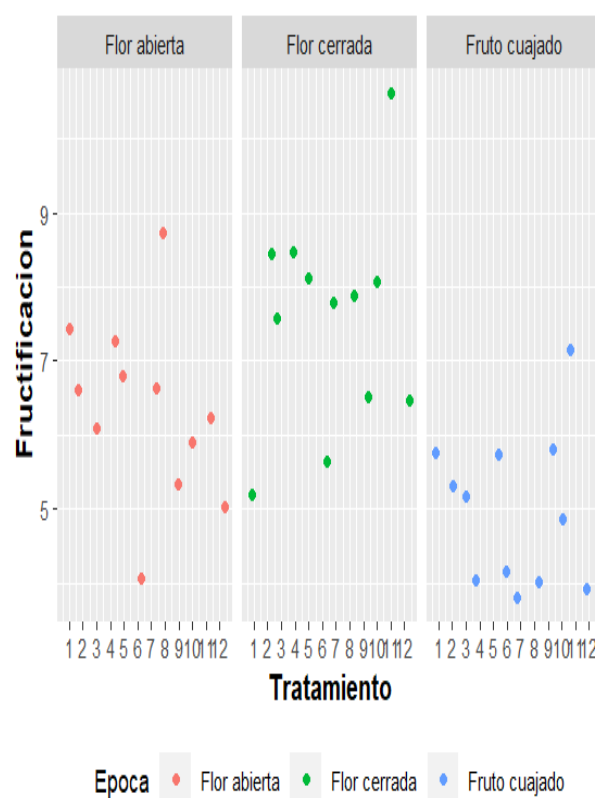


Figura 2. Porcentaje de fructificación

En todos los tratamientos el ajuste por covarianza fue necesario, indicando que tanto el número de flores a los 30 y 60 días de aplicados los tratamientos depende del número de flores existentes iniciales. El porcentaje de fructificación también es necesario ajustar por la covariable en todas etapas de aplicación de los tratamientos.

En los factores Hormonas y Fosfitos, hubo interacción en un caso, por lo tanto, la mayoría de veces los dos factores actuaron independientemente. Cuando la mayoría de flores están cerradas, se recomienda aplicar Giberelinas o Citoquininas, ya que ayudan a una mayor fructificación.

Cuando la mayoría de flores están abiertas se recomienda el uso de Giberelinas o Citoquininas ya que evita la caída en la primera aplicación.

En la etapa de aplicación donde existen frutos cuajados, se recomienda aplicar fosfito de potasio por la disminución de la caída de flores en su primera aplicación.

De las tres etapas evaluadas la aplicación de los tratamientos en la etapa de flor cerrada es la más recomendable y particularmente aplicando el tratamiento 11, con la aplicación de Giberelinas y Fosfito de Ca y B.

Referencias

- Martínez, Ricardo y Castillo, Judith (2004). El análisis de covarianza en la experimentación en palma de aceite. *Palmas*, 25(3), Article 3.
- Núñez, Camino M. P. (2015). *Evaluación de dos fitohormonas en el cultivo de mora de castilla (Rubus glaucus Benth) para incrementar su producción*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/16210>.
- INEC. (2021). INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS hectareas de siembra en Ecuador tomate de arbol 2021—HPTT//INEC.gov.ec
- González, F. E. (2015). *Evaluación agronómica del híbrido de pimiento Quetzal Capsicum annum L. Con aplicaciones de cinco niveles de fosfito de potasio*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7351>
- Khammar, A., Yarahmadi, M., & Madadzadeh, F. (2020). What Is Analysis of Covariance (ANCOVA) and How to Correctly Report its Results in Medical Research? *Iranian Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.18502/ijph.v49i5.3227>
- Londoño, G. C. (2013). *El Análisis de Covarianza como Mecanismo de Control de Factores de Confusión* (N.º 66). 66, Article 66.
- Mahmood, Z., Jan, B., Hussain, Z., & Idrees, M. (2007). Adjustment of the treatment effects by controlling covariates in agricultural research. 23(2).
- Nolasco, Andreu. (2020). RUA: Análisis de datos continuos. Modelos de Análisis de la Varianza y de la Covarianza. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/113344>
- Valencia Martínez, E. J. (2012). *Evaluación del efecto de biorreguladores para mejorar el amarre, rendimiento y calidad del fruto en tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) cultivar anaranjado gigante*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/6067>
- Yang, R.-C., & Juskiw, P. (2011). Analysis of covariance in agronomy and crop research. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(4), 621-641. <https://doi.org/10.4141/cjps2010-032>
- Yáñez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A., Ayala-Tafoya, F., Partida-Ruvalcaba, L., Zúñiga-Alcaraz, T. de J., Medina-López, R., Yáñez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A., Ayala-Tafoya, F., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. de J., & Medina-López, R. (2018). Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), Article 1. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1710-7>
- Zapata Chicaiza, A. C. (2014). *Evaluación de tres sistemas de tutorado con la aplicación de dos fertilizantes foliares a base de ca y b, para disminuir el aborto de flores y frutos en el cultivo de tomate de árbol (solanum betaceum) en Isinche-Pujili, Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2559>.

Recibido: 29 marzo del 2023

Aceptado: 22 julio del 2023

Rubio, Rober: Ingeniero Agrónomo, egresado de la Universidad de Nariño. Candidato a MSc. En Estadística Aplicada.

 <https://orcid.org/0009-0004-9982-222X>

García, Judith: Ingeniera Agrícola, Magíster en Ciencias por la Universidad del Estado de Kansas, PhD en Ciencias Agrícolas de la Universidad Central de Venezuela.

Correo electrónico: judithj.garcia@upec.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0003-0254-3626>