

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 1 de 11

16

FECHA	Lunes, 5 de junio de 2023
--------------	---------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad, Facatativá

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Bustos Rojas	Santiago	1001331684
Morales Acosta	Arley Duvan	1003753330

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Tapias Duarte	Juan Carlos

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

 UDECA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 2 de 11

TÍTULO DEL DOCUMENTO

La luz y la sombra, un estudio sobre su impacto en el cultivo de café
(Coffea arabica) en Colombia

SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO

17/05/2023

NÚMERO DE PÁGINAS

19

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.Horas luz	Daylight hours
2.Fotosíntesis	Photosynthesis
3.Intensidad de luz	Light intensity
4.Sombrio	Shading
5.Fotoperiodo	Photoperiod
6.Clorofila	Chlorophyll

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)


Arcila P J. Crecimiento y desarrollo de la planta de café: Cenicafe; 2018.
 Armesto C, Maia FGM, Monteiro FP, Abreu MSD. Exoenzymes as a pathogenicity factor for Colletotrichum gloeosporioides associated with coffee plants. Summa Phytopathologica. 2019; 45(4).
 Axelson G. En Colombia, el café cultivado bajo sombra sostiene tanto a las aves como a las personas. Living Bird. 2018.
 Baliza DP,CF,PD,CRLD,MDC,&RS. Physiological quality of coffee seeds produced under different levels of solar radiation and maturation stages. Brasileira De Sementes. 2012; 34(4): p. 416-423.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 3 de 11

Bote AD, Ayalew B, Ocho FL, Anten NP, Vos J. Analysis of coffee(Coffea arabica L.) performance in relation to radiation levels and rates of nitrogen supply I. Vegetative growth, production and distribution of biomass and radiation use efficiency. European Journal of Agronomy. 2018; 92.

Bote AD, Struik PC. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (Coffea arabica) in Ethiopia. Horticulture and Forestry. 2011; 3(11): p. 336-341.

Cabezas M, Corchuelo G. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (Solanum phureja Juz. et Buk.) en tres localidades colombianas. Agronomía Colombiana [Internet]. 2005; 1: p. 62-73.

Cayón G. Influencia de las bolsas de polietileno sobre el desarrollo y carbohidratos de los frutos de plátano. En: Memorias Congreso Mundial de Banano y Plátano.Montenegro; 2007 p. 13.

Cerón-Chacón V,GDJR,MGLM,TVL,AA,&HGD. Características del suelo en los cultivos de cafés especiales del municipio de Calarcá-Colombia. UGCiencia. 2018; 21.

CICAFE. Guía Técnica para el Cultivo del Café. Segunda ed. Heredia, C.R; 2020.

Comportamiento bioquímico y del intercambio gaseoso del Lulo (Solanum quitoense Lam.) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño colombiano. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 2006; 59(1): p. 3123-3146.

CONSUELO MR, ARMANDO PO, AMILCAR. CR. INFESTACIÓN E INCIDENCIA DE BROCA, ROYA Y MANCHA DE HIERRO EN CULTIVO DE CAFÉ DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA. Rev.Bio.Agro [Internet]. 2012; 10(1): p. 98-108.

Da Silva M. Plasticidade do cafeeiro à luz: respostas morfofisiológicas em genótipos de Coffea arabica L. Universidad de Viçosa. 2013; 1(1).


Daniells J, Lindsay S. Banana bunch covering..

Dari B, Rogers CW, Walsh OS. Comprender los factores que controlan la volatilización del amoníaco a partir de las aplicaciones de nitrógeno fertilizante. Boletín de Extensión de la Universidad de Idaho. 2019; 926.

de la Casa A, Ovando G, Bressanini L, Rodríguez Á, Martínez J. Uso del Índice de Área Foliar y del Porcentaje de Cobertura del Suelo Para Estimar la Radiación Interceptada en Papa. Agricultura Técnica. 2007; 67(1): p. 78-85.

De la Vega M, Pinazo M. Variación del área foliar específica en pinus elliottii var. Elliottii engelm. x pinus caribaea var hondurensis morelet y su extrapolación al cálculo del área foliar proyectada. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales UNAM, Montecarlo, 10, 11 y 12 de junio. 2010.

Encalada Córdova M, Soto Carreño F, Morales Guevara D, Cabrera Erreyes T, Jaramillo Rojas M. Influencia de la intensidad de luz en la producción de posturas de cafeto (Coffea Arabica L.) en vivero. CEDAMAZ. 2017; 6(1).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 4 de 11

Encalada-Córdova M, Soto-Carreño F, Morales-Guevara D, Álvarez-Bello I. Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultivos Tropicales*. 2016; 37(4).

Federación Nacional de Cafeteros (FNC). *HISTORIA DEL CAFÉ DE COLOMBIA*. Café De Colombia. 2021.

Figueroa-Hernández E, Pérez-Soto F, Godínez-Montoya L, Perez-Figueroa R. Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*. 2018; 14(1): p. 41-56.

Flechas-Bejarano N, Acuña-Zornosa JR. Evaluación del efecto de la aplicación. *Cenicafe*. 2022; 73(1).

Flores-López R, Sánchez-del Castillo F, Rodríguez-Pérez JE, Mora-Aguilar R, Colinas-León MT, Lozoya-Saldaña H. Influencia de la radiación solar en la producción de semilla-tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 2009; 15(1).

Gobbi K, García R, Ventrella MGA, Rocha G. Área foliar específica e anatomía foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40(7): p. 1436-1444.

Gómez Vargas Y, Pedraza Rute RA, Gómez Latorre DA, Villagrán Munar EA, Numa Vergel SJ, Santos Díaz AM, et al. Aspectos generales del cultivo de café en Cundinamarca. Primera ed. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia); 2022.

González C, Andrade J, Orellana R, Peña L, Reyes C. Microambiente lumínico y morfología y fisiología foliar de *Bromelia karatas* en una selva baja caducifolia de Yucatán, México. *Botanical Sciences*. 2013; 91(1): p. 75-84.

Guevara E, Rodríguez W. *Arquitectura vegetal e interceptación de luz*. Sexta ed. San Jose, CR: Editorial de la Universidad de Costa Rica. ; 2006.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA). *Guía práctica de caficultura*; 2020.


Jaramillo-Robledo A. La redistribución de la radiación solar y la lluvia dentro de plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). *Revista academica Colombiana de Ciencias*. 2005; 112: p. 371-382.

Lee J, Heuvelink E. Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning and specific leaf area for cut crisanthemum. *Ann Botany*. 2003; 91: p. 319-327.

Lombardini L, Restrepo H, Volder A. Photosynthetic Light Response and Epidermal Characteristics of Sun and Shade Pecan leaves. *J. AMER. SOC. HORT. SCI*. 2009; 134(3): p. 372-378.

Marín-Garza TGMFC, Aguilar-Rivera NMGJTTLI, Pastelín-Solano MC, Castañeda-Castro O. Composición bioactiva de hojas de café durante un ciclo anual. *Revista fitotecnia mexicana*. 2018; 41(4).

Mariño YA. Respuesta fotosintética de *Coffea arabica* L. a diferentes niveles de luz y disponibilidad hídrica. *Acta Agronómica*. 2014; 63(2): p. 128-135.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 11

Márquez Niño F. Caracterización ecofisiológica de plantas juveniles de aguacate ‘HASS’ (persea americana VAR. ‘HASS’) bajo distintas condiciones de luz solar. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Ciencias Departamento de Biología. 2017.

Milla Pino ME, Oliva Cruz SM, Leiva Espinoza ST, Collazos Silva R, Gamarra Torres OÁ, Barrena Gurbillón MÁ, et al. Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. Acta Agron. [Internet]. 2021; 68(4): p. 271-277.

Mohali S, Miller S, Stewart J. Colletotrichum spp. and other fungi associated with anthracnose on *Coffea arabica* L. in Mérida State, Venezuela. Summa Phytopathologica [online]. 2022; 48(3): p. 99-111.

Montero Torres J. Relación de la radiación solar con la producción de plantas: agroproductivas. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 2022.

MORENO B AM. Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos. Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura.. 2013; 3: p. 64-84.

Nakazono M, Da Costa M, Futatsugi K, Silveira P. Crecimiento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. Revista Brasileira de Botânica. 2001; 24(3): p. 173-179.

Ocampo Lopez O, Alvarez Herrera L. Trend in Coffee Production and Consumption in Colombia. Apuntes del CENES. 2017; 36(64).

PRODUCCIÓN DE CLOROFILA EN *Pinus pseudostrobus* EN ETAPAS JUVENILES BAJO DIFERENTES AMBIENTES DE DESARROLLO. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 2011; 17(2): p. 253-260.

Robinson JC. Bananas and Plantains. CAB International. 1996;: p. 238.


Rodríguez D, Cure JR, Cotes JM, Gutierrez AP, Cantor F. A coffee agroecosystem model: I. Growth and development of the coffee plant. Ecological Modelling. 2011; 222(19): p. 3626-3639.

Rodríguez Larramendi LA, Guevara Hernández F, Gómez Castro H, Fonseca Flores M, Gómez Castañeda JC, Pinto Ruiz R. Anatomía foliar relacionada con la ruta fotosintética en árboles de café (*Coffea arabica* L., var. Caturra Rojo) expuestos a diferentes niveles de radiación solar en la Sierra Maestra, Granma, Cuba. Acta agronomica. 2016; 65(3): p. 248-254.

Salamanca A, González-Osorio H. Respuesta del café a la aplicación foliar de nutrientes. Cenicafe. 2020; 71(2): p. 124-142.

Soto M. Siembra y operaciones de cultivo. En: Soto, M Bananos: cultivos y comercialización. San José, CR.: Litografía e Imprenta LIL; 1992

Toro-Trujillo AM, Arteaga-Ramírez R, Vázquez-Peña MA, Ibáñez-Castillo LA. Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia. Tecnología y Ciencia del Agua. 2016.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 6 de 11

Vargas-Calvo A, Valle-Ruiz H. Efecto de dos tipos de fundas sobre el fruto de banano (Musa AAA). Agronomía mesoamericana. 2011; 22(1): p. 81-89.

Wee CC. The Potential Health Benefit of Coffee: ¿Does a Spoonful of Sugar Make It All Go Away? Annals of Internal Medicine. 2022; 175(7).

Whiley AW, Schaffer B. Avocado. En CRC Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops.; 1994.

Williams A, Dayer A, Hernández-Aguilera J, Phillips T, Faulkner-Grant H, Gomez M, et al. Tapping birdwatchers to promote bird-friendly coffee consumption and conserve birds. People and Nature. 2021; 3(2): p. 312-324.

Wolstenholme BN, Whiley AW. ECOPHYSIOLOGY OF THE AVOCADO (Persea americana mill.) TREE AS A BASIS FOR PRE-HARVEST MANAGEMENT. Revista Chapingo Serie Horticultura. 1999; 5: p. 77-88.

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Bustos-Rojas, Santiago; Morales-Acosta. Arley Duvan, Ingeniería agronómica., Universidad de Cundinamarca, abril del 2023. La luz y la sombra, un estudio sobre su impacto en el cultivo de café (Coffea arabica) en Colombia. Orientador: Juan Carlos Tapias Duarte.

RESUMEN

En este artículo se examinaron variables relevantes que afectan la producción de café, como: la cantidad de horas de luz solar, la sombra, la época del año y la altitud. Los hallazgos del análisis indican que hay correlación directa entre intensidad lumínica solar y la producción de café. En particular, los estudios sugieren que los cafetos que reciben una mayor cantidad de luz solar producen una mayor cantidad de granos de café. Además, los resultados también muestran que la sombra puede ser beneficiosa para el crecimiento del café en algunas condiciones, pero en general que la luz directa es fundamental para una producción óptima. En este artículo se destaca la importancia de la luminosidad en el cultivo de café y subraya la necesidad de considerar la cantidad y calidad de la luz solar en la planificación y gestión de las plantaciones de café. Los resultados de la revisión pueden ser útiles para agricultores, investigadores y otros interesados en el cultivo de café, ya que proporciona una comprensión más elaborada de la relación luz-crecimiento-producción de este sistema agrícola.

ABSTRACT


This article examines relevant variables that affect coffee production, such as hours of sunlight, shade, seasonality, and altitude. The findings of the analysis indicate a direct correlation between the intensity of sunlight and coffee production. Studies suggest that coffee plants that receive a greater amount of sunlight produce a larger quantity of coffee beans. Additionally, the results show that shade can be beneficial for coffee growth in certain conditions, but that direct light is generally fundamental for optimal production. The article highlights the importance of luminosity in coffee cultivation and emphasizes the need to consider the quantity and quality of sunlight in the planning and management of coffee plantations. The review results can be useful for farmers, researchers, and other

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 7 de 11

stakeholders interested in coffee cultivation, as it provides a more elaborate understanding of the light-growth-production relationship in this agricultural system.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 8 de 11


3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 9 de 11

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ **NO** **X**.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 10 de 11

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.




Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
---	---

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 11 de 11

1. La luz y la sombra, un estudio sobre su impacto en el cultivo de café (Coffea arabica) en Colombia.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Bustos Rojas Santiago	<i>Santiago Bustos R.</i>
Morales Acosta Arley Duvan	<i>Arley Duvan Morales</i>

21.1-51-20.

SANTIAGO BUSTOS ROJAS Y ARLEY DUVAN MORALES ACOSTA

**LA LUZ Y LA SOBRA, UN ESTUDIO SOBRE SU IMPACTO EN EL CULTIVO
DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN COLOMBIA**

Monografía presentada a la Universidad de Cundinamarca (UDEC), como parte de las exigencias del programa en Ingeniería Agronómica, para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

Director: Juan Carlos Tapias Duarte

FACATATIVÁ – CUNDINAMARCA

2023

La luz y la sombra, un estudio sobre su impacto en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Colombia

Light and surplus, a study on its impact on coffee cultivation (*Coffea arabica*) in
Colombia

Bustos, S¹, Morales, A. D., Tapias, J. C.

Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias Extensión

Facatativá, Ingeniería Agronómica

<https://orcid.org/0009-0001-6388-7046>¹

<https://orcid.org/0000-0002-4470-3205>²

<https://orcid.org/0000-0003-2608-2270>³

RESUMEN

En este artículo se examinaron variables relevantes que afectan la producción de café, como: la cantidad de horas de luz solar, la sombra, la época del año y la altitud. Los hallazgos del análisis indican que hay correlación directa entre intensidad lumínica solar y la producción de café. En particular, los estudios sugieren que los cafetos que reciben una mayor cantidad de luz solar producen una mayor cantidad de granos de café. Además, los resultados también muestran que la sombra puede ser beneficiosa para el crecimiento del café en algunas condiciones, pero en general que la luz directa es fundamental para una producción óptima. En este artículo se destaca la importancia de la luminosidad en el cultivo de café y subraya la necesidad de considerar la cantidad y calidad de la luz solar en la planificación y gestión de las plantaciones de café. Los resultados de la revisión pueden ser útiles para agricultores, investigadores y otros interesados en el cultivo de café, ya que proporciona una comprensión más elaborada de la relación luz–crecimiento–producción de este sistema agrícola.

¹ Sbustosr@ucundinamarca.edu.co

Palabras Clave

Horas luz, fotosíntesis, intensidad de luz, sombrero, fotoperiodo, clorofila.

ABSTRACT

This article examines relevant variables that affect coffee production, such as hours of sunlight, shade, seasonality, and altitude. The findings of the analysis indicate a direct correlation between the intensity of sunlight and coffee production. Studies suggest that coffee plants that receive a greater amount of sunlight produce a larger quantity of coffee beans. Additionally, the results show that shade can be beneficial for coffee growth in certain conditions, but that direct light is generally fundamental for optimal production. The article highlights the importance of luminosity in coffee cultivation and emphasizes the need to consider the quantity and quality of sunlight in the planning and management of coffee plantations. The review results can be useful for farmers, researchers, and other stakeholders interested in coffee cultivation, as it provides a more elaborate understanding of the light-growth-production relationship in this agricultural system.

Key words

Daylight hours, photosynthesis, light intensity, shading, photoperiod, chlorophyll.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es interpretar la relación existente entre la cantidad de horas de luz solar y su efecto en el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de los granos de café, a partir de la revisión sistemática de literatura científica. Con ello, se espera que agricultores y demás actores de la producción de café conozcan y entiendan las condiciones óptimas para mejorar la calidad de la producción en vista de las exigencias de los mercados. En este artículo se encontrarán diferentes estudios realizados en cafetos. Además, se tienen en cuenta diferentes plantaciones, con el fin de establecer un patrón en el estado de crecimiento y desarrollo de estas, de acuerdo con la intensidad lumínica solar y de sombra que reciban. Gracias a la evaluación de los experimentos realizados en los cultivos, se pretende encontrar formas óptimas de manejar la iluminación y opacidad, de modo que el fruto final se desarrolle hasta llegar al punto deseado por el cultivador y productor.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este artículo de revisión bibliográfica, se realizaron búsquedas de artículos científicos y libros publicados durante los últimos cinco años con información sobre el cultivo de café, aplicando la ecuación de búsqueda “cultivo café luz brillo solar”, con el fin de recopilar información necesaria para el análisis y argumentación del texto final. Se consultaron bases de datos como: Elsevier, Google académico, SciELO, Science Direct y Scopus. Los artículos científicos y documentos como tesis, libros, folletos, informes científicos y técnicos se seleccionaron y consultaron haciendo uso de las palabras claves: Horas luz, fotosíntesis, intensidad de luz, sombrero, fotoperiodo, fueron excluidos los documentos que no presentaron la información requerida.

El café (*Coffea arabica* L.) se ha convertido en uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial a través de las últimas décadas, debido a que es la segunda bebida más consumida en todo el mundo después del agua (1); (2). Esto ha generado que en muchos países el establecimiento de cultivos de café cada vez sea mayor, con el principal objetivo de exportarlo, ya que genera una fuente importante de ingresos anuales, y brinda una fuente de trabajo a gran cantidad de campesinos y agricultores (1); (3).

Gracias a estudios biogeográficos y genéticos, se ha podido determinar que esta planta pertenece a la familia de las rubiáceas, y su origen se sitúa en el continente africano, desde 1554 fue introducida a diferentes partes del mundo, logrando llegar al continente americano a principios del siglo XVIII (4); (5). Desde entonces, el cultivo de café se ha distribuido y establecido en diferentes partes del mundo, siendo hoy uno de los cultivos de mayor importancia para Colombia.

El cultivo de café se ha consolidado como uno de los productos de mayor peso e importancia dentro de la canasta de productos agrícolas producidos en el país. Su presencia es notoria en los campos de cultivo, en la economía y en la cultura del país. El café no solo representa una fuente de ingresos significativa para los agricultores, sino que también impulsa la generación de empleo y contribuye al desarrollo económico de las comunidades locales. (6).

Para marzo del 2021, la producción nacional de café logró superar los 3,2 millones de sacos, aumentando en un 13% con respecto al año anterior, y las exportaciones aumentaron en un 21% durante este mismo periodo de tiempo (correspondiente a 1,1 millones de sacos de 60 kg), esto a su vez generó un aproximado de 785.000 empleos directos (7). Por lo que supone una mejoría en la economía rural, ya que alrededor de 500.000 familias colombianas obtienen sus ingresos a partir de este cultivo (7).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las condiciones ambientales y climáticas ejercen una gran influencia sobre los cultivos, no solo en el desarrollo y en los procesos fisiológicos de las plantas, sino que también influye y modula las interacciones que se establecen con otros organismos (8). La radiación solar, como medida de la energía que llega a un área en un período determinado, tiene un impacto directo en la fenología del café. En condiciones de mayor radiación solar, se observa que los cafetos tienden a tener un alargamiento de los nudos y un incremento en el área foliar (9). Esto se debe a que la radiación solar es un factor clave para la fotosíntesis, el proceso mediante el cual las plantas convierten la luz solar en energía para su crecimiento y desarrollo. (9)

Los factores ambientales condicionan el desarrollo de los cultivos, puesto que pueden provocar cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos. Esto llega a determinar su rendimiento, debido a que la interacción entre estos factores permite optimizar procesos dentro de la planta y en el cultivo (10). Dentro de los factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, se encuentra la luz, cuya disponibilidad está determinada por el macro clima de la región, en donde influyen la altitud y el día del año, así como las condiciones de nubosidad, pues estas llegan a determinar la cantidad de luz directa y difusa que recibe la planta (11).

En unos estudios realizados en aguacate (*Persea americana*) por Whiley (12) y Wolstenholme (13), se reportó que las hojas son de sombra, dado que su punto de saturación se encuentra entre el 20 y 33% de luz solar total (12). No obstante, en contraposición a estos resultados, los árboles de aguacate que se encuentran en cultivo alcanzan el punto de saturación cerca

del 50% de la luz total (13), siendo mucho mayor en relación con las incidencias sobre la planta. Márquez (14) realizó un estudio en el que evaluaba el efecto de tres tratamientos de luz solar(100%, 65% y 50%) en plantas juveniles de aguacate. Los resultados dicen que la mayor temperatura en la hoja se alcanzó con el mayor porcentaje de radiación solar que recibía esta; mientras que en el tratamiento con menor porcentaje de radiación (50%), el contenido de clorofila a, clorofila b y clorofilas totales era mayor. Lo anterior puede estar relacionado con la acumulación de pigmentos que realiza la planta para captar la mayor cantidad de luz disponible con el objetivo de realizar los procesos fotosintéticos.

Como se mencionó anteriormente, la interacción entre factores ambientales condiciona el rendimiento de los cultivos. Este hecho se corrobora en el cultivo de banano, puesto que el embolse de los racimos llega a aumentar el rendimiento hasta en un 25%, lo que está relacionado con un aumento en el peso de los racimos de entre 9 y 17%, dada la diferencia entre 2 a 6 °C de temperatura con el medio exterior (15) (16); (17). El embolse consiste en recubrir los racimos con el fin de realizar un control mecánico contra artrópodos plaga; así entonces, las fundas con las que se cubren los racimos están hechas de polietileno que, dependiendo del color, filtran la radiación fotosintéticamente activa, como en el caso de un polarizador defiltro azul que transmite el 73% de longitud de onda bajo una radiación incidente de 2298 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (18); (19). Otro efecto que tiene el uso de embolsar los racimos es la apariencia, puesto que, un racimo embolsado con un filtro azul exhibe una disminución en el color verde del fruto, mientras que, los racimos con fundas sin color producen frutos más verdes junto con una cáscara más resistente (20); (21).

En la papa, la radiación solar tiene una fuerte influencia en el crecimiento de la raíz, puesto que, en tratamientos con 70 y 100% de radiación, el crecimiento de este órgano es mayor a los 50 días después de la emergencia (DDE), en comparación con tratamientos con 40 y 50% de luz (22). Por otro lado, a los mismos 50 DDE, la altura de las plantas de papa es mayor en tratamientos donde la radiación incidente es menor. A los 75 DDE, las plantas expuestas al 100% de la radiación presentan menor altura que plantas sometidas a un 60% de

sombreamiento. Lo anterior se puede deber a que, a una menor luz que recibe la planta, esta elonga el tallo, posiblemente por una acumulación de auxinas (10). Otro punto por resaltar es que, a 40% de luz incidente sobre la planta, se presenta una mayor área foliar; esta es una estrategia para superar las deficiencias en la fotosíntesis (23).

Para el caso de café, Mariño (24) realizó un estudio en el que evaluó el efecto de la radiación solar directa y el agua disponible, encontró que plantas en condición de sombrío, comparadas con plantas expuestas al sol, presentaron un aumento en la producción efectiva en 17% y 25%, así como aumento en la eficiencia del fotosistema II, y la concentración de pigmentos como clorofilas y *carotenoides*. Estos aumentos surgen como respuesta de las plantas en la capacidad de absorción de luz y evitar fotoinhibición(24).

En relación con la radiación, surge un concepto similar denominado “brillo solar”, este parámetro es definido como la cantidad de energía recibida, absorbida y redistribuida por el cultivo. A diferencia de la radiación, el brillo solar influencia en mayor medida la acumulación y producción de biomasa del cultivo y, por tanto, la productividad y calidad del café (4); (25). A pesar de ser un cultivo que requiere ciertas horas de luz al día, diferentes estudios han resaltado la importancia de las condiciones de sombrío, puesto que reducen la entrada de luz excesiva y suelen crear condiciones que no son propicias para plagas y enfermedades. Asimismo, al implementar sombrío, bien sea con el uso de polisombras o con árboles, se logran mantener los rendimientos del café a largo plazo, ya que reducen la producción excesiva de las ramas de café (26); (4); (24).

Con respecto a la interacción con otros organismos, el efecto de las variables mencionadas con anterioridad es, la aparición de plagas y enfermedades, destacándose principalmente broca del café, roya y antracnosis.

La broca del café (*Hypothenemus hampei*), es una de las plagas que más afecta el cultivo de café, debido a que causa grandes pérdidas en el cultivo al perforar el fruto verde, haciendo galerías al endospermo del grano, provocando la caída del mismo, reduciendo la producción y calidad del fruto (8). Para su manejo existen diferentes herramientas, desde controles

culturales hasta químicos, destacando el re-re (recolección oportuna y repases), la liberación de agentes de control biológico, y el uso de insecticidas de categoría toxicológica tipo 3 (4); (8).

La roya del café, considerada una de las enfermedades más recurrentes y causante de grandes pérdidas económicas, es causada por el hongo (*Hemileia vastatrix*), el cual limita el crecimiento de las plantas, debido a que reduce el área fotosintética. Esto, conlleva a una disminución en la tasa fotosintética de la planta, repercutiendo directamente en la producción y rendimiento del cultivo (27). Entre las estrategias del manejo se destaca el uso de variedades resistentes y un manejo adecuado del cultivo realizando actividades como el control biológico, cultural y químico (8); (28).

La antracnosis es una enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, el cual puede afectar severamente el cultivo de café, con pérdidas que oscilan entre el 10% y el 50% (29). Se suelen presentar cuando hay excesos de lluvia, malnutrición, excesos de sombra o en plantaciones muy viejas. Sus síntomas incluyen manchas de color café claro a oscuro, con un centro grisáceo o blanco, y en su fase más avanzada se tornan completamente grises (30). La necesidad de identificar posibles soluciones para frenar esta enfermedad ha promovido diversas investigaciones, que han permitido reconocer diferentes grupos taxonómicos, lo que facilita el acceso a información científica y técnica que ayuda a buscar tecnologías o diferentes procesos para monitorear su manejo (29).

Para determinar la cantidad de radiación solar que recibe el cultivo, lo que puede ayudar a los agricultores a establecer la cantidad de luz solar que reciben las plantas y en consecuencia ajustar sus prácticas de cultivo (30), se hace necesario el uso del piranómetro, un instrumento de medición utilizado para cuantificar la radiación solar que llega a la superficie terrestre.

Entre otros experimentos, Encalada-Córdova *et al.* (10) evaluaron el efecto de la influencia de la luz sobre la fisiología del cafeto: bajo condiciones semicontroladas, implementaron mallas de polietileno negro de diferentes densidades, con el fin de reducir la intensidad de la luz. La implementación de estas mallas tuvo una duración de 105 días, tiempo en el cual se evaluó la

materia seca, el área foliar, el contenido de clorofila y la densidad estomática, con el objetivo de determinar qué cantidad apropiada de luz recibida por la planta en función del crecimiento, desarrollo y rendimiento del cafeto.

En un estudio similar, Mariño (24) tanteó el comportamiento de plantas de café bajo una condición de sombrero del 15%. Para evaluar la influencia de la radiación sobre las plantas y determinar la importancia de la radiación en el café, midió parámetros fotosintéticos como la tasa de fotosíntesis y la conductividad estomática. Esto le permite conocer la capacidad de fotosintetizar, es decir, de captar longitudes de onda de la luz en los centros de reacción para que se generen electrones y que estos entren en la cadena de los fotosistemas, con el fin de producir asimilados al reducir la luz incidente, y para medir el intercambio gaseoso a través de los estomas, principalmente, el flujo de dióxido de carbono, que es un insumo en la fase de síntesis de compuestos orgánicos. (10)

De igual manera, Milla *et al.* (31) estudiaron el comportamiento de tres diferentes variedades de café establecidas bajo sombra, mediante la implementación de tres especies arbóreas, para determinar la variedad mejor adaptada a las condiciones agroclimáticas de la zona de estudio, en el distrito cafetero de Huambo, en la Provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. Para esto, se midieron y evaluaron diferentes características agronómicas hasta el día 150 después del establecimiento del cultivo; entre ellas se encontraban: altura de planta, altura hasta la primera hoja, número de hojas/planta, estado general de la planta y diámetro del tallo. De ese modo, al final del experimento se determinó el potencial productivo, así como el apropiado manejo del cultivo de las diferentes variedades de café a partir de la respuesta a las condiciones de sombrero (Figura 1).

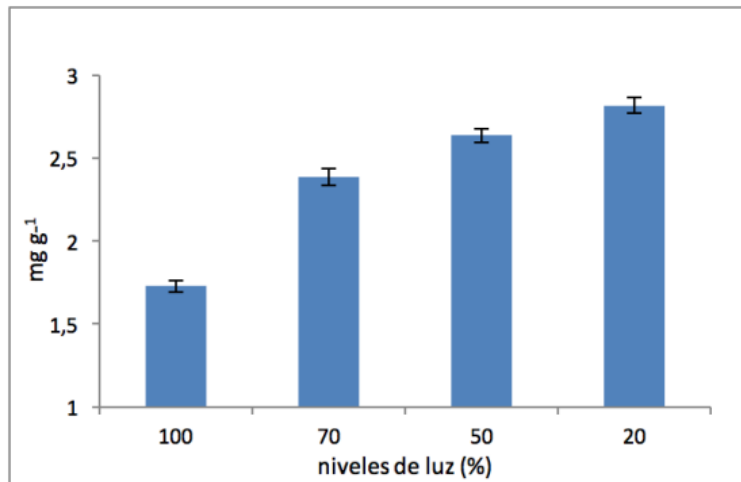


Figura 1. Contenido total de clorofila de 215 plantas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas en cuatro niveles de intensidad de luz. La línea vertical sobre la barra muestra un intervalo de confianza de $1-\alpha = 0,05$ (10).

El contenido de clorofila a tuvo valores más altos en la sombra en comparación con la condición de plena luz; no hubo diferencia estadística entre 50% y 20% de luz, y entre 50% y 70% de luz. Para la clorofila b, los valores más altos se dieron al 70%, 50% y 20% de luz (Figura 2).

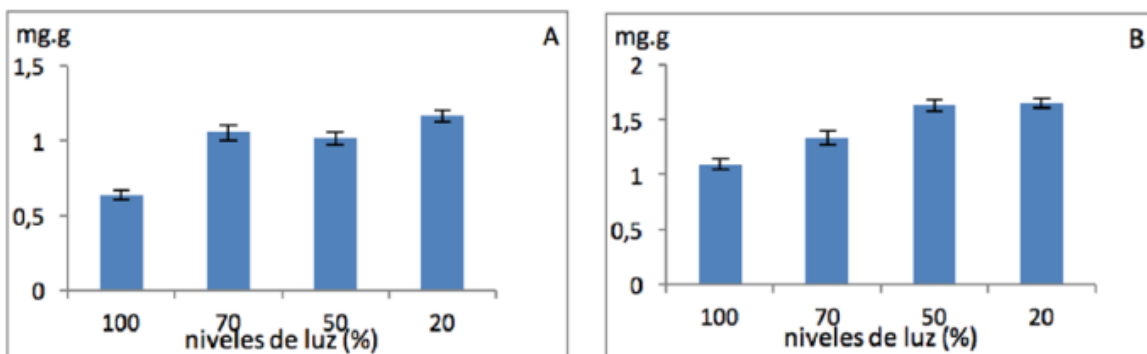


Figura 2. Contenido de clorofila a y clorofila b en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas a cuatro niveles de intensidad de luz. A. Clorofila a, B. Clorofila b. La línea vertical sobre la barra muestra el intervalo de confianza $1-\alpha = 0,95$ (10).

Aunque ambos pigmentos aumentaron con la sombra, la proporción de clorofila a y clorofila b cambió de 48% a 52% (bajo 100 % de luz) a 42% a 58% en plántulas cultivadas bajo 20 % de luz (Figura 3).

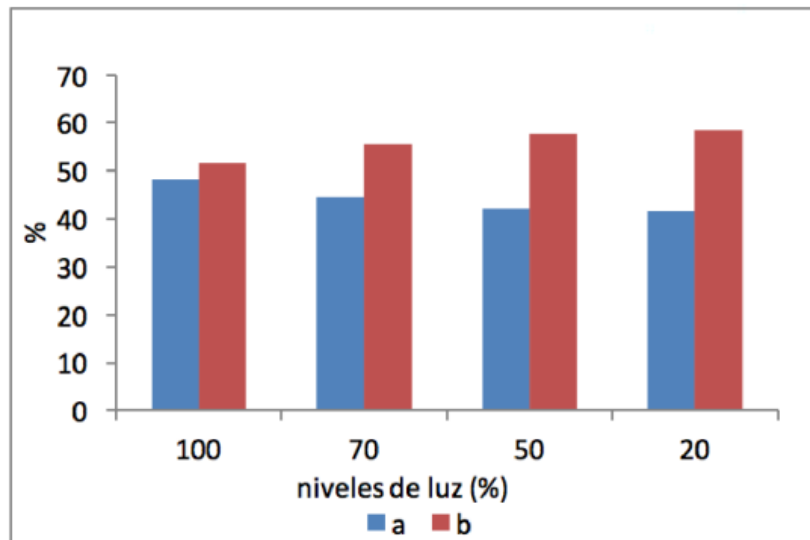


Figura 3. Contribución (%) de la clorofila a y b al contenido total de clorofila en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas a cuatro intensidades de luz (10).

El contenido total de clorofila osciló entre 1,73 y 2,82 mg/g de peso fresco, de acuerdo con lo encontrado en hojas de café por Valencia *et al.*, (32). El aumento lineal de la clorofila relacionado con la intensidad de la luz fue consistente con Rivera *et al.* y González *et al.* (33). Los resultados muestran la capacidad del cafeto para adaptarse a condiciones de sombra, ya que un mayor contenido de clorofila conduce a una mayor absorción de la luz incidente con una intensidad reducida. En condiciones de vivero, Da Silva (34) encontró que las hojas de café expuestas a luz solar total tenían una reducción del 30% en la clorofila total, en comparación con las hojas de café cultivadas a la sombra. En los casos correspondientes a clorofila tipo *a* y *b*, se encontró un tono más alto para la clorofila *a* en comparación con la posición completamente iluminada, lo cual también fue reportado por Mariño (24). Del mismo modo, Nakazono *et al.* (35), Medina-Cano *et al.* (36) y Lombardini *et al.* (37), informaron que los aumentos en la clorofila *b* se correlacionaron positivamente con los aumentos en la sombra. Este fenómeno explica que el cafeto tenga cierta capacidad fisiológica para activar el pigmento auxiliar (clorofila *b*) cuando la función del pigmento activo (clorofila *a*) se debilita por falta de luz. La combinación de ambos (*a* y *b*) mejora los rendimientos de la cosecha y, además, aumenta la capacidad fotosintética de las plantas en estas condiciones ambientales. (38). El aumento del área foliar corresponde al valor del contenido de clorofila y muestra una

mayor inversión de fotoasimilados en las hojas para maximizar la captación de luz disponible, como lo señalan Gobbi et al. (39). Este resultado implica mayor eficacia en condiciones de luz limitada, lo cual es importante porque el área foliar está directamente involucrada con la actividad fotosintética y, por lo tanto, con la acumulación de materia seca.

El área foliar específica (AFE), en los tratamientos 70% y 50%, siempre fue mayor que los otros tratamientos; este no fue el caso para el ensayo de exposición al 20% de luz, que inicialmente se produjo en niveles correspondientes al 70% y 50%, pero, después de 190 DDE, está en la parte superior del segundo tratamiento. El tratamiento con la menor AFE fue del 100%. Considerando que el AFE está relacionado con el crecimiento de las plantas, se demostró que las plantas de café se desarrollan mejor en condiciones de menor intensidad lumínica. En un estudio con pinos, De la Vega et al. (40) demostraron que la respuesta de los valores de AFE en la copa era mayor cuando se reducía la intensidad lumínica. Considerando que AFE es un indicador de crecimiento y eficiencia fotosintética, los resultados obtenidos con mayor AFE en tratamientos de luz limitada se asociaron con mayores valores de masa seca obtenidos en estos mismos tratamientos. Lee y Heuvelink (41), notaron que el AFE varió con la intensidad de la luz, y que las plantas con AFE más bajo tenían hojas lignificadas y tamaño de celda más pequeño, en consonancia con las hojas más pequeñas del estudio 100% fototerapia.

Otra metodología empleada para reducir la radiación en el café consiste en realizar podas, así como lo realizado por Rodríguez *et al.* (42), con el fin de determinar la anatomía de la hoja del café cuando se expone a diferentes niveles de radiación solar. Así entonces, se emplearon piranómetros, que se ubicaban sobre bases metálicas por encima del dosel de los cafetos para determinar el porcentaje de interceptación de la radiación solar, y para regular el sombreado de las plantas. En las plantas tratadas, se midió la densidad estomática, grosor de la lámina foliar, epidermis abaxial y adaxial de los parénquimas en empalizada y esponjoso; también, se midió la longitud y ancho de las células oclusivas con impresiones foliares. Las variables mencionadas previamente contribuyeron a determinar cómo la

reducción de la luz incidente afectaba las plantas de café.

Por otro lado, Baliza *et al.* (43) evaluaron el efecto y la influencia que tenían diferentes niveles de radiación solar (luz solar plena, sombrío a través de pantallas de sombra del 35% y del 50%, respectivamente), y estados de maduración sobre la calidad fisiológica de las semillas de café. Para esto se recogieron y extrajeron semillas de los frutos, después de 14 meses de iniciado el experimento; con ellas se llevaron a cabo pruebas de germinación, recuento de plántulas anormales, cantidad de semillas muertas, cantidad de plántulas con hojas cotiledóneas abiertas y análisis electroforético de isoenzimas.

Resultados

Ahora bien, para el correcto y adecuado desarrollo de un sistema productivo de café, se recomienda sembrarlo en altitudes que se encuentren entre los 500 a 1700 metros sobre el nivel del mar, teniendo en cuenta que por encima o debajo de este rango el desarrollo y la fisiología de las plantas se pueden ver afectados. La temperatura debe estar en un rango de 17 a 23 °C, acompañado de un fotoperíodo mayor a 1.500 h/año en cultivos completamente expuestos a la radiación solar, para aumentar y lograr obtener un potencial productivo por encima del 60%. La precipitación óptima debe ser de 750 a 2000 mm de agua anuales distribuidos a lo largo del año, junto con humedad relativa menor al 85%, con el fin de evitar problemas tanto fisiológicos como sanitarios (plagas y/o enfermedades). Asimismo, requieren de suelos con texturas francas (F) a franco-arenosas (FA), con pH entre los 5 y 5.5, y se recomienda cultivar en terrenos con pendientes menores al 10% (4); (8); (44); (28); (45).

Uno de los aspectos que determina la productividad en los cafetos y que a su vez se ve altamente condicionado por los factores climáticos, tales como la radiación y brillo solar, es la morfología de la planta (31). En este sentido, cabe mencionar que las plantas de café se pueden presentar como pequeños arbustos, hasta árboles de tamaño considerable, presentando por lo general un solo tallo central, a partir del cual se desarrollan las ramas laterales o secundarias, las cuales darán paso a la formación de hojas, flores y frutos, dando origen a una planta de forma cónica (46); (4).

Así mismo, la sombra puede proporcionar un ambiente más favorable para la vida silvestre, incluyendo aves y otros animales, lo que puede ayudar a controlar las plagas y enfermedades del café de forma natural. Las especies de árboles que se utilizan para el sombreado también pueden proporcionar nutrientes adicionales al suelo y mejorar la biodiversidad en el área de cultivo (47).

En términos de calidad del café, la sombra puede mejorar la uniformidad de los granos, reducir la acidez y mejorar el sabor y aroma. Los granos que crecen bajo sombra tienden a tener un sabor más suave y complejo que los que se cultivan a pleno sol (48).

Entonces, en el cultivo de café, la sombra puede ser beneficiosa para la planta en varias formas. El sombreado puede reducir la intensidad de la luz y la temperatura del aire, lo que puede disminuir la tasa de transpiración y aumentar la eficiencia del uso del agua. Además, el sombreado puede proporcionar un ambiente más húmedo y proteger la planta de la radiación solar directa, lo que puede disminuir el riesgo de daño por estrés térmico.

Finalmente, el sombreado en el cultivo de café puede mejorar la eficiencia del uso del agua, proteger la planta de estrés térmico y mejorar la calidad del café. Además, puede proporcionar beneficios ambientales y ayudar a controlar las plagas y enfermedades de forma natural. Por estas razones, el sombreado es una práctica común y útil en muchos sistemas de producción de café en todo el mundo.

Discusión

En los resultados del trabajo se puede evidenciar que la planta de café no requiere de una gran cantidad de iluminación diaria, por lo cual es una planta que se adapta bien a climas templados, los cuales tienen pocas precipitaciones y brindan una luminosidad adecuada para la planta de café. El rango de temperatura ideal para la planta de café va de 16 a 24°C lo cual contribuye a su óptimo desarrollo; estos datos concuerdan con la investigación de Gómez et al (8). Por otra parte, la planta de café requiere un suelo con textura franco-arenosa y un pH levemente ácido para obtener buenos rendimientos y un correcto desarrollo fisiológico de la planta; estos resultados se asemejan a la información proporcionada por Gómez et al (8);

IICA (28).

Finalmente, de acuerdo con Rodríguez et al (42), la altura y área foliar de la planta de café está ligada a factores ambientales, los cuales proporcionan recursos importantes como son luminosidad, agua y dióxido de carbono, que ayudan al correcto desarrollo de las plantas. Si se reduce la cantidad de luminosidad, el crecimiento de la planta se reducirá, al igual que su área foliar, que va a ser menor por la limitación de luminosidad, lo que conllevaría a que la planta desarrolle menor número de hojas y tallos, y que no cuente con la energía necesaria para desarrollarse normalmente.

Conclusión

Los resultados de las variables evaluadas mostraron una correlación directa entre la intensidad lumínica y la producción expresada en masa seca; de acuerdo con los autores revisados, a menor intensidad lumínica, mayor acumulación de masa seca. En los tratamientos de menor intensidad lumínica se obtuvieron mejores y mayores superficies foliares, lo que se correlacionó directamente con una mayor capacidad de captar la limitada luz disponible. Además del mecanismo de eficiencia, se determinó que en condiciones de menor iluminación, hay un aumento en el contenido de clorofila, lo que permitió una mayor percepción de la energía lumínica disponible, que es uno de los factores básicos en la realización del proceso de fotosíntesis. Una mayor superficie foliar y un mayor contenido de clorofila explican la mayor acumulación de masa seca en los tratamientos de 50 y 20% de café (*Coffea arabica* L.).

Referencias

1. Ocampo Lopez O, Alvarez Herrera L. Trend in Coffee Production and Consumption in Colombia. Apuntes del CENES. 2017; 36(64).
2. Wee CC. The Potential Health Benefit of Coffee: ¿Does a Spoonful of Sugar Make It All Go Away? Annals of Internal Medicine. 2022; 175(7).
3. Bote AD, Ayalew B, Ocho FL, Anten NP, Vos J. Analysis of coffee(*Coffea arabica* L.) performance in relation to radiation levels and rates of nitrogen supply I. Vegetative growth, production and distribution of biomass and radiation use efficiency. European Journal of Agronomy. 2018; 92.
4. MORENO B AM. Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos. Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura.. 2013; 3: p. 64-84.

5. Federación Nacional de Cafeteros (FNC). HISTORIA DEL CAFÉ DE COLOMBIA. Café De Colombia. 2021.
6. Rodríguez D, Cure JR, Cotes JM, Gutierrez AP, Cantor F. A coffee agroecosystem model: I. Growth and development of the coffee plant. *Ecological Modelling*. 2011; 222(19): p. 3626-3639.
7. Figueroa-Hernández E, Pérez-Soto F, Godínez-Montoya L, Perez-Figueroa R. Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*. 2018; 14(1): p. 41-56.
8. Gómez Vargas Y, Pedraza Rute RA, Gómez Latorre DA, Villagrán Munar EA, Numa Vergel SJ, Santos Díaz AM, et al. Aspectos generales del cultivo de café en Cundinamarca. Primera ed. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia); 2022.
9. Montero Torres J. Relación de la radiación solar con la producción de plantas: agroproductivas. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 2022.
10. Encalada-Córdova M, Soto-Carreño F, Morales-Guevara D, Álvarez-Bello I. Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultivos Tropicales*. 2016; 37(4).
11. Jaramillo-Robledo A. La redistribución de la radiación solar y la lluvia dentro de plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). *Revista academica Colombiana de Ciencias*. 2005; 112: p. 371-382.
12. Whiley AW, Schaffer B. Avocado. En *CRC Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*.; 1994.
13. Wolstenholme BN, Whiley AW. *ECOPHYSIOLOGY OF THE AVOCADO (Persea americana mill.) TREE AS A BASIS FOR PRE-HARVEST MANAGEMENT*. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 1999; 5: p. 77-88.
14. Márquez Niño F. Caracterización ecofisiológica de plantas juveniles de aguacate ‘HASS’ (persea americana VAR. ‘HASS’) bajo distintas condiciones de luz solar. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Ciencias Departamento de Biología. 2017.
15. Toro-Trujillo AM, Arteaga-Ramírez R, Vázquez-Peña MA, Ibáñez-Castillo LA. Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia. *Tecnología y Ciencia del Agua*. 2016.
16. Daniells J, Lindsay S. Banana bunch covering..
17. Robinson JC. Bananas and Plantains. CAB International. 1996;: p. 238.
18. Guevara E, Rodríguez W. Arquitectura vegetal e interceptación de luz. Sexta ed. San Jose, CR: Editorial de la Universidad de Costa Rica. ; 2006.
19. Cayón G. Influencia de las bolsas de polietileno sobre el desarrollo y carbohidratos de los frutos de plátano. En: *Memorias Congreso Mundial de Banano y Plátano*. Montenegro; 2007 p. 13.
20. Soto M. Siembra y operaciones de cultivo. En: Soto, M *Bananos: cultivos y comercialización*. San José, CR.: Litografía e Imprenta LIL; 1992
21. Vargas-Calvo A, Valle-Ruiz H. Efecto de dos tipos de fundas sobre el fruto de banano (*Musa AAA*). *Agronomía mesoamericana*. 2011; 22(1): p. 81-89.
22. Flores-López R, Sánchez-del Castillo F, Rodríguez-Pérez JE, Mora-Aguilar R, Colinas-León MT, Lozoya-Saldaña H. Influencia de la radiación solar en la producción de semilla-tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 2009; 15(1).
23. Cabezas M, Corchuelo G. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) en tres localidades colombianas. *Agronomía Colombiana [Internet]*. 2005; 1: p. 62-73.
24. Mariño YA. Respuesta fotosintética de *Coffea arabica* L. a diferentes niveles de luz y disponibilidad hídrica. *Acta Agronómica*. 2014; 63(2): p. 128-135.
25. Encalada Córdova M, Soto Carreño F, Morales Guevara D, Cabrera Erreyes T, Jaramillo Rojas M. Influencia de la intensidad de luz en la producción de posturas de cafeto (*Coffea Arabica* L.) en vivero. *CEDAMAZ*. 2017; 6(1).

26. Bote AD, Struik PC. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *Horticulture and Forestry*. 2011; 3(11): p. 336-341.
27. CONSUELO MR, ARMANDO PO, AMILCAR. CR. INFESTACIÓN E INCIDENCIA DE BROCA, ROYA Y MANCHA DE HIERRO EN CULTIVO DE CAFÉ DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA. *Rev.Bio.Agro [Internet]*. 2012; 10(1): p. 98-108.
28. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA). Guía práctica de caficultura; 2020.
29. Armesto C, Maia FGM, Monteiro FP, Abreu MSD. Exoenzymes as a pathogenicity factor for *Colletotrichum gloeosporioides* associated with coffee plants. *Summa Phytopathologica*. 2019; 45(4).
30. Mohali S, Miller S, Stewart J. *Colletotrichum* spp. and other fungi associated with anthracnose on *Coffea arabica* L. in Mérida State, Venezuela. *Summa Phytopathologica [online]*. 2022; 48(3): p. 99-111.
31. Milla Pino ME, Oliva Cruz SM, Leiva Espinoza ST, Collazos Silva R, Gamarra Torres OÁ, Barrera Gurbillón MÁ, et al. Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. *Acta Agron. [Internet]*. 2021; 68(4): p. 271-277.
32. Flechas-Bejarano N, Acuña-Zornosa JR. Evaluación del efecto de la aplicación. *Cenicafe*. 2022; 73(1).
33. González C, Andrade J, Orellana R, Peña L, Reyes C. Microambiente lumínico y morfología y fisiología foliar de *Bromelia karatas* en una selva baja caducifolia de Yucatán, México. *Botanical Sciences*. 2013; 91(1): p. 75-84.
34. Da Silva M. Plasticidade do cafeeiro à luz: respostas morfofisiológicas em genótipos de *Coffea arabica* L. Universidad de Viçosa. 2013; 1(1).
35. Nakazono M, Da Costa M, Futatsugi K, Silveira P. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Revista Brasileira de Botânica*. 2001; 24(3): p. 173-179.
36. Comportamiento bioquímico y del intercambio gaseoso del Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 2006; 59(1): p. 3123-3146.
37. Lombardini L, Restrepo H, Volder A. Photosynthetic Light Response and Epidermal Characteristics of Sun and Shade Pecan leaves. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* 2009; 134(3): p. 372-378.
38. PRODUCCIÓN DE CLOROFILA EN *Pinus pseudostrobus* EN ETAPAS JUVENILES BAJO DIFERENTES AMBIENTES DE DESARROLLO. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 2011; 17(2): p. 253-260.
39. Gobbi K, García R, Ventrella MGA, Rocha G. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40(7): p. 1436-1444.
40. De la Vega M, Pinazo M. Variación del área foliar específica en *pinus elliottii* var. *Elliottii* engelm. x *pinus caribaea* var *hondurensis* morelet y su extrapolación al cálculo del área foliar proyectada. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales UNAM, Montecarlo, 10, 11 y 12 de junio. 2010.
41. Lee J, Heuvelink E. Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning and specific leaf area for cut crisanthemum. *Ann Botany*. 2003; 91: p. 319-327.
42. Rodríguez Larramendi LA, Guevara Hernández F, Gómez Castro H, Fonseca Flores M, Gómez Castañeda JC, Pinto Ruiz R. Anatomía foliar relacionada con la ruta fotosintética en árboles de café (*Coffea arabica* L., var. Caturra Rojo) expuestos a diferentes niveles de radiación solar en la Sierra Maestra, Granma, Cuba. *Acta agronomica*. 2016; 65(3): p. 248-254.
43. Baliza DP,CF,PD,CRLD,MDC,&RS. Physiological quality of coffee seeds produced under different levels of solar radiation and maturation stages. *Brasileira De Sementes*. 2012; 34(4): p. 416-423.

44. CICAFAE. Guía Técnica para el Cultivo del Café. Segunda ed. Heredia, C.R; 2020.
45. Dari B, Rogers CW, Walsh OS. Comprender los factores que controlan la volatilización del amoníaco a partir de las aplicaciones de nitrógeno fertilizante. Boletín de Extensión de la Universidad de Idaho. 2019; 926.
46. Arcila P J. Crecimiento y desarrollo de la planta de café: Cenicafe; 2018.
47. Axelson G. En Colombia, el café cultivado bajo sombra sostiene tanto a las aves como a las personas. Living Bird. 2018.
48. Williams A, Dayer A, Hernández-Aguilera J, Phillips T, Faulkner-Grant H, Gomez M, et al. Tapping birdwatchers to promote bird-friendly coffee consumption and conserve birds. People and Nature. 2021; 3(2): p. 312-324.
49. Marín-Garza TGMFC, Aguilar-Rivera NMGJTTLI, Pastelín-Solano MC, Castañeda-Castro O. Composición bioactiva de hojas de café durante un ciclo anual. Revista fitotecnia mexicana. 2018; 41(4).
50. Salamanca A, González-Osorio H. Respuesta del café a la aplicación foliar de nutrientes. Cenicafe. 2020; 71(2): p. 124-142.
51. Cerón-Chacón V, GDJR, MGLM, TVL, AA, & HGD. Características del suelo en los cultivos de cafés especiales del municipio de Calarcá-Colombia. UG Ciencia. 2018; 21.
52. de la Casa A, Ovando G, Bressanini L, Rodríguez Á, Martínez J. Uso del Índice de Área Foliar y del Porcentaje de Cobertura del Suelo Para Estimar la Radiación Interceptada en Papa. Agricultura Técnica. 2007; 67(1): p. 78-85.