

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TRIGO HARINERO CON ÉPOCAS DE SIEMBRA Y DENSIDADES DE PLANTA. AYACUCHO, 2020

José Antonio Quispe Tenorio

Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios Área de Mejoramiento Genético de Plantas
Línea de Investigación: Trigo
jose.quispe@unsch.edu.pe

RESUMEN

Se estudiaron épocas de siembra y densidades de planta m⁻² en trigo harinero INIA 436 Huamanguino (*Triticum aestivum* L.), con el objetivo de evaluar componentes de rendimiento y calidad de grano en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. La unidad experimental fue una parcela de 6 surcos, 2 m de largo, 0.4 m entre surcos. Se delinearon 13 tratamientos mediante el diseño central compuesto rotatable con los factores, épocas de siembra y densidad de plantas, en campo se usó el diseño bloques completos al azar con 13 tratamientos y 3 bloques. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en los caracteres altura de planta, longitud de espiga y número de espiguillas por espiga, siendo los promedios de 77.00 cm, 94.31 mm y 17.74 unidades respectivamente. El número de macollos por planta varío entre 1.433 a 5.500 para los tratamientos t11 (19 días, 250 plantas m⁻²) y t07 (19 días, 100 plantas m⁻²) respectivamente, con diferencia significativa. El número de espigas por planta varío entre 1.200 a 4.867 para los tratamientos t11 (19 días, 250 plantas m⁻²) y t07 (19 días, 100 plantas m⁻²) respectivamente, con diferencia significativa. La época de siembra que permite un máximo rendimiento es el 22 de noviembre, con un rendimiento de 8.879 t ha⁻¹, para una densidad de 250 plantas m⁻². El peso de 1000 semillas varío entre 24.19 a 75.86 g para los tratamientos t04 (19 días, 250 plantas m⁻²) y t01 (6 días, 144 plantas m⁻²) respectivamente, con diferencia significativa.

Palabras clave. Trigo harinero, época de siembra, densidad de plantas, rendimiento.

ABSTRACT

YIELD AND QUALITY OF FLOUR WHEAT WITH SEEDING TIMES AND PLANT DENSITIES. AYACUCHO, 2020

Sowing times and plant densities m⁻² were studied in INIA 436 Huamanguino bread wheat (*Triticum aestivum* L.), with the objective of evaluating yield components and grain quality in Canaán at 2735 masl, Ayacucho. The experimental unit was a plot of 6 rows, 2 m long, 0.4 m between rows. Thirteen treatments were delineated through the rotatable composite central design with the factors, planting times and plant density, in the field the randomized complete blocks design with 13 treatments and 3 blocks was used. No significant difference was found between treatments in the characters plant height, spike length and number of spikelets per spike, with averages of 77.00 cm, 94.31 mm and 17.74 units respectively. The number of tillers per plant varied between 1,433 and 5,500 for treatments t11 (19 days, 250 plants m⁻²) and t07 (19 days, 100 plants m⁻²) respectively, with a significant difference. The number of spikes per plant ranged from 1,200 to 4,867 for treatments t11 (19 days, 250 plants m⁻²) and t07 (19 days, 100 plants m⁻²) respectively, with a significant difference. The sowing time that allows maximum yield is November 22, with a yield of 8,879 t ha⁻¹, for a density of 250 plants m⁻². The weight of 1000 seeds varied between 24.19 to 75.86 g for treatments t04 (19 days, 250 plants m⁻²) and t01 (6 days, 144 plants m⁻²) respectively, with a significant difference.

Keywords. Bread wheat, sowing time, plant density, yield.

I. INTRODUCCIÓN

El trigo se produce en 20 regiones del Perú, las regiones de mayor producción son: La Libertad, Cajamarca, Cuzco, Arequipa, Ancash, Huánuco, Junín, Piura y Ayacucho. Entre los años 2009 a 2018, la producción nacional paso de 230111 a 191109 toneladas, representó 17 % de disminución. En la región Ayacucho la producción paso de 10744 toneladas en el año 2009 a 14169 en 2018, representó 32 % de incremento. El promedio de superficie cultivada en Ayacucho de los últimos

10 años fue de 9483 hectáreas, ocupando el séptimo lugar. Sin embargo en Ayacucho, se registraron los más bajos rendimientos, variaron de 789 a 1451 kg ha⁻¹

¹ entre los años 2011 a 2018, en este periodo los mayores rendimientos se dieron en las regiones Lima Metropolitana, Arequipa y Tacna con 7550, 6724 y 2710 kg ha⁻¹

¹ respectivamente (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2020). Por estas consideraciones se deduce que a nivel nacional se presenta disminución en la producción de trigo y por tanto los incrementos en las importaciones, sin embargo, en la región Ayacucho se

percibe un incremento en la producción en los últimos años, en concordancia con la tradición triguera de esta zona.

La Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA Ayacucho) ha producido la variedad de trigo harinero INIA 436 Huamanguino, de alta productividad, 4.53 t ha⁻¹ en campo de agricultores, siendo su época de siembra en campaña grande entre noviembre y diciembre y en campaña chica entre junio y julio. Particularmente en el trigo INIA 436 Huamanguino, no se tiene conocimiento de los efectos de ambas épocas de siembra y densidades de planta en el desarrollo, componentes de rendimiento y calidad de grano, en las condiciones de Ayacucho.

El objetivo general fue evaluar el efecto de cinco épocas de siembra y cinco densidades de planta por metro cuadrado, en los componentes de rendimiento y calidad de grano de trigo en la variedad INIA 436 Huamanguino, en las condiciones de Canaán a 2735 msnm, Ayacucho.

La época de siembra o momento oportuno de siembra de un cultivo, depende de los factores, clima, especie, plagas y enfermedades, comercialización y objetivo del cultivo.

En el aspecto climático se consideran condiciones meteorológicas e hidrológicas, tratando de hacer coincidir las exigencias agro ecológicas de los cultivos con las condiciones ambientales. En la sierra la época de siembra en campaña grande se practica entre octubre y diciembre, las precipitaciones van de octubre hasta marzo, la época en campaña chica está determinada por la disponibilidad de agua y se practica entre junio y julio.

En la variedad de trigo INIA 436 la época de siembra en campaña grande entre noviembre y diciembre y en campaña chica entre junio y julio. La presencia de plagas, enfermedades, a menudo obligan a modificar las fechas de siembras con la finalidad de eludir la acción perjudicial de estos factores. La comercialización tiene implicancia económica, las siembras también se realizan de acuerdo a precios y requerimiento de mercado. La época de siembra varía con el órgano vegetal a usarse o el estado de madurez como se va a cosechar. (Cerna, 2007; Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2020).

Las épocas de siembra planteados en el presente experimento son: 17 noviembre, 23 noviembre, 6 diciembre, 19 diciembre, 25 diciembre, consideradas en campaña grande. La densidad de plantas es el número de plantas implantadas por unidad de superficie de suelo, depende de la condición física del

suelo, humedad y temperatura, cantidad y tipo de residuos, también es afectada por la población objetivo. A medida que aumenta la población objetivo el % de implantación se reduce. Ese efecto es atribuible a un fenómeno de autotoxicidad del que hay evidencia en trigo y cebada. Las semillas de estas especies producen sustancias tóxicas para controlar la población inhibiendo la germinación. (García, 2017)

En el presente experimento se planteó la siembra de 100, 144, 250, 356 y 400 plantas/m².

Abbate y Divito (2017) refieren:

Durante el ciclo del cultivo ocurren dos procesos simultáneos: crecimiento y desarrollo. El crecimiento involucra aumento de la biomasa, mientras que el desarrollo hace referencia a la sucesión de estados morfológicos o fisiológicos que se presentan durante el ciclo de vida del cultivo. Ambos procesos están regulados genéticamente e influenciados por el ambiente. Por ello, el patrón de crecimiento y la sucesión de los estados de desarrollo (fenología) puede diferir entre variedades y, dentro de ellas, según las condiciones ambientales. (p. 22)

El rendimiento del grano ("rendimiento") y sus componentes es la expresión definitiva de muchos procesos fisiológicos individuales que han interactuado con el clima y el medio ambiente durante el ciclo de crecimiento del cultivo: número de espiga m⁻² (SNO; número de planta m⁻² × macollos fértiles por planta), número de granos m⁻² [GNO; número de espiga m⁻² × granos por espiga (espiquillas por espiga (SPS) × granos por espiquilla)] y, peso de mil granos (TGW; g). Aunque la determinación se realiza típicamente en muestras recolectadas destructivamente, algunas evaluaciones en campo también son posibles. Los tres componentes del rendimiento se desarrollan secuencialmente durante el desarrollo del cultivo: primero SNO, luego GNO, y finalmente el peso del grano. (Pietragalla & Pask, 2012)

Por otra parte, García (2017), considera que el rendimiento del trigo se construye a partir del número de granos por unidad de área y el peso de los granos. El número de granos = plantas m⁻² x espigas planta⁻¹ x espiquillas espiga⁻¹ x granos espiquilla⁻¹. Un rendimiento puntual se puede obtener con diferente combinación de los componentes debido a los fenómenos de compensación. El número de granos logrado está estrechamente relacionado al rendimiento y es muy dependiente de las prácticas agronómicas, en tanto el peso de los granos depende más de las condiciones climáticas durante su formación. El aumento en el número de granos no se traduce en forma directa en rendimiento; en parte porque al incrementar los granos formados es mayor la competencia y tienden

a ser más chicos. Otra causa posible es que, con poblaciones de espigas altas, la proporción de granos que provienen de zonas distales de la espiga, que son de menor tamaño, es mayor que la de los originados en el medio de la espiga (más pesados). Una importante práctica agronómica consiste en usar densidades de planta y las condiciones ambientales de crecimiento y desarrollo del cultivo siempre están asociada a la época de siembra, el rendimiento y calidad de grano no es el mismo cuando los dos factores interactúan.

Hernández, Soto y Plana (2015), evaluaron la influencia de tres fechas de siembra (noviembre de 2008, diciembre de 2009 y enero de 2010) sobre el crecimiento y rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) cv 10-TH4, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque – Cuba, a 230 01' N y 820 08' W, a 138 msnm, en un suelo Ferralítico rojo compactado hidratado. Se determinó la masa seca total de la parte aérea, el Índice de Área Foliar (IAF) y el rendimiento, ajustándose los datos a un modelo exponencial polinómico de segundo grado, estando los coeficientes de determinación (R^2) entre 0.90 y 0.99; a partir de las ecuaciones de regresión se calculó la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de masa seca de la parte aérea, encontrándose una mayor acumulación de materia seca en la fecha de siembra de enero de 2010, la cual fue mantenida durante todo el ciclo reproductivo del cultivo. La dinámica del IAF y la TAC mostraron un comportamiento similar al de la masa seca, indicando que valores máximos de estos indicadores y sobre todo que estos se mantengan durante mayor período de tiempo implican mayores rendimientos. En este caso el experimento se comprueba que el incremento de los rendimientos está asociado a una época donde ocurren la mejor performance de IAF y TAC durante el ciclo reproductivo del trigo, ocurriendo esto en siembras del mes de enero en las condiciones de San José de las Lajas, Mayabeque – Cuba, a 230 01' N y 820 08' W, a 138 msnm, lugar en el hemisferio norte.

Mosanaei, Ajamnorzi, Reza, Abolfazieh, & Ressaraki (2017), refieren, que todos los rasgos cuantitativos (altura de la planta, longitud de la espiga, número de semillas por espiga, número de espiguillas por espiga, peso de 1000 semillas, rendimiento de grano, rendimiento de paja, rendimiento biológico e índice de cosecha) y rasgos de calidad (rendimiento y contenido de proteínas, contenido de nitrógeno, rendimiento y contenido de almidón) fueron significativamente diferentes en diferentes años.

En el cultivo de trigo, se observa que el número de plantas establecidas por área a menudo es menor que la cantidad de semillas viables utilizadas, lo que puede estar relacionado con las condiciones ambientales como con el vigor de las semillas. Abati, Brzezinski,

Zucareli, Simoneti, & Henning (2018), estudiaron dos niveles de vigor de la semilla (alto y bajo), dos densidades de siembra (200 y 400 semillas viables por m^2) y tres cultivares de trigo (BRS Sabiá, BRS Gaivota y BRS Gralha Azul), conducidos en dos lugares (Londrina y Ponta Grossa). La densidad de siembra de 200 semillas por m^2 conduce a una mayor producción de materia seca aérea por planta en las etapas de encañado y emergencia de inflorescencia. El rendimiento de grano de los cultivares no es el mismo entre lugares. Las semillas de alto vigor favorecen el establecimiento de plantas, el crecimiento y desarrollo de las plantas en las etapas fenológicas iniciales y la productividad de los granos de trigo.

Fraschina (2017), refiere:

El ambiente y la interacción entre este y la variedad pueden modificar la expresión de caracteres que son importantes para la calidad del trigo, por ejemplo, modificando el contenido de proteína y la relación entre gluteninas y gliadinas. El contenido y tipo de almidón en trigo resulta más estable que el de proteína.

La acumulación de proteína en el grano de trigo depende principalmente de la *disponibilidad de N* durante los momentos críticos del cultivo, de la variedad utilizada y de la temperatura durante el llenado de los granos. A una temperatura media de 18°C durante el llenado de grano, primero se depositan albuminas y globulinas, después gliadinas y más tarde lo hacen las gluteninas (Stone y Savin, 1999). De esto surge que el peso molecular de las proteínas que se almacenan va aumentando durante el llenado, y así también progresa la aptitud panadera que tendrá la harina resultante. Esta dinámica indica que, de acuerdo al momento en que ocurra algún tipo de estrés durante el llenado, el efecto sobre la calidad será diferente. (p. 60) La calidad del grano trigo está asociada a su uso en la panificación, los trigos de endospermo duro (*Triticum aestivum* L.) son calificados para este propósito (Finnie et al., 2016 mencionado por Rozo, 2019). La norma XX de calidad para la comercialización de trigo pan describe la utilización de tipos duros y semiduros de trigo. Esta norma está clasificada en grados del uno al tres, que varían en sus exigencias, siendo el grado uno el más exigente y el grado tres el de menor exigencia; dentro de los parámetros establecidos en esta norma para la recepción de los granos se encuentran el peso hectolítrico, rasgos y/o características físicas del grano por factores externos abióticos y bióticos, así como presencia de otras especies que perjudican la calidad. A su vez, la norma otorga bonificaciones y rebajas de acuerdo a la clasificación y el contenido de proteína en grano, incluyendo un análisis de aptitud panadera.

INIA (2020), refiere las características morfológicas

del trigo harinero INIA 436 Huamanguino. Macollamiento: regular, tipo de espiga: aristada, densidad de espiga: intermedia, color de grano: amarillo ambar, N° promedio granos espiga⁻¹: 45.0, peso hectolítrico: 78 kg hl⁻¹, peso de mil granos: 49.80 g, altura de planta: 85.00 cm, días a espigado: 77 días a madurez: 160, rendimiento promedio en campo de agricultores: 4.53 t ha⁻¹.

Proviene del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)

- Línea: PRINIA/JUN/3/HE1/3*CNO79//2*SERI
- Progenitor femenino: PRINIA / JUN / 3 / HE 1 / 3*CNO79
- Progenitor masculino: 2*SERI,
- Pedigree: CMSS93Y029 10- 24Y – 010Y – 010M-010Y – 8M – 0Y

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

El experimento se instaló en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado a 3 km de la ciudad de Ayacucho, distrito Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, latitud 13°10'09" S, longitud 74°32'82" O y a 2735 msnm.

2.2. Material genético

La variedad de trigo harinero INIA 436 Huamanguino tiene el siguiente origen y genealogía (INIA, 2020)

2.3. Tratamientos

En el presente estudio se innovó el uso del diseño de tratamientos central compuesto rotatable, para el estudio de factores cuantitativos (época de siembra y densidad de plantas). Mediante el diseño de tratamientos central compuesto rotatable (Cochran & Cox, 1990) y considerando dos factores a estudiar (X1 y X2), con 5 niveles cada uno, se pueden diseñar 13 tratamientos (tabla 2.1), la variable respuesta (Y) puede ser estudiada mediante el modelo de regresión múltiple, donde se consideran efectos lineales, cuadráticos y cruzado, los mismos que son sometidos a los análisis de variancia:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

Tabla 2.1 Tratamientos para 2 factores según el diseño central compuesto rotatable (Cochran & Cox, 1990)

Tratamiento	Código factor época	Código factor densidad	Época de siembra	Tiempo día	Densidad de plantas Plantas / m ²
	X ₁	X ₂	E	Z ₁	Z ₂
t01	-1	-1	23/11/20	6	144
t02	1	-1	19/12/20	32	144
t03	-1	1	23/11/20	6	356
t04	1	1	19/12/20	32	356
t05	-1.4142	0	17/11/20	0	250
t06	1.4142	0	25/12/20	38	250
t07	0	-1.4142	6/12/20	19	100
t08	0	1.4142	6/12/20	19	400
t09	0	0	6/12/20	19	250
t10	0	0	6/12/20	19	250
t11	0	0	6/12/20	19	250
t12	0	0	6/12/20	19	250
t13	0	0	6/12/20	19	250

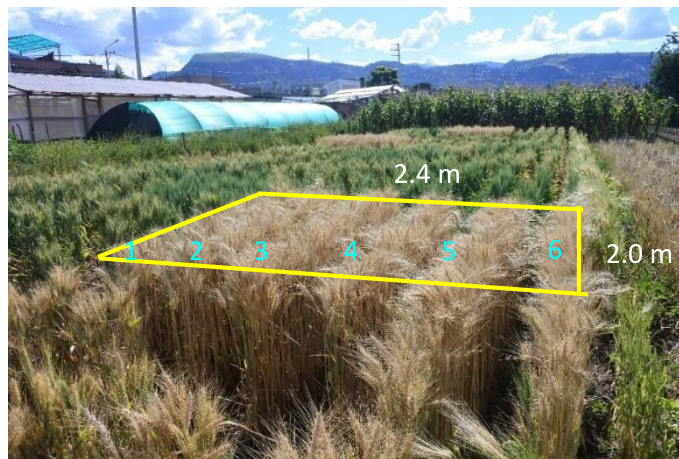
2.4. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo formada por una parcela con plantas de trigo, se sembraron plantas en 6 líneas

distanciadas a 0.40 m, en una densidad de acuerdo a los tratamientos, las dimensiones de la parcela se observan en la figura 2.1.

Figura 2.1.

Unidad experimental

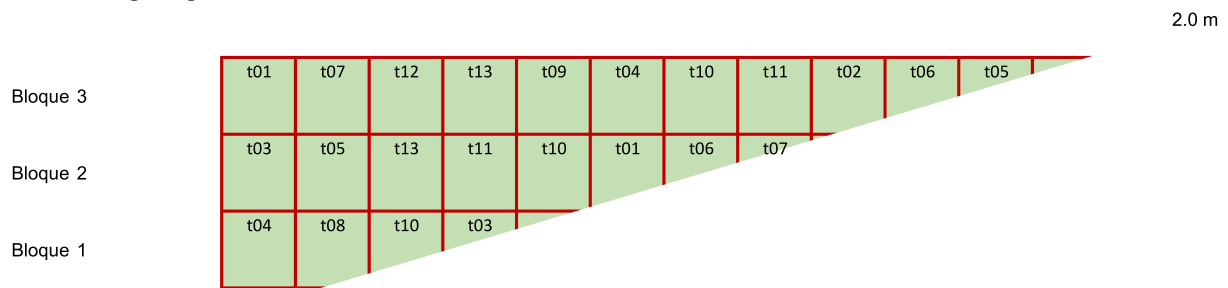


2.6. Campo experimental

En la figura 2.2 se puede apreciar el esquema del campo experimental:

Figura 2.2

Esquema del campo experimental



Área efectiva total = 187.2 m²

2.6. Diseño experimental

El estudio se condujo en el diseño experimental bloques completos al azar, con 3 bloques y 13 tratamientos (Kuehl, 2001)

2.7. Variables

Se consideraron las variables como se indica en la tabla 2.2.

Variable	Indicadores	Unidad de medida
Variables independientes:		
Época de siembra	Fecha de siembra (17 noviembre, 23 noviembre, 06 diciembre, 19 diciembre, 25 diciembre)	días
Densidad de plantas	Número de plantas implantadas por metro cuadrado de terreno cultivado (100, 144, 250, 356, 400)	Plantas m ²
Variables dependientes:		
Componentes de rendimiento	- Altura de planta - Longitud de espiga - Número de macollos / planta Número de espigas / planta Número de espiguillas / espiga - Rendimiento de grano	cm mm n nn t ha ⁻¹
Calidad de grano	- Peso de 1000 semillas	g

2.8. Conducción del experimento

El experimento se condujo con las labores agrícolas para el cultivo de trigo en sistema de siembra a surco corrido, en base a las siguientes labores: Preparación del terreno, análisis de semilla (prueba de germinación, análisis de pureza, cálculo de valor de uso), tratamiento de semilla, siembra, fertilización (100 – 100 – 40 kg ha⁻¹ de N P K), riego por goteo, control de malezas, control de plagas y enfermedades y cosecha.

2.9. Análisis de datos

Los métodos de análisis e interpretación de la información están basados en las técnicas de análisis de variancia según el diseño experimental bloques completos al azar, análisis de regresión según el diseño central compuesto rotatable y prueba de Tukey. (Cochran & Cox, 1990; Kuehl, 2001)

Tabla 3.1.

*Análisis de variancia de los componentes de rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho*

Fuente	GL	Altura de planta (cm)		Longitud de espiga (cm)		Nº macollos por planta		Nº espigas por planta		Nº espiguillas por espiga		Rendimiento (t ha ⁻¹)	
		Cuadrados medios	P-valor	Cuadrados medios	P-valor	Cuadrados medios	P-valor	Cuadrados medios	P-valor	Cuadrados medios	P-valor	Cuadrados medios	P-valor
Bloque	2	211.00	0.0380	147.00	0.1550	1.14	0.0532	2.19	0.0004	9.41	0.0425	33.92	0.0035
Tratamiento	12	60.44	0.4195	85.08	0.3582	3.49	<0.0001	2.91	<0.0001	1.68	0.7854	16.15	0.0049
Error	24	56.11		72.89		0.34		0.20		2.61		4.71	
Total	38												
CV (%)		9.73		9.05		23.32		21.09		9.1		28.23	
Promedio		77.00		94.31		2.51		2.13		17.74		7.68	

Altura de planta Tabla 3.2.

*Prueba de Tukey de la altura de planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.*

Tratamiento	Tiempo día	Densidad de plantas Plantas / m ²	Promedio	Tukey 0.05
t02	32	144	85.67	a
t10	19	250	82.33	a
t08	19	400	81.00	a
t06	38	250	80.33	a
t12	19	250	80.33	a
t07	19	100	76.67	a
t11	19	250	75.67	a
t05	0	250	75.00	a
t01	6	144	74.00	a
t13	19	250	73.67	a
t09	19	250	73.33	a
t04	32	356	71.67	a
t03	6	356	71.33	a

DMS = 22.40

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Componentes de rendimiento

En el análisis de variancia de los componentes de rendimiento de la variedad de trigo INIA 436 Huamanguino (tabla 3.1), se encontró diferencia altamente significativa entre bloques para los caracteres número de espigas por planta y rendimiento (P-valor < 0.01). Se encontró diferencia significativa entre bloques para altura de planta y número de espiguillas por espiga [0.01 < (P-valor) < 0.05]. No se encontró diferencia significativa entre bloques para longitud de espiga y número de macollos por planta (P-valor > 0.05). Se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos (P-valor < 0.01) en los caracteres número de macollos por planta, número de espigas por planta y rendimiento. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en los caracteres altura de planta, longitud de espiga y número de espiguillas por espiga (P-valor > 0.05). El coeficiente de variación fue de 9.05 a 28.23

%, lo que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio.

Los promedios individuales de cada tratamiento se pueden observar en la tabla 3.2, se encontró valores promedio que varían de 71.33 a 85.67 para los tratamientos t03 (6 días, 356 plantas m⁻²) y t02 (32 días, 144 plantas m⁻²) respectivamente. La descripción

de la variedad INIA 436 Huamanguino, reporta una altura de planta de 85.00 cm, 12 tratamientos en el presente ensayo reportan valores menores y solo 01 tratamiento supera el valor referido, estas diferencias se atribuyen a efectos ambientales.

Longitud de espiga Tabla 3.3.

Prueba de Tukey de la longitud de espiga de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Tiempo día	Densidad de plantas Plantas / m ²	Promedio	Tukey 0.05
t03	6	356	101.67	a
t05	0	250	100.67	a
t04	32	356	99.33	a
t10	19	250	97.00	a
t13	19	250	96.67	a
t06	38	250	96.00	a
t01	6	144	94.67	a
t11	19	250	93.33	a
t08	19	400	93.00	a
t09	19	250	93.00	a
t07	19	100	91.33	a
t12	19	250	86.33	a
t02	32	144	83.00	a

DMS = 25.53

Los promedios individuales de la longitud de espiga de cada tratamiento se pueden observar en la tabla 3.3, se encontró valores promedio que varían de 83.00 a 101.67 mm para los

tratamientos t02 (32 días, 144 plantas m⁻²) y t03 (6 días, 356 plantas m⁻²) respectivamente, sin diferencia significativa.

Número de macollos por planta Tabla 3.4.

Prueba de Tukey del número de macollos por planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Tiempo día	Densidad de plantas Plantas / m ²	Promedio	Tukey 0.05
t07	19	100	5.500	a
t01	6	144	3.233	b
t09	19	250	3.133	b c
t02	32	144	2.867	b c
t10	19	250	2.733	b c
t13	19	250	2.467	b c
t06	38	250	2.200	b c
t05	0	250	2.167	b c
t12	19	250	1.833	b c
t08	19	400	1.733	b c
t04	32	356	1.700	b c
t03	6	356	1.600	b c
t11	19	250	1.433	c

DMS = 1.75

Número de espigas por planta Tabla 3.5.

Prueba de Tukey del número de espigas por planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Tiempo día	Densidad de plantas Plantas / m ²	Promedio	Tukey 0.05		
t07	19	100	4.867	a		
t01	6	144	2.967	b		
t02	32	144	2.667	b	c	
t10	19	250	2.333	b	c	d
t09	19	250	2.200	b	c	d
t13	19	250	2.000	b	c	d
t06	38	250	1.967	b	c	d
t05	0	250	1.867	b	c	d
t08	19	400	1.600		c	d
t12	19	250	1.433		c	d
t04	32	356	1.367		c	d
t03	6	356	1.233			d
t11	19	250	1.200			d

DMS = 1.34

Los promedios individuales del número de espigas por planta para cada tratamiento se pueden observar en la tabla 3.5, se encontró valores promedio que varían de 1.200 a 4.867

espigas por planta para los tratamientos t11 (19 días, 250 plantas m-2) y t07 (19 días, 100 plantas m-2) respectivamente.

Número de espiguillas por espiga Tabla 3.6.

Prueba de Tukey del número de espiguillas por espiga de planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Tiempo día	Densidad de plantas Plantas / m ²	Promedio	Tukey 0.05
t07	19	100	19.000	a
t04	32	356	18.667	a
t01	6	144	18.333	a
t03	6	356	18.333	a
t05	0	250	18.000	a
t13	19	250	18.000	a
t06	38	250	17.667	a
t11	19	250	17.667	a
t08	19	400	17.333	a
t09	19	250	17.333	a
t10	19	250	17.000	a
t12	19	250	17.000	a
t02	32	144	16.333	a

DMS = 4.82

Los promedios individuales del número de espiguillas por espiga de cada tratamiento se pueden observar en la tabla 3.6, se encontró valores promedio que varían de 16.33 a 19.00

para los tratamientos t02 (32 días, 144 plantas m-2) y t07 (19 días, 100 plantas m-2) respectivamente, sin diferencia significativa.

Rendimiento Tabla 3.7.

Prueba de Tukey del rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Tiempo día	Densidadde plantas Plantas / m ²	Promedio	Tukey 0.05	
t01	6	144	10.406	a	
t09	32	144	10.218	a	b
t10	6	356	10.061	a	b
t08	32	356	9.643	a	b
t03	0	250	9.521	a	b
t07	38	250	8.535	a	b
t05	19	100	7.832	a	b
t13	19	400	7.752	a	b
t12	19	250	6.766	a	b
t06	19	250	5.782	a	b
t11	19	250	5.486	a	b
t02	19	250	4.016	a	b
t04	19	250	3.890		b

DMS = 6.49

Los promedios individuales del rendimiento de grano de cada tratamiento se pueden observar en la tabla 3.7, se encontró valores promedio que varían de 3.890 a 10.406 t ha⁻¹ para los tratamientos t04 (19 días, 250 plantas m⁻²) y t01 (6 días, 144 plantas m⁻²) respectivamente. La descripción de la

variedad INIA 436 Huamanguino, reporta un rendimiento de 4.53 t ha⁻¹, 11 tratamientos en el presente ensayo reportan valores mayores y 02 tratamientos no superan el valor referido, estas diferencias se atribuyen a efectos ambientales.

Tabla 3.8.

Análisis de variancia de la regresión del rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con variables época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P-valor
Modelo	5	33.55	6.71	1.51	0.2979
Tiempo (X1)	1	27.26	27.26	6.15	0.0422
Densidad (X2)	1	0.04	0.04	0.01	0.9281
X1 ²	1	5.64	5.64	1.27	0.2965
X2 ²	1	0.46	0.46	0.10	0.7566
X1*X2	1	0.14	0.14	0.03	0.8621
Error	7	31.04	4.43		
Falta de ajuste	3	13.98	4.66	1.09	0.4484
Error puro	4	17.06	4.26		
Total	12	64.58			

De acuerdo al análisis de variancia de la tabla 3.8, el rendimiento de grano tiene una relación lineal con el tiempo como indicador de la época de siembra (P- valor = 0.0422), no se encontró relación del rendimiento de grano con la

densidad de plantas y la interacción tiempo x densidad. La falta de ajuste fue no significativa, lo cual indica que no se puede probar que exista otro modelo en la presente investigación.

Tabla 3.9.

Coefficientes de regresión con variables del modelo del Diseño Central Compuesto Rotable, variables época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	P-valor
b0	10.88623	5.99915	1.81	0.1125
b1	0.00834	0.26229	0.03	0.9755
b2	-0.01342	0.03906	-0.34	0.7411
b11	-0.00480	0.00449	-1.07	0.3207
b22	0.00002	0.00007	0.32	0.7566
b12	0.00014	0.00076	0.18	0.8621

En la tabla 3.9 se tiene los coeficientes de regresión para el modelo considerado, el mismo que para un valor $X_2 = 250$ plantas m^{-2} que es un valor medio, se tiene que el modelo de regresión para el rendimiento resulta:

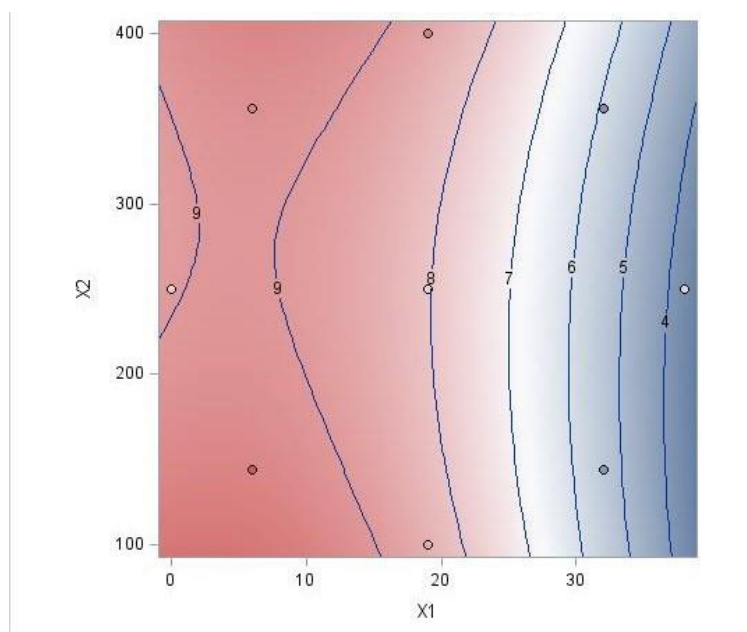
$$Y = 8.78123 + 0.04334 X_1 - 0.00480 X_1^2$$

Donde: Y es el rendimiento de grano de trigo ($t\ ha^{-1}$), X_1 es el tiempo (día)

En este modelo solo el efecto lineal es significativo, sin

Figura 3.1.

Gráfico de contorno para el rendimiento



En la figura 3.1 se puede observar el gráfico de contorno en la que para las variaciones de tiempo (X_1) y densidad (X_2) se dan diferentes rendimientos.

Hernández, Soto, y Plana (2015) cuando evaluaron la influencia de tres fechas de siembra (noviembre de 2008, diciembre de 2009 y enero de 2010) en Cuba, atribuyen las diferencias en el rendimiento a que en el experimento se

embargo, sirve para estimar la fecha de siembra para un máximo rendimiento. Al derivar la ecuación cuadrática se tiene que el tiempo (época de siembra) que permite un máximo

rendimiento es de 4.5 días que son contados a partir del 17 de noviembre, siendo así que la mejor época de siembra resulta el 22 de noviembre, para el que se tiene un rendimiento de $8.879\ t\ ha^{-1}$.

comprueba que el incremento de los rendimientos está asociado a una época donde ocurren la mejor performance de IAF y TAC durante el ciclo reproductivo del trigo, ocurriendo esto en siembras del mes de enero en las condiciones de San José de las Lajas, Mayabeque – Cuba, a $230\ 01'\ N$ y $820\ 08'\ W$, a 138 msnm, lugar en el hemisferio norte.

3.2. Calidad de grano Peso de 1000 semillas Tabla 3.10.

Análisis de variancia del peso de 1000 semillas de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con variables época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P-valor
Bloque	2	232.35	116.17	0.85	0.4385
Tratamiento	12	7233.62	602.80	4.43	0.0009
Error	24	3267.45	136.14		
Total	38	10733.42			

CV = 22.12

Promedio = 52.74

En el peso de 1000 semillas, no se encontró diferencia significativa entre bloques (P-valor = 0.4385), se encontró diferencia significativa entre tratamientos (P-valor = 0.0009). El coeficiente de variación fue de 22.12 %, lo que

indica un aceptable control de factores no considerados en el estudio. El promedio general del peso de 1000 semillas fue de 52.74 g (tabla 3.10).

Tabla 3.11.

Prueba de Tukey del peso de 1000 semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tratamientos de época de siembra (tiempo) y densidades de planta. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Tiempo día	Densidad de plantas /m ²	Promedio	Tukey 0.05
t01	6	144	75.86	a
t03	0	250	67.69	a b
t11	19	250	62.54	a b
t09	32	144	60.65	a b
t10	6	356	59.79	a b
t12	19	250	58.55	a b c
t05	19	100	53.63	a b c
t08	32	356	53.13	a b c
t07	38	250	52.61	a b c
t13	19	400	43.21	a b c
t06	19	250	37.97	b c
t02	19	250	35.83	b c
t04	19	250	24.19	c

DMS = 38.88

Los promedios individuales del peso de 1000 semillas de cada tratamiento se pueden observar en la tabla 3.11, se encontró valores promedio que varían de 24.19 a 75.86 g para los tratamientos t04 (19 días, 250 plantas m⁻²) y t01 (6 días, 144 plantas m⁻²) respectivamente. La descripción de la variedad INIA 436 Huamanguino, reporta un peso de 1000 semillas de 49.80 g, 09 tratamientos en el presente ensayo reportan valores mayores y 04 tratamientos no superan el valor referido.

La calidad de grano de trigo está determinada por el ambiente

y la interacción entre este y la variedad que pueden modificar la expresión de caracteres que son importantes para la calidad del trigo, en esta dinámica indica que, de acuerdo al momento en que ocurra algún tipo de estrés durante el llenado, el efecto sobre la calidad será diferente (Fraschina, 2017)

Se concluye: No se encontró diferencia significativa entre los 13 tratamientos en los caracteres altura de planta, longitud de espiga y número de espiguillas por espiga, siendo los promedios de 77.00 cm, 94.31 mm y 17.74 unidades

respectivamente. El número de macollos por planta varío entre 1.433 a 5.500 para los tratamientos t11 (19 días, 250 plantas m-2) y t07 (19 días, 100 plantas m-2) respectivamente, con diferencia significativa. El número de espigas por planta varío entre 1.200 a 4.867 para los tratamientos t11 (19 días, 250 plantas m-2) y t07 (19 días, 100 plantas m-2) respectivamente, con diferencia significativa. La época de siembra que permite un máximo rendimiento es el 22 de noviembre, con un rendimiento de 8.879 t ha-1, para una densidad de 250 plantas m-2. El peso de 1000 semillas varío entre 24.19 a 75.86 g para los tratamientos t04 (19 días, 250 plantas m-2) y t01 (6 días, 144 plantas m-2) respectivamente, con diferencia significativa.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por el apoyo económico para la realización del presente estudio.

Al Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios, por el apoyo logístico para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abati, J., Brzezinski, C., Zucareli, C., Simoneti, J., & Henning, F. (2018). Growth and yield of wheat in response to seed vigor and sowing densities. *Catinga, Mossoró*, 891-899.

Abbate, P., & Divito, G. (2017). Como crece y se desarrolla el cultivo de trigo. En G. Divito, & F. García, *Manual del cultivo de trigo* (págs. 22-32). Buenos Aires: International Plant Nutrition Institute.

Cerna, L. (2007). *Agrotecnia sostenible*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Cochran, W., & Cox, G. (1990). *Diseños experimentales*. México: Trillas.

Cuniberti, M., & Mir, L. (2019). Relación gluten / proteína en trigo. *INTA Marcos Juárez*, 10.

Fraschina, J. (2017). ¿Por qué es importante la calidad del trigo? En G. Divito, & F. García, *Manual del cultivo de trigo* (págs. 57-66). Buenos Aires: International Plant Nutrition Institute.

García, A. (2017). Densidad de siembra en trigo. *INIA*, 6.

Hernández, N., Soto, F., & Plana, R. (2015). Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. *Cultivos Tropicales*, 1819-4087. Instituto Nacional de Innovación Agraria. (25 de Mayo de 2020). Trigo INIA 436. *Trigo INIA 436 Huamanguino*. Ayacucho, Huamanga, Ayacucho: Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos: Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones* (Segunda ed.). México, México: Thomson Learning.

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (25 de Mayo de 2020). *Ministerio de Agricultura y Riego - Minagri*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego - Minagri: [https://www.google.com/search?q=Ministerio+de+Agricultura+y+Riego+%E2%80%93+Per%C3%BA+\(MINAGRI\).+2019.+Series+Hist%C3%B3ricas+de+Producci%C3%B3n+Agr%C3%ADcola+%E2%80%93+Compendio+Estad%20](https://www.google.com/search?q=Ministerio+de+Agricultura+y+Riego+%E2%80%93+Per%C3%BA+(MINAGRI).+2019.+Series+Hist%C3%B3ricas+de+Producci%C3%B3n+Agr%C3%ADcola+%E2%80%93+Compendio+Estad%20)

C3%ADstico.+www.minagri.gob.pe%2Fportal%2Fsistema-de-informacion.&oq=

Mosanaei, H., Ajamnorrozi, H., Reza, M., Abolfazieh, F., & Ressaraki, M. (2017). Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed deterioration and yield. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 899-910.

Pietragalla, J., & Pask, A. (2012). Grain yield and yield components. En J. Pietragalla,

A. Pask, D. Mullon, & M. Reynolds, *Physiological breeding II: A field guide to wheat phenotyping* (pág. 140). México D. F.: International Maize and Wheat Improvement Center.

Roza, G. (2019). *Cambios en la calidad comercial e industrial del trigo pan (*Triticum aestivum* L.) asociados a enfermedades biotróficas y necrotroficas*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires.