

## Influencia de la temperatura, precipitación y fertilización potásica en el rendimiento y VBP de maíz (*Zea mays* L.). Muquiyauyo 2021

### Influence of temperature, precipitation and potassium fertilization on yield and VBP of maize (*Zea mays* L.). Muquiyauyo 2021

Andrés Alberto Azabache Leytón <sup>a\*</sup>, Víctor Paredes Atoche<sup>a</sup>, Juan Carlos Cerrón Aliaga<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Cultivos y Fitomejoramiento, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

\*Autor corresponsal: aazabache@uncp.edu.pe

*Recibido: xx.xx.xxxx Aceptado:xx.xx.xxxx Publicado: xx.xx.xxxx*

**Resumen:** La variabilidad de los factores meteorológicos influye en el clima de una región geográfica, y tienen un impacto significativo en el agroecosistema, donde se desarrollan diferentes cultivos, cada uno de los cuales presentan diferente reacción a los cambios climáticos. Es entonces, la actividad agrícola una de las actividades afectadas por el cambio climático, pues está alterando los procesos habituales del crecimiento y desarrollo de los cultivos, y se estima que estos cambios irán en aumento. En esta investigación, realizada durante la campaña 2021-2022, se aplicaron seis tratamientos de potasio (0, 50, 100, 150, 200 y 250 kg K<sub>2</sub>O/ha), dispuestos en un diseño de Bloques Completos al Azar, en condiciones de riego y secano. La variedad de maíz utilizada fue San Gerónimo, debido a su adaptabilidad a las condiciones de la zona. Se evaluó los datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo, de la estación meteorológica más cercana, que fue la de Ingenio, asimismo se realizó el análisis de suelo antes del experimento y las siguientes variables de cultivo: altura de planta, longitud de mazorca, número de granos por mazorca, longitud de mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento de grano; la valoración del Valor Bruto de la Producción (VBP) se realizó tomando en cuenta el precio promedio de mercado de tres nuevos soles por kg de grano seco. Los resultados mostraron que el experimento fue afectado por las temperaturas mínimas en abril y mayo, así como déficit de humedad en comparación con el requerimiento del cultivo en los meses de diciembre y abril. El tratamiento con 50 kg K<sub>2</sub>O/ha tuvo el mayor rendimiento y VBP, respecto a los demás tratamientos.

**Palabras clave:** temperatura, precipitación, fertilización, *Zea mays* L., rendimiento, VBP.

**Abstract:** The variability of meteorological factors influences the climate of a geographic region, and has a significant impact on the agroecosystem, where different crops are grown, each of which has a different reaction to climate change. Thus, agricultural activity is one of the activities affected by climate change, since it is altering the usual processes of growth and development of crops, and it is estimated that these changes will increase. In this research, carried out during the 2021-2022 campaign, six potassium treatments (0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg K<sub>2</sub>O/ha) were applied, arranged in a Random Complete Block design, under irrigation conditions and dry. The corn variety used was San Gerónimo, due to its adaptability to the conditions of the area. The meteorological data was evaluated during the development of the crop, from the closest meteorological station, which was that of Ingenio, likewise the soil analysis was carried out before the experiment and the following crop variables: plant height, cob length, number of kernels per ear, length of ear, weight of 1000 kernels and grain yield; The valuation of the Gross Value of Production (VBP) was carried out taking into account the average market price of three nuevos soles per kg of dry grain. The results showed that the experiment was affected by the minimum temperatures in April and May, as well as moisture deficit compared to the crop requirement in the months of December and April. The treatment with 50 kg K<sub>2</sub>O/ha had the highest yield and VBP, compared to the other treatments.

**Keywords:** temperature, precipitation, fertilization, *Zea mays* L., yield, VBP.

## 1. Introducción

La relación entre el suelo y la planta, en el caso del maíz resulta básica para los procesos productivos, sin embargo, no siempre la cantidad de nutrientes se encuentran disponibles, según Weil and Brady (2017), mencionan:

Solo el 1-2% del potasio total del suelo está fácilmente disponible; en dos formas: (i) en la solución suelo, y (ii) intercambiable, adsorbido a las superficies coloidales. Aunque la mayor parte de este potasio disponible (aproximadamente el 90%) está en forma intercambiable, el potasio en la solución suelo es el más fácilmente absorbido por las plantas superiores (también sujeto a considerable pérdida por lixiviación) (p. 686).

Los factores que afectan la disponibilidad de potasio, se mencionan a los siguientes: (i) minerales de arcilla y CIC, (ii) potasio intercambiable, (iii) factores ambientales, como humedad, temperatura, aireación y pH, (iv) lixiviación de potasio (Havlin et al., 2014).

El potasio se mueve más fácilmente en el suelo, comparado al fósforo, pero menos que el nitrógeno. Debido a que está retenido en las arcillas u otros coloides, es menos móvil en suelos de textura fina y más fácilmente lixiviado de suelos arenosos (Plaster, 2014).

Sobre el rol del potasio en los cultivos:

Este elemento tiene un papel muy importante, ya que tiene funciones trascendentales en la fisiología, actuando en el proceso de fotosíntesis, traslocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, y activación de enzimas. Si el cultivo tiene buena nutrición potásica, aumenta la resistencia a condiciones adversas, como sequías y enfermedades (Alvaro, 2019, p.1).

Según Marschner (2012), respecto al stress de las plantas por deficiencia de potasio:

Está bien establecido que plantas deficientes en potasio son más susceptibles a stress biótico y abiótico, en el caso de heladas, el daño está relacionado a deficiencia de agua a nivel celular; por lo tanto, el inadecuado suministro de K conduce a un incremento en el riesgo de daño por heladas (p. 188).

Un segundo aspecto que influye en estos procesos productivos se encuentra relacionado con el riego y precipitación en el cultivo de maíz, más aún en situaciones de cambio climático.

Según Batho et al. (2019), analizó el impacto de la lluvia y la temperatura sobre el rendimiento de maíz basado en el modelo de regresión múltiple. Los resultados revelaron que las siete variables seleccionadas, las cuales fueron, máxima temperatura en enero, máxima temperatura en febrero, máxima temperatura en abril, lluvia de febrero a abril, lluvia durante la estación de crecimiento, lluvia de diciembre y máxima temperatura de octubre influenciaron en un 65,4% los rendimientos de maíz. Por lo tanto, el 34,6% no fue explicado por el modelo, significando que hay otros factores aparte de la temperatura y la lluvia que podrían ser

usados para explicar la variación del rendimiento de maíz en Tanzania.

Un tercer y no menos importante aspecto vinculado al proceso productivo, son los rendimientos y costos de producción

Según Lambert, L et al. (2021), en relación a la pregunta cómo el cambio climático puede afectar la toma de decisiones de los productores de cultivos en hileras de Tennessee con respecto a los cultivos producidos y la adopción de riego, dados los cambios esperados en el rendimiento y los precios de los cultivos en las condiciones climáticas. Más específicamente, este estudio pregunta si el aumento de las áreas irrigadas aumenta la resiliencia de las granjas, qué mezclas de cultivos son más rentables y dónde implementarán los productores el riego y asignarán tierras agrícolas a nuevos cultivos. Comprender estos resultados podría aumentar la adopción por parte de los productores de prácticas adaptativas para maximizar la rentabilidad de los cultivos en hileras. La información espacial y temporal sobre el uso del agua de riego a nivel de la cuenca también podría ser útil para los esfuerzos de planificación de la gestión del agua a nivel estatal y regional y la asignación de los recursos hídricos entre los sectores económicos.

## 2. Materiales y Métodos

Para el experimento, se uso un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{jk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1,2,3$  = repeticiones

$j = 1,2,3,4,5,6$  = Tratamientos

$Y_{ij}$  = Cualquier observación

$\mu$  = Media poblacional

$\rho_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque

$\alpha_j$  = efecto del  $j$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

**Tabla 1.** Tratamientos en estudio.

Nº	Descripción (kg K <sub>2</sub> O/ha)	Tratamiento
1	0	T1
2	50	T2
3	100	T3
4	150	T4
5	200	T5
6	250	T6

El área de cada unidad experimental será de 0,7 m entre surcos, 5 m longitud de surco y 4 surcos (14 m<sup>2</sup>); 0,4 m entre golpes de plantas, depositando 3 semillas por golpe.

**Croquis:** (B = Bloques; T = tratamientos)

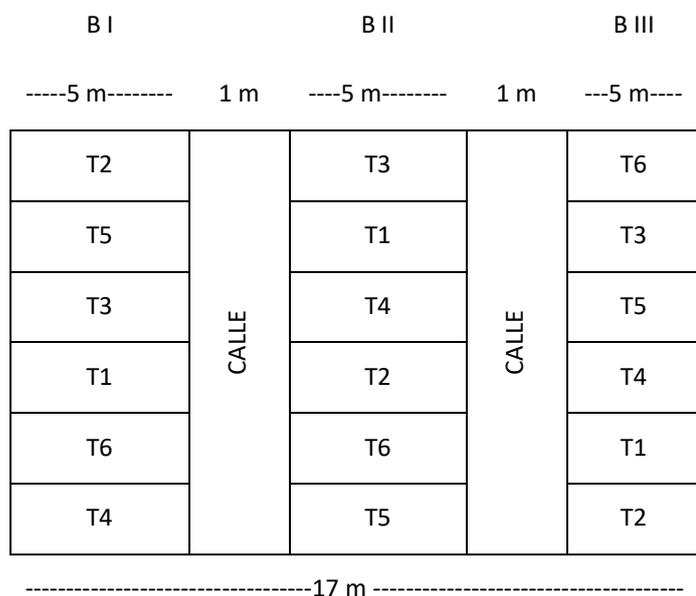


Figura 1. Croquis experimental

La población del maíz amiláceo fue la variedad San Gerónimo. Esta población estuvo constituida por la parcela agrícola en el predio Juntaysampa Arpa del distrito de Muquiyauyo, en condiciones de riego y secano.

Se evaluó las características: temperatura, precipitación pluvial, altura de planta, peso de granos/parcela, Peso de 1000 granos, Número de granos por mazorca, Longitud de mazorca, Materia seca

Para la evaluación se consideró los dos surcos centrales por parcela individual, eliminando 0,5 m de lado, en ella se elegirán cinco plantas de maíz al azar.

Alcanzada la fenología de cosecha para maíz, se procederá a las evaluaciones de planta (altura, peso de grano, materia seca) de cada unidad experimental.

El análisis del suelo se realizó antes del cultivo, con una muestra compuesta del campo experimental, mediante el método del cobaltinitrito.

La información generó una base de datos, las cuales fueron examinados basados en análisis de varianza combinado, propio del diseño estadístico experimental y

comparados con la prueba múltiple de Tukey ( $p < 0,05$ ). Los resultados se sistematizaron en hojas de cálculo (Excel 2016) y analizados con el software estadístico InfoStat estudiantil V. 2020.

De acuerdo con los resultados de rendimientos y precios de mercado, se procedió a calcular el Valor Bruto de la producción de las parcelas del experimento.

### 3. Resultados

#### 3.1. Influencia de los factores climáticos en el rendimiento de maíz

Para el monitoreo del clima se utilizaron los registros de la estación meteorológica Ingenio (latitud: 11°52'30.8", longitud: 75°17'47.9" y altitud: 3373 m.s.n.m.). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>; procesada por los autores.

**Tabla 2.** Datos meteorológicos durante el periodo vegetativo del cultivo de maíz.

Mes	T Máx. (°C)	T Mín. (°C)	Precipitación (mm)	ETo (mm)
Octubre 2021	20,6	3,7	2,2	8,14
Noviembre 2021	23,7	3,4	111,4	114,77
Diciembre 2021	23,1	4,2	81,6	123,06
Enero 2022	23,2	3,7	117,1	117,28
Febrero 2022	20,1	5,3	131,6	94,81
Marzo 2022	20,0	3,1	117,9	105,39
Abril 2022	21,7	2,7	65,6	109,34
Mayo 2022	21,4	0,0	12,7	116,26
Junio 2022	20,1	1,4	7,5	24,48
Total	-	-	647,6	813,53
Promedio	21,5	3,1	-	-

Las temperaturas máximas indicadas en la tabla 2, corresponde a la máxima de las temperaturas diarias, la temperatura mínima corresponde a la mínima de las temperaturas diarias registradas durante el periodo vegetativo del cultivo de maíz.

La evapotranspiración potencial durante el periodo vegetativo del cultivo de maíz San Gerónimo fue de 813,53 mm, calculado por el método de Hargreaves (Sánchez, 2017); en el mes de octubre (02 días) fue de 8,14 mm, en noviembre de 114,77 mm, en diciembre 123,06 mm, en enero de 117,28 mm, en febrero 94,81 mm, en marzo fue de 105,39 mm, en abril de 109,34, durante el mes de mayo 117,26 mm y en los 07 días de junio (07 días) se calculó en 24,48 mm.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo, se tomó en cuenta los valores de Kc recomendados en el Manual 56 de FAO (2006), siendo éstos de 0,70 en la etapa inicial, 1,20 en la fase media y de 0,60 en la fase final. Los valores de evapotranspiración de cultivo durante el periodo vegetativo fueron de 707,31 mm: distribuida como se describe a continuación: en el mes de octubre (02 días) de 5,29 mm, en noviembre de 79,36 mm, en diciembre 112,43 mm, en enero de 137,93 mm, en febrero 118,64 mm, en marzo fue de 120,34 mm, en abril de 78,93 mm, en mayo 54,38 mm y en los 07 días de junio fue de 8,77 mm.

En la tabla 2 se observa que la temperatura mínima durante el periodo vegetativo fue de 0°C y se presentó en el mes de mayo; sin embargo, fue notoria la escasez de precipitaciones que pueden haber afectado las necesidades de agua del cultivo.

**Tabla 3.** Cálculo de la demanda de agua (ETc) y la precipitación efectiva (PE)

Mes	Precipitación (mm)	PE (mm)	ETc (mm)
Octubre 2021	2.2	0.00	5.29
<b>Noviembre 2021</b>	<b>111.4</b>	<b>85.88</b>	<b>79.36</b>
Diciembre 2021	81.6	67.79	112.43
Enero 2022	117.1	88.45	137.93
<b>Febrero 2022</b>	<b>131.6</b>	<b>94.65</b>	<b>118.64</b>
Marzo 2022	117.9	88.81	120.34
Abril 2022	65.6	54.94	78.93
Mayo 2022	12.7	7.32	54.38
Junio 2022	7.5	2.38	8.77
<b>TOTAL</b>	<b>647.60</b>	<b>490.20</b>	<b>707.31</b>

En la tabla 3 se observa que en siete de los nueve meses del periodo vegetativo, el requerimiento de agua del cultivo fue superior a las precipitaciones ocurridas, siendo este déficit más crítico cuando se toma en cuenta la precipitación efectiva.

Los riegos efectuados en los tratamientos correspondientes del experimento, se realizaron a los 19 días (17/11/21), a los 187 días (04/05/22) y a los 201 días (18/05/22) después de la siembra, según la disponibilidad de turnos y por inundación, como hacen la mayor parte de los comuneros.

### 3.2. La fertilización potásica en los componentes de rendimiento

Los resultados respecto a la influencia de la fertilización potásica muestran una alta variabilidad entre las muestras.

**Tabla 4.** Cuadrados medios del análisis combinado de varianza. Altura de planta (AP), número de mazorcas por parcela (NMP) y Número de granos por mazorca (NGM).

FV	GL	AP (m)	NMP	NGM
Bloq dentro Rep	4	0,19	0,98	5,94
Rep exp (C)	1	0,01 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	6,25 <sup>ns</sup>
Tratam (A)	5	4.1E-03 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>
AC	5	0,02 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>
Error	20	0,02	0,37	3,31
<b>Total</b>	<b>35</b>			
CV (%)	-	9,23	10,13	17,09
$\bar{X}$	-	1,58	36	113

ns: no significativo. \*\*: significación con probabilidad de p≤0,01

La tabla 4 resume el análisis de varianza combinado de las variables altura de AP, NMP y NGM. En las fuentes de variabilidad de repeticiones del experimento (secano y riego), tratamientos (dosis de potasio) y la interacción AC, no se observa significación estadística, indicando que no hubo contribución de estas variables para detectar diferencias entre las dosis de potasio en condiciones de riego y secano.

**Tabla 5.** Cuadrados medios del análisis combinado de varianza. Longitud de mazorca (LM), peso de mil granos (PMG) y rendimiento (R).

FV	GL	LM (cm)	PMG (g)	R (t/ha)
Bloq dentro Rep	4	0,41	4927,61	42882,86
Rep exp (C)	1	0,06 <sup>ns</sup>	40669,44**	31538894,40**
Tratam (A)	5	1,39**	872,47 <sup>ns</sup>	15766715,16**
AC	5	1,14**	659,84 <sup>ns</sup>	18669754,39**
Error	20	0,23	1907,34	460139,45
<b>Total</b>	<b>35</b>			
CV (%)	-	7,43	14,05	4,69
$\bar{X}$	-	6,44	310,83	3232,42

ns: no significativo. \*\*: significación con probabilidad de p≤0,01

En la tabla 5 se observa alta significación estadística (p≤0,01) en la fuente de variación Repeticiones del experimento (secano y riego) para PMG y R. En las fuentes de variación tratamientos y la interacción AC se presentó alta significación estadística para LM y R, indicando el rechazo de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, revelando que al menos un tratamiento de fertilización potásica es diferente a los demás en condiciones de riego y secano, en estas variables.

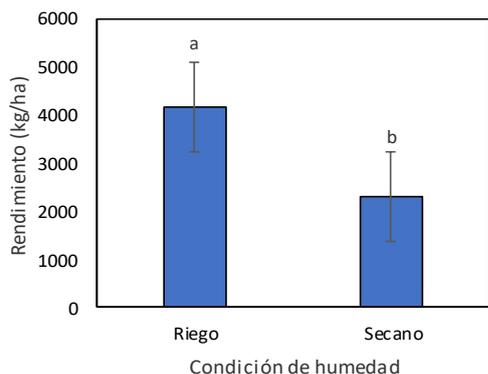
El contenido de potasio inicial del suelo de secano fue de 116 mg/kg de suelo; en cambio en el suelo con riego fue de 121 mg/kg suelo, evidenciando la falta de potasio, pues normalmente un suelo debe tener más de 240 mg/kg.

**Tabla 6.** Prueba de significación de promedios de longitud de mazorca (LM) y rendimiento (R) para la interacción AC.

Tratamiento	LM (cm)	R (kg/ha)
0*Secano	5,67±0,32 <sup>c</sup>	1565,24±141,98 <sup>hi</sup>
0*Riego	6,65±0,29 <sup>abc</sup>	3577,14±218,95 <sup>d</sup>
50*Secano	6,62±0,48 <sup>abc</sup>	2005,71±49,14 <sup>gh</sup>
<b>50*Riego</b>	<b>6,55±0,42<sup>abc</sup></b>	<b>6450,48±188,10<sup>a</sup></b>
100*Secano	6,67±0,51 <sup>abc</sup>	2675,71±49,43 <sup>ef</sup>
100*Riego	5,69±0,35 <sup>c</sup>	2770,95±19,40 <sup>e</sup>
150*Secano	7,13±0,51 <sup>ab</sup>	3795,24±98,59 <sup>cd</sup>
<b>150*Riego</b>	<b>7,59±0,38<sup>a</sup></b>	<b>4350,00±21,99<sup>b</sup></b>
200*Secano	6,65±0,91 <sup>abc</sup>	2272,38±134,71 <sup>fg</sup>
200*Riego	5,79±0,31 <sup>bc</sup>	3685,71±304,02 <sup>d</sup>
250*Secano	5,65±0,31 <sup>c</sup>	1464,29±141,54 <sup>i</sup>
250*Riego	6,63±0,56 <sup>abc</sup>	4176,19±44,55 <sup>bc</sup>
A.L.S. (T) 0,05	1,44	455,29

En la tabla 6 se observa en longitud de mazorca sobresale la dosis de 150 kg de K<sub>2</sub>O/ha en condiciones de riego, respecto a los demás tratamientos. En rendimiento, sobresale el tratamiento con 50 kg de K<sub>2</sub>O/ha en condiciones de riego, con un promedio de 6450,48 kg/ha, evidenciando el efecto del potasio en estas variables.

**Figura 2.** Prueba de Tukey para rendimiento.



En la figura 2 se muestra la superioridad estadística significativa para la parcela con riego respecto a la condición de secano.

**Tabla 7.** Prueba de significación de promedios de peso de mil granos (PMG) para condiciones de riego y secano.

Condición de humedad	PMG (g)
<b>Riego</b>	<b>344,44±41,02<sup>a</sup></b>
Secano	277,22±39,90 <sup>b</sup>
A.L.S. (T) 0,05	30,37

En la tabla 7 se observa que las parcelas con riego tuvieron un promedio significativamente superior que las

parcelas con secano, evidenciando que la fertilización potásica permitió un mejor formación y peso de grano.

#### 4. El Valor Bruto de la Producción

**Tabla 8.** Valor bruto de la producción

Tratamiento	VBP (S/)
0*Secano	4924,29 <sup>hi</sup>
0*Riego	10195,71 <sup>d</sup>
50*Secano	5854,29 <sup>gh</sup>
<b>50*Riego</b>	<b>18822,86<sup>a</sup></b>
100*Secano	7975,71 <sup>ef</sup>
100*Riego	8245,71 <sup>e</sup>
150*Secano	11112,86 <sup>cd</sup>
150*Riego	13105,71 <sup>b</sup>
200*Secano	7024,29 <sup>fg</sup>
200*Riego	11357,14 <sup>d</sup>
250*Secano	4568,57 <sup>i</sup>
250*Riego	12630,00 <sup>bc</sup>

En la tabla 8 se calculó el Valor Bruto de la Producción (VBP), tomando en cuenta el rendimiento (Tabla 8) y considerando el precio de mercado promedio de 1 kg de maíz, de S/. 3,00. Se observó que el tratamiento con 50 kg K<sub>2</sub>O/ha tuvo el mayor valor, superando significativamente a los demás tratamientos.

#### 5. Discusiones

Durante el periodo vegetativo evaluado, no se ha presentado eventos extremos de temperatura y precipitación, que puedan haber afectado el rendimiento del cultivo de maíz, lo que si se tuvo fueron fluctuaciones de déficit en la disponibilidad de agua del cultivo, habiendo sido crítico en el mes de noviembre, por lo que tuvo que complementarse con el primer riego aplicado en ese mes.

Asimismo, la temperatura mínima se presentó entre los meses de abril y mayo, que afectó la fase de llenado de mazorca y afectó el rendimiento del cultivo.

Estas dos variables climáticas, junto con otros factores, como la presencia de malezas ("mostaza"), también influyó en la variabilidad de los rendimientos en los tratamientos en estudio, como lo refiere Batho (2019), quien menciona que hay otros factores, además de las variables climáticas que afectan la variación del rendimiento de maíz; lo que debería ser evaluada en próximas investigaciones.

La fertilización potásica incrementó significativamente en el rendimiento, en el suelo de Muquiyauyo, atribuible al bajo contenido de potasio disponible. La dosis superior fue de 50 kg K<sub>2</sub>O/ha, con un promedio de 6450,48 kg/ha. Estos

resultados fueron influenciados por la variación climática, que según Havlin et al. (2014), constituyen uno de los factores que influye en la disponibilidad de potasio en el suelo.

En la campaña agrícola evaluada se presentó variaciones de temperatura y precipitación que afectaron el rendimiento de maíz, lo cual se mitigó con la aplicación de los riegos y la fertilización potásica; así mismo, en determinados tratamientos se realizaron labores de deshierbo debido a la incidencia de malezas y que sumado a lo anterior, dieron como resultado que el VBP fue mayor en los tratamientos con riego respecto a los sin riego. Un resultado a tomar en cuenta, pues el tratamiento con 50 kg K<sub>2</sub>O/ha y con deshierbo sobresalió en rendimiento y VBP, a pesar que se tuvo tratamientos con dosis mayores de potasio.

**Contribución de los autores:** Los autores, Andrés Alberto Azabache Leytón, Juan Carlos Cerrón Aliaga y Victor Paredes Atoche, desarrollaron las actividades de campo, analizaron los datos, redactaron y revisaron el manuscrito.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

#### Referencias bibliográficas

- Alvaro, G. (2019). *El potasio y su importancia en el crecimiento vegetal*. FERTIBOX. <https://www.fertibox.net/single-post/potasio-agricultura>
- Batho, P., Shaban, N., and Mwakaje, A. (2019). Impacts of rainfall and temperature variation on maize (*Zea mays* L.) yields: A case study Mbyea Region, Tanzania. *Archives of Agriculture and Environmental Science* 4(2): 177-184. <https://core.ac.uk/download/pdf/335017062.pdf>
- Carleton, T., and Hsiang, S. (2016). Social and economic impacts of climate. *Science* vol 353, Nro. 6304. DOI: [10.1126/science.aad9837](https://doi.org/10.1126/science.aad9837)
- Garbanzo-León, G., Alvarado-Hernández, A., Vargas-Rojas, J., Cabalceta-Aguilar, G., y Vega-Villalobos, E. 2021. Fertilización con nitrógeno y potasio en un alfisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 32(1):137-148. doi:10.15517/am.v32i1.39822
- FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Manual 56. Roma, Italia.
- Havlin, J., Tisdale, S., Nelson, W., and Beaton, J. (2014). *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to nutrient Management* (Eighth edition). Pearson.
- Kusmec, A., Zheng, Z. (2021). Sotirios Archontoulis, Baskar Ganapathysubramanian, Guiping Hu, Lizhi Wang, Jianming Yu, Patrick S. Schnable, Interdisciplinary strategies to enable data-driven plant breeding in a changing climate, *One Earth*, Volume 4, Issue 3, 2021, Pages 372-383, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.005>.
- Lambert, L., English, B., Clark, C., Lambert, D., Menard, R., Hellwinckel, C.; and Smith, A. (2021). Local effects of climate on row crop production and irrigation adoption. *Climate Risk Management* 32. 100293. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221209632100022X>
- Llano, M., y Vargas, w. (2016). Aspectos de la climatología y de los rendimientos de maíz y soja en grandes zonas productoras mundiales. [http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0077\\_PU-SA-VIII-2012-MP\\_LLANO.pdf](http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0077_PU-SA-VIII-2012-MP_LLANO.pdf)
- Meneses, N., Mendoza-Cortez, J., y Cecilio, A. Fertilización potásica del maíz dulce en suelo con alta disponibilidad de potasio. *Agrociencia Uruguay*. Volumen 21 2:54-58. ISSN 15100839.
- Marschner's (2012). *Mineral nutrition of Higher Plants*. Third edition. Academic Press. ISBN: 9780123849052
- Ojea, L. (2018). Imágenes y datos: Así nos afecta el cambio climático. Greenpeace. [www.greenpeace.es](http://www.greenpeace.es)
- INTAGRI (2016). *Nutrición adecuada vs. Estrés vegetal*. Instituto para la innovación Tecnológica en Agricultura. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/nutricion-adeuada-estres-vegetal>
- Plaster, E. (2014). *Soil Science and Management* (6<sup>th</sup> edition). DELMAR.
- Sánchez, F. J. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Createspace Independent Pub., 414 pp.
- Weil R. and Brady, N. (2017). *The nature and properties of soils*. Fifteenth edition. Pearson. Amsterdam
- Yong-Jian D., Chen-Yu L., Xiaoming W., Yan Wang, Sheng-Xia W., Ya-Ping C., Jia Q., Shao-Ping W., Qiu-Dong Z.,

Zeng-Ru W. (2021). An overview of climate change impacts on the society in China, *Advances in Climate Change Research*, Volume 12, Issue 2. Pages 210-223, ISSN 1674-9278, <https://doi.org/10.1016/j.accre.2021.03.002>.