



Evaluación del desarrollo del Café Var. Costa Rica 95 (Coffea Arabica) en fase viveros en la Zona Sur de San Luis Potosí

Evaluation of the development of the Coffee variety Costa Rica 95 (Coffea Arabica) in the nursery phase in the South Zone of San Luis Potosí

Gaudencio Antonio-Benito¹, Bernardino Ávila-Martínez¹, Mariela-Lizeth Martínez-Hernández¹

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS Tamazunchale, San Luis Potosí, México.

Recibido: 27-09-2022
Aceptado: 05-12-2022

Autor correspondal: gaussjordan15@gmail.com

Resumen

Actualmente en México se utilizan técnicas sofisticadas y costosas para el cultivo de café (*Coffea Arabica*), sin embargo, para muchos caficultores les es imposible la adquisición de estos paquetes tecnológicos por lo que quedan en desventaja económica ante el mercado. En la Zona Sur del estado de San Luis Potosí, llamada Huasteca Potosina el 90% de los caficultores realizan sus prácticas de cultivo y producción de café de forma artesanal; dado este fenómeno, es importante realizar investigaciones que coadyuven al mejoramiento del cultivo en sus diversas fases, germinación, vivero, trasplante y siembra del café a fin de tener una buena aceptación en el mercado. El presente trabajo de investigación evalúa el crecimiento y desarrollo de almácigos de café de la variedad café Costa Rica 95 analizando tres variables de respuesta, número de hojas, grosor del tallo y altura de la planta de mediante un Diseño de Experimentos de Bloques al Azar (DEBA), también se realizaron pruebas estadísticas Tukey, Fisher y Dunnett para comprobar la variación promedio de las variables de respuesta y analizar el efecto en el desarrollo de las plantas de café. El experimento se realizó en viveros elaborados de forma artesanal en las diferentes regiones (comunidades) de la Zona Sur del Estado de San Luis Potosí; se desarrollaron cuatro tratamientos más un testigo, cuatro bloques y veinte repeticiones por bloque, teniendo un total de cien bolsas para la medición experimental por vivero, para los tratamientos se consideraron micorriza, composta, leonardita y guano de murciélago.

Palabras clave: Café, Costa Rica 95, Diseño de Experimentos, Bloques-Tratamientos, Vivero.

Abstract

Currently in Mexico, sophisticated and expensive techniques are used to grow coffee (*Coffea Arabica*), however, for many coffee growers it is impossible for them to acquire these technological packages, which is why they are at an economic disadvantage in the market. In the Southern Zone of the state of San Luis Potosí, called the Huasteca Potosina, 90% of coffee growers carry out their cultivation and coffee production practices in an artisanal way; Given this phenomenon, it is important to carry out research that contributes to the improvement of the crop in its various phases, germination, nursery, transplant and planting of coffee in order to have a good acceptance in the market. The present research work evaluates the growth and development of coffee seedlings of the Costa Rica 95 coffee variety by analyzing three response variables, number of leaves, thickness of the stem and height of the plant through a Design of Random Block Experiments (DEBA), Tukey, Fisher and Dunnett statistical tests were also performed to check the average variation of the response variables and analyze the effect on the development of coffee plants. The experiment was carried out in nurseries made in an artisanal way

in the different regions (communities) of the South Zone of the State of San Luis Potosí; four treatments plus a control, four blocks and twenty repetitions per block were developed, having a total of one hundred bags for the experimental measurement per nursery, for the treatments mycorrhiza, compost, leonardite and bat guano were considered.

Keywords: Coffee, Costa Rica 95, Design of Experiments, Blocks-Treatments, Nursery.

Introducción

La producción de café en el estado de San Luis Potosí México ha sido siempre importante e incluso muchas familias lo hacen solo para el autoconsumo, sin embargo, cuando el caficultor decide vender el café al mercado, este es aceptado a un precio muy bajo, es claro que esta desventaja económica se debe a la baja calidad del café; según Puerta (2013), la calidad del café depende de los cuidados y las prácticas que siguen inicialmente los caficultores hasta llegar a los tostadores.

De acuerdo a Torres (2022), San Luis Potosí no figura entre los principales estados productores de café en México, pues alcanza un volumen de producción de 9542 toneladas, el estado con menor volumen de producción es Querétaro, con 24.36 toneladas, un estudio en la Huasteca Potosina menciona que las altas temperaturas y la radiación provoca estrés en la planta de café, causando amarillamiento de hojas y defoliación, acelerando el envejecimiento de la planta y reduciendo su etapa productiva, sin embargo, se han iniciado prácticas como cosechar el fruto completamente maduro y evitar frutos verdes para un mejor despulpado, evitar largos periodos de reposo en tinas donde se produce el fermentado, además del uso de zarandas o piso de concreto limpio para el proceso de secado (Vargas y Ávila, 2022).

Por otro lado, es importante mencionar que el caficultor muestra incertidumbre en la comercialización del café, esto es porque la intervención gubernamental en el campo cafetalero ha hecho que se manejen políticas de producción y comercialización que muchas veces no beneficia directamente al productor (Guillen, Valdés, Aguayo y Lirios, 2017).

La investigación se realizó en la Zona Sur del Estado de San Luis Potosí conocido como Región Huasteca Potosina, se realizaron los experimentos fueron en las comunidades con sierras más altas del municipio de Tamazunchale, Matlapa y Xilitla, caracterizado por su clima cálido húmedo y bosque tropical. El desarrollo del café en estas comunidades es artesanal, los viveros se realizan en las mismas parcelas con mayas de palos unidos de hojarasca y sobras de hoja de plátano, siendo el ultimo una variante entre otros tipos de plantas que apoyen a reducción de los rayos del sol directamente en las plantas de café, no se utilizan fertilizantes, compostas, ni sustratos que apoyen al crecimiento de las plantas, demás, la elaboración de los viveros se realiza en los meses junio, julio y agosto.

Se observa que los viveros al elaborarse en terrenos con inclinación pronunciada, sin ninguna técnica de terraseo, provoca que se erosionen y el 30% de las plantas no lleguen a desarrollarse adecuadamente. La calidad fisiológica de plántulas en fase de vivero es un aspecto fundamental para garantizar la adaptación y sobrevivencia al estrés post-trasplante en campo definitivo (Cargua, 2022), en referencia a lo anterior, hay investigaciones que analizan el crecimiento del café en fase vivero como es el desarrollo de la plántula con diferente bolsa (Martínez, 2021), otros, el efecto de la asociación de café – aguacate en la dinámica de carbono y nitrógeno y su multifuncionalidad (Ayala, 2021), la incidencia de tres fertilizantes aplicados a plántulas en etapa de vivero de café arábigo (*coffea arábica*) Sarchimor identificando el comportamiento agronómico de plántulas utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar (Villamar, 2022), otras investigaciones evalúan la eficacia de la aplicación de nematicidas biológicos y químicos en el cultivo de café a nivel de vivero utilizando el diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar (Regalado, 02021).

Por lo anterior en esta investigación se utiliza un diseño de bloques aleatorizados el cual es un diseño frecuentemente utilizado para minimizar el efecto de la variabilidad cuando se asocia con unidades discretas (por ejemplo, ubicación, operador, planta, lote, tiempo). El caso usual consiste en distribuir aleatoriamente una réplica de cada combinación de tratamientos dentro de cada bloque.

Cuando se quieren comparar ciertos tratamientos o estudiar el efecto de un factor, es deseable que las posibles diferencias se deban principalmente al factor de interés y no a otros factores que no se consideran en el estudio (Gutierrez, 2008). El análisis comparativo de cada tratamiento es usado frecuentemente en investigaciones que involucren aspectos agrícolas, los procedimientos comparativos son realizados por los métodos Tukey, Duncan y Dunnett (López y González, 2014). La prueba de Duncan indica resultados significativos en casos en que la prueba de Tukey no permite obtener significancia estadística. Tal como la prueba de Tukey, la de Duncan exige, para ser exacto, que todos los tratamientos tengan el mismo número de repeticiones (Dominguez y Castaño, 2010).

Materiales y métodos

Diagnóstico de la situación actual en la plantación del café en la región

En la etapa de germinación los caficultores deben de seleccionar semillas de distintas variedades de café para después establecer un espacio de sus respectivos terrenos y hacer el preparativo de la tierra para los viveros, sin embargo, durante los últimos 4 años los caficultores han establecido que seleccionar una sola variedad es lo más adecuado y se aseguran de este modo no haya diferencia entre las plántulas de café. Actualmente se siembra la café variedad Costa Rica 95, por lo que la investigación utiliza esta variedad

para el análisis de la siembra. Se ha observado que las plantas germinan entre 55 a 75 días, dependiendo de la variedad de café y luego los dejan entre cinco a seis meses en el vivero.

Al menos en toda la Zona Sur del Estado de San Luis Potosí los caficultores no utilizan germinadores, solo utilizan viveros construidos de forma artesanal en las mismas parcelas, el tipo de material que se utiliza para la construcción de los viveros se obtienen directamente de las parcelas. Según lo observado por cada kilogramo de semilla contiene entre 2500 a 3000 semillas, de esa cantidad germinan aproximadamente 2000 chapolas cuando el porcentaje de germinación es de 70%, también se estima que el 15% de las plantas germinadas salen deformes, con raíz bífida, cuello de cisne o cola de puerco y 15% más por las que no germinan. El tiempo de permanencia de las plantas en el vivero va a depender del tipo de manejo y del tamaño de la bolsa que se utilice, por ejemplo, si se usan abonos orgánicos, estos aceleran los procesos vegetativos y las plantas crecerán más rápido. Por otro lado, si se usan bolsas plásticas de poco tamaño, las plantas se deben trasplantar lo más rápido posible al terreno para que no se enrollen las raíces; las bolsas utilizadas fueron de polietileno negro con dimensiones de 14 cm x 25 cm dado que son adecuadas para que la raíz no presente enrollamiento debido a un espacio reducido.

Determinación de fertilizantes

Leornadita. Se usó una disolución al 0.01% equivalente a 10 gramos por cada kilogramo de tierra utilizado esto según las especificaciones del fabricante que recomienda usar esta cantidad de material para evitar una sobredosis o falta de nutrientes.

Guano de murciélago. Para este fertilizante se usó una disolución al 0.01% equivalente a 10 ml, que será usado en proporción a un kilogramo de tierra evitando una sobredosis de nutrientes esto por recomendación del fabricante.

Micorrizas. El fertilizante fue utilizado con una disolución al 0.01% que es equivalente a 10 gramos de producto por cada kilogramo de tierra, evitando una sobredosis que puede influir de, manera negativa al desarrollo de las plántulas de café, esto dado por el fabricante y especificado en las indicaciones de uso.

Composta. La composta fue elaborada manualmente utilizando hojarasca seca al 42.85%, tierra negra 14.28%, pasto picado 28.57%, residuos de fruta 7.14% y estiércol de ganado al 7.14%.

Modelo estadístico

Cuando se decide utilizar un DEBA, el experimentador piensa que cada medición será el resultado del efecto del tratamiento donde se encuentre, del efecto del bloque al que pertenece y de cierto error que se espera sea aleatorio. Según Humberto Gutiérrez Pulido (2008) el modelo estadístico para este diseño está dado por la ecuación 1.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij} : \begin{cases} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde Y_{ij} es la medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j , μ es la media global poblacional; τ es el efecto debido al tratamiento i , Y_j es el efecto, por lo que el diseño queda como se observa en la tabla 1 donde las columnas son los bloques y los tratamientos son los renglones. Se utiliza la hipótesis de interés que es la misma para todos los diseños comparativos, y está dada por: $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \dots = \tau_k = 0$ y $H_A : \tau_i \neq 0$ para algún i . La hipótesis dada se prueba con un Análisis de Varianza (ANOVA) con dos criterios de clasificación, porque se controlan dos fuentes de variación: el factor de tratamientos y el factor de bloque.

Tabla 1. Descripción de tratamientos y bloques para el estadístico DBCA

Tratamientos	Bloque				
	1	2	3	...	b
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1b}
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2b}
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	...	Y_{3b}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k	Y_{k1}	Y_{k2}	Y_{k3}	...	Y_{kb}

Tabla 2. Análisis de Varianza ANOVA para Diseño de Experimentos de Bloques al Azar

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadro medio	Fo	Valor-p
Tratamientos	SC_{TRAT}	$k - 1$	CM_{TRAT}	$F_0 = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Bloques	SC_B	$b - 1$	CM_B	$F_0 = \frac{CM_B}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	SC_E	$(k - 1)(b - 1)$	CM_E		
Total	SC_T	$N - 1$			

Las fórmulas más prácticas para calcular las sumas de cuadrados son:

$$SC_T = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^k Y_{ij}^2 - \frac{Y_{\dots}^2}{N} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i\dots}^2}{b} - \frac{Y_{\dots}^2}{N} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{j\dots}^2}{k} - \frac{Y_{\dots}^2}{N} \quad \text{Ecuación 4}$$

y la del error se obtiene por sustracción como:

$$SC_E = SC_T - SC_{TRAT} - SC_B \quad \text{Ecuación 5}$$

Resultados y discusión

Consideraciones del experimento

Para el uso del modelo estadístico de la ecuación 1 se utilizan mezclas por tratamiento formulándose con base en cuatro diferentes fertilizantes más tierra fértil: para el testigo se usó únicamente tierra sin aplicar ningún fertilizante (Testigo = T); en el primer tratamiento se utilizó tierra más micorriza (Tierra + Micorriza = TM) teniendo a una concentración de 10 gramos por cada kilogramo de tierra con una disolución al 1% según las especificaciones dadas por el productor; en el segundo tratamiento se utilizó composta más tierra (Tierra + Composta = TC) a una concentración de 20%, es decir, por cada kilo de tierra se usarán 200 gramos de composta natural recomendado también por Martínez y Pantoja (2013); el tratamiento tres consistió en un compuesto de tierra y leonardita (Tierra + Leonardita = TL) con una concentración de leonardita al 1% que es equivalente a 10 gramos por cada kilo de tierra utilizado según las especificaciones del fabricante; como cuarto tratamiento se utilizó tierra más guano de murciélago (Tierra + Guano de murciélago = TG) a una concentración del 1% por cada kilo de tierra lo cual es representado con 10 ml de guano de murciélago según las especificaciones del fabricante, la información anterior queda determinada en la tabla 3.

Tabla 3. Codificación y descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Código	Descripción
Testigo	T	Tierra
Tratamiento 1	TM	Tierra + Micorriza
Tratamiento 2	TC	Tierra + Composta
Tratamiento 3	TL	Tierra + Leonardita
Tratamiento 4	TG	Tierra + Guano de murciélago

Se utilizaron 4 parcelas con viveros en condiciones iguales en cuanto a ángulo de inclinación, altura del terreno, construcción del vivero, así como las condiciones climatológicas, las 4 parcelas son los bloques. En cada bloque se utilizaron los 5 tratamientos y en cada tratamiento 20 réplicas es decir 20 plantas, haciendo un total de 100 plantas de café por cada bloque.

Los viveros utilizados (figura 1) para la investigación fueron con techo de hojas de árboles resistentes a la humedad excesiva y evitar que la luz del sol perturbe el crecimiento de las plantas y afecte directamente la retención de líquidos ya que si el sol les da directamente a las plantas la tierra perderá de manera acelerada la humedad que podría conllevar a la muerte de la planta.

Los caficultores tradicionalmente en la región no utilizan germinadores, por lo que en esta investigación se asimila las características del caficultor y se introducen las semillas directamente en una bolsa de polietileno negro con dimensiones de 14 cm x 25 cm, así mismo servirá para monitorear las variables de respuesta que son altura de la planta (figura 2), número de ramas por planta (figura 3) y radio del tallo.



Figura 1. Condiciones de los terrenos del Sur de San Luis Potosí con plantíos de café para viveros de café propuesto como bloque.



Figura 2. Variable de respuesta; medición de la altura de una planta de café.



Figura 3. Variable de respuesta; conteo de número de hojas de una planta de café.

Según García, Reding y López (2013) para estudios piloto se deben considerar como argumento especial tomar una muestra entre 30 y 50 unidades de cada grupo de observación, sin embargo, en la investigación solo se tienen 20 plantas en cada tratamiento y en cada bloque, por lo que se opta en utilizar el cien por ciento de población. Se diseñaron y utilizaron formatos para registrar las observaciones, siendo la observación en el mes cinco, los resultados fueron promediados vertidos en la tabla 4 en base a la tabla 1. Para la investigación se utilizaron las medidas tomando como referencia el desarrollo de la planta en las bolsas de plástico, es decir, no se partió de una cantidad de hojas, diámetro del tallo o altura inicial

de la planta por lo que los resultados no son incrementos, si no son resultados de la medición directa en función al tiempo. Se utilizaron cuatro pruebas de comparaciones múltiples: Tukey, Fisher, Bonferroni y Sidak; la prueba Bonferroni utiliza las pruebas de t para cada tratamiento por pares entre las medias de los grupos, pero controla la tasa de error global, mientras que la prueba Sidak realiza comparaciones múltiples por parejas basada en un estadístico t así también corrige el nivel de significación para las comparaciones múltiples y da lugar a límites más estrechos que los de Bonferroni (Miller, 1966).

Tabla 4. Resultados obtenidos a partir de registros de las variables de respuesta (número de hojas, tallo en mm y altura en cm) en cada parcela (bloque) de los tratamientos propuestos.

Tratamientos	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			Bloque 4		
	Hojas	Tallo (mm)	Altura (cm)	Hojas	Tallo (mm)	Altura (cm)	Hojas	Tallo (mm)	Altura (cm)	Hojas	Tallo (mm)	Altura (cm)
T	8	2.71	13.97	11	2.468	13.19	12	2.65	14.58	11	2.437	13.38
TM	9	2.303	14.03	13	2.175	12.98	11	2.339	11.159	11	2.371	13.83
TC	12	2.5	13.98	11	2.315	25.58	12	2.404	12.597	12	2.744	13.54
TL	9	2.456	12.73	12	2.195	12.22	11	2.346	13.023	12	2.304	12.82
TG	10	2.311	14.17	10	2.248	12.27	11	2.36	11.841	12	2.374	12.91

Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA)

Usando las ecuaciones 2, 3, 4 y 5 del modelo estadístico DEBA se obtiene la tabla ANOVA como se observa como en tabla 2 para Diseño de Experimentos de Bloques al Azar, los cálculos fueron desarrollados en software y los resultados se observan en la figura 4.

Análisis de Varianza para número de hojas					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	13.200	4.4000	3.97	0.035
Tratamiento	4	3.500	0.8750	0.79	0.554
Error	12	13.300	1.1083		
Total	19	30.000			
Análisis de Varianza diámetro del tallo					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	0.09998	0.03333	3.24	0.061
Tratamiento	4	0.23184	0.05796	5.63	0.009
Error	12	0.12354	0.01029		
Total	19	0.45536			
Análisis de Varianza altura del café					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	18.41	6.137	0.71	0.566
Tratamiento	4	38.91	9.728	1.12	0.392
Error	12	104.12	8.677		
Total	19	161.44			

Figura 4. Salida del software, resultado del ANOVA de las variables de respuesta, número de hojas, diámetro del café y altura de la planta de café en fase vivero.

De acuerdo a los resultados de la figura 5, se determinó que para la cantidad de hojas por cada planta de café será en función al tipo de parcela donde se elabore el vivero, esto es que el valor de p del bloque es menor el valor de alfa de 0.05, dado el nivel de confianza en el experimento de 95% en comparación al

tratamiento de 0.554; de acuerdo a la prueba de medias mediante el método de Tukey, Fisher, Bonferroni y Sidak (figura 5, comparación de medias por distintos métodos de prueba a) b) c) y d)) para cada variable de respuesta se demuestra que para el número de hojas existe una diferencia significativa del tratamiento TC con respecto a los demás tratamientos; teniendo un cantidad máxima de hojas de 11.75, es decir, 12 hojas por planta usando el tratamiento tierra más composta orgánica.

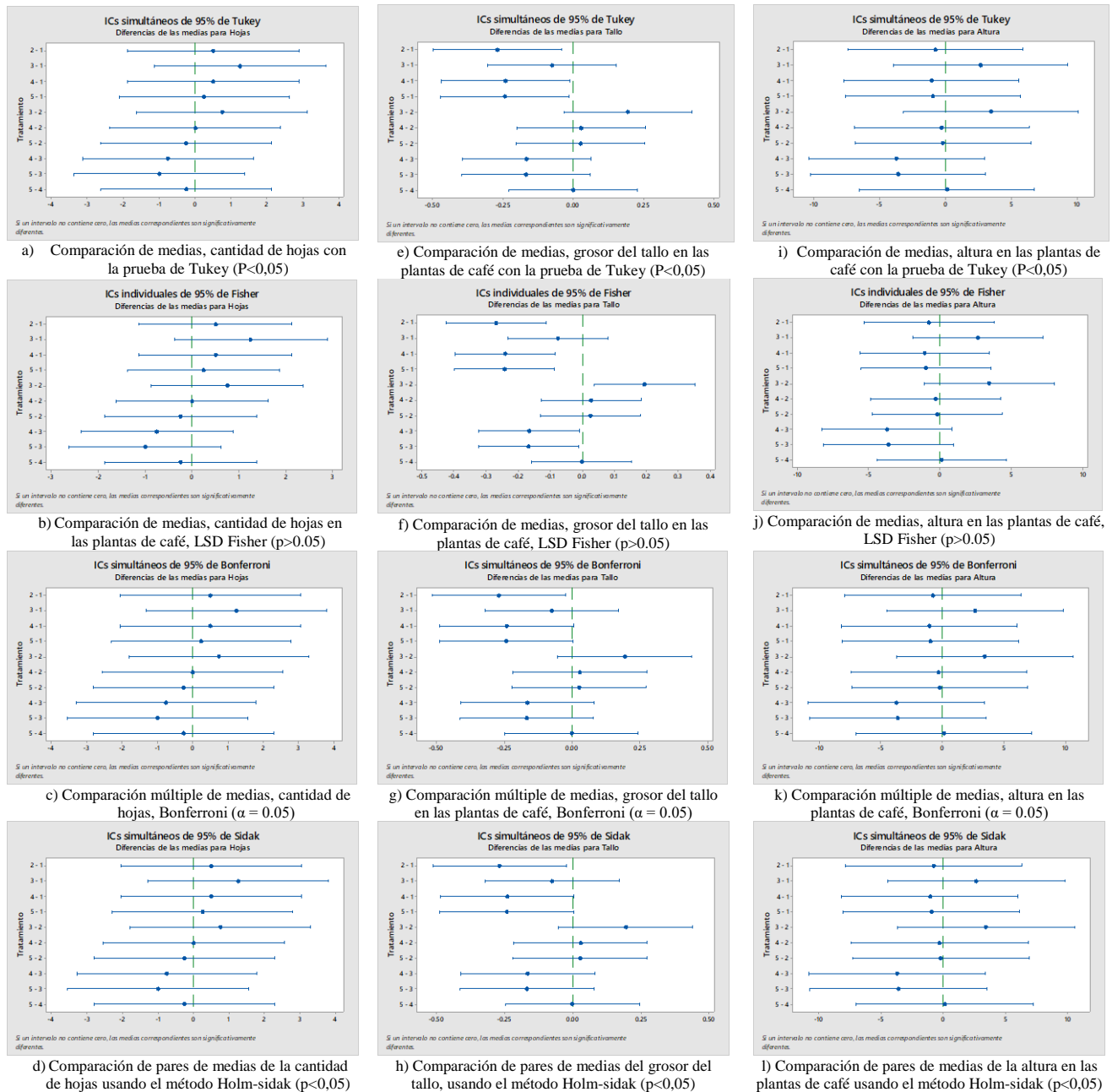


Figura 5. Salida de los gráficos sobre la comparación de medias de los cinco tratamientos que plantea el experimento, usando los métodos Tukey, Fisher, Bonferroni y Sidak.

Para la variable de respuesta tallo de la planta de café la parcela donde se elabore el vivero no influye en el grosor del mismo, es decir, el valor de p del bloque es mayor al valor de alfa de 0.05, dado el nivel de

confianza en el experimento de 95% en comparación al tratamiento de 0.009; de acuerdo a la prueba de medias mediante el método de Tukey, Fisher, Bonferroni y Sidak (figura 6, comparación de medias por distintos métodos de prueba e) f) g) y h)) para cada variable de respuesta se demuestra que para el diámetro de la planta existe una diferencia significativa del tratamiento T seguido del T con respecto a los demás tratamientos; teniendo como máximo grosor de tallo de la planta de 2.566 mm y 2.491 mm para el tratamiento T y TC respectivamente.

Para la variable de respuesta altura de la planta de café la parcela donde se elabore el vivero no influye en la altura del mismo, es decir, el valor de p del bloque es mayor al valor de alfa de 0.05, dado el nivel de confianza en el experimento de 95% en comparación al tratamiento de 0.392; de acuerdo a la prueba de medias mediante el método de Tukey, Fisher, Bonferroni y Sidak (figura 6, comparación de medias por distintos métodos de prueba i) j) k) y l)) para cada variable de respuesta se demuestra que para la altura de la planta existe una diferencia significativa del tratamiento TC seguido del T con respecto a los demás tratamientos; teniendo como máxima altura de la planta de 16.42 cm y 13.78 cm para el tratamiento T y TC respectivamente.

Trabajo a futuro

Para diseños de experimentos es necesario observaciones que requieren de tiempos estimados superiores a doce meses, en el caso de las observaciones de las variables en estudio de las plantas de café fueron considerados al mes cinco, sin embargo, al mes seis las plantas deben trasplantarse a las parcelas donde deben desarrollarse, por lo que es importante iniciar otra faceta de observación después de los cuatro meses de ser trasplantadas, el monitoreo cronológico de las plantas deben hacerse en tiempos y formas iguales para que exista sesgo de información. Se utilizó el Diseño de Experimentos de Bloques Aleatorios dado que solo se analizaron los tratamientos y los bloques, es necesario que futuras investigaciones realicen diseño de experimentos 2 k factores o Diseños de Experimentos Taguchi a fin de desarrollar plantas robustas al ambiente capaces de ser adaptadas a los terrenos diversos de la región sur del Estado de San Luis Potosí.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados estadísticos las plantas de café tienen un óptimo desarrollo en cuanto a follaje, altura, diámetro del tallo como se describe: el número de hojas se estima en una media de 12, según las pruebas comparativas de medias el tratamiento con código TC (tierra más composta) es el tratamiento que propicia el mayor número de hojas, dado que se busca “mayor es mejor”, seguido del tratamiento tierra más micorrizas y tierra más leonardita. Para la variable de respuesta diámetro del tallo se determinó

que el tratamiento que ofrece mayor diámetro es la tierra, seguido del tratamiento con código TC (tierra más composta) con un diámetro de 2.57 y 2.49 milímetros respectivamente. La variable altura según los resultados de la comparación de medias por diversos métodos de prueba, se determinó que la planta con mayor altura se dará con el tratamiento con código TC (tierra más composta), se analizar que el grosor del tallo es la variable que no es igual en cuanto a resultados con los demás tratamientos, sin embargo para determinar el mejor tratamiento para la germinación de la semillas de café y el desarrollo de las mismas en fase vivero es el tratamiento con código TC (tierra más composta), por otro lado el bloque, que son las parcelas ubicadas en distintos puntos geográficos no se consideran como un factor influyente en la investigación por los resultados estadísticos del ANOVA, por lo anterior el equipo de investigación concretó que la tierra más composta será ahora un nueva combinación sustentada en el argumento científico para mejorar los viveros de café de los caficultores de la región Sur del Estado de San Luis Potosí.

Agradecimientos

Agradecemos la participación de los caficultores de las comunidades de Tlacoapa, Xilitla; Carrizal, Tamazunchale, Ocuilzapoyo, San Martín; Papatlaco, Tamazunchale; Chalchocoyo, Matlapa y a la Empresa Hanna Instruments México por la asesoría en el uso de los instrumentos de medición fotométricos y electrodos. El proyecto se logró con el financiamiento del Tecnológico Nacional de México y del Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale con la participación activa de los estudiantes Cristhian Fernando Reyes Arvizu, Aldahir Hernández Antonio, Gloria Shirley Cruz Hernández, Diana Sánchez Martínez y Emma Pérez Espinoza.

Referencias

Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., González, S., & Pantoja, A. (2013). Producción de material de siembra limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*. Publicación CIAT, (384).

Ayala Montejo, D. (2021). Dinámica de carbono, nitrógeno y su contribución a la multifuncionalidad en el sistema de café-aguacate, Veracruz-México.

Bautista, E. A. L., & Ramírez, B. H. G. (2014). *Diseño y Análisis de Experimentos Fundamentos y Aplicaciones en Agronomía* (2ª. Ed). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía

- Cargua Chávez, J. E., Luna Tamayo, A. K., González Sanango, H., Cedeño García, G. A., & Cedeño Sacón, Á. F. (2022). Crecimiento y calidad de plantas de café arábica con la aplicación de biochar y biofertilizantes en vivero. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(1), 3-14.
- Castaño-Tostado, E., & Domínguez-Domínguez, J. (2010). Diseño de experimentos y análisis en ciencia y tecnología.
- García-García, José Antonio, Reding-Bernal, Arturo, & López-Alvarenga, Juan Carlos. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en educación médica*, 2(8), 217-224. Recuperado en 09 de agosto de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000400007&lng=es&tlng=es.
- Guillén, J. C., Valdés, J. H., Aguayo, J. M. B., & Lirios, C. G. (2017). Políticas de fomento empresarial y sus efectos sobre las percepciones de riesgo en caficultores de Xilitla, Sanluis Potosí, centro de México. *Poiesis*, (32), 33-51.
- Humberto, G. P., & De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Editorial Mc Graw Hill.
- Martínez Inés, G. (2021). *Desarrollo de plántula de café con diferente tamaño de bolsa* (Bachelor's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Miller, R. G. 1966. *Simultaneous Statistical Inference*. McGraw-Hill. New York. 272 p.
- Puerta, G. I. (2013). La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. *Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)*.
- Regalado Pérez, M. (2021). *Control químico y biológico de nematodos en cultivo de café (Coffea arabica L) a nivel de vivero, ingenio-santa catalina-amazonas, 2019* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Amazónica).
- Torres, N. A. M. (2022). Análisis de la producción de café en la Huasteca potosina en el contexto nacional, 1989-2019. *Revista de El Colegio de San Luis*, 12(23).
- Vargas-Hernández, J., & Ávila-Ayala, R. (2022). Introducción de variedades resistentes a la roya del café (*Coffea arabica* L.) en la huasteca potosina. *Agro-Divulgación*, 2(2).
- Vargas-Hernández, J., & Ávila-Ayala, R. (2022). Prácticas en el Beneficiado de Café en la Huasteca Potosina. *Agro-Divulgación*, 2(3).
- Villamar Villamar, J. A. (2022). *Incidencia de tres fertilizantes completos aplicados a plántulas en etapa de vivero de café arábigo (Coffea arábigo) Sarchimor* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).