

## Influencia de EUR y TAN en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.)

### Influence of EUR and TAN on the yield of maize (*Zea mays* L.)

Wendy Jiménez Jaramillo<sup>1</sup>, Jonathan López Bósquez<sup>1</sup>, Eduardo Quinatoa Lozada<sup>1</sup>, Vinicio Peralta Fonseca<sup>2</sup>, Wellington Pincay Ronquillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, La Maná – Ecuador

<sup>2</sup>Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Quevedo – Ecuador

Correo de correspondencia: wendyjimenez@itscv.edu.ec, jonathan.lopez9292@utc.edu.ec, eduardo.quinatoa1839@utc.edu.ec, vinicioperalta@itscv.edu.ec, wellington.pincay4586@utc.edu.ec

#### Información del artículo

**Tipo de artículo:**  
Artículo original

**Recibido:**  
11/03/2023

**Aceptado:**  
14/04/2023

**Publicado:**  
15/06/2023

**Revista:**  
DATEH

OPEN ACCESS



#### Resumen

El presente trabajo evaluó dos densidades de siembra 0,25m\*0,80m (tratamiento DC) y 0,12m\*0,80m (tratamiento DD) y su respuesta ante algunos índices de eficiencia energética y radiación solar, determinando así su influencia en el rendimiento de maíz. Mediante muestreos destructivos se determinó: peso de la materia seca de la parte aérea, índice de área foliar, tasa de asimilación neta, eficiencia en el uso de la radiación (EUR) y rendimiento, mostrando al tratamiento DC como el de menor duración en cuanto a ciclo vegetativo, mayor rendimiento (3,16 t.ha<sup>-1</sup>), y mayor EUR (1,79 g. m<sup>-2</sup>.MJ<sup>-1</sup>), respecto al tratamiento DD. Concluyéndose que la densidad de siembra superior a la recomendada influye en la duración del ciclo, el rendimiento y la EUR.

**Palabras clave:** eficiencia, área foliar, materia seca, densidades de siembra

#### Abstract

The present work evaluated two planting densities 0.25m\*0.80m (DC treatment) and 0.12m\*0.80m (DD treatment) and their response to some indices of energy efficiency and solar radiation, determining their influence on yield of corn. Through destructive sampling, the following was determined: weight of the dry matter of the aerial part, leaf area index, net assimilation rate, efficiency in the use of radiation (EUR) and yield, showing the DC treatment as the one with the shortest duration in terms of to vegetative cycle, higher yield (3.16 t.ha<sup>-1</sup>), and higher EUR (1.79 g. m<sup>-2</sup>.MJ<sup>-1</sup>), compared to the DD treatment. Concluding that the sowing density higher than the recommended one influences the duration of the cycle, the yield and the EUR.

**Keywords:** efficiency, leaf area, dry matter, stocking densities

**Forma sugerida de citar (APA):** López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

## INTRODUCCIÓN

La radiación solar incidente en la Tierra es la principal fuente de energía de la mayoría de los procesos físicos, químicos y biológicos como la fotosíntesis, que influye en la evapotranspiración, crecimiento de los cultivos (Recalde *et al.*, 2015). Los parámetros para estimar dicho crecimiento, cuando el agua y los nutrientes no son factores limitantes, es la producción de biomasa por medio de la tasa fotosintética, dependiente de la especie, la variedad (Córdova & Carreño, 2017) y, el índice de área foliar, al presentar una correlación positiva con la cantidad de radiación interceptada, Lindquist, y Tsubo, citado en Albino y colaboradores (2015); Entonces, una mayor captura del recurso radiación, junto a una mayor eficiencia en su uso, determinaría un incremento en la productividad del

cultivo, representado por la cantidad de producto logrado (materia seca o granos) por unidad de recurso capturado por el cultivo (De Oliveira *et al.*, 2018), obteniendo así la eficiencia en el uso de la radiación (EUR). Considerando que el valor de radiación interceptada se asemeja a la cantidad de energía absorbida, cuando el vegetal no presenta tejidos en senescencia (Gao *et al.*, 2018). Al ser el maíz una especie con un elevado potencial de rendimiento asociado con altos niveles de fotosíntesis, su comportamiento fotosintético está determinado por su metabolismo C4, y los altos niveles de temperatura e intensidad luminosa que demanda Rincón *et al.* citado en (Hernández Córdova & Soto Carreño, 2013). Según estadísticas del banco central del Ecuador, el rendimiento de maíz incrementó a 5,58 t.ha<sup>-1</sup> en el año 2015, lo que se

traduce en un aumento en la productividad del 136% (Monteros *et al.*, 2016), representando un rubro de gran importancia para las familias del país. Añadiendo que la ubicación geográfica del Ecuador, le permite una mayor recepción de radiación solar durante todo el año, ya que la incidencia es perpendicular a su superficie requiere un estudio más profundo de productividad relacionado con parámetros de eficiencia energética (Conelec, 2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y características del campo experimental

La investigación se desarrolló en el Campo Académico Docente Experimental “La Tola” (C.A.D.E.T.), Cantón Quito, Parroquia Tumbaco, Barrio la Tola Chica, el cual se encuentra en una transición entre las zonas ecológicas de bosque seco montano bajo (bs MB) y bosque húmedo montano bajo (bh MB), con una región latitudinal templada. Presenta una topografía irregular con pocas áreas planas, gran parte de la superficie cultivadas tienen ligeras pendientes. Con una altitud de 2465 msnm, Temperatura Mensual 16,4 °C, Precipitación mensual 72,9 mm, Humedad relativa mensual 74%, Evaporación mensual 121,8 ml, Velocidad del viento 7,8 m/s.

Repetición	Código	Descripción
T1 1	VID1R1	Maíz INIAP 103 espaciado a 0.80 y 0.25m
T1 2	VID1R2	Maíz INIAP 103 espaciado a 0.80 y 0.25m
T1 3	VID1R3	Maíz INIAP 103 espaciado a 0.80 y 0.25m
T2 1	VID2R1	Maíz INIAP 103 espaciado a 0.80 y 0.12m
T2 2	VID2R2	Maíz INIAP 103 espaciado a 0.80 y 0.12m
T2 3	VID2R3	Maíz INIAP 103 espaciado a 0.80 y 0.12m

**Tabla 1.** Detalle de los tratamientos

Control de calidad de la información: Se comprobó la calidad de los datos de heliofanía y radiación solar proporcionados por el INAHMI, realizando correlaciones entre estos; mediante el programa estadístico INFOSTAT.

Cálculo de la duración de las diferentes fases fenológicas: El inicio de una fase fenológica se registró cuando el 20% de órganos característicos de la fase en estudio emergieron, la plenitud es la fecha en la cual el 50% de órganos han aparecido y el fin de fase, la fecha en la cual se registra el 80% de órganos de la fase correspondiente (Martínez, 2017). Se inspeccionó diariamente el cultivo y se registró el número total de plántulas germinadas hasta que éstas

Así, esta investigación planteó evaluar los efectos de la disponibilidad energética en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), identificando las fases fenológicas y calculando su duración. Además de analizar, evaluar y determinar la influencia de la radiación y tasa de asimilación neta (TAN), vinculados al rendimiento del cultivo de maíz, bajo dos densidades de siembra en el Campo Docente Experimental “La Tola” – Tumbaco.

El lote se distribuyó en cuatro parcelas con las siguientes características: DC: Parcela de densidad comercial (0.80m\*0.25m) y DD: Parcela de doble densidad (0.80m\*0.12m). DC1: Parcela destructiva de densidad comercial (0.80m\*0.25m), y DD1: Parcela destructiva de doble densidad (0.80m\*0.12m), éstas últimas sirvieron para el cálculo del área foliar mediante el método destructivo, por lo cual su producción no fue considerada para el rendimiento final.

La variedad de maíz considerada para este experimento fue INIAP 103- Mishqui Sara, y la densidad de siembra con dos niveles D1: Densidad Comercial (0.80 m x 0.25 m), D2: Doble Densidad (0.80 m x 0.12 m), distribuidas en tres repeticiones por nivel.

representen el 20% del número total de semillas sembradas, sucesivamente, cuando el 20% de las plantas presentaron la cuarta hoja abierta fue considerado en etapa fenológica de prefloración, se contabilizaron los días transcurridos desde el 20% de la etapa de germinación hasta el 20% de la etapa de prefloración, obteniendo así el periodo de duración de la primera fase fenológica. Y, de la misma manera para el resto de fases.

Determinación de la Materia Seca mediante el método del disco: Se tomaron muestras de hojas desde la prefloración cuando el cultivo presentó la plenitud de cada fase (el 50%), tomando al azar, dos plantas de la parcela destructiva DC (0,80 cm\*0,25 cm) y cuatro plantas de la parcela destructiva DD (0,80 cm\*0,12 cm). De cada arreglo se obtuvo el total de hojas de cada planta, pero, solo de las hojas impares se extrajo un disco foliar cortado con un sacabocados de área conocida, evitando seleccionar aquella donde se encontraban los nervios principales de las hojas. Solo para la fase de prefloración, se tomaron muestras de la hoja 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 cuando el 50 por ciento estuvieron presentes, mientras que para el resto de fases fue una sola toma.

Determinación del área foliar (AF) e índice del área foliar (IAF): Usando los datos obtenidos de materia seca, se procedió a la determinación del área foliar basándose en el método destructivo del disco o área específica de la hoja (AEH); Este método contempló la toma del peso seco de pequeños discos de hoja de un área conocida de un conjunto

de plantas muestreadas, en la que se calcula el área de la hoja como  $Ad/Wd$ , donde  $Ad$  es el área y  $Wd$  es el peso seco los discos de hoja. El área de la hoja en conjunto fue calculada como  $Ad=AEH*Wb$ , donde  $Ab=$  área y  $Wb=$  peso seco de conjunto de hojas Marani y Levi, citado por (Vidal, 2012). El resultado se multiplicó por el número total de plantas de todo el tratamiento (510 en DC y 903 en DD) y se dividió para el número de plantas recolectadas (dos para DC y cuatro para DD), obteniéndose así el área total de cada parcela. Se calculó el Índice de Área Foliar (IAF) mediante la ecuación  $IAF=$  área foliar/marco de plantación propuesta por Apolo, Pérez, Martínez, & Egea, (2019). Los valores obtenidos de IAF de cada tratamiento fueron comparados entre sí mediante un análisis de varianza realizado en INFOSTAT; mientras que, los valores de área foliar (AF) fueron usados para el cálculo de la tasa de asimilación neta.

**Determinación de la Tasa de Asimilación Neta:** Con los datos registrados de IAF y materia seca, se calculó la TAN según la fórmula  $TAN= (PS2PS1)/(T2-T1) * (Ln AF2-LnAF1)/(AF2-AF1)$  (Morales *et al.* , 2015), los valores obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza entre tratamientos para determinar la significancia estadística.

Donde

P1 y P2: Pesos de materia seca

T1 y T2: Tiempos 1 y 2

AF2 y AF1: Área foliar en los tiempos 1 y 2  $Ln AF2$  y  $Ln AF1$ : Logaritmos neperianos del área

foliar en los tiempos 1 y 2

**Manejo de datos de radiación solar global:** Se registraron los valores diarios de Radiación Solar Global (RSG) en  $W/m^2$  (obtenidos del Piranómetro HUKSEFLUY SR11- 8098, provisto en la Estación Meteorológica automática del INAMHI instalada en el CADET), acumulados para cada período, según lo señalado en el cálculo de la duración de las fases fenológicas y se calculó la Radiación Fotosintética Activa efectivamente interceptada por el cultivo con la ecuación:  $RFAi t= 1-EXP - (K IAFt) RSG t *0.5$  (Estévez, 2017).

Donde:

RFAi: Radiación Fotosintética Activa interceptada en el tiempo t,

K: es el coeficiente de extinción que para el caso del maíz será igual a 0.65

IAF: es el Índice de Área Foliar en el tiempo t RSGt: es la Radiación Solar Global en el tiempo t.

**Rendimiento:** Se cosecharon las parcelas DC y DD cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y se pesaron los granos de cada mazorca, para el cálculo de la eficiencia en

el uso de la radiación. Adicional, como parámetro de calidad se contabilizó el número de mazorcas de primera, segunda y tercera de cada bloque y de cada tratamiento.

**Determinación de la eficiencia en el uso de la radiación (EUR):** La Eficiencia en el uso de la Radiación solar se calculó siguiendo la ecuación  $EUR= R/RFA$ , R: rendimiento expresado en  $Kg/m^2*día$ , RFA: radiación fotosintéticamente activa, expresada en  $MJ/ m^2*día$  (Díaz-López *et al.*, 2013), los datos obtenidos fueron usados en un análisis de varianza entre tratamientos para determinar cuál fue el más eficiente

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar las correlaciones entre heliofanía y radiación se obtuvo un valor en el coeficiente de Pearson = 0,93 y un p-valor < 0,0001, asegurando el uso confiable de estos datos en la determinación del resto de variables, porque de acuerdo al modelo existe una alta correlación entre estas dos variables climáticas. Por lo tanto, la diferencia de días existentes en cada fase y duración total entre los tratamientos (tabla 2 y 3) están marcadas por las cantidades de calor acumulado. Así, el rango de temperatura para el desarrollo de maíz oscila entre 10 y 30 °C (Hou *et al.* , 2014), constituyendo un factor determinante en el ritmo y la duración de la emergencia, el crecimiento y el desarrollo en general (Shim, Lee, & Lee, 2017).

Para esta investigación las diferencias pueden atribuirse a la distancia de siembra implementada y al sombreado existente en la parcela DD, alterando la cantidad de temperatura acumulada por día responsable de acelerar o retardar el comportamiento fenológico (Solís *et al.*, 2013).

Para la variable IAF (tabla 4) con diferencias estadísticas significativas para tres de las cuatro mediciones en la fase fenológica de prefloración: Hoja 11, Hoja 13 y Hoja 15 respectivamente, resaltando el tratamiento DD como el que presentó los mejores promedios en las mismas mediciones (H11: 5,93; H13: 7,59; H15: 9,82), superando al tratamiento DC. Para las fases fenológicas restantes (panojamiento; aparición de estigmas; maduración lechosa; maduración cerea; maduración cornea) no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio. Estos valores podrían ser causa del sombreado entre las plantas sobre el terreno para el tratamiento 2 (DD), lo que ocasionaría una reducción en el ingreso de energía solar. Contradiendo los resultados obtenidos por Morales *et al.*, quienes expresaron, con el incremento del número de hojas por plantas, la respuesta es superior, ya que una mayor cantidad de hojas representa mayor superficie foliar y, por tanto, una posible capacidad fotosintética más alta, lo que se traduce en más materia seca acumulada y un incremento del rendimiento en granos, (Calero *et al.*, 2018). Así, a valores menores de IAF, parte de la radiación solar no será

interceptada por el follaje, lo que se transforma en una disminución de la fotosíntesis y aporte de fotosintatos para la producción de biomasa, Westgate *et al.*, citado por Alegría, (2016). Con valores mayores, la proporción de follaje sombreado se incrementa, la relación fotosíntesis: respiración y el rendimiento decrecen, que es, lo que ocurrió en esta investigación Wells, 1991; Karlen y Camp, citado por Steduto *et al.*, (2012).

Entonces, según Andrade citado en Morales Ruiz *et al.*, (2014) la relación entre la producción total de materia seca por unidad de área y la densidad de siembra es asintótica porque después de un determinado valor de densidad, el aporte de plantas adicionales causa una reducción en el peso individual de las mismas por el incremento de la competencia entre ellas; al no existir un balance de la distancia entre hileras y plantas que no afecta el crecimiento y desarrollo del cultivo (Ricaurte, Michelangeli, Sinclair, Rao, & Beebe, 2016).

**Resumen Duración de las Fases de Desarrollo - Densidad Comercial**

Fase	duración días
GERMINACIÓN	13
PREFLORACIÓN	80
PANOJAMIENTO	13
APARICIÓN DE ESTIGMAS	26
MADURACIÓN LECHOSA	18
MADURACIÓN CEREAL	32

**DURACIÓN TOTAL 182**

**Tabla 2** Duración de las fases de desarrollo densidad comercial (DC)

**Resumen Duración de las Fases de Desarrollo – Doble Densidad**

Fase	duración días
GERMINACIÓN	15
PREFLORACIÓN	86
PANOJAMIENTO	12
APARICIÓN DE ESTIGMAS	29
MADURACIÓN LECHOSA	24
MADURACIÓN CEREAL	24
<b>DURACIÓN TOTAL</b>	<b>190</b>

**Tabla 3.** Duración de las fases de desarrollo doble

Tratamiento	Preflora					M	M
	H	H	H	H	H1	Lech	MCer
<i>densidad (DD)</i>	<b>Fases fenológicas</b>						
<b>Densidad Comercial(DC)</b>	0,75 a	1,76 b	5,91 b	6,90 b	6,05 a		
	5,64 a	4,95 a	3,92 a	2,22 a	0,38 a		
<b>Doble Densidad (DD)</b>	1,22 a	5,93 a	7,59 a	9,82 a	6,47 a		
	6,01 a	4,50 a	3,69 a	1,89 a	0,46 a		
<b>CV</b>	11,89	12,26	6,65	7,66	7,59		
	8,99	5,06	12,85				

**Tabla 4.** Índice de área foliar, densidad comercial y doble

Tratamientos	Prefloración			
	Hoja 9	Hoja 11	Hoja 13	Hoja 15
<b>Densidad Comercial(DC)</b>	0,008 b	0,0035 b	0,0024 a	0,0016 a
<b>Doble Densidad(DD)</b>	0,014 a	0,01 a	0,0036 a	0,0023 a
<b>CV</b>	13,01	13,66	13,67	14,41

densidad

**Tabla 5.** Tasa de asimilación neta, comercial y doble densidad - prefloración

La tabla 4, muestra la eficiencia del follaje y el incremento en biomasa por unidad de área foliar y de tiempo, representado con la variable Tasa de asimilación neta (TAN), evidenciando diferencias estadísticas significativas para las dos primeras mediciones en la fase fenológica de prefloración: Hoja 9 y Hoja 11 respectivamente, de las cuatro efectuadas, resaltando el tratamiento DD como el que presentó mejor promedio a los 40 días después de la germinación (hoja 9 : 0,014), superando al tratamiento DC. Situación que se invierte en la hoja 11: 0,01, tornándose más eficiente el tratamiento DC. Para las fases fenológicas restantes (panojamiento; aparición de estigmas; maduración lechosa; maduración cerea; maduración cornea) no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio. Estos resultados, podrían deberse al incremento en la densidad de siembra en el tratamiento DD, ocasionando, posiblemente que la respiración tienda a ser mayor que la fotosíntesis. Resultados que coinciden con los reportados por Barrera *et al.*, (2017), la mayor eficiencia fisiológica del maíz se presenta en los primeros 50 días, posteriormente disminuye, posiblemente por las condiciones del deterioro del área foliar y el autosombreamiento generado por el traslape de las hojas, que inciden en la intercepción de la radiación, además en la fase productiva la mayor cantidad de asimilados se dirigen hacia la mazorca. Así, según lo manifestado por Hernández & Soto (2012), cada especie responde de manera particular



a los estímulos de radiación que recibe del ambiente, siendo diferentes estas respuestas incluso dentro de una misma especie en diversas etapas fisiológicas del desarrollo. Estos mismos autores mencionan, la tendencia marcada de encontrar una TAN mayor en los primeros estados de

El resultado de las interacciones entre las variables IAF, TAN y las diferentes densidades de siembra expresado en rendimiento muestra como mejor al tratamiento DC con una media de 3,16 versus el tratamiento DD 2,31; esto debido probablemente a que el rendimiento por unidad de superficie se ve afectado por el incremento en la densidad de plantas. Este, ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, pues según los estudios de Edwards y Purcell, el incremento se relaciona con el aumento de la densidad de plantas hasta cierto nivel, por encima del cual el rendimiento se estabiliza o en algunos casos baja (Gasó, 2018); Por el incremento de la competencia por agua, nutrientes y luz, cuya sombra ocasiona reducción en el volumen radical, número de mazorcas, cantidad, calidad y número de granos por planta (Blanco *et al.*, 2015).

	RFAi (MJ/m <sup>2</sup> *ciclo	EUR g/MJ	M
1	176,08	1,795	1,
	177,05	1,304	1,

**Tabla 6.** EUR y RFAi por tratamientos DC y DD - Análisis de varianza EUR

El valor de radiación interceptada se asemeja a la cantidad de energía absorbida, de manera particular cuando el vegetal no presenta tejidos en senescencia. Así, la tabla 6, muestra la relación entre radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAi) y el rendimiento, obteniendo una eficiencia de 1,795 g MJ<sup>-1</sup> y 1,304 g MJ<sup>-1</sup> para el tratamiento DC y DD, respectivamente.

Según Díaz, esta eficiencia podría ser resultado de la influencia de la cantidad de radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el índice de área foliar, la arquitectura de la planta, la respiración, lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo (Cabello, Hernández, González, Fundora, & Hernández, 2015). Resultados de EUR en maíz reportados por Díaz-López *et al.*, (2013), en Toluca- México con una variedad Cóndor, fueron de 0,48 g. m-2. MJ-1 y 0,32 g. m-2 MJ-1 para una variedad de maíz amarillo, los que difieren con los reportados por Andrade *et al.*, de 1.52 a 1.53 g m-2 MJ-1, atribuyendo estas diferencias a los efectos del sitio donde se realizaron los estudios y a los genotipos utilizados. Así mismo, Hernández & Soto (2013), en Mayabeque – Cuba obtuvieron valores de EUR= 1,98 g. m-2. MJ-1 para cultivos sembrados en julio y 1,39 g. m-2.

desarrollo de plantas, condición que se hace contraria en los estados más avanzados de crecimiento basados en estudios realizados en varios cultivos, de aquí la tendencia mostrada para esta variable y el índice de área foliar.

MJ-1 para los sembrados en junio, resultados que se asemejan a los obtenidos en la presente investigación. Influenciado, además, por la cantidad de radiación solar determinada por la ubicación geográfica y sus diferentes latitudes siendo para Cuba de 22°,58' latitud Norte, para México de 19° 18' latitud Norte y Ecuador 0° 13' 50" Sur. Lo que, sin lugar a duda demuestra que una mayor recepción de radiación se encuentra en latitudes bajas.

#### CONCLUSIONES

La duración del ciclo de cultivo de maíz fue modificada por la dificultad o facilidad que presentaron las plantas en la intercepción de la radiación solar in situ, requiriéndose 182 días para el tratamiento DC y 190 días para el tratamiento DD, hasta alcanzar su maduración fisiológica.

Los resultados obtenidos de TAN e IAF indicaron que, después de los 45 días de la germinación la parcela DC pasó a ser más eficiente en la cantidad de producción de materia seca, además de presentar una cobertura foliar distribuida en toda la fase de prefloración, mientras que las plantas con competencia de espacio y luz en la parcela DD, evidenciaron lento crecimiento, ineficiencia en la captación de radiación solar a pesar de tener cobertura anticipada de hojas en los primeros 45 días de prefloración.

Al relacionar rendimiento y radiación fotosintéticamente activa, se obtuvo como resultado para el tratamiento DC una EUR= 1,79 g.m-2 MJ-1 y para el tratamiento DD la EUR fue de 1,30 g.m-2 MJ-1, corroborando que la densidad comercial hace mejor uso de los recursos energéticos, siendo más eficiente que la doble densidad

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Cada uno de los autores desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de esta publicación, Wendy Jiménez se encargó de la estructuración, propuesta y redacción del manuscrito, mientras Jonathan López, Eduardo Quinatoa, Vinicio Peralta y Wellington Pincay llevaron a cabo la revisión, correcciones y aprobación del artículo antes de enviarlo a la revista.

#### AGRADECIMIENTOS:

Universidad Central del Ecuador- Tumbaco

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Isabel Cortés-Flores, J., Livera-Muñoz, M., & Carmen Mendoza-Castillo, M. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*.

- [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000500004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000500004)
- Alegria, W. (2016). Texto Básico para profesional en ingeniería forestal - fisiología vegetal (Universida). Perú.  
<https://docplayer.es/27775768-Texto-basico-para-profesional-en-ingenieria-forestal-en-el-area-de-fisiologia-vegetal.html>
- Apolo Apolo, O. E., Pérez Ruiz, M., Martínez Guanter, J., & Egea Cegarra, G. (2019). Estimación de parámetros biofísicos de interés para la mejora de trigo usando inteligencia artificial. [https://doi.org/10.26754/c\\_agroing.2019.com.3398](https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3398)
- Arista-Cortes, J., Quevedo Nolasco, A., Zamora Morales, B. P., Bauer Mengelberg, R., Sonder, K., & Lugo Espinosa, O. (2018). Temperaturas base y grados días desarrollo de 10 accesiones de maíz de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1507>
- Barrera-Violeth, J. L., Cabrales-Herrera, E. M., & Sáenz-Narváez, E. P. (2017). Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba – Colombia. *Orinoquia*.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.416>
- Blanco, Y., Afifi, M., & Swanton, C. (2015). The effect of light quality on maize: a tool for weed plants management. *Cultivos Tropicales*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14007.52647>
- Cabello, J. R., Hernández, Y. D., González, A. P., Fundora, L. R., & Hernández, R. (2015). Análisis del crecimiento de un genotipo silvestre de carica papaya L. Cultivado ex situ y cv. 'Maradol roja'. Analysis of the growth in wild genotypes of Carica papaya L. grown ex situ and cv. 'Maradol Roja'. *Cultivos Tropicales*, 36(3), 96–105.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10347.75045>
- Calero Hurtado, A., Castillo, Y., Quintero, E., Pérez, Y., & Olivera, D. (2018). Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijo común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de La Facultad de Ciencias*.  
<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67773>
- Conelec. (2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. In *Corporación para la Investigación Energética*.  
<https://biblioteca.olade.org/opactmpl/Documento/cg00041.pdf>
- Córdova, N. H., & Carreño, F. S. (2017). Influencia de tres fechas de siembra sobre la productividad biológica del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Influence of three sowing dates on the biological productivity of sorghum cultivation (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Cultivos Tropicales*, 38(3), 64–71. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362017000300009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000300009)
- De Oliveira Silva, F. M., Lichtenstein, G., Alseekh, S., Rosado-Souza, L., Conte, M., Suguiyama, V. F., Nunes-Nesi, A. (2018). The genetic architecture of photosynthesis and plant growth-related traits in tomato. *Plant Cell and Environment*, 41(2), 327–341.  
<https://doi.org/10.1111/pce.13084>
- Díaz-López, E., Loeza-Corte, J. M., CamposPastelín, J. M., Morales-Rosales, E. J., Domínguez-López, A., & Franco-Mora, O. (2013). Radiation-use efficiency, net assimilation rate and thermal integral as a function of phosphorus in maize (*Zea mays* L.). *Agrociencia*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-31952013000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952013000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)
- Estévez, Á. (2017). Evaluación de la disponibilidad energética en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el periodo febrero-junio de 2017. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13746/1/T-UCE-0004-A052-2017.pdf>
- Gao, F., Anderson, M., Daughtry, C., & Johnson, D. (2018). Assessing the variability of corn and soybean yields in central Iowa using high spatiotemporal resolution multi-satellite imagery. *Remote Sensing*.  
<https://doi.org/10.3390/rs10091489>
- Gaso, D. (2018). Respuesta del rendimiento de soja a la densidad de siembra en ambientes de productividad contrastante. *Agrociencia Uruguay*, 22(2), 1–12.  
<https://doi.org/10.31285/agro.22.2.7>
- Hernández Córdova, N., & Soto Carreño, F. (2013). Determination efficiency index in crops of maize and sorghum established in different planting dates and its influence on performance. *Cultivos Tropicales*.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0258-59362013000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362013000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
- Hernández, N., & Soto, C. (2012). Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la

- relación fuente-demanda del cultivo del maíz (Zea mays L.). *Cultivos Tropicales*, 33(1), 28–34. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362012000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000100004)
- Hou, P., Liu, Y., Xie, R., Ming, B., Ma, D., Li, S., & Mei, X. (2014). Temporal and spatial variation in accumulated temperature requirements of maize. *Field Crops Research*. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.021>
- Martínez, S. (2017). *Climatología y Fenología Agrícola*. F.C.A y F (UNLP).
- Monteros Guerrero, A., Gaethe, R., Lema, V., Salazar, C., Sanchez, R., & Llive, F. (2016). *Panorama Agroeconómico Ecuador 2016*. Jel. Morales Morales, E. J., Morales-Rosales, E. J.,
- Díaz-López, E., Cruz-Luna, A. J., MedinaArias, N., & Guerrero-De La Cruz, M. (2015). Net assimilation rate and sunflower seed yield as a function of urea and slow release urea. *Agrociencia*.
- Morales Ruiz, A., Morales Rosales, E. J., Franco Mora, O., Mariezcurrena Berasaín, D., Estrada Campuzano, G., & Norman Mondragón, T. H. (2014). Maize population density, light attenuation coefficient and yield. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Recalde, C., Cisneros, C., Vaca, D., & Ramos, C. (2015). Relationship between atmospheric transmissivity with daily heliophany and extreme temperature difference in the Andean equatorial zone. *Información Tecnológica*. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100016>
- Ricaurte, J., Michelangeli, J. A. C., Sinclair, T. R., Rao, I. M., & Beebe, S. E. (2016). Sowing density effect on common bean leaf area development. *Crop Science*. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.01.0056>
- Shim, D., Lee, K. J., & Lee, B. W. (2017). Response of phenology- and yield-related traits of maize to elevated temperature in a temperate region. *Crop Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.01.004>
- Solís, S. H. D., Valdés, E. C., Rivera, R. M., Álvarez, R. C., Shiraishi, M., & Dhanappala, M. P. (2013). Análisis y comportamiento del rendimiento de cuatro variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) de diferentes orígenes en la prefectura de Ibaraki. 34(1), 42–50 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193227543007>
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/e1976ecb-fb63-4ba1-b533-261bab1fde40/>
- Valverde, J. C., & Arias, D. (2020). Evaluation of leaf area index with indirect and direct method in different environmental conditions in dendroenergetic plantations of eucalyptus tereticornis sm. *Madera y Bosques*. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2621953>
- Vidal, P. (2012). Comparación de métodos de estimación del Índice de Área Foliar en el cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (Universidad Nacional del Nordeste). Retrieved from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-mpinta\\_tesis\\_pablo\\_vidal\\_comparacin\\_area\\_foliar\\_en\\_algo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-mpinta_tesis_pablo_vidal_comparacin_area_foliar_en_algo.pdf)