

## Manuscrito aceptado/Accepted Manuscript

Título	Comportamiento agronómico de tres variedades de café ( <i>Coffea arabica</i> ) bajo sombra usando datos longitudinales
Title	Agronomic behavior of three coffee varieties ( <i>Coffea arabica</i> ) under shade using longitudinal data
DOI	10.15446/acag.v68n4.70496
Recibido/Received	2018-02-16
Aceptado/Accepted	2019-12-13

Este es el archivo PDF de un documento aceptado para publicación en una versión preliminar. El manuscrito pasará por una serie de fases previas a publicación en su versión final. Por favor tener en cuenta que durante el proceso de producción el documento puede tener cambios que afecten el contenido.

This is the PDF file of a document accepted for publication in a preliminary version. The manuscript will go through a series of phases prior to publication in its final version. Please note that during the production process the document may have changes that affect the content.

# Comportamiento agronómico de tres variedades de café (*Coffea arabica*) bajo sombra usando datos longitudinales

## Agronomic behavior of three coffee varieties (*Coffea arabica*) under shade using longitudinal data

Manuel Emilio Milla Pino; Segundo Manuel Oliva Cruz\*, Santos Triunfo Leiva Espinoza, Roicer Collazos Silva, Oscar Andrés Gamarra Torres, Miguel Ángel Barrena Gurbillón, Jorge Luis Maicelo Quintana

Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), Chachapoyas-Perú.

\*Autor para correspondencia: soliva@indes-ces.edu.pe

### Resumen

El cultivo de café es una de las principales actividades de la región Amazonas, ocupando el tercer lugar a nivel de Perú. El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de café (Catimor, Maragogipe y Castillo) establecidas bajo un sistema agroforestal, empleando como sombra árboles de *Eucalyptus torreliana*, *Colubrina glandulosa* y *Pinus tecunumanii*, cuyo estudio experimental fue establecido en el distrito de Huambo, Provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas-Perú en el año 2017. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental en bloques completos al azar, estableciendo tres bloques de nueve tratamientos. Las variables evaluadas fueron altura de planta, altura hasta la primera hoja, número de hojas, estado general de la planta y diámetro del tallo. La metodología utilizada consistió en análisis individual para cada tiempo, prueba de homogeneidad de varianzas y análisis conjunto en el tiempo para un mismo espacio, considerando la interacción tratamiento\*tiempo, realizando evaluaciones a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después del establecimiento del cultivo. Los resultados indican que la variedad de café Castillo bien sea con sombra de *P. tecunumanii* o con sombra de *C. glandulosa* conlleva a un mejor comportamiento agronómico, y la variedad de café Maragogipe tanto con sombra de *E. torreliana* como con sombra de *C. glandulosa* muestra un deficiente comportamiento agronómico.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*, condiciones agroclimáticas, crecimiento vegetativo, sistemas agroforestales, sostenible.

### Abstract

Coffee crop is one of the main activities in the Amazon region, ranking as third in Peru. The purpose of this work was to evaluate the agronomic behavior of three coffee varieties (Catimor, Maragogipe and Castillo) established under an agroforestry system, using as shade trees *Eucalyptus torreliana*, *Colubrina glandulosa* and *Pinus tecunumanii*, whose experimental study was established in the district of Huambo, Province of Rodríguez de Mendoza, Amazonas-Peru during 2017. Treatments were distributed in a randomized complete block experimental design, with three blocks and nine treatments. The evaluated variables were plant height, height to the first leaf, number of leaves, general state of the plant and diameter of the stem. The methodology used consisted of individual analysis for each time, homogeneity test of variances and joint analysis over time for the same space, considering the interaction treatment\*time, performing evaluations at 30, 60, 90, 120 and 150 days after crop settlement. The results indicated that the variety of Castillo coffee either with shade of

*P. tecunumanii* or with shade of *C. glandulosa* leads to a better agronomic behavior, and the variety of coffee Maragogipe both with shade of *E. torreliana* and with shadow of *C. glandulosa* shows a poor agronomic behavior.

**Key words:** agroclimatic conditions, agroforestry systems, *Coffea arabica*, vegetative growth, sustainable.

## Introducción

El cultivo del café ha sido clave y trascendental, no solo por su importancia en indicadores económicos, sino también por participar en el tejido social, cultural, institucional y político de muchos países de Suramérica y Centroamérica. A lo largo de la historia ha sido un rubro tradicional, considerado rentable y la base de encadenamientos de mucho valor agregado. El café es considerado clave para el desarrollo de países productores; representa el producto más comercializado en el mundo superado solo por el petróleo (Bosselmann *et al.*, 2009), además es el producto bebible más consumido después del agua. La dinámica de producción mundial de café constituye una fuente vital de empleo e ingresos para 25 millones de personas y es para algunos países una fuente crucial para el sostenimiento de servicios medioambientales (Chiquillo *et al.*, 2013).

En el Perú la producción de café representa el principal producto de agroexportación, siendo un importante impulsor de la economía nacional. Sin embargo, los cambios medio ambientales sugieren nuevos desafíos para los productores, tales como la reducción de los recursos naturales, una mayor incidencia de plagas y enfermedades, tales como la broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari) y la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), entre otras adversidades como consecuencia del cambio climático (Caswell *et al.*, 2012; Jezeer y Verweij, 2015).

El café por tradición ha sido cultivado bajo la sombra de diferentes especies de árboles (Farfán y Mestre, 2004). Las ventajas de los sistemas agroforestales relacionados al cultivo de café bajo sombra están ampliamente investigadas y es evidente que estos sistemas tienen un papel importante en la conservación de la biodiversidad (Bhagwat *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2012). Las especies usadas como sombra tienen un rol esencial en la generación de condiciones microclimáticas cuyo efecto puede contribuir a regular ciertas plagas y enfermedades (Suatunce *et al.*, 2009; Mouen Bedimo *et al.*, 2012); pero también aportar productos comerciales en beneficio de los pequeños caficultores, que buscan diversificar su economía (Aguilar *et al.*, 2001; Hagggar *et al.*, 2011). El efecto de las diferentes interacciones en los sistemas agroforestales (café y árboles de sombra) estará influenciada por las condiciones del medio (suelo/clima) así como de la elección del genotipo (especie, variedad) (Farfán y Urrego, 2004).

La importancia del conocimiento del desarrollo foliar y de otras características agronómicas en el café, así como el estado fitosanitario del mismo y la fertilidad del suelo son de gran utilidad para determinar el potencial de producción. De igual forma, en los últimos años, debido a la disponibilidad de computadoras, a los paquetes estadísticos (software) y al conocimiento comprensivo de cómo responden las plantas al clima y al suelo, ha sido posible desarrollar metodologías para evaluar el comportamiento del crecimiento y la producción de muchos cultivos (Thornley y France, 2007). Por tanto, dada la importancia de este rubro para la economía de los países, es importante evaluar el desarrollo y crecimiento del café desde sus primeras etapas de crecimiento, esto con el fin de estimar el potencial productivo del cultivo, especialmente ante la amenaza del cambio climático (Lin, 2007).

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo como propósito evaluar el comportamiento de tres variedades de café establecidas bajo distintas especies de sombra, tomando datos en función de sus variables agronómicas con el fin de recomendar la que más se adapte a las condiciones agroclimáticas de la zona en estudio, constituyendo una contribución en el conocimiento acerca del potencial productivo y de manejo del cultivo de café para usuarios, investigadores y agricultores que permitiría una optimización de recursos y aportar a la toma de decisiones respecto al manejo del cultivo.

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación geográfica**

El ensayo se ejecutó en el distrito de Huambo, Provincia de Rodríguez de Mendoza, ubicado en el Departamento de Amazonas, en el norte del Perú, se encuentra a una altitud de 1650 m.s.n.m., con temperatura promedio de 19°C. y una precipitación pluvial promedio de 1387 mm/año. Es un distrito representativo del sector cafetalero de la provincia y de la región Amazonas.

### **Características agronómicas**

En los ensayos de variedades de café, luego de su establecimiento, se registra la mortalidad de las plantas e inmediatamente se procede a realizar la actividad de resiembra de las unidades faltantes en los respectivos tratamientos (Arcila *et al.*, 2007). Las características agronómicas que describen el desarrollo del estudio se registran cada 30 días en las plantas experimentales de la parcela útil o unidad experimental. En esta investigación se realizaron cinco evaluaciones, a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después del establecimiento del cultivo.

Las variables agronómicas evaluadas en el presente estudio, son altura de planta, altura hasta la primera hoja, número de hojas, estado general de la planta y diámetro del tallo. La medición se realizó en cinco plantas

por unidad experimental en cada uno de los nueve tratamientos y en los tres bloques, generando un total de ciento treinta y cinco plantas estudiadas. Es importante resaltar que las plantas que fueron medidas son las mismas en todas las evaluaciones, lo que indica que estamos en presencia de datos longitudinales. La definición de las variables medidas se presenta a continuación:

#### **Altura de planta (A)**

La altura de planta se registra desde el nivel del suelo hasta el brote apical, empleando una regla graduada en metros. Para esta variable se toman en cuenta las plantas con altura uniforme para que no exista error en el promedio general de una evaluación y otra.

#### **Altura de planta hasta la primera hoja (APH)**

La altura de planta se registra desde el nivel del suelo hasta la primera hoja, es decir, hasta la inserción de la primera hoja, empleando una regla graduada en metros.

#### **Número de hojas (NH)**

Se cuantifica el número de hojas existentes en la planta de café.

#### **Estado general de la planta (EP)**

Para medir el estado general de la planta o vigor vegetal se emplea una escala ordinal de 1 a 3, cuya descripción se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Escala para el Estado General de la Planta

Fuente: elaboración propia.

Escala	Descripción
1	Plantas raquíticas y con poco vigor vegetal
2	Plantas con buen vigor vegetal
3	Plantas de excelente vigor vegetal sin deficiencias nutricionales y sanas

#### **Diámetro de tallo (DT)**

Este parámetro se registra en el tallo de las plantas, a los 10 cm a partir del nivel del suelo, empleando un calibrador de Vernier. Luego de seis meses se efectúa a 20 cm a partir del nivel del suelo.

#### **Diseño Experimental**

El ensayo se condujo bajo las pautas establecidas para un diseño en bloques completos al azar, motivado a que el terreno presentaba un gradiente de pendiente, el cual fue controlado durante la ejecución física de la investigación, mediante la construcción de bloques perpendiculares a la gradiente. Se evaluaron nueve tratamientos (Tabla 2) en tres bloques y se seleccionaron cinco plantas por unidad experimental.

Tratamientos	Descripción
T <sub>1</sub>	<i>Eucalyptus torrelliana</i> + Catimor
T <sub>2</sub>	<i>Eucalyptus torrelliana</i> + Maragogipe

T <sub>3</sub>	<i>Eucalyptus torreliana</i> + Castillo
T <sub>4</sub>	<i>Colubrina glandulosa</i> + Catimor
T <sub>5</sub>	<i>Colubrina glandulosa</i> + Maragogipe
T <sub>6</sub>	<i>Colubrina glandulosa</i> + Castillo
T <sub>7</sub>	<i>Pinus tecunumanii</i> + Catimor
T <sub>8</sub>	<i>Pinus tecunumanii</i> + Maragogipe
T <sub>9</sub>	<i>Pinus tecunumanii</i> + Castillo

**Tabla 2:** Tratamientos estudiados.

Fuente: elaboración propia.

### **Análisis de datos**

Los datos fueron procesados usando el paquete estadístico Minitab V. 18 y como estamos en presencia de datos longitudinales, se realizó un análisis en el tiempo para un mismo espacio, de acuerdo al procedimiento de prueba que se detalla a continuación (Greenhouse y Geisser, 1959):

### **Análisis individual de los experimentos**

Modelo lineal aditivo (Diseño en Bloques Completos al Azar):

donde:

y<sub>ij</sub>: observaciones;  $\mu$ : media poblacional;  $\tau_i$ : efecto de tratamiento;  $\beta_j$ : efecto de bloque;  $\epsilon_{ij}$ : error experimental

### **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene's)**

### **Análisis combinado en el tiempo**

Modelo lineal aditivo (Diseño en Bloques Completos al Azar / tiempo como factor):

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \lambda_k + \tau_i \lambda_k + \epsilon_{ijk}$$

donde:

y<sub>ijk</sub>: observaciones;  $\mu$ : media poblacional;  $\tau_i$ : efecto de tratamiento;  $\beta_j$ : efecto de bloque;  $\lambda_k$ : efecto de tiempo (evaluación);  $\tau_i \lambda_k$ : efecto de interacción;  $\epsilon_{ijk}$ : error experimental.

## **Resultados**

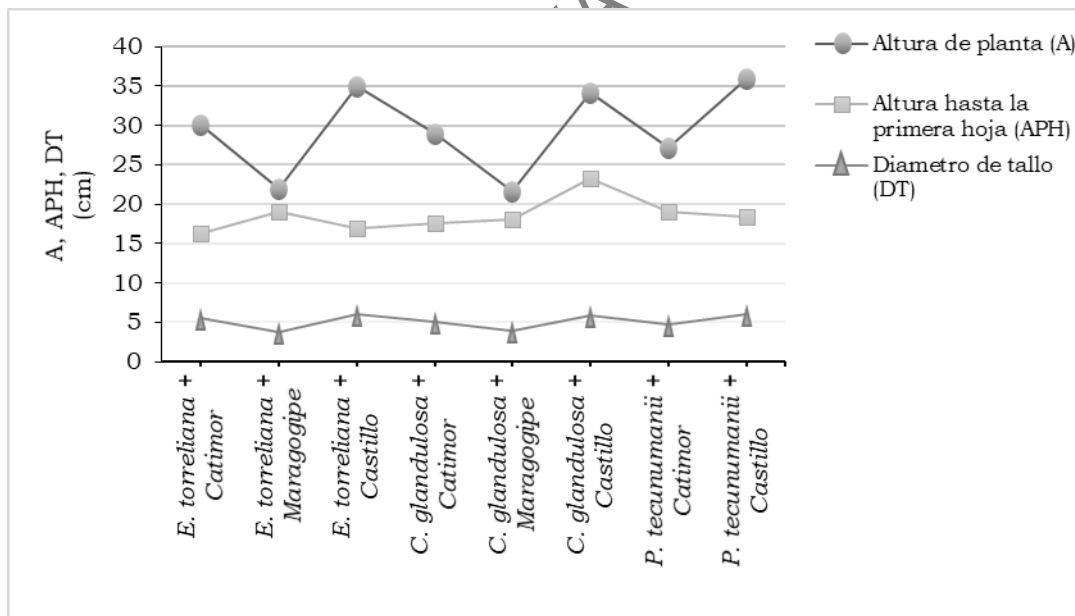
### **Análisis individual de los experimentos**

Los resultados obtenidos una vez aplicado al análisis de varianza (tabla 3) y (tabla 4), que en el caso de las variables medidas en escala de razón o proporción (A, APH y DT) se realizó una prueba F, y en lo que respecta a la variables medidas en escala ordinal (NH y EP) se efectuó una prueba de Friedman, para cada una de las variables en estudio, además de la prueba de comparaciones múltiples mínima diferencia significativa (LSD), en los casos en que se detectó la existencia de diferencias significativas o altamente significativas entre los tratamientos. La variedad castillo tanto con sombra de *E. torreliana* y *P. tecunumanii* demuestran mejores resultados en A y DT, sin embargo, el mejor resultado para APH se observa en la variedad castillo bajo sombra de *C. glandulosa* (Figura 1). El mayor NH (Figura 2) y el mejor EP (Figura 3) se observó en los sistemas de variedad castillo con sombra de *P. tecunumanii* seguido por el sistema asociado con sombra de *E. torreliana*.

**Tabla 3:** Resultados análisis de varianza para altura de planta, altura hasta la primera hoja y diámetro de tallo.

Variable	Evaluación (días)	Análisis de varianza		Comparaciones Múltiples	
		Estadístico	Probabilidad	Tratamiento (> valor)	Tratamiento (< valor)
A	30	F: 6.20 **	0.0000	9	5
	60	F: 8.40 **	0.0000	9	5
	90	F: 11.28 **	0.0000	9, 6, 3	5, 2
	120	F: 10.48 **	0.0000	9	5, 2
	150	F: 10.20 **	0.0000	9	5, 2
	APH	30	F: 2.70 *	0.0127	6, 2
60		F: 2.10 *	0.0492	6	1, 3, 4, 7
90		F: 1.21 ns	0.3049	6	4, 3, 5
120		F: 2.88 **	0.0084	6	1
150		F: 3.15 **	0.0045	6	5, 2
DT	30	F: 4.49 **	0.0002	6	2
	60	F: 5.07 **	0.0001	6	2, 7, 5
	90	F: 7.85 **	0.0000	9, 6	2
	120	F: 9.21 **	0.0000	9	2
	150	F: 7.18 **	0.0000	9	2

ns: no significativo ( $P > 0.05$ ); \*: significativo ( $P < 0.05$ ); \*\*: altamente significativo ( $P < 0.01$ )



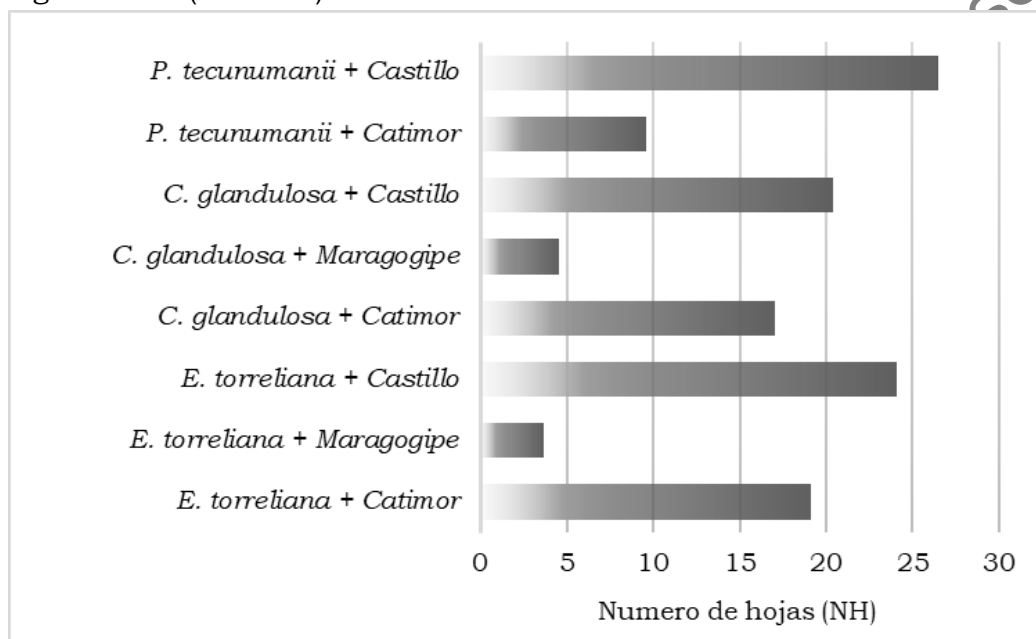
**Figura 1.** Resultados comparativos de las variables altura de planta, altura hasta la primera hoja y diámetro de tallo para los distintos tratamientos.

**Tabla 4:** Resultados análisis de varianza para número de hojas y estado general de la planta.

Variable	Análisis de varianza	Comparaciones Múltiples
----------	----------------------	-------------------------

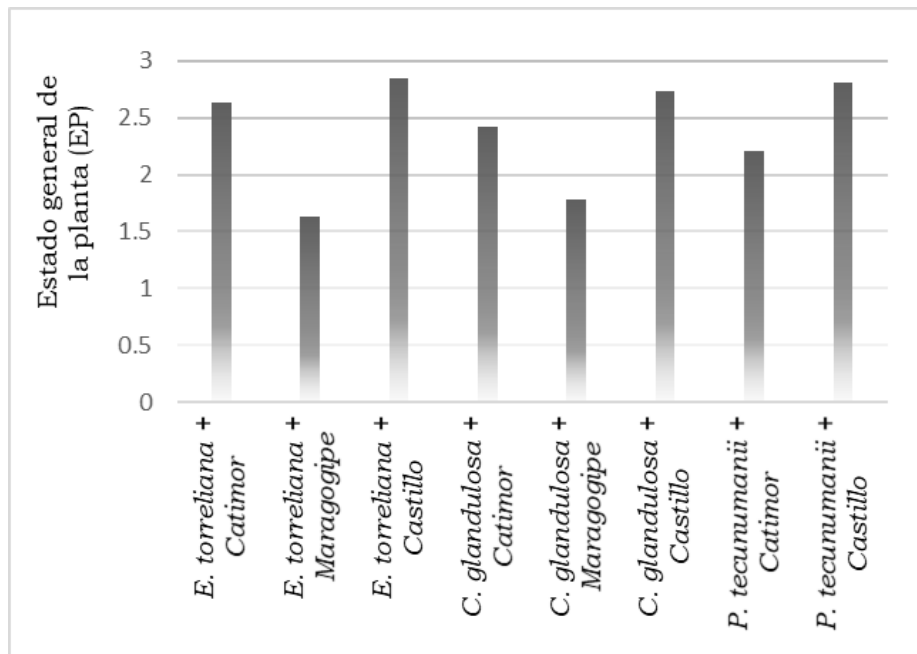
	Evaluación (días)	Estadístico	Probabilidad	Tratamiento (> valor)	Tratamiento (< valor)
NH	30	F: 14.27 **	0.0000	6	5, 2
	60	F: 8.70 **	0.0000	9, 3, 6, 4	5, 2
	90	F: 6.49 **	0.0000	9, 3, 1, 4	5, 2
	120	F: 6.73 **	0.0000	9	2, 5
	150	F: 5.85 **	0.0000	9	5, 2
EP	30	x2: 11.95**	0.0000	6	5, 2
	60	x2: 12.47**	0.0000	9, 3, 4, 6, 1, 7,8	5, 2
	90	x2: 11.67**	0.0000	3, 9	2
	120	x2: 12.70**	0.0000	3, 9	2, 5
	150	x2: 10.39**	0.0000	3, 9	2

ns: no significativo ( $P > 0.05$ ); \*: significativo ( $P < 0.05$ ); \*\*: altamente significativo ( $P < 0.01$ )



**Figura 2.** Resultados comparativos del número de hojas para los distintos tratamientos





**Figura 3.** Resultados comparativos del estado general de la planta para los distintos tratamientos

### Prueba de homogeneidad de varianzas

Al aplicar la prueba de homogeneidad de varianzas, en el caso de las variables continuas se utilizó el criterio de la varianza como medida de dispersión, mientras que en el caso de variables discretas el criterio fue el rango intercuartílico la medida de dispersión considerada, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5:** Resultados prueba de homogeneidad de varianzas.

Variable	Prueba de homogeneidad (Levene's)	
	Estadístico	P
Altura de planta (A)	6.84 **	0.0000
Altura de planta hasta la primera hoja (APH)	1.71 ns	0.1460
Número de hojas (NH)	15.28 **	0.0000
Estado general de la planta (EP)	1.77 ns	0.1340
Diámetro de tallo (DT)	34.53 **	0.0000

ns : no significativo ( $P > 0.05$ ); \* : significativo ( $P < 0.05$ ); \*\* : altamente significativo ( $P < 0.01$ )

### Análisis combinado en el tiempo

Los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianza conjunto (Tabla 6), es decir, incorporando el tiempo (evaluación) como factor y midiendo el efecto de la interacción tratamiento\*tiempo, para las variables que evidenciaron homogeneidad de varianzas entre las cinco (5) evaluaciones en el tiempo, específicamente, altura de planta hasta la primera hoja (APH) y estado general de la planta (EP).

**Tabla 6:** Resultados análisis de varianza conjunto.

Variable	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Comparaciones Múltiple	
		Estadístico	probabilidad	Tratamiento (> valor)	Tratamiento (< valor)
APH	T	F: 6.50 **	0.0000	6	2, 7, 9, 5, 3, 4, 1
	E	F: 81.70 **	0.0000	5	1
	T*E	F: 1.30 ns	0.1430	Independientes	
EP	T	F: 54.99 **	0.0006	3	5, 2
	E	F: 3.94 **	0.0036	2	4, 3, 1
	T*E	F: 1.06 ns	0.3867	Independientes	

ns: no significativo ( $P > 0.05$ ); \*: significativo ( $P < 0.05$ ); \*\*: altamente significativo ( $P < 0.01$ ); T: tratamiento; E: tiempo (evaluación); T\*E: interacción

## Discusión

### Análisis individual de los experimentos

**Altura de planta (A):** en todas las evaluaciones realizadas se observa la existencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo la variedad Castillo con sombra de *P. tecunumanii* la que genera una mayor altura de planta hasta el ápice y la variedad Maragogipe tanto con sombra de *C. glandulosa* como con *E. torreliana*, la que conlleva a menores valores de esta variable.

**Altura de planta hasta la primera hoja (APH):** en las evaluaciones 1 y 2 se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos estudiados y en las evaluaciones 4 y 5 las diferencias detectadas son altamente significativas, no así en la evaluación 3, en la cual los tratamientos resultaron no significativos, es decir, no se observaron diferencias. Para esta variable la variedad Castillo con sombra de *C. glandulosa* es la que conduce a una mayor altura de planta hasta la primera hoja.

**Número de hojas (NH):** en todas las evaluaciones se detectaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos y es la variedad Castillo con sombra de *P. tecunumanii* la que generó mayor número de hojas, y la variedad Maragogipe tanto con sombra de *C. glandulosa* como con *E. torreliana* la que menor número de hojas generó.

**Estado general de la planta (EP):** Al igual que lo observado en la variable número de hojas, en todas las evaluaciones se precisaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, y es la variedad Castillo con sombra de *P. tecunumanii* la que conlleva a un mejor estado general de la planta, mientras que la variedad Maragogipe tanto con sombra de *C. glandulosa* como con *E. torreliana* conduce a un pobre estado general.

**Diámetro del tallo (DT):** se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos para todas las evaluaciones, siendo variedad Castillo tanto con sombra de *P. tecunumanii* como con sombra de *C. glandulosa* la que mostró un mejor diámetro de tallo y la variedad

Maragogipe con sombra de *E. torreliana* arrojó menores valores de diámetro de tallo.

### **Prueba de homogeneidad de varianzas**

La realización de un análisis combinado en el tiempo, exige que las observaciones obtenidas para cada una de las evaluaciones cumplan con la condición de homogeneidad de varianzas. Los resultados indican que solo las variables altura de planta hasta la primera hoja (APH) y estado general de la planta (EP) presentaron homogeneidad, razón por la que se procedió a efectuar un análisis de varianza conjunto para estas variables, el cual incluye el factor tiempo y la interacción tratamiento\*tiempo como fuentes de variación.

### **Análisis combinado en el tiempo**

En este análisis se aprecia que la interacción tratamiento\*tiempo no es significativas, indicando esto que tratamiento y tiempo son factores independientes, por lo que se analizaron independientemente los dos factores, resultando que la variedad Castillo con sombra de *C. glandulosa* generó una mayor altura de planta hasta la primera hoja y la evaluación realizada a los 120 días presentó mayores valores, y en cuanto al estado general de la planta la variedad Castillo con sombra de *E. torreliana* evidenció mejor comportamiento y a los 60 días se observó un mejor estado general de la planta.

### **Conclusiones**

La variedad de café Castillo con sombra de *P. tecunumanii* genera mayor altura de planta hasta el ápice (A) y número de hojas (NH), y un mejor estado general de la planta (EP). Mientras que la variedad de café Castillo con sombra de *C. glandulosa* genera mayores valores de altura de planta hasta primera hora (APH). Así mismo los sistemas que conducen a mayores valores de diámetro del tallo (DT), son la variedad de café Castillo con sombra de *P. tecunumanii* y la variedad de café Castillo con sombra de *C. glandulosa*.

En líneas generales la variedad de café Castillo bien sea con sombra de *P. tecunumanii* o con sombra de *C. glandulosa* conlleva a un mejor comportamiento agronómico, y la variedad Maragogipe tanto con sombra de *E. torreliana* como con sombra de *C. glandulosa* muestra un deficiente comportamiento agronómico.

### **Referencias**

Aguilar, A.; Beer, J.; Vaast, P.; Jimenez, F.; Staver, CH.; y Kleinn, CH. 2001. Desarrollo del café asociado con *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* en la etapa de establecimiento. *Agroforesteria en las Americas* 8(30): 28-31. URL: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/6026>

- Arcila, J.; Farfan, F.; Moreno, A.; Salazar, L.; y Hincapié, E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. *Revista Cenicafe*, Colombia. 309 p. URL: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>
- Bhagwat, S.A.; Willis, K.J.; Birks, H.J.B.; and Whittaker, R.J. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* 23: 261–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bosselmann, A.S.; Dons, K.; Oberthur, T.; Olsen, C.S.; Ræbild, A.; and Usma, H. 2009. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 129: 253–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.004>
- Caswell, M.; Méndez, V.E.; and Bacon, C.M. 2012. Food security and smallholder coffee production: current issues and future directions. ARLG Policy Brief # 1. University of Vermont: Burlington, VT. URL: <https://scholarcommons.scu.edu/ess/2/>
- Chiquillo, K.; Gaitán, N.; y Vargas, L. 2013. Descripción de la dinámica agroproductiva-comercial del subsector café en El Salvador y aproximación al análisis de equidistribución del ingreso generado 1990-2011. *Revista Realidad.* 137: 417-455. URL: [http://www.uca.edu.sv/upload\\_w/8/archivo/1391120570-52ead0baa15b9.pdf](http://www.uca.edu.sv/upload_w/8/archivo/1391120570-52ead0baa15b9.pdf)
- Farfán, F.; y Mestre, A. 2004. Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. *Cenicafe* 55(2):161-174. URL: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc055%2802%29161-174.pdf>
- Farfán, F.; y Urrego, B. 2004. Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* como sombrío e influencia en la productividad del café. *Cenicafe* 55(4):317-329. URL: [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc055\(04\)317-329.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc055(04)317-329.pdf)
- Greenhouse, S.; and Geisser, S. 1959. An extension of Box's results on the use of the F distribution in multivariate analysis. *The Annals of Mathematical Statistics*, 29.
- Haggar, J.; Barrios, M.; Bolaños, M.; Merlo, M.; Moraga, P.; Munguia, R.; Ponce, A.; Romero, S.; Soto, G.; and Staver, C. 2011. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. *Agroforestry Systems* (3): 285-301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9392-5>
- Jezeer, R.E.; y Verweij, P.A. 2015. Café en Sistema Agroforestal - doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en

- Perú. Hivos, The Hague, Holanda. URL: [https://www.researchgate.net/publication/301694184\\_Cafe\\_en\\_sistemas\\_Agroforestales\\_Doble\\_dividendo\\_para\\_la\\_biodiversidad\\_y\\_los\\_pequenos\\_agricultores\\_en\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/301694184_Cafe_en_sistemas_Agroforestales_Doble_dividendo_para_la_biodiversidad_y_los_pequenos_agricultores_en_Peru)
- Lin, B.B. 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agric. For. Meteorol.* 144: 85-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.12.009>
- Mouen Bedimo, J.A.; Dufour, B.P.; Cilas, C.; and Avelino, J. 2012. Effets des arbres d'ombrage sur les bioagresseurs de Coffea arabica. *Cahiers Agricultures* 21(2-3): 89-97. DOI: <https://doi.org/10.1684/agr.2012.0550>
- Pérez, J.; Valdés, E.; y Ordaz, V.M. 2012. Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3): 249-259. URL: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v30n3/2395-8030-tl-30-03-00249.pdf>
- Suatunce, P.; Díaz, G.; y García, L. 2009. Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea arabica* L.) y en monocultivo en el litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología* 2(2): 29-34. URL: [http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1\\_articulo\\_520092.pdf](http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1_articulo_520092.pdf)
- Thornley, J.; and France, J. 2007. Growth functions. En: *Mathematical Models in Agriculture. Quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. 2nd Ed. Cromwell Press, Trowbridge. Pp. 136-171.