



Efficient microorganisms in the production of purple corn (*Zea mays* L) Microorganismos eficientes en la producción del maíz morado (*Zea mays* L)

Niki F. Flores_Pacheco¹, Zulma Carbonelli_Mosqueira²

<https://orcid.org/0000-0002-2772-0951>¹, <https://orcid.org/0000-0001-9257-6848>²

¹ Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – nflores@unamba.edu.pe

² Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – zulma.carbonelli@gmail.com

(Recepción: 12/07/2022 - Aceptación 02/10/2022)

Abstract. The study analyzes the effect of three levels of efficient microorganisms (EM) on the yield of grain and cob of purple corn (*Zea mays* L.), which was carried out at the INIA Donoso agrarian experimental station, in Huaral, Lima, Peru in the agricultural period 2019-2020. Three treatments were applied: T1= 01 Lt. ME, T2= 03 Lt. ME, T3= 06 Lt. ME and one control 00 Lt. ME, with four replicates in a completely randomized block experimental design (DBCA). The results conclude that the doses of EM applied to the purple corn variety PMV 581, have a significant effect (p -value < 0.05) on the grain yield with values for the control of 3.54 ± 0.77 MT/Ha, with increases in the (T1) at 5.05 ± 0.54 TM/Ha, in (T2), with 5.64 ± 0.33 TM/Ha and (T3) with 6.53 ± 0.77 TM/Ha. In the results of production of cob it is similar, achieving results for the (control) 1.09 ± 0.24 TM/Ha, increasing in (T1) 1.26 ± 0.27 TM/Ha, in (T2) 1.45 ± 0.28 TM/Ha and the (T3) with 1.74 ± 0.30 MT/Ha. and it is concluded that there is an effect on the yield of grain and purple corn cob, resulting in (T3)=06Lt EM, achieving a better average yield in grains and purple corn cob, compared to the control treatment.

Keywords: Efficient microorganisms, purple corn, production and yields.

Resumen. El estudio, analiza el resultado de tres niveles de aplicación de microorganismos eficientes (EM) en la producción de grano y tusa del maíz morado (*Zea Mays* L.), investigación que fue ejecutado en el INIA estación experimental agraria Donoso, en Huaral, Lima, Perú en el periodo agrícola 2019-2020. Se aplicaron tres tratamientos: T1= 01 Lt. EM, T2= 03 Lt. EM, T3 = 06 Lt EM y uno control 00 Lt. EM, con cuatro replicas en un diseño experimental, de bloques completamente aleatorizado (DBCA). Los resultados concluyen que las dosis de EM aplicados al maíz morado variedad PMV 581, tienen un efecto estadísticamente significativo (p -value < 0.05) en el rendimiento de grano con valores para el control de 3.54 ± 0.77 TM/Ha, con incrementos en el (T1) a 5.05 ± 0.54 TM/Ha, en el (T2), con 5.64 ± 0.33 TM/Ha y el (T3) con 6.53 ± 0.77 TM/Ha. En los resultados de producción de tusa es similar logrando resultados para el (control) 1.09 ± 0.24 TM/Ha, incrementando en el (T1) 1.26 ± 0.27 TM/Ha, en el (T2) 1.45 ± 0.28 TM/Ha y el (T3) con 1.74 ± 0.30 TM/Ha. y se concluye que si hay efecto en el rendimiento de grano y tusa de maíz morado, dando como resultado que el (T3)=06Lt EM, logro mejor rendimiento medio en granos y tusa de maíz morado, frente al tratamiento control.

Palabras Clave: Microorganismos eficientes, maíz morado, producción y rendimiento.

1 Introducción

En la producción del maíz morado, existen diversos problemas que tienen relación con las prácticas agrícolas adecuadas como el uso del suelo, los controles de plagas y enfermedades, que en su gran mayoría estas deficiencias, se controlan utilizando agroquímicos, que son dañinos para la salud humana, elevan el costo de producción, bajan la calidad del producto y tienen poca aceptación en los mercados competitivos, ya que estos mercados demandan cultivos producidos de manera orgánica. El mercado actual exige productos orgánicos con una garantía, que, en el proceso de producción, se hayan adoptado las buenas prácticas agroecológicas y un enfoque orgánico. El maíz morado (*Zea mays* L), contiene componentes químicos (resina, grasa, saponina y otros) y compuestos fenólicos con valor benéfico para la salud. La mazorca tiene un 85% de grano y 15% de tusa. El fruto posee un pigmento que se denomina antocianina, que se concentra en la tusa y pericarpio (cascara) del grano, es un alimento incluida en la dieta de los peruanos, por ello es un producto que tiene demanda interna y externa, tal es así que la exportación tiene un destino en los mercados de Bélgica, Chile, Ecuador, España, EEUU y Países Bajos, y la variedad de maíz morado PVM 581 es la que logra satisfacer esa demanda por los altos rendimientos que produce, por tal motivo es un cultivo de importancia agrícola. En la actualidad el agricultor para satisfacer la demanda del mercado busca tecnologías alternativas que le permitan lograr mayor producción de maíz morado (*Zea mays* L), cuidando el enfoque de producción orgánica, tal es así que los microorganismos eficaces (EM) son

una buena alternativa en el cultivo, ya que los (EM) es una tecnología desarrollada con microorganismo benéficos, que no generan efecto perjudicial a la salud del consumidor, al ser un producto biológico donde coexisten colonias de microorganismos benéficos sin modificación genética y de síntesis química entre las que destacan los actinomicetes, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras y hongos de fermentación, que incorporadas al suelo y a la planta, mejoran las colonias de microorganismo benéficos reduciendo poblaciones de patógenos que generan enfermedades y dañan al cultivo; los EM y colonias de bacterias benéficas nativas coexisten en la rizosfera (área de las raíces) logrando simbiosis y desarrollando una planta sana y saludable; por ende incrementa el rendimiento de la cosecha. El uso de (EM) reduce paulatinamente la dependencia de los agroquímicos, obteniendo un mayor beneficio económico y ambiental. Tal es así que estudios recientes de Ñaupari [1] determinaron que la dosis óptima de 5,83 Lt. Ha de microorganismos eficaces (EM) en el maíz amarillo duro variedad marginal 28T, incrementa el diámetro de tallo, altura de las plantas, el diámetro de las mazorcas, peso del grano y el rendimiento. León [2]. Al utilizar microorganismos eficientes (EM) determino que los tratamientos que dieron mejores resultados en el rendimiento, son el nivel (T3)= (1L/20l + EM) y el (T4)=(1.5 L/20l + EM), en el que el biol no influyo considerablemente en el resultado, al realizar los análisis económicos en el resultado de biol con adición de microorganismos eficaces (EM) en el comportamiento agronómico del maíz. El tratamiento con mejor resultado es el (T4) con RCB de 2.1. Quillca [3], en la investigación determino que tratamientos de la agrupación A, el T3 (maíz+ trébol+ EM suelo y foliar), (T2) (maíz +trébol + EM foliar) y T1 (maíz+ trébol + EM al suelo), muestran un resultado superior al (T4) =(maíz+ testigo) de la agrupación B. Tal es así que el (T3) muestra un comportamiento superior, logrando el rendimiento en granos secos de 3748.33 kg/Ha de maíz (*Zea mays*), en comparación con el (T4) testigo que tiene el rendimiento de 3366.67 kg/ha en promedio. Por tal razón el objetivo del estudio fue analizar el resultado de tres niveles de aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de grano y tusa del maíz morado (*Zea Mays* L.).

2 Método

Se utilizó el método experimental, aplicando la observación del fenómeno y elaborando la hipótesis, con el propósito de replicar el objeto del estudio. Se controló la variable independiente, las dosis de Microorganismo eficientes (EM), y se realizó la prueba de hipótesis, para encontrar la relación entre las variables dependientes rendimiento de grano y tusa del maíz morado, y se verificó que existan efectos significativos. Cruz [4]. El método experimental, permitió validar los efectos de los microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de grano y tusa del maíz morado (*Zea mays* L.).

2.1 Tipo de investigación

De acuerdo al propósito del objetivo es aplicada, en razón que manipulamos la variable independiente: niveles o dosis de microorganismos eficaces (EM) para analizar los efectos en la variable dependiente: rendimiento de grano y tusa del maíz morado. De acuerdo a la finalidad, es aplicativo, en razón que la intención es mejorar el rendimiento de tusa y granos de maíz morado con aplicaciones de microorganismo eficientes (EM). De acuerdo al alcance de las variables, es cuantitativo porque la variable rendimiento de grano y tusa: se midieron en kilogramos. De acuerdo a la temporalidad, es transversal, porque la observación y análisis de la variable realizamos en un determinado momento, decir en una campaña agrícola.

2.2 Nivel de investigación

Por el comportamiento de la variable, es experimental, explicamos el comportamiento de la variable, la causa que ocasiona y analizamos la variable independiente: dosis o niveles de microorganismos eficaces (EM) y el resultado que es verificable, realizando el análisis de la variable dependiente: rendimiento de grano y tusa de maíz morado con el ANOVA, en el diseño experimental (DBCA).

2.3 Diseño de la Investigación

El diseño experimental que se utilizó, es el de bloques completamente aleatorizados (DBCA), cumpliendo los principios de la experimentación: control local, aleatorización y repetición. Las unidades experimentales fueron distribuidas con agrupaciones homogéneas, cada agrupación o grupo es llamado bloque, que tienen el mismo número de los tratamientos que están incluidas en el experimento, distribuido de manera aleatoria. El diseño utilizado, considero la dirección del viento, variaciones de temperatura, etc. Fueron aplicadas las dosis de microorganismos

eficientes (EM), constituyéndose el factor con 3 niveles, y un control, de acuerdo a lo siguiente: T1= 01Lt. EM, T2= 03Lt EM, T3=06 Lt EM y T4 (control) 0Lt de EM.

2.4 Población

La constituyen plantas de maíz morado, haciendo una población de 3200 dispuesta en la parcela experimental. Utilizamos el muestreo probabilístico, mediante el muestreo aleatorio simple, obteniendo una muestra de 343 plantas de maíz morado.

2.5 Análisis estadístico

Para procesar los resultados primeramente se homogenizaron los datos a una Ha y se cumplió con los supuestos: normalidad de datos, verificándose con el estadístico Shapiro-wilk, se observó que los valores son mayores que 0.05 (Sig.>0.05), por lo que, no se rechaza la hipótesis nula y concluimos que los datos proceden de una población normal. Homogeneidad de varianzas, verificándose con la prueba de Levene, se observó que los valores son mayores que 0.05 (Sig.>0.05), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y concluimos que las variables de la investigación son iguales es decir homogéneas. Prueba de independencia, cada tratamiento fue aplicado de forma independiente en las unidades experimentales. Aleatorización, se utilizó los números aleatorios del software Excel. Se proceso los datos proporcionando respuesta al objetivo e hipótesis del estudio utilizando gráficos y tablas del Excel y Minitab -19.

3 Resultados

3.1 Resultados del análisis del rendimiento en grano de maíz morado

El resultado del rendimiento de los granos de maíz morado se exponen en la Tabla 1, observándose que el control, tiene un rendimiento promedio de 3.54 ± 0.77 TM/Ha, el (T1) un rendimiento promedio de 5.05 ± 0.54 TM/Ha, se incrementa a 5.64 ± 0.33 TM/Ha con el (T2), y el (T3) obtiene un rendimiento promedio de 6.53 ± 0.77 TM/Ha, muy superior al tratamiento control, es decir que si hubo efecto de los microorganismos eficaces (EM) incrementando el rendimiento de los granos de maíz morado.

Tabla 1. Resultado del rendimiento de granos de maíz morado (TM/Ha)

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			Bloque 4			General			Dif. Sig.	
	\bar{x}	\pm	s		C.V. (%)												
T1	4.96	\pm	0.51	5.40	\pm	0.59	5.09	\pm	0.40	4.75	\pm	0.52	5.05	\pm	0.54	10.7	C
T2	5.63	\pm	0.35	5.64	\pm	0.36	5.74	\pm	0.25	5.56	\pm	0.37	5.64	\pm	0.33	5.8	B
T3	6.17	\pm	0.66	6.55	\pm	0.66	6.48	\pm	0.60	6.92	\pm	1.01	6.53	\pm	0.77	11.8	A
Control	3.99	\pm	0.83	3.72	\pm	0.81	3.19	\pm	0.50	3.27	\pm	0.72	3.54	\pm	0.77	21.9	D
Dif. Sig.*	A			A			A			A							

Tal es que: \bar{x} = media, \pm s = desviación estándar, C.V = coeficiente de variación.

*La diferencia significativa, se evaluó mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia

Los tratamientos con microorganismos eficaces (EM) muestran efectos significativos (p -value < 0.05), analizado mediante el ANOVA que se tiene en la Tabla 2; al aumentar la dosis de microorganismo eficaces (EM) se incrementa el rendimiento de granos de maíz morado, que se observa en la Figura 1, que llega a superando el (T3) con respecto al control; la interacción Tratamiento-Bloque reporta cierto nivel de significancia, que concluimos que diferentes dosis de (EM) por bloques incrementa el rendimiento de granos de maíz morado.

Tabla 2. ANOVA bifactorial para el rendimiento de granos de maíz morado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	F cal	p-value
Tratamiento	3	189.58	63.192	173.13	0.000
Bloque	3	1.13	0.375	1.03	0.382

Tratamiento*Bloque	9	8.33	0.925	2.53	0.010
Error	144	52.56	0.365		
Total	159	257628			

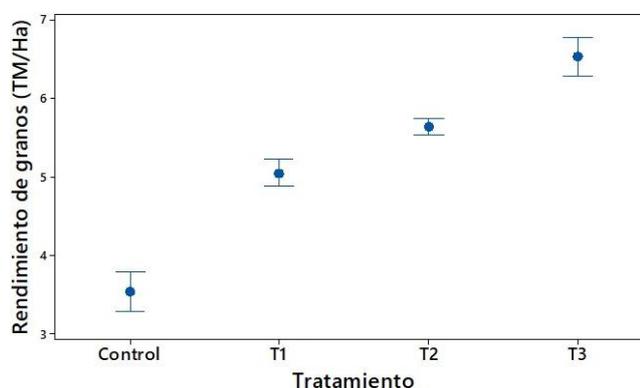


Fig. 1. Diagrama de medias para rendimiento de granos de maíz morado

3.2 Resultados del análisis del rendimiento de tusa de maíz morado

El resultado del rendimiento de tusa se muestra en la Tabla 3, Observamos que el control obtuvo un rendimiento medio de 1.09 ± 0.24 TM/Ha, el (T1) un rendimiento medio de 1.26 ± 0.27 TM/Ha, hubo un incremento en el (T2) con un rendimiento medio de 1.45 ± 0.28 TM/Ha. y el (T3) se tiene un rendimiento medio de 1.74 ± 0.30 TM/Ha muy superior al tratamiento control, es decir que si hubo efecto de las aplicaciones de los microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de tusa de maíz morado.

Tabla 3. Resultados del rendimiento de tusa de maíz morado (TM/Ha)

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			Bloque 4			General			D if. Sig.
	\bar{x}	S	C.V. (%)													
T1	1.08	0.22	20.8	1.36	0.35	25.4	1.34	0.19	14.5	1.25	0.25	20.3	1.26	0.27	21.8	C
T2	1.29	0.28	21.8	1.47	0.28	18.9	1.48	0.26	17.9	1.58	0.26	16.6	1.45	0.28	19.3	B
T3	1.64	0.29	17.7	1.90	0.32	16.6	1.74	0.20	11.8	1.68	0.34	20.2	1.74	0.30	17.1	A
Control	1.1	0.27	24.1	1.12	0.31	27.2	1.13	0.15	13.1	0.99	0.20	20.3	1.09	0.24	21.7	D
Dif. Sig.*	B			A			A,B			A,B						

Tal es que: \bar{x} = media, $\pm s$ = desviación estándar, C.V = coeficiente de variación.

*La diferencia significativa, se evaluó mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia

Asimismo se aprecia que diferentes dosis o niveles de microorganismo eficaces (EM) muestran efecto significativo (p -value < 0.05), analizado mediante el ANOVA que se muestra en la Tabla 4, al aumentar la dosis de microorganismo eficientes (EM), se incrementa el rendimiento de tusa del maíz morado, como observamos en la Figura 2, que llega a superar el (T3) con respecto al control; la interacción Tratamiento-Bloque reporta cierto nivel de significancia, que concluimos que las diferentes dosis de EM por bloques incrementa el rendimiento de tusa de maíz morado.

Tabla 4. ANOVA bifactorial en el rendimiento de tusa de maíz morado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	F cal	p-value
Tratamiento	3	9.367	3.12	44.07	0.000
Bloque	3	0.747	0.25	3.52	0.017
Tratamiento*Bloque	9	0.672	0.07	1.05	0.401
Error	144	10.203	0.07		
Total	159	20.9886			

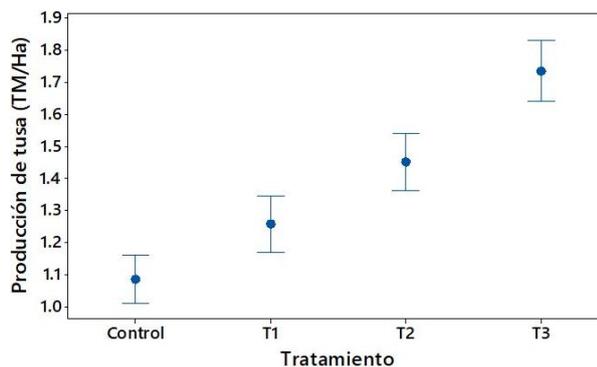


Fig. 2. Diagrama de medias para el rendimiento de tusa de maíz morado

3.3 Contrastación de hipótesis

Contrastación del rendimiento de grano de maíz morado por tratamiento fue mediante (H0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ y (H1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$; a un nivel de significancia del 5% mediante el test de Tukey, que se observa en la Tabla 5, apreciamos que hay diferencia significativa, porque la agrupación de tratamientos muestra letras diferentes, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la aplicación de dosis de EM, muestra efectos en el rendimiento de granos de maíz morado.

Tabla 5. Prueba de Tukey para el rendimiento de grano por tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	40	6.530	A
T2	40	5.644	B
T1	40	5.050	C
Control	40	3.541	D

Contrastación del rendimiento de tusa por tratamiento, fue mediante (H0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ y (H1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$, con un nivel de significancia del 5% mediante el test de Tukey, que se observa en la Tabla 6, apreciamos que hay diferencia significativa, porque la agrupación de tratamientos muestra letras diferentes, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que la aplicación de dosis de EM, muestra efectos en el rendimiento de tusa de maíz morado.

Tabla 6. Prueba de Tukey para el rendimiento de tusa por tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	40	1.738	A
T2	40	1.453	B
T1	40	1.258	C
Control	40	1.087	D

4 Discusiones Conclusiones

5 Discusiones

Observamos que el control obtiene un rendimiento promedio de $(3.54 \pm 0.77 \text{ TM/Ha})$, el (T1) un rendimiento promedio de $(5.05 \pm 0.54 \text{ TM/Ha})$, el (T2) un rendimiento promedio de $(5.64 \pm 0.33 \text{ TM/Ha})$, y el T3 un rendimiento promedio de $(6.53 \pm 0.77 \text{ TM/Ha})$. el tratamiento (T3)= 6Lt de EM/Ha tiene mayor rendimiento frente a los otros tratamiento y el control, por lo que mayores dosis de microorganismos eficaces (EM), incrementamos el rendimiento de granos de maíz morado. El cual tiene relación con los hallazgos de León [2]. que establece que el (T4)=1.5 L/20l + EM es el mejor tratamiento en el rendimiento y la RCB de 2.1. Observamos que el tratamiento control obtiene un rendimiento promedio de $(1.09 \pm 0.24 \text{ TM/Ha})$, el (T1) un rendimiento promedio de $(1.26 \pm 0.27 \text{ TM/Ha})$, el (T2) un rendimiento promedio de $(1.45 \pm 0.28 \text{ TM/Ha})$ y el (T3) un rendimiento promedio de

(1.74 ± 0.30 TM/Ha) el tratamiento (T3)= 6Lt de EM/Ha tiene mayor rendimiento frente a los otros tratamiento y el control, por lo que mayores dosis de microorganismos eficientes (EM), incrementamos el rendimiento de tusa. El cual tiene relación con los hallazgos de Ñaupari [1] que establece que la dosis optima de 5,83 Lt. Ha de microorganismos eficientes (EM) en el maíz amarillo duro variedad marginal 28T, incrementa el diámetro de tallo, altura de las plantas, el diámetro de las mazorcas, peso de granos y el rendimiento. Asimismo estos resultados tienen relación con Girón y Lllallhui [5], que logró rendimiento de maíz con la aplicación de 4000 kg.ha de compost más microorganismo eficientes con 6376.12 kg.ha , seguido de 2000kg.ha de guano de islas más microorganismo eficientes con 4770.09 kg.ha.

6 Conclusiones

El uso de microorganismos eficaces (EM) en la producción del maíz morado, presenta efectos significativos (p -value < 0.05) en el rendimiento de granos, al observar que la dosis de 6Lt EM/Ha, muestra mejor rendimiento. El incremento de microorganismo eficientes (EM) mejora el rendimiento de granos y tusa del maíz morado, obteniendo una correlación positiva entre mayor aplicación de EM mayor rendimiento de granos y tusa de maíz morado.

7 Biografías

- Niki Franklin Flores Pacheco, Ingeniero agrónomo, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Ex Director de la EAP Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural. Involucrado en temas de producción agrícola.
- Zulma Carbonelli Mosqueira: Ingeniero Agroecólogo Rural, egresada de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. dedicado a la práctica profesional independiente.

8 Referencias

- [1] E. Ñaupari Alcoser, Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en cultivo de Zea mays L.(Maíz amarillo duro) en la zona de Satipo., Satipo, 2015., Satipo, 2015.
- [2] León, El efecto de biol más microorganismos eficientes (EM) sobre el comportamiento agronómico del maíz (Zea mayz l.) (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ)., Quevedo, 2015.
- [3] Quillca Delgado y Rubelo Cardenas, Efecto de microorganismos efectivos en el rendimiento del cultivo de maiz (Zea mays l.) asociado al trebol (Medicago hispida), en condiciones de secado., 2012.
- [4] Cruz, Investigación Empírica: Características, Métodos y Criterios <https://www.lifeder.com/investigacion-empirica/>, 2018.
- [5] G. y. Lllallhui, «Abonamiento orgánico y microorganismos eficientes en la absorción de fósforo por maíz morado (Zea mays L.) - Ayacucho,» *Revista Investigación*, vol. 26, n° 1, pp. 11-16, 2018. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.2018.1.52>
- [6] Peñafiel, Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (me) en el cultivo de pepino (cucumis sativus) híbrido atar ha-435 (Bachelor's thesis)., 2005.
- [7] Begazo, Marco De Siembra En El Rendimiento De Maiz Morado (Zea Mays L.)“Ecotipo Arequipeño” En La Irrigacion Majes 2012-2013., Majes, 2013.
- [8] Cabrera, Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (Zea mays L.) bajo riego por goteo., 2016.
- [9] Carhuapoma y López, Maíz Morado moléculas bioactivas antioxidantes y anticancerígenas. CONCYTEC. Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Primera Edición. Lima. Perú., Lima, 2008.
- [10] INIA, Manejo Agronómico Del Maíz Morado En Los Valles Interandinos el Perú. La Molina – Lima., Lima, 2012.
- [11] Justiniano, Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays l.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina., Lima, 2010.