

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“ADAPTACIÓN DE TRES VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays* L.) PARA FORRAJE EN CONDICIONES DE LA LOCALIDAD DE LA MOLINA”

**Presentada por
JHAIR VÁSQUEZ OROYA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

LIMA – PERÚ

2019

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

“ADAPTACIÓN DE TRES VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays* L.) PARA FORRAJE EN CONDICIONES DE LA LOCALIDAD DE LA MOLINA”

Presentada por:

JHAIR VÁSQUEZ OROYA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. Julio Cesar Nazario Ríos

PRESIDENTE

Mg. Sc. Julián Chura Chuquiya

ASESOR

Mg. Sc. Hugo E. Huanuqueño Coca

MIEMBRO

Mg. Sc. Hugo O. Ramos Inca Roca

MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, Víctor Vásquez y María Oroya, a quienes tanto debo en esta vida por formarme en valores imprescindibles para el humano, verter su gran amor de padres y por sus sabios consejos.

A mis queridos hermanos Víctor, Lilibeth y Rosse, por las alegrías y tristezas que hemos compartido juntos, gratitud eterna.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Víctor y María quienes a través de sus sacrificios han hecho posible este proyecto, gracias por ser mi arquetipo de persona, la máxima expresión del esfuerzo, quien me enseñó que en esta vida se es grande o pequeño, pero se es lo que se decide ser.

A mi hermano y hermanas, por todas las experiencias compartidas que hemos atravesado a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mi asesor, Mg. Sc. Julian Chura Chuquija, por su apoyo incondicional de orientación profesional y personal.

A los técnicos de campo del INIA, Sr. Víctor Uribe, Sr. Socimo Carhuachin y al Sr. Víctor Mena, por su paciencia y esmero para enseñarme y guiarme con la finalidad de realizar una conducción óptima en campo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	GENERALIDADES DEL CULTIVO	3
2.1.1	Origen	3
2.1.2	Taxonomía	4
2.1.3	Descripción botánica	4
2.1.4	Requerimientos del cultivo	5
2.2	HÍBRIDOS DE MAÍZ.....	7
2.2.1	Factores de rendimiento.....	7
2.3	ENSAYOS DE MAÍZ AMARILLO DURO CON FINES FORRAJEROS	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL	12
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	13
3.2.1	Ubicación.....	13
3.2.2	Historial de campo.....	13
3.2.3	Suelo	13
3.2.4	Condiciones climáticas	14
3.3	CARACTERÍSTICAS DE LA SIEMBRA	15
3.3.1	Tratamientos	15
3.3.2	Características de la parcela experimental.....	15
3.4	CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	16
3.4.1	Preparación del terreno	16
3.4.2	Preparación de semillas	16
3.4.3	Siembra	16
3.4.4	Raleo.....	17
3.4.5	Control de malezas	17
3.4.6	Control fitosanitario.....	17
3.4.7	Fertilización	18
3.4.8	Cosecha.....	18
3.5	VARIABLES EVALUADAS	19
3.5.1	Observaciones registradas durante el cultivo	19

3.5.2	Observaciones registradas postcosecha	20
3.6	MUESTREO Y COSECHA	21
3.7	DISEÑO ESTADÍSTICO.....	22
3.7.1	Análisis estadístico	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1	CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LA PLANTA	23
4.1.1	Altura de planta (m).....	23
4.1.2	Altura de mazorca principal (cm)	25
4.1.3	Diámetro de tallo (cm).....	27
4.1.4	Floración masculina.....	31
4.1.5	Floración femenina	33
4.2	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE.....	34
4.2.1	Peso fresco de hojas por planta (kg)	34
4.2.2	Peso fresco de tallo por planta (kg)	38
4.2.3	Peso fresco de panca por planta (kg)	42
4.2.4	Peso fresco de mazorca por planta (kg)	43
4.2.5	Peso fresco de espiga por planta (kg)	46
4.2.6	Peso fresco por planta (kg)	48
4.3	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA	52
4.3.1	Peso seco de hojas por planta (kg).....	52
4.3.2	Peso seco de tallo por planta (kg).....	54
4.3.3	Peso seco de panca por planta (kg).....	56
4.3.4	Peso seco de mazorca por planta (kg).....	58
4.3.5	Peso seco de espiga por planta (kg)	60
4.3.6	Peso seco por planta (kg).....	62
4.4	RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE (t/ha)	64
4.5	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (t/ha).....	66
V.	CONCLUSIONES	70
VI.	RECOMENDACIONES.....	71
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
VIII.	ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica según la OECD (2003).	4
Tabla 2: Análisis físico químico del suelo experimental del INIA, distrito de La Molina, Lima, 2018.....	13
Tabla 3: Datos climatológicos Estación Meteorológica Von Humboldt, registrados en la Molina, Lima, 2018.	14
Tabla 4: Numeración de las combinaciones entre tratamientos y las repeticiones.	15
Tabla 5: Fechas de aplicación y cantidad de fertilizantes vía sistema de riego.....	18
Tabla 6: Análisis de varianza, Altura de planta (cm).	23
Tabla 7: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Altura de planta (cm)	24
Tabla 8: Comparación de medias de Densidades de siembra en promedio de Variedades, Altura de planta (cm).....	24
Tabla 9: Análisis de varianza, Altura de mazorca principal (cm)	25
Tabla 10: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Altura de mazorca principal (cm)	26
Tabla 11: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Altura de mazorca principal (cm)	26
Tabla 12: Análisis de varianza, Diámetro de tallo (cm)	27
Tabla 13: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Diámetro de tallo (cm).....	28
Tabla 14: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d_1), Diámetro de tallo (cm)	28
Tabla 15: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111 111 plantas/ha (d_2), Diámetro de tallo (cm)	28
Tabla 16: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v_1), Diámetro de tallo (cm)	29
Tabla 17: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v_2), Diámetro de tallo (cm).....	29
Tabla 18: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v_3), Diámetro de tallo (cm)	29

Tabla 19: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Diámetro de tallo (cm).....	30
Tabla 20: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades para, Diámetro de tallo (cm).....	30
Tabla 21: Análisis de varianza, Floración masculina	31
Tabla 22: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra para los días de floración masculina.	32
Tabla 23: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades para los días de floración masculina.....	32
Tabla 24: Análisis de varianza, Floración femenina	33
Tabla 25: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra para los días de floración femenina	34
Tabla 26: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades para los días de floración femenina.	34
Tabla 27: Análisis de varianza, Peso fresco de hojas (kg)	35
Tabla 28: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso fresco de hojas (kg).....	35
Tabla 29: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d_1), Peso fresco de hojas (kg).....	36
Tabla 30: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111 111 plantas/ha (d_2), Peso fresco de hojas (kg).....	36
Tabla 31: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v_1), Peso fresco de hojas (kg)	36
Tabla 32: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de hojas (kg)	37
Tabla 33: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de hojas (kg).....	37
Tabla 34: Análisis de varianza, Peso fresco de tallo (kg).....	38
Tabla 35: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso fresco de tallo (kg).....	39
Tabla 36: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d_1), Peso fresco de tallo (kg)	39
Tabla 37: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111 111 plantas/ha (d_2), Peso fresco de tallo (kg)	39

Tabla 38: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v_1), Peso fresco de tallo (kg).....	40
Tabla 39: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v_2), Peso fresco de tallo (kg).....	40
Tabla 40: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v_3), Peso fresco de tallo (kg).....	40
Tabla 41: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de tallo (kg).....	41
Tabla 42: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de tallo (kg).....	41
Tabla 43: Análisis de varianza, Peso fresco de panca (kg)	42
Tabla 44: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de panca (kg)	43
Tabla 45: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de panca (kg).....	43
Tabla 46: Análisis de varianza, Peso fresco de mazorca (kg)	44
Tabla 47: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de mazorca (kg)	45
Tabla 48: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de mazorca (kg).	45
Tabla 49: Análisis de varianza, Peso fresco de espiga (kg).....	46
Tabla 50: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de espiga (kg)	47
Tabla 51: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de espiga (kg).....	47
Tabla 52: Análisis de varianza, Peso fresco por planta (kg)	48
Tabla 53: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso fresco por planta (kg).....	49
Tabla 54: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d_1), Peso fresco por planta (kg).....	49
Tabla 55: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v_1), Peso fresco por planta (kg).....	49
Tabla 56: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v_2), Peso fresco por planta (kg)	49

Tabla 57: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v_3), Peso fresco por planta (kg).....	50
Tabla 58: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco por planta (kg)	52
Tabla 59: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco por planta (kg).....	52
Tabla 60: Análisis de varianza, Peso seco de hojas (kg).....	53
Tabla 61: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de hojas (kg).....	53
Tabla 62: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de hojas (kg)	54
Tabla 63: Análisis de varianza, Peso seco de tallo (kg)	54
Tabla 64: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de tallo (kg)	55
Tabla 65: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de tallo (kg).....	55
Tabla 66: Análisis de varianza, Peso seco de panca (kg)	56
Tabla 67: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de panca (kg)	57
Tabla 68: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de panca (kg)	57
Tabla 69: Análisis de varianza, Peso seco de mazorca (kg).....	58
Tabla 70: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso seco de mazorca (kg).....	58
Tabla 71: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v_1), Peso seco de mazorca (kg).....	59
Tabla 72: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v_2), Peso seco de mazorca (kg).....	59
Tabla 73: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de mazorca (kg).....	60
Tabla 74: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de mazorca (kg).....	60
Tabla 75: Análisis de varianza, Peso seco de espiga (kg)	60

Tabla 76: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de espiga (kg)	61
Tabla 77: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de espiga (kg)	62
Tabla 78: Análisis de varianza, Peso seco por planta (kg)	62
Tabla 79: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco por planta (kg)	64
Tabla 80: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco por planta (kg)	64
Tabla 81: Análisis de varianza, Rendimiento de forraje verde (t/ha)	65
Tabla 82: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Rendimiento de forraje verde (t/ha)	66
Tabla 83: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Rendimiento de forraje verde (t/ha)	66
Tabla 84: Análisis de varianza, Rendimiento de materia seca (t/ha)	67
Tabla 85: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Rendimiento de materia seca (t/ha)	67
Tabla 86: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d_1), Rendimiento de materia seca (t/ha)	67
Tabla 87: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111111 plantas/ha (d_2), Rendimiento de materia seca (t/ha)	68
Tabla 88: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v_1), Rendimiento de materia seca (t/ha)	68
Tabla 89: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v_2), Rendimiento de materia seca (t/ha)	68
Tabla 90: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v_3), Rendimiento de materia seca (t/ha)	68
Tabla 91: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Rendimiento de materia seca (t/ha)	69
Tabla 92: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Rendimiento de materia seca (t/ha)	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Promedio de los tratamientos (DxV), Altura de planta (cm)	24
Figura 2: Promedio de los tratamientos (DxV), Altura de mazorca principal (cm)	26
Figura 3: Promedio de los tratamientos (DxV), Diámetro de tallo (cm).....	30
Figura 4: Promedio de los tratamientos (DxV), Floración masculina.....	32
Figura 5: Promedio de los tratamientos (DxV), Floración femenina	34
Figura 6: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de hojas (kg)	37
Figura 7: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de tallo (kg).....	41
Figura 8: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de panca (kg)	43
Figura 9: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de mazorca (kg)	45
Figura 10: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de espiga (kg)	47
Figura 11: Promedio para el peso fresco por planta (Suma de partes anteriores) de la interacción de Densidades de siembra x Variedades de maíz amarillo duro.....	51
Figura 12: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de hojas (kg).....	53
Figura 13 Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de tallo (kg)	55
Figura 14: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de panca (kg).....	57
Figura 15: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de mazorca (kg).....	59
Figura 16: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de espiga (kg)	61
Figura 17: Promedio para el peso seco por planta de la interacción de Densidades de siembra x Variedades de maíz amarillo duro.	63
Figura 18: Promedio de los tratamientos (DxV), Rendimiento de forraje verde (t/ha).....	65
Figura 19: Promedio de los tratamientos (DxV), Rendimiento de materia seca (t/ha)	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Serie de estadísticas de producción agrícola (SEPÁ) de maíz amarillo duro para Perú.....	78
Anexo 2: Caracterización de suelos de las parcelas experimentales	79
Anexo 3: Valores registrados del experimento por Densidad*Variedad	80

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres variedades (V) de maíz amarillo duro: EXP-05, PM-213 e INIA-617 y dos densidades (D) de siembra: 88 888 y 111 111 plantas/hectárea sobre el rendimiento y sus componentes como cultivo forrajero. Las variables estudiadas fueron: Altura de planta, altura de mazorca principal, diámetro de tallos, días a floración masculina y femenina, peso fresco y seco (tallos, hojas, choclo, panca, espiga), peso fresco y seco por planta, rendimiento por hectárea y rendimiento de materia seca por hectárea. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, 3Vx2D con 5 repeticiones. Se encontró interacción entre Densidades de siembra por Variedades en las variables diámetro de tallo, peso fresco de hojas, peso fresco por planta, peso seco de mazorca y rendimiento de materia seca. El híbrido EXP-05 con la densidad de siembra de 111 111 plantas/hectárea mostro una mejor adaptabilidad forrajera para rendimiento de forraje verde y materia seca. En el rendimiento de forraje verde, todos los tratamientos superaron las 80 toneladas por hectárea; la mejor densidad fue la de 111 111 plantas/ha con un promedio de 100 t/hectárea, y la mejor variedad EXP-05 con un promedio de 103.97 t/hectárea. En el rendimiento de materia seca por hectárea, todos los tratamientos superaron las 26 toneladas por hectárea. El acame en campo, están directamente relacionados con la altura de planta (cm) y la altura de mazorca (cm) principalmente con la densidad de 111 111 plantas/ha en donde el mayor incremento se tuvo con PM-213.

Palabras clave: Maíz amarillo duro, forraje, densidades, rendimiento, componentes de rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of three varieties (V) of hard yellow corn: EXP-05, PM-213 and INIA-617 and two planting densities (D): 88 888 and 111 111 plants /hectare on the yield and its components as forage crop. The variables studied were: Plant height, main ear height, stem diameter, days of male and female flowering, fresh and dry weight (stem, leaves, corn, corn leaves, tassel), fresh and dry weight per plant, yield per hectare and dry matter yield per hectare. The experiment was conducted under a randomized complete block design with factorial arrangement, 3Vx5D with 5 repetitions. Interaction was found between planting Densities by Varieties in the variables stem diameter, fresh leaf weight, fresh weight per plant, dry weight of cob and dry matter yield. The EXP-05 hybrid with planting density of 111 111 plants / hectares showed better forage adaptability for green forage and dry matter yield. In the green forage yield per hectare, all treatments exceeded 80 tons per hectare; the best density was 111 111 plants/ha with an average of 100 t/hectare, and the best variety EXP-05 with an average of 103.97 t/hectare. In the dry matter yield per hectare, all treatments exceeded 26 tons per hectare. The problems related to broken stems in the field are directly related to plant height (cm) and ear height (cm) mainly with the density of 111 111 plants/ha where the greatest increase was with PM-213.

Keywords: Hard yellow corn, forage, densities, yield, yield components.

I. INTRODUCCIÓN

Las áreas destinadas para la ganadería dentro del territorio nacional están en aumento y junto a ellas, las áreas de producción de plantas con fines forrajeros para asegurar la alimentación de los animales, es por esto que los cultivares con fines forrajeros son una nueva opción técnica y económica de emplear ya que favorecen el incremento del rendimiento de leche.

La búsqueda de nuevas variedades de maíz híbrido forrajero se basa en encontrar material genético que posea ciertas características que aseguren una mayor disponibilidad de forraje, y que contribuyan proteínas y fibras detergentes neutras en las cantidades óptimas para la alimentación del ganado lechero y asegurar una mayor producción. Las características que se buscan son que posean una altura de planta y un diámetro de tallo que vayan adecuados a sus dimensiones para evitar problemas de tumbado en campo, que posea un follaje abundante, y que estén adaptados a los diversos climas existentes en el Perú.

Se debe de tener como meta inicial fijar un espacio adecuado, previo a la idea de establecer un establo para ganado lechero, destinado a la siembra de forraje en cantidades adecuadas para asegurar la alimentación de los animales. Incurrir en compras de chala a terceros puede provocar un aumento en los costos de producción y convertirse en un negocio sin la rentabilidad esperada; las zonas del país que sufren escasez de agua para riego debido a problemas ambientales son los que más se perjudican ya que sus costos incrementan para obtener este insumo alimenticio (Celi, 2019).

En el ensayo publicado por Flórez (2001) se evalúa la incorporación de chala chocleada en la alimentación del ganado lechero con la finalidad de incrementar la producción de leche, y a su vez, generar un ahorro para los ganaderos ya que el cultivo de alfalfa consume entre 40 000 a 60 000 m³ de agua por hectárea/año, mientras que el maíz es más eficiente usando solo 7 000 m³ de agua por hectárea/año. Los establos evaluados con sistemas de alimentación tradicional ‘alfalfa-chala seca’ lograban 10.8 litros de leche diarias por vaca, mientras que los sistemas de ‘alfalfa-chala chocleada’ llegaban a producir 15.3 litros de leche diaria por

vaca, esto es un incremento del 41.6% solo por realizar la incorporación de chala chocleada en la dieta de los animales.

La presente investigación tiene por finalidad determinar la densidad adecuada para tres variedades de maíz amarillo duro híbrido con fines de forraje verde; se espera que la metodología empleada y sus resultados alcanzados contribuyan para que la comunidad científica replique dicha metodología y los productores logren incrementar la disponibilidad de alimentos para el ganado lechero.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la adaptabilidad de cultivares de maíz híbrido amarillo duro para su explotación como cultivo forrajero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de tres variedades de maíz amarillo duro (EXP – 05, PM – 213, INIA – 617) y dos densidades de siembra (88 888 y 111 111 plantas/hectárea) en el rendimiento y componentes de rendimiento.
- Evaluar el efecto de la interacción de dos densidades de siembra en el rendimiento y sus componentes con tres cultivares de maíz amarillo duro (EXP – 05, PM – 213, INIA – 617).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

El maíz es un cereal que ha sido el pilar fundamental en la alimentación de muchas culturas a lo largo de América, por lo que ha sido uno de los cultivos más estudiados desde la vista etnobotánica (Rodríguez, 2005).

El maíz (*Zea mays* L.), que se presume que tiene como centro de origen a la zona de México y Centroamérica, es una de las mejores opciones forrajeras entre las plantas debido, a que, por sus características productivas, puede ser usada bajo un amplio espectro de pisos ecológicos, lo cual no puede ser igualado por otros pastos forrajeros. Las condiciones tropicales son las más óptimas para establecer sistemas de producción de ganado lechero ya que se basan en el uso de pasturas que posean una calidad de biomasa comestible aceptable y que logren expresar un crecimiento vegetativo abundante expresado en rendimiento de forraje verde, los cuales son alcanzados por el maíz (Fuentes *et al.*, 2000).

MINAGRI (2019), informa a través de la Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA) el área cosechada de maíz chala a nivel nacional para los años 2015, 2016 y 2017 fueron de 35 336 ha, 34 885 ha y 36 311 ha respectivamente. Los rendimientos promedios nacionales para los años 2015, 2016 y 2017 fueron de 46 980 kg/ha, 46 836 kg/ha y 49 101 kg/ha respectivamente. A lo largo de estos años, se puede apreciar que los departamentos con mayores áreas cosechadas y rendimientos promedios regionales son Arequipa, La Libertad y Lima (Anexo 1).

2.1.1 Origen

Desde la aparición de civilizaciones americanas, se han establecidos mitos que asocian al maíz con las diferentes culturas, especialmente las establecidas en la región mesoamericana, que demuestran una íntima relación entre estas culturas y el empleo de este cultivo desde sus inicios. Por muchos años, se ha especulado sobre el centro de origen del cultivo de maíz, sin

embargo, en esta última década con ayuda de estudios moleculares y genéticos, se ha podido encontrar un ancestro proveniente de Centroamérica, como principal representante se tiene al país de México, debido a que la mayor cantidad de razas de este cultivo se encuentran en esta zona (Serratos, 2009).

2.1.2 Taxonomía

De acuerdo con la clasificación efectuada por OECD (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), en la clasificación para el maíz del hemisferio occidental, el género *Zea* está incluido en la Tribu Maydeae (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación taxonómica según la OECD (2003).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae (Gramíneae)</i>
Tribu:	<i>Maydeae</i>
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>mays</i>

2.1.3 Descripción botánica

A lo largo del planeta se pueden encontrar muchas variedades de maíz, los cuales presentan alturas que van desde los 40-60 centímetros hasta unas gigantes que llegan a los 8 metros, poseen un tallo leñoso compuesto de nudos y entrenudos de la cual se sostienen las mazorcas, el diámetro del tallo varía desde los 8 a 25 centímetros de diámetro dependiendo del tamaño de la planta, la cual es proporcional para evitar que el mismo peso de la planta la haga tumbarse (Valladares, 2010).

De acuerdo con Paliwal et al. (2001), la planta de maíz es una monocotiledónea de ciclo de vida anual, posee hojas alternas a lo largo de todo su tallo que está formado por nudos y entrenudos, y un sistema radicular fibroso; el tamaño del tallo y el número de hojas varía

dependiendo de la variedad empleada y son los componentes clave para determinar el rendimiento en campo. Tiene yemas laterales en las axilas de las hojas, las de la parte superior de la planta formaran una inflorescencia femenina (mazorca) que estará envuelta por brácteas. En la parte superior de la planta se encuentra una espiga central con ramificaciones laterales llamada inflorescencia masculina, la cual será encargada de la producción de granos para la polinización.

2.1.4 Requerimientos del cultivo

Según Ortas (2008), el cultivo de maíz necesita suelos estructurados, fértiles y profundos que permitan un correcto desarrollo de las raíces y que permitan el aprovechamiento óptimo de los nutrientes del suelo.

El cultivo de maíz se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 4 000 m.s.n.m., algunos factores perjudiciales para el rendimiento de la planta son una excesiva humedad por riego e incluso si hay presencia de vientos secos cálidos pueden inducir a una menor disponibilidad de polen para la fertilización y la formación de mazorcas (ECOCROP, 2007).

a. Suelos

Se recomienda que los suelos destinados para siembra de maíz deben ser fértiles y que sus propiedades físicas (Textura, densidad, aireación, etc.) sean las adecuadas para permitir el correcto crecimiento radicular de la planta. Deben contar con una cantidad de materia orgánica en el suelo de entre 2.5% a 4%, que posea un pH promedio de 7 (suelo neutro a alcalino), que no posea pendientes pronunciadas, y, un buen drenaje para evitar charcos de agua al momento de realizar los riegos (Manrique, 1997).

b. Abonamiento

De acuerdo a Manrique (1997), el nitrógeno y el fósforo son los macroelementos a los que más se les tiene que tener en cuenta dado que son los principales aportantes para lograr rendimientos óptimos de forraje y grano en el maíz. La dosis recomendada para suelos normales de costa es de 160-80-0 kg/hectárea. El elemento nitrógeno es crítico para cuando la planta llega al estadio de desarrollo vegetativo dado que estimula el crecimiento de follaje y el fosforo es crucial en la etapa de llenado de grano.

c. Pluviometría y riegos

Como en casi todas las plantas, los requerimientos hídricos del cultivo de maíz varían mucho mientras va transcurriendo sus diferentes estadios fenológicos, usualmente al inicio del cultivo es cuando se necesita la menor cantidad de agua, pero siempre manteniendo el suelo con una humedad suficiente para no llegar a punto de marchitez. Durante la fase de crecimiento vegetativo, el cultivo necesita la mayor cantidad de agua debido a que es la fase donde ocurre mayor actividad fotosintética para la formación de tallo y hojas. La floración es el periodo más crítico del cultivo, ya que asegurar riegos que mantengan humedad en el suelo permitirá una eficaz polinización y un excelente cuajado de las mazorcas. Y al final, durante el periodo de madurez de la planta, luego de que ya la mazorca esté completamente formada se recomienda ir disminuyendo la cantidad de agua de riego para evitar que por el peso de las mazorcas y de la planta misma, el suelo este inestable y la planta termine tumbándose (Ortas, 2008).

d. Clima

Manrique (1997), afirma que las temperaturas óptimas de siembra van desde los 15 a 30°C, si se quiere usar variedades de maíz de alta producción de materia verde se recomienda la siembra en zonas con climas cálidos para acelerar el desarrollo vegetativo. Para la siembra se requiere temperaturas cálidas, luego para el desarrollo vegetativo temperaturas más elevadas y para la etapa de floración se necesita más un clima templado.

El maíz requiere una temperatura cálida (25 a 30°C), para una correcta germinación de la semilla se recomienda que la temperatura del suelo debe ser de 15 a 20°C con una humedad del suelo presente. Durante la fase vegetativa del cultivo, se requiere bastante luminosidad para la fotosíntesis, es por esto que en climas húmedos con nubosidad siempre presente los rendimientos tienden a decaer. El maíz puede llegar a soportar temperaturas de hasta 8°C como mínimo y superar los 30°C, sin embargo, en este último escenario pueden aparecer problemas muy graves en campo como serian la mala absorción de nutrientes y agua (Ortas, 2008).

2.2 HÍBRIDOS DE MAÍZ

Para obtener el maíz híbrido, el conocimiento de las relaciones genéticas entre líneas es útil para la organización del germoplasma y la protección del cultivar. Las líneas endogámicas pueden agruparse tomando en cuenta la similitud genética y con ello obtener grupos heteróticos. Por tanto, conocer la diversidad genética de las líneas obtenidas por selección es trascendental para el mejoramiento genético de los cultivos (Van Inghelandt 2010, citado por Garcia 2018).

Para Romero (2004) la elección del híbrido de maíz a emplear es responsabilidad del productor, y se tiene que tener en cuenta que es una de las variables que más influye en el rendimiento. Su selección se debe basar en el ciclo más apropiado para la zona productiva tomando en cuenta la cantidad y calidad del forraje producido.

Según Bertoia (2004) y Romero (2004) un buen híbrido de maíz forrajero debe destacar del resto por el número de mazorcas, tallos y raíces (para evitar el acame), hojas verdes al momento de la cosecha y un alto rendimiento de granos, también que posea un elevado valor nutritivo (fibra detergente ácida y proteínas) en el forraje cosechado, el cual varía dependiendo si se necesita la chala chocleada fresca o para realizar ensilado.

2.2.1 Factores de rendimiento

a. Densidad

Castillo (1991), registró en un ensayo realizado con ocho híbridos de maíz amarillo duro de porte alto con tres densidades diferentes de siembra, que, para la zona de costa norte del Perú, la mejor densidad empleada fue de 70 000 plantas por hectárea para lograr la mayor producción de forraje, sin embargo, en sus experimentos en la costa central encontró que no había diferencias significativas ni numéricas entre los rendimientos al hacer las comparaciones entre las tres densidades empleadas.

Huamán (1994), realizó sus ensayos en el valle del Rímac (campo La Molina) desde octubre hasta enero de 1991, utilizó 4 densidades de siembra: 60 000, 80 000, 100 000 y 120 000 plantas por hectárea con un distanciamiento entre golpes de 21.36, 16.02, 12.82 y 10.68 cm Registró el mayor diámetro de tallo al nivel de siembra con 60 000 plantas/ha con 2.90 cm

y el de menor diámetro al nivel de 120 000 con 2.06 cm. Se aprecia una disminución del diámetro del tallo conforme se aumenta la densidad de siembra.

Si el productor busca aumentar la productividad de un cultivo, tiene que escoger bien la densidad de siembra para su variedad empleada, ya que, con un adecuado espaciamiento entre plantas, permite que la planta maximice la cobertura vegetal por planta/m² en momentos críticos (periodo vegetativo) que determinan el rendimiento final (Vega y Andrade, 2000).

Según Noriega (2001), una densidad de siembra óptima maximiza el aprovechamiento del sol por parte de las hojas de la planta, absorción de los nutrientes del suelo por las raíces y evita la competencia con las malezas. La clave para el manejo de maíz es el número de plantas que necesiten llegar a la cosecha para asegurar el rendimiento esperado. La cantidad de plantas por hectárea depende de algunas características que presentan los híbridos o variedades de maíz, por ejemplo, híbridos precoces son de porte más bajo por lo que se recomienda que se siembren en densidades más altas.

Para Cirilo (2004), el rendimiento del cultivo de maíz es muy sensible a las variaciones en las densidades de siembra. En el caso que el riego y la fertilización se realicen de manera adecuada, una reducción en 25% de la densidad de siembra óptima puede disminuir a la mitad el rendimiento del cultivo, mientras que, si se duplica la densidad correcta, también puede haber una pérdida de hasta el 20%.

Ramírez (2006), registra que mientras la densidad de siembra aumente, también lo hace la cantidad de fibra en las etapas de desarrollo vegetativo; mientras que, a medida que siga avanzando fenológicamente, la cantidad de proteínas disminuye produciendo una menor digestibilidad de los tallos (pared celular) en el ganado.

b. Resistencia al acame

Jugenheimer (1990), Menciona que la falta de resistencia al acame da por resultado una baja en la calidad, disminución del rendimiento y mayores dificultades en la cosecha. Las variaciones en la resistencia al acame entre los híbridos son causadas por cosas como las

diferencias en madurez, resistencia a enfermedades e insectos, estructura del tallo, sistema radicular, altura de mazorca y del tallo, fertilidad del suelo y densidad de población.

2.3 ENSAYOS DE MAÍZ AMARILLO DURO CON FINES FORRAJEROS

Huamán (1994) realizó ensayos de densidad con la variedad PM-270 en la costa central para determinar sus características biométricas. Las densidades evaluadas fueron de 60 000, 80 000, 100 000 y 120 000 plantas por hectárea, con ello halló que la densidad está ligada al rendimiento, en tanto se incrementa el número de plantas por hectárea hasta un determinado punto óptimo, a partir del cual el rendimiento empieza a disminuir por incremento de población. Según sus estudios se logra ver que el peso fresco y el peso seco sufren una marcada influencia con las densidades de siembra ensayadas, disminuyendo el valor de estos parámetros por efecto del incremento de la densidad. Lo mismo ocurre con la altura de la planta, desde 2.94 m con la densidad más baja, hasta 2.7 m con la densidad más alta registrada.

Villacorta (1998) realizó ensayos con el maíz híbrido PM-270 bajo condiciones de costa. Las densidades que se probaron fueron de 70 000, 80 000, 90 000, 100 000 y 110 000 plantas por hectárea, no se encontraron diferencias significativas entre las densidades respecto a los rendimientos promedios de forraje verde, como también para los rendimientos promedios de materia seca. De acuerdo al ensayo se determinó que la densidad óptima fue de 87,370 plantas por hectárea con un rendimiento de 99.644 kg por hectárea para forraje verde y para materia seca fue de 89.245 kg por hectárea con un rendimiento de 31, 842 kg por hectárea. Resultados que permiten recomendar siembras a densidades intermedias, entre 85 000 y 95 000 plantas por hectárea. Los pesos fresco y seco de las partes principales y planta total fueron influenciados por las densidades evaluadas; disminuyendo estos valores por efecto del incremento de la densidad. Estadísticamente se presentan diferencias significativas solamente entre los pesos de planta bajo las densidades de 70 000 y 110 000 plantas/ha. Las densidades de siembra no afectaron significativamente el porcentaje de materia seca por planta, el promedio general estuvo alrededor de 31.5%, donde el 40.5% fue contribución de la mazorca, en estado de grano pastoso. El peso total de planta está relacionado principalmente con el peso de la mazorca y el tallo pues ambos contribuyen con más del 70% al peso fresco total y con más del 75% al peso seco total de planta. La densidad de siembra influye en las características biométricas del maíz, conforme la densidad

aumenta, los valores biométricos disminuyen.

Pasache (1998) en el estudio comparativo de cinco cultivares de maíz para forraje (PM-213, PM-270, PMV-865, PMS-267 Y C.F) obtuvo que la altura de planta presenta una relación directa con el rendimiento de forraje y el de grano, y como es obvio, con los pesos frescos y secos de la planta de maíz. Sin embargo, una mayor altura de planta significa una disminución en la acumulación de materia seca, principalmente en la mazorca, donde se presenta el mayor porcentaje de acumulación de materia seca. En cuanto a la distribución porcentual del peso fresco de la planta de maíz y sus partes, se concluye que el mayor porcentaje de peso fresco lo presenta el tallo, seguido de la mazorca, hojas, vaina y panoja. El número de plantas afecta directamente al rendimiento, se tiene que el rendimiento de la planta de forma INDIVIDUAL decrece al incrementar la población en un campo de maíz, esto explica porque el cultivar PM-213 con mayor número de plantas, alcanza menores pesos, caso contrario la variedad Colombiano Fumagalli (presenta menor densidad), con un mayor peso de planta. Aun así, en los resultados se ve que, a pesar de poseer una mayor densidad y un menor peso unitario por planta, la variedad compensa este bajo peso con la densidad y obtiene valores de rendimiento superiores a la variedad C.F.

SIRA (2005), presenta en su ficha técnica para maíz chala que las variedades PM-212, Dekal B-834 y Marginal 28 T, registraron rendimientos de entre 80 000 a 100 000 toneladas de forraje verde por hectárea cosechada ya que se adecuaban al clima templado de algunas zonas de la región Arequipa.

Feijoo (2005), en su tesis titulada “Comparativo de dos Cultivares de Maíz Chala (*Zea mays* L.) a tres Distanciamientos en el Valle de Tumbes” estudió el efecto de tres distanciamientos entre golpes (0,30 m, 0,35 m y 0,40 m) en dos cultivares de maíz chala (C-408 y M 28-T) sobre el rendimiento de materia fresca y seca en suelos que presentaron una textura franca – arcillosa, con una baja fertilidad. Con el cultivar M-28T se alcanzó una mayor producción de forraje fresco en comparación con el cultivar C-408, con rendimientos de 70 t/ha y 62 t/ha, respectivamente. Con el distanciamiento de 30 cm entre golpes se obtuvo el mayor rendimiento de forraje fresco, con 73 t/ha; seguido del distanciamiento de 35 cm entre golpes, con 64 t/ha; el distanciamiento de 40 cm entre golpes ocupó el último lugar con 61 t/ha. El cultivar M-28T, con un rendimiento de materia seca de 24 t/ha, ocupó el primer

lugar, y el cultivar C-408, con 22 t/ha, ocupó el segundo lugar. El distanciamiento de 30 cm entre golpes obtuvo el mayor rendimiento de materia seca, con 25 t/ha; y los distanciamientos de 35 cm entre golpes y 40 cm entre golpes ocuparon el segundo lugar con 22 t/ha y 21 t/ha, respectivamente.

PNIA (2013), presenta en su boletín a la variedad INIA 617 (liberada en el 2010) con aptitud forrajera, la cual está destinada para el uso de forraje verde con propósito lechero y una amplia adaptación a la costa norte peruana, la cual presenta un rendimiento potencial de 95 t/ha.

Castope (2014), estudio 26 diferentes variedades comerciales y experimentales de maíz amarillo duro con fines forrajeros (EXP-01, EXP-03, EXP-05, PM-213, etc.). Las variedades PM-213 y la EXP-05, obtuvieron rendimientos de materia fresca de entre 65 a 58 t/ha y entre un 25 a 30% de materia seca como rendimiento por hectárea. Los híbridos comerciales presentaron alturas promedio de 3.03 cm y 2.57cm además que todos presentaron un promedio de 2 centímetros para el valor del diámetro de tallo. La floración masculina y femenina oscilo entre los 72 a 74.5 días respectivamente. Como conclusión final, menciona que las variedades experimentales (EXP's) y la variedad PM-213 mostraron un mejor comportamiento para fines forrajeros.

Alviz (2015), quien realizó ensayos con 4 cultivares (Choclero 101, INIA-604, INIA-613 e INIA-607) de maíz con fines forrajeros para condiciones climáticas de cusco. En sus evaluaciones a los 122 DDS (Días después de siembra) registro una altura de plantas de entre 198.20 cm a 276.67 cm aproximadamente; un diámetro de tallos de 2.62 cm a 3.37 cm y la variedad INIA-604 obtuvo el mayor rendimiento de forraje verde con 190.19 t/ha. Las variedades evaluadas poseen un promedio de 30% de materia seca.

Reategui (2015), evaluó el efecto de 5 distanciamientos de siembra para la variedad de maíz forrajero DOW - 2B710. Los distanciamientos empleados fueron de 0.8 m entre surcos x (0.1, 0.2 ,0.3, 0.4 y 0.5 m) entre golpes. Se obtuvo el mayor rendimiento de forraje verde (67 t/ha) y de materia seca (18 t/ha) con el distanciamiento de 0.8 x 0.2 m.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

CULTIVAR EXP-05

El material empleado es un híbrido del programa de maíz de la UNALM, la cual está adaptada para climas templados en la costa del Perú. Sus principales características son:

Altura de planta	2.60 m
Altura de mazorca	1.60 m
Periodo vegetativo	160 – 180 días

CULTIVAR PM-213

Es un híbrido doble comercial, el cual ha sido evaluado en varios sitios a lo largo de la costa peruana. Sus principales características son:

Altura de planta	2.85 m
Altura de mazorca	1.70 m
Periodo vegetativo	150 – 180 días
Rendimiento potencial	100 t/ha

CULTIVAR INIA-617

PNIA (2010), variedad sintética de maíz forrajero conformada por 9 líneas con alto nivel de endogamia, generadas en el Programa Nacional de Innovación Agraria en Maíz.

Altura de planta	2.80 m
Altura de mazorca	1.20 m
Ciclo vegetativo	Semiprecoz
Rendimiento potencial	95 t/ha
Reacción al acame	Tolerante
Densidad óptima	90 000 plantas

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

3.2.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en los campos experimentales del INIA, ubicados en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima, en las siguientes coordenadas geográficas: 12°07' de Latitud Sur y 76°94' de Longitud Oeste. El suelo presenta una fisiografía plana con una pendiente ligeramente inclinada.

3.2.2 Historial de campo

El cultivo que antecedió al experimento fue:

<u>Campaña</u>	<u>Cultivo</u>
2017-I	Quinoa
2017-II	Maíz

El experimento se realizó entre los meses de enero (preparación de campo) y mayo del 2018 (cosecha del experimento).

3.2.3 Suelo

Los suelos de la Molina, se encuentran localizados en una terraza media de origen aluvial, presentando permeabilidad moderada y textura franco arcillo arenosa.

Previo a la instalación del experimento se realizó el análisis de caracterización de suelo, el cual se llevó a cabo en los laboratorios de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, mostrándose los resultados en el Anexo 2.

Tabla 2: Análisis físico químico del suelo experimental del INIA, distrito de La Molina, Lima, 2018.

Análisis	Resultado	Calificación
Textura de suelo	Arena 52% Limo 24% Arcilla 24%	Fco. Arcillo – Arenosa
pH	7.1	Neutro
Conductividad eléctrica	4.09 dS/m	Ligeramente salino
Materia Orgánica	1.45 %	Bajo

«continuación»

Fósforo disponible	31.2 ppm	Alto
Potasio disponible	459 ppm	Alto

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes, Universidad Nacional Agraria La Molina

El suelo del campo experimental, según el análisis realizado (Tabla 2), presenta una conductividad eléctrica de 4.09 dS/m, lo que indica que son suelos ligeramente salinos y su pH de 7.1 indica que es neutro.

El porcentaje de materia orgánica es bajo (1.45%), por lo tanto, son suelos pobres en nitrógeno, el fósforo disponible es de 31.2 ppm, lo que representa un nivel alto de su contenido en el suelo y el potasio disponible de 459 ppm representa también un nivel alto en el suelo. Los niveles altos de fósforo y potasio favorecen un buen desarrollo radicular, evitando el acame de las plantas, y la formación de mazorcas respectivamente.

3.2.4 Condiciones climáticas

Los datos climatológicos fueron reportados por la estación meteorológica ‘Alexander Von Humboldt’ de la UNALM, ubicada en la cercanía del campo experimental.

El experimento se realizó durante el periodo de verano en la costa, por lo que estas altas temperaturas fueron favorables durante la etapa de desarrollo vegetativo y acelerando incluso la floración del cultivo.

Tabla 3: Datos climatológicos Estación Meteorológica Von Humboldt, registrados en la Molina, Lima, 2018.

Mes/año	Temperatura (°C)			Humedad (%)
	Promedio	Max	Min	
01-2018	20.67	25.3	17.2	70.38
02-2018	19.23	24.3	13.6	75.17
03-2018	19.82	23.8	17.6	74.33
04-2018	20.36	25.2	15.2	69.88
05-2018	19.98	24.7	15.3	71.71

«continuación»

06-2018	20.13	26.4	13.3	71.21
07-2018	19.63	24.9	15.1	76.63

Fuente: SENAMHI – Oficina de Estadística

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA SIEMBRA

3.3.1 Tratamientos

Factores en estudio:

Variedades (V): EXP-05 (v_1), PM-213 (v_2), INIA-617 (v_3)

Densidades (D): 88,889 (d_1), 111,111 (d_2) plantas/hectárea

Mediante la combinación de los dos factores en estudio se formaron 6 tratamientos y repetido en 5 bloques.

Tabla 4: Numeración de las combinaciones entre tratamientos y las repeticiones.

TRATAMIENTOS	VARIEDADES	DENSIDADES	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
T1	PM-213	88889	102	203	303	404	504
T2	PM-213	111111	105	206	305	401	501
T3	EXP-05	88889	104	201	301	402	506
T4	EXP-05	111111	101	202	306	403	505
T5	INIA-617	88889	106	204	304	405	502
T6	INIA-617	111111	103	205	302	406	503

3.3.2 Características de la parcela experimental

Largo de Surco: 7.2 metros

Ancho de Surco: 0.75 centímetros

Número de semillas por golpe: 4 semillas

Número de golpes por surco:

Densidad 1 (88,889 plantas/ha): 25 golpes por surco

Densidad 2 (111,111 plantas/ha): 31 golpes por surco

Distanciamiento entre golpes:

Densidad 1 (88,889 plantas/ha): 22.5 cm

Densidad 2 (111,111 plantas/ha): 18 cm

Número de surcos por parcela:	5 surcos
Número de plantas por golpe:	2 plantas
Área de la parcela:	27 m ²
Área del experimento:	1 068 m ²

3.4 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno comenzó el día 15 de enero del 2018, durante ese día se realizó un riego pesado en el campo. La finalidad fue la de acelerar la germinación de semillas de maíz remanentes de la campaña pasada y semillas de malezas en campo para su posterior eliminación.

En los días posteriores al riego, la aradura fue realizada por un tractor provisto de un arado de discos; luego se usó una rastra de puntas para eliminar algún rastrojo vegetal que haya quedado remanente en el campo y poder realizar un mullido total del campo experimental. Finalmente, el 9 de febrero del 2018, se realizó la instalación y tensado de las mangueras de riego por surco en las parcelas experimentales dejando un espaciado aproximado de 0.75m entre surcos. Para delimitar cada parcela se utilizó una wincha, una cuerda gruesa trenzada, dos estacas y un balde con cal.

3.4.2 Preparación de semillas

El jueves 25 de enero, se realizó una clasificación de las semillas separando semillas quebradas, pequeñas y/o que presenten algún problema físico.

Estas semillas fueron separadas en bolsas individuales por cada parcela experimental, en total fueron treinta bolsas armadas y etiquetadas, para facilitar la labor de siembra y poder controlar de manera precisa la densidad por parcela.

3.4.3 Siembra

La siembra se realizó el día 14 de febrero. Se utilizaron dos cordeles de 7.2 metros de largo marcados con nudos de colores, para facilitar su visibilidad, considerando la distancia entre golpes y la distancia longitudinal de cada parcela.

El trabajo fue realizado con cuatro personas, dos se encargaban de realizar los hoyos para la semilla, mientras que los otros dos colocaban las semillas (4 semillas por golpe) y se procedía a taparlas.

3.4.4 Raleo

Esta labor se realizó el día lunes 26 de febrero, la siembra consistió en 4 semillas por golpe, por lo cual con este raleo se buscaba dejar solo 2 plantas por golpe para evitar problemas de competencia por nutrientes y sol en el futuro.

3.4.5 Control de malezas

El primer control de malezas se hizo al momento de hacer el riego pesado, ya que esta práctica acelera la germinación de plantas remanentes en campo, para luego ser eliminadas mediante el pasado de aradura.

De manera pre y post emergente, se realizó la aplicación de un herbicida a base de Atrazina en una dosis de 2 l/ha en bandas sobre la línea de siembra.

El 3 y 24 de marzo se realizaron nuevos controles de maleza, esta vez de manera mecánica (con uso de palas) debido a el tamaño y altura en la que se encontraba la plantación del campo experimental.

3.4.6 Control fitosanitario

El control fitosanitario se hizo en función a previas evaluaciones en campo realizadas por un técnico de apoyo del INIA, quien se centró en las 3 plagas más importantes para el cultivo en los campos experimentales del INIA.

- a. *Agrotis sp.*- El control de esta plaga se hizo a través del riego por machaco, y correctas labranzas en el campo previo a la siembra. No se usaron aplicaciones químicas.
- b. *Spodoptera frugiperda.* - Se realizó control químico cuando la planta poseía un promedio de 4 a 6 hojas con un producto en base a Clorpyrifos en dosis de 30 cc por 20 litros de agua. Debido a que la campaña se hizo en la época de verano, alta temperatura ambiental, las aplicaciones se tuvieron que hacer dos veces por semana ya que la plaga se presentaba en poblaciones muy grandes.

La primera aplicación se realizó el 20 de febrero, aproximadamente cuando las plántulas ya habían germinado y poseían 2 hojas. Las siguientes aplicaciones se

realizaron 2 veces por semana por el lapso de 3 semanas consecutivas.

- c. *Áfidos*. - Esta aplicación se realizó el 24 de abril, se utilizaron insecticidas a base de Imidacloprid en dosis de 300 gr por hectárea de manera obligatoria debido a que muchos de estos insectos son vectores de enfermedades virósicas. Solo se hizo 1 aplicación en el campo ya que luego al realizar evaluaciones no se volvió a encontrar la plaga en una población que pueda ocasionar problemas.

3.4.7 Fertilización

La dosis por hectárea manejada en el experimento fue de 30-40-50 (N-P₂O₅-K₂O) por recomendación del Ing. Pedro Injante Silva (Colaborador del INIA). La fecha, cantidad por área del experimento y tipo de fertilizante empleado estará detallados en la tabla 5.

Tabla 5: Fechas de aplicación y cantidad de fertilizantes vía sistema de riego.

Fecha de Aplicación	Cantidad de Fertilizante por Experimento	Producto
19/3/2018	3 kg	Nitrato de potasio
21/03/2018	2 kg 1 kg	Nitrato de potasio Fosfato monoamónico
22/03/2018	2 kg 1 kg	Nitrato de potasio Fosfato monoamónico
23/03/2018	2 kg 1 kg	Nitrato de potasio Fosfato monoamónico
27/03/2018	1 kg 2 kg	Nitrato de potasio Fosfato monoamónico
28/03/2018	1 kg 2 kg	Nitrato de potasio Fosfato monoamónico
05/04/2018	1 kg 2 kg	Nitrato de potasio Fosfato monoamónico
10/04/2018	3 kg	Nitrato de amonio

3.4.8 Cosecha

La cosecha de las líneas centrales de cada parcela experimental se realizó el día viernes 25 de mayo, ese día se contó con la colaboración de personal del INIA para el transporte de un trípode de 2.5 metros de altura al área de cosecha, la cual, con ayuda de dos cuerdas en los

extremos y una báscula al medio del trípode, servían para pesar las plantas de cada parcela a medida que eran cosechadas.

Luego de esto 5 plantas (las más representativas) de cada parcela fueron seleccionadas, separadas y etiquetadas para su posterior traslado a los laboratorios del programa de maíz de la UNALM para sus respectivas evaluaciones.

3.5 VARIABLES EVALUADAS

3.5.1 Observaciones registradas durante el cultivo

Las evaluaciones de floración masculina y femenina se realizaron a partir del 1 de mayo.

El resto de evaluaciones se realizaron a partir del 10 de mayo, para esto se tomaron muestras de diez plantas aleatorias a lo largo del surco central de cada tratamiento para su evaluación biométrica.

a. Altura de Planta (cm)

La medición se hizo desde el primer nudo emergente de la base de la planta hasta la base donde emerge la panoja con ayuda de una persona y una tabla de más de 2 metros.

Esta evaluación se hizo casi 2 semanas antes de la cosecha para asegurar que el valor no varíe en demasía y que no se tenga muchos valores diferentes.

b. Altura de la mazorca principal (cm)

De la misma planta la cual se hizo la medición de altura, se realiza una medición desde el primer entrenudo de la base hasta el nudo que sostiene a la mazorca más desarrollada (Más cercana al suelo).

c. Número de plantas

Se contabilizó el número de plantas del surco central de cada parcela.

d. Diámetro de tallo (cm)

Se muestrearon 10 tallos al azar del surco central de los tratamientos, se midió la circunferencia del primer entrenudo basal con ayuda de una cinta métrica, luego en gabinete se aplicó la fórmula ($\text{Diámetro} = \text{Circunferencia} / 3.14$) para hallar el diámetro de los tallos evaluados.

e. Días a floración masculina y femenina

Esta evaluación se realizó a partir del 1 de mayo, el número de días a floración masculina se registró cuando el 50% de las plantas del surco a evaluar presentaban las anteras abiertas emitiendo polen; y el número de días a floración femenina se registró cuando el 50% de las plantas en cada parcela presentaban estilos visibles en sus mazorcas.

3.5.2 Observaciones registradas postcosecha

a. Peso fresco (tallo, hojas, choclo, panca, espiga) en kg/planta.

Al momento de cosechar los surcos centrales de las parcelas se escogieron las 5 plantas más representativas, las cuales fueron llevadas a laboratorio donde se separaron por tallo, hoja, choclo, panca y espiga en bolsas de papel individuales.

b. Peso fresco por planta en kg.

Estimado a partir de la suma de las partes frescas de las plantas evaluadas en gabinete, y luego divididas entre el número de muestras.

c. Peso seco (tallo, hojas, choclo, panca, espiga) en kg/planta.

Las muestras frescas, previamente embolsadas, fueron puestas en una cámara caliente a 35 °C en el laboratorio del Programa de maíz de la UNALM, se hacían 2 evaluaciones diarias para establecer el momento óptimo de peso que es cuando los pesos ya no presenten un decrecimiento significativo de peso.

d. Peso seco por planta en kg.

Estimado a partir de la suma de las partes secas de las plantas evaluadas en gabinete, y luego divididas entre el número de muestras.

e. Peso fresco por hectárea como t/ha.

Estimado a partir del peso extraído en campo, en la cual se pesó la cosecha de todo el surco central de la parcela y luego aplicada la fórmula de corrección de peso en campo.

f. Peso seco por hectárea como t/ha.

Estimado a partir del promedio de Materia Seca obtenido con la fórmula descrita más

adelante aplicada a los pesos secos de cada parte de la planta y luego usado en el peso fresco por hectárea.

3.6 MUESTREO Y COSECHA

El rendimiento del peso fresco total en t/ha se calculó en base a la cosecha del surco central por cada tratamiento.

El procedimiento para la toma de muestras en campo fue:

- a. Se efectuó la cosecha luego de determinar el estado de madurez correcta (estado de grano pastoso) para cada tratamiento, y se hizo un corte a la altura de la base a unos 5 cm del suelo.
- b. Se pesó el forraje del surco central de cada tratamiento.
- c. Se escogieron 5 plantas al azar por cada tratamiento del surco central para ser evaluados en laboratorio.

Para las muestras de laboratorio se realizó:

- a. Las 5 plantas fueron separadas en cada componente, hojas, tallo, choclo, panca, espiga.
- b. Cada componente fue introducido en bolsas de papel con su debida etiqueta para facilitar el pesado en una balanza electrónica provista por el Programa de Maíz de la UNALM.

Las muestras fueron introducidas en una cámara para su secado por una semana a un aproximado de 35°C de temperatura, las muestras fueron evaluadas cada día a partir del 4to día para determinar el momento óptimo para evaluar cada ítem.

Con estos valores, peso fresco y peso seco, se determinó el %MS con la siguiente formula.

$$\% \text{ MS} = (\text{Ps} / \text{Pf}) \times 100$$

Dónde: M.S.: Materia Seca

P.s: Peso seco

P.f: Peso fresco

Corrección de fallas (Pcf):

Para realizar la corrección de rendimientos por parcela sobre el número constante de plantas,

se necesita emplear la fórmula de Jenkins:

$$P_{cf} = \frac{(H - 0.3 M)}{(H - M)}$$

Donde:

P_{cf}: peso corregido por fallas

H: número de golpes por parcela

M: número de fallas.

3.7 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.7.1 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el modelo de diseño de bloque completo al azar con un arreglo factorial de 3x2 (3 variedades x 2 densidades de siembra).

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + \beta_i + V_j + D_k + (VD)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta, del i-ésimo bloque, con la j-ésima variedad y con la k-ésima densidad.

u = Media general

B_i = Efecto del i-ésimo bloque

V_j = Efecto de la j-ésima variedad

D_k = Efecto de la k-ésima densidad

$(VD)_{jk}$ = Efecto de la interacción de j-ésima variedad con la k-ésima densidad

E_{ijk} = Error experimental

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Duncan para los promedios de tratamientos con el propósito de establecer superioridad de un tratamiento respecto a otro, donde promedios con la misma letra no son significativamente diferentes al 5% de probabilidad; También se realizó la prueba de efectos simples para la interacción significativa como lo recomienda (Calzada, 1985).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LA PLANTA

4.1.1 Altura de planta (m)

El análisis de varianza (ANVA) para la variable Altura de planta (tabla 6), registra que no hay significación estadística entre las los factores variedad (V) y la interacción de variedad-densidad (VD), mientras que si fue significativo para el factor densidad (D); el coeficiente de variabilidad fue de 4.37%.

En la prueba de comparación de Duncan para las variedades y densidades (tabla 7 y 8) se halló diferencia significativa entre las variedades y densidades. La mejor combinación de factores empleados fue la de la variedad EXP – 05 con la densidad de 111 111 plantas/ha obteniéndose 314.74 cm de altura de planta; sin embargo, esta altura estuvo asociada a problemas de acame en campo cercana al momento de cosecha.

Tabla 6: Análisis de varianza, Altura de planta (cm).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	216.988	54.247	0.305
Variedades (V)	2	876.518	438.259	2.460
Densidad (D)	1	1383.666	1383.666	7.768 *
VD	2	509.488	254.744	1.430
Error	20	3562.489	178.124	
Total	29	6549.149		
C.V. = 4.371%		Promedio = 305.366cm		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

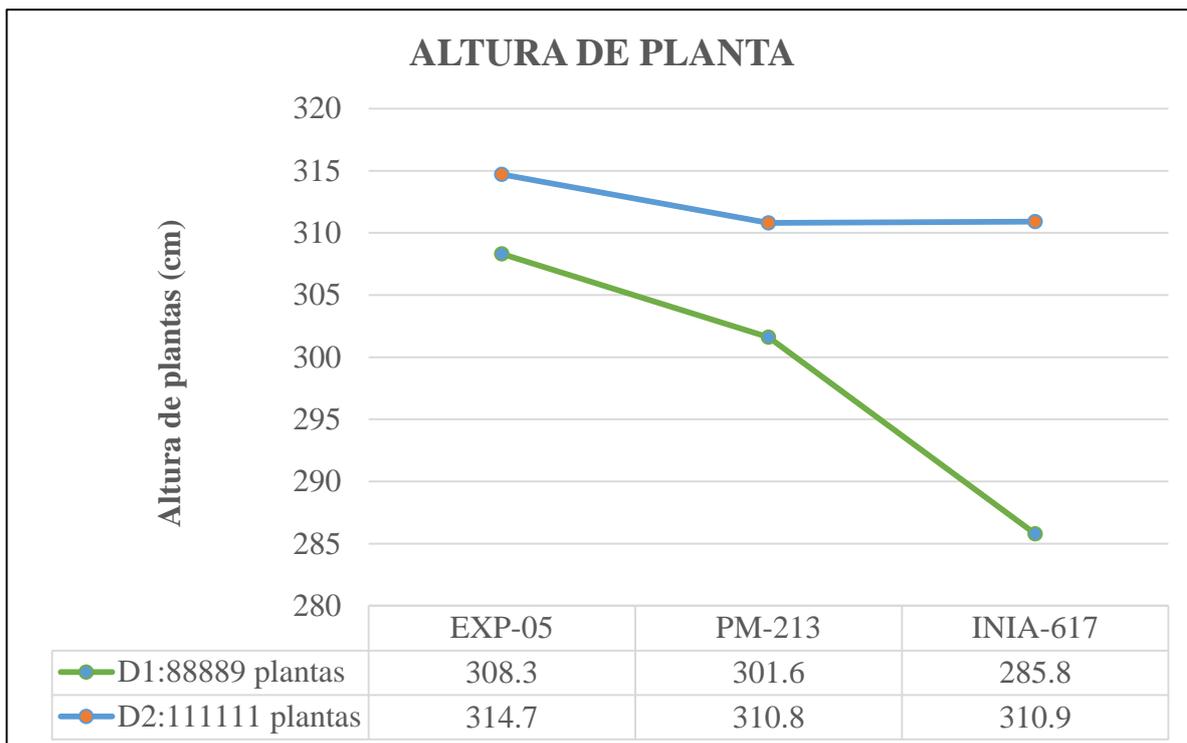


Figura 1: Promedio de los tratamientos (DxV), Altura de planta (cm)

Tabla 7: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Altura de planta (cm)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP - 05	311.529 A	104.40%
PM - 213	306.201 AB	102.60%
INIA - 617	298.368 B	100.00%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 8: Comparación de medias de Densidades de siembra en promedio de Variedades, Altura de planta (cm)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
111111	312.157 A	104.5%
88889	298.575 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.1.2 Altura de mazorca principal (cm)

El análisis de varianza (ANVA) para la variable Altura de mazorca (tabla 9), registra que no hay significación estadística entre las los factores variedad (V) y para la interacción de variedad-densidad (VD), pero si fue significativo para el factor densidad (D); el coeficiente de variabilidad fue de 6.96%.

En la prueba de comparación de Duncan para las variedades y densidades (tabla 8 y 9) se halló diferencia significativa entre las variedades y densidades. La mejor combinación de factores empleados fue la de la variedad EXP – 05 con la densidad de 111 111 plantas/ha obteniéndose 210.28 cm de altura de mazorca principal.

Chumpitaz (2018) afirma que conforme incrementa la densidad, la planta desarrolla mayor altura por entrar en competencia por luz y nutrientes, por lo tanto, la altura de mazorca guarda relación directa con la altura de planta. En sus resultados registra que la variedad EXP-05 presenta mayor altura de mazorca en planta que la PM-213, porque sus características genéticas así lo expresan, mientras que solo la variedad PM-213 siguió los resultados de Huamán (1994), el cual encontró que conforme la población de plantas se incrementa, la altura de mazorca principal disminuye.

Tabla 9: Análisis de varianza, Altura de mazorca principal (cm)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	254.687	63.672	0.317
Variedades (V)	2	1306.842	653.421	3.253
Densidad (D)	1	1392.359	1392.359	6.930 *
VD	2	523.228	261.614	1.300
Error	20	4016.811	200.841	
Total	29	7493.927		
C.V. = 6.961%		Promedio = 203.603cm		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

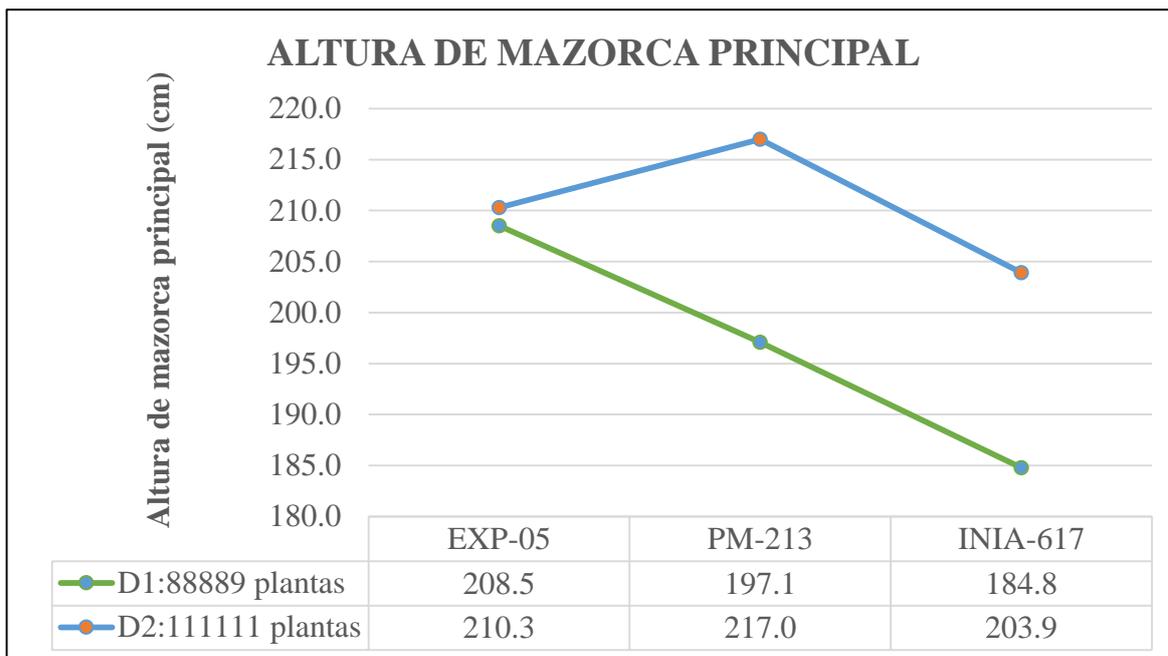


Figura 2: Promedio de los tratamientos (DxV), Altura de mazorca principal (cm)

Tabla 10: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Altura de mazorca principal (cm)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP – 05	209.363 A	107.70%
PM – 213	207.076 AB	106.50%
INIA – 617	194.363 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 11: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Altura de mazorca principal (cm)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
111111	210.415 A	106.92%
88889	196.790 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.1.3 Diámetro de tallo (cm)

En la tabla 19, se observa que hay alta significación estadística para variedades (V), densidades (D) y para su interacción (VD), por esto, se realiza el análisis de varianza de efectos simples; el coeficiente de variabilidad es de 1.75%. En el análisis de efectos simples (tabla 20) todas las fuentes de variación presentan significación estadística. En la comparación de medias (tabla 21, 22, 23, 24 y 25) la densidad de 88 889 plantas/hectárea con la variedad EXP-05 obtuvo el mayor promedio de diámetro de tallo con 2.81 centímetros, siendo este diferente a las demás combinaciones. Así mismo, Chumpitaz (2018) registra que la variedad EXP-05 muestra mayor grosor de tallo que la variedad PM-213 debido a sus características genéticas con un promedio de 2.52 cm y 2.44 cm para cada variedad respectivamente.

En el grafico 3 se observa que independiente de las variedades, la densidad de siembra influye de manera directa en el diámetro de tallo registrado, y que a menor densidad los diámetros aumentan a diferencia que cuando se siembre a una mayor densidad. Estos datos se confirman con los encontrados por Fernández (1973), quien evaluó tres densidades de siembra en maíz choclo cultivar pardo reporta que el mayor diámetro del tallo se obtuvo con la menor densidad de siembra, sembrado a 20cm entre golpes y que de todos los parámetros evaluados el que más se afectó fue el diámetro del tallo. También, López (1996) y Huamán (1994), afirman que hay una disminución del diámetro de tallo conforme se aumenta la densidad.

Tabla 12: Análisis de varianza, Diámetro de tallo (cm)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F _{calc}
Bloques	4	0.014	0.003	1.750
Variedades (V)	2	0.076	0.038	19.440 **
Densidad (D)	1	0.283	0.283	144.430 **
VD	2	0.099	0.050	25.240 **
Error	20	0.039	0.002	
Total	29	0.511		
C.V. = 1.723%		Promedio = 2.57cm		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 13: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Diámetro de tallo (cm)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F _{calc}
Variedad en d ₁ (88 889 plantas/ha)	2	0.147	0.073	37.390 **
Variedad en d ₂ (111 111 plantas/ha)	2	0.029	0.014	7.300 *
Densidad en v ₁ (EXP-05)	1	0.295	0.295	150.750 **
Densidad en v ₂ (PM-213)	1	0.010	0.010	5.270 *
Densidad en v ₃ (INIA-617)	1	0.076	0.076	38.770 **
Error	20	0.039	0.002	

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 14: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d₁), Diámetro de tallo (cm)

Variedad (V) en densidad 88889 (d ₁)	Promedio	Incremento
EXP-05	2.810 A	108%
PM-213	2.600 B	100%
INIA-617	2.600 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 15: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111 111 plantas/ha (d₂), Diámetro de tallo (cm)

Variedad (V) en densidad 111111 (d ₂)	Promedio	Incremento
PM-213	2.530 A	117%
EXP-05	2.460 B	104%
INIA-617	2.420 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 16: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v₁), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en EXP-05 (v ₁)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	2.810 A	114%
111111 plantas/ha	2.460 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 17: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v₂), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en PM-213 (v ₂)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	2.60 A	103%
111111 plantas/ha	2.530 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 18: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v₃), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en INIA-617 (v ₃)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	2.60 A	107%
111111 plantas/ha	2.420 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

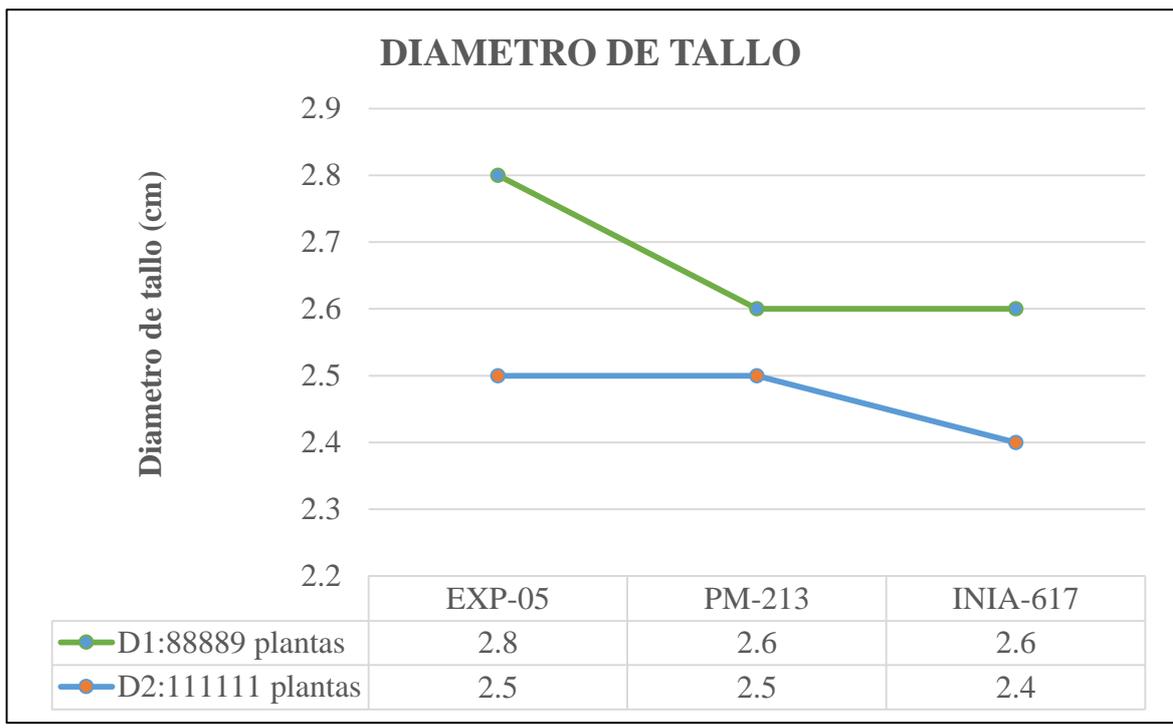


Figura 3: Promedio de los tratamientos (DxV), Diámetro de tallo (cm)

Tabla 19: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Diámetro de tallo (cm)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	2.635 A	104.90%
PM-213	2.563 B	102.03%
INIA-617	2.512 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 20: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades para, Diámetro de tallo (cm)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	2.667 A	107.80%
111111	2.473 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.1.4 Floración masculina

En la tabla 28 se determina que hay significación estadística para la fuente Variedades (V), y no existe significación estadística para densidades (D) y su interacción (VD); el coeficiente de variabilidad es de 0.95%.

En la prueba de comparación de Duncan para las variedades y densidades (tabla 29 y 30) no se halló diferencia significativa. Chura y Huanuqueño (2015), registran que para las variedades PM-213 y EXP-05 los días promedio de floración masculina en condiciones de La Molina fueron 105 y 107 días respectivamente. Mientras que Castope (2014) registró en su experimento de tesis que para las variedades PM-213 y EXP-05 los días promedio de la floración masculina fueron de 74.5 y 73.5 días respectivamente para las condiciones de verano en Trujillo.

Tabla 21: Análisis de varianza, Floración masculina

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	14.333	3.583	7.410 *
Variedades (V)	2	2.067	1.033	2.140 **
Densidad (D)	1	0.033	0.033	0.070
VD	2	0.067	0.33	0.070
Error	20	9.667	0.483	
Total	29	26.167		
C.V. = 0.950%		Promedio = 73.167días		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

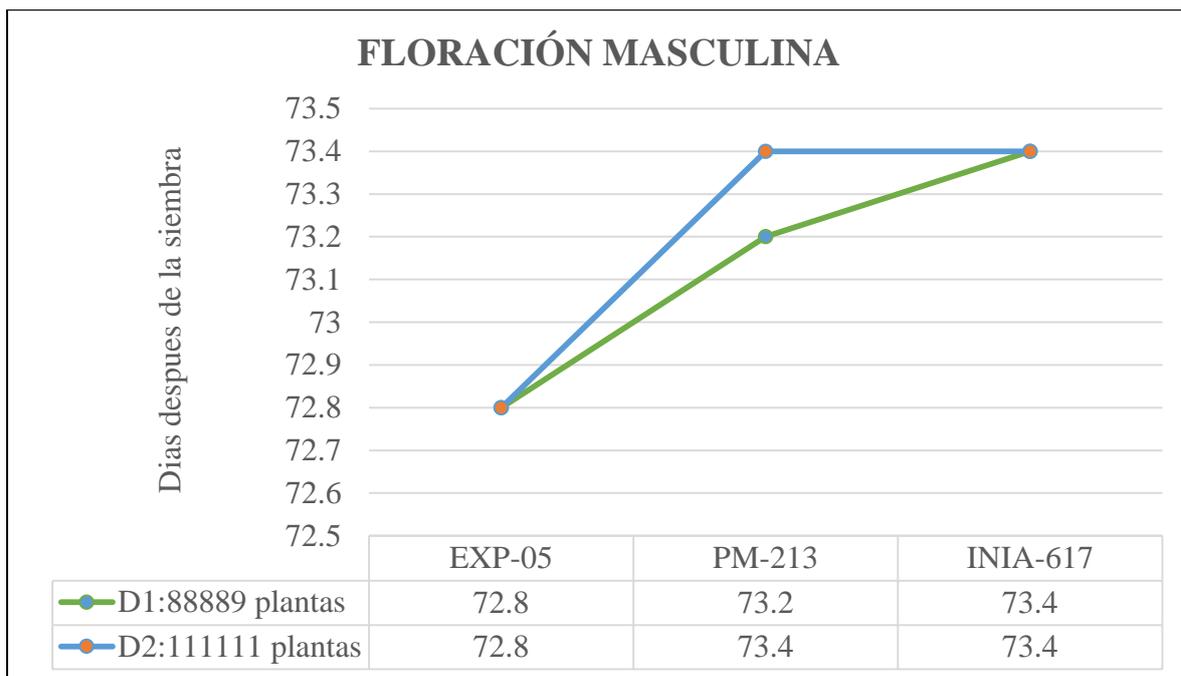


Figura 4: Promedio de los tratamientos (DxV), Floración masculina

Tabla 22: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra para los días de floración masculina.

Variedades	Promedio	Incremento (%)
INIA-617	73.400 A	100.82%
PM-213	73.300 A	100.68%
EXP-05	72.800 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 23: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades para los días de floración masculina.

Densidad	Promedio	Incremento (%)
111111	73.200 A	124.99%
88889	73.130 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.1.5 Floración femenina

En la tabla 31 se observa que, si hay alta significación estadística para las variedades (V), pero no para las densidades (D) y su interacción (VD); el coeficiente de variabilidad es de 0.68%.

Para la prueba de comparación de Duncan para las variedades (tabla 32) no se encontró diferencias estadísticas. Estos resultados no se asemejan a los encontrados por Chumpitaz (2018), quien registró que no había diferencia significativa para las densidades de 83 333, 69 444 y 62 500 plantas; y tampoco entre las variedades PM-213 Y EXP-05. Para la prueba de comparación de Duncan para las densidades (tabla 33) no se encontró diferencias estadísticas, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos por Bolaños (1998), quien determinó que la floración femenina no fue influenciada por la densidad de siembra en sus ensayos.

Tabla 24: Análisis de varianza, Floración femenina

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F _{calc}
Bloques	4	8.4667	2.117	7.130 *
Variedades (V)	2	1.400	0.700	2.360 **
Densidad (D)	1	0.300	0.300	1.010
VD	2	0.200	0.100	0.340
Error	20	5.933	0.297	
Total	29	16.300		
C.V. = 0.714%		Promedio = 76.3días		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

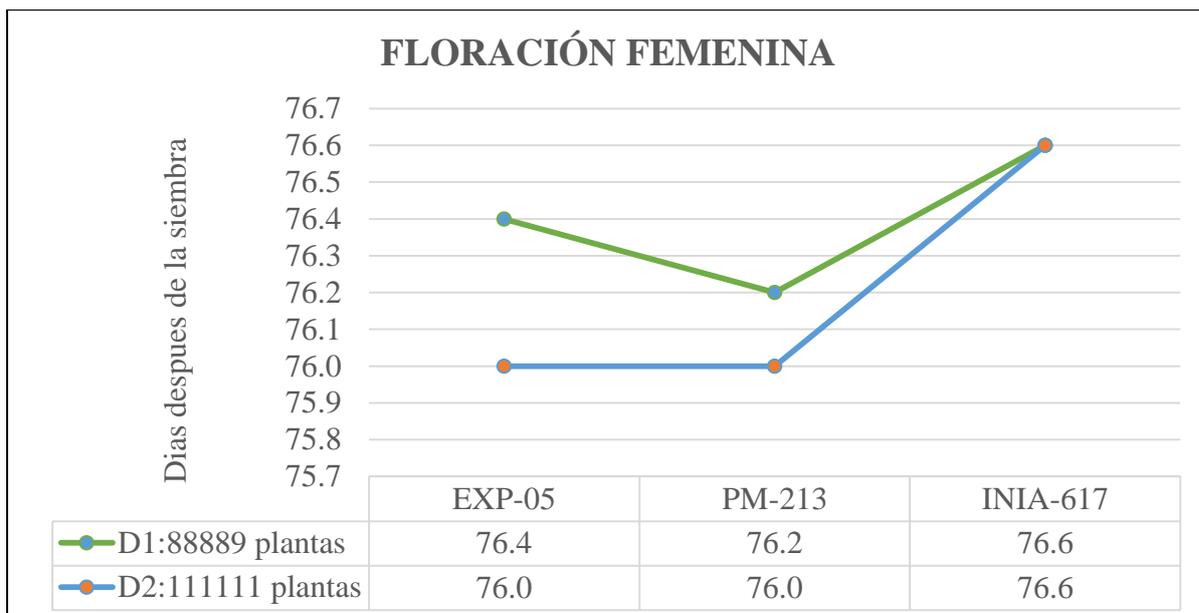


Figura 5: Promedio de los tratamientos (DxV), Floración femenina

Tabla 25: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra para los días de floración femenina

Variedades	Promedio	Incremento (%)
INIA-617	76.600 A	100.66%
EXP-05	76.200 A	100.13%
PM-213	76.100 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 26: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades para los días de floración femenina.

Densidad	Promedio	Incremento (%)
111111	76.400 A	100.26%
88889	76.200 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.2 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE

4.2.1 Peso fresco de hojas por planta (kg)

Con los datos experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable peso fresco de hojas (tabla 34), la cual nos muestra que hay gran significación estadística entre las los factores variedades (V), densidades (D) y para la interacción de variedad-densidad (VD), indicándonos que la densidad depende de la variedad para su expresión y viceversa,

por lo cual es necesario realizar el análisis de varianza de efectos simples; el coeficiente de variabilidad fue de 3.67%. En el análisis de efectos simples (tabla 35) en su fuente de variación variedad en densidad de siembra d_1 (88 889 plantas/hectárea) y d_2 (111 111 plantas/hectárea), y en densidad con v_1 (EXP-05) fueron altamente significativo estadísticamente. Al realizar la prueba de comparación de medias (tabla 36, 37 y 38) se observa que la variedad EXP-05 con la densidad de 88 889 plantas/hectárea posee el mayor peso fresco promedio de hojas con 0.345 kg/planta.

Tabla 27: Análisis de varianza, Peso fresco de hojas (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	0.001	0.0003	2.350
Variedades (V)	2	0.011	0.005	40.50 **
Densidad (D)	1	0.003	0.003	19.600 **
VD	2	0.002	0.001	8.830 **
Error	20	0.003	0.0001	
Total	29	0.019		
C.V. = 3.672%		Promedio = 0.313kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 28: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso fresco de hojas (kg)

Fuentes de variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fcalc
Variedad en d_1 (88 889 plantas/ha)	2	0.007	0.004	27.400 **
Variedad en d_2 (111 111 plantas/ha)	2	0.006	0.003	21.930 **
Densidad en v_1 (EXP-05)	1	0.004	0.004	33.720 **
Densidad en v_2 (PM-213)	1	0.0005	0.0005	0.00
Densidad en v_3 (INIA-617)	1	0.001	0.001	3.550
Error	20	0.0026	0.0001	

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 29: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d₁), Peso fresco de hojas (kg)

Variedad (V) en densidad 88889 (d₁)	Promedio	Incremento
EXP-05	0.350 A	121%
PM-213	0.330 B	114%
INIA-617	0.290 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 30: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111 111 plantas/ha (d₂), Peso fresco de hojas (kg)

Variedad (V) en densidad 111111 (d₂)	Promedio	Incremento
PM-213	0.330 A	118%
EXP-05	0.300 B	107%
INIA-617	0.280 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 31: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v₁), Peso fresco de hojas (kg)

Densidad (D) en EXP-05 (v₁)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	0.350 A	117%
111111 plantas/ha	0.300 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

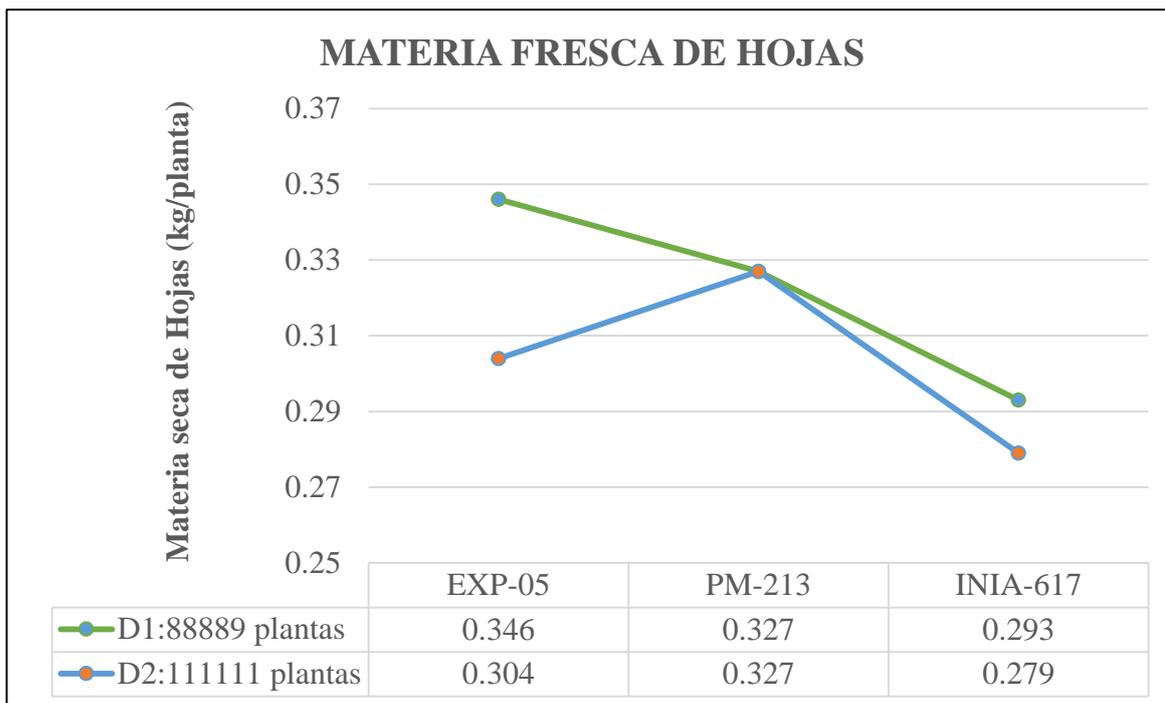


Figura 6: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de hojas (kg)

Tabla 32: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de hojas (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
PM-213	0.327 A	114.34%
EXP-05	0.325 A	113.64%
INIA-617	0.286 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 33: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de hojas (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.322 A	106.27%
111111	0.303 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.2.2 Peso fresco de tallo por planta (kg)

Con los datos experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable peso fresco de tallo (tabla 41), la cual nos muestra que hay gran significación estadística entre los factores variedades (V), densidades (D) y para la interacción de variedad-densidad (VD), por lo cual es necesario realizar el análisis de varianza de efectos simples; el coeficiente de variabilidad fue de 7.78%.

En el análisis de efectos simples (tabla 42) en su fuente de variación en variedad en densidad de siembra d_1 (88 889 plantas/hectárea), densidad en variedad v_1 (EXP-05) y densidad en variedad v_3 (INIA-617) fueron altamente significativos; mientras que las fuentes de variación variedad en densidad de siembra d_2 (111 111 plantas/hectárea) y densidad en variedad v_2 (PM-213) solo fue estadísticamente significativo. Al realizar la prueba de comparación de medias (tabla 43, 44, 45, 46 y 47) se observa que la variedad EXP-05 con la densidad de 88 889 plantas/hectárea posee el mayor peso fresco promedio de tallo con 0.59 kg/planta, siendo esta estadísticamente diferente del resto de combinaciones.

Tabla 34: Análisis de varianza, Peso fresco de tallo (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F _{calc}
Bloques	4	0.010	0.002	1.930
Variedades (V)	2	0.063	0.031	24.710 **
Densidad (D)	1	0.058	0.058	45.290 **
VD	2	0.016	0.008	6.160 **
Error	20	0.025	0.001	
Total	29	0.171		
C.V. = 7.779%		Promedio=0.458kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 35: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso fresco de tallo (kg)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fcalc
Variedad en d ₁ (88 889 plantas/ha)	2	0.069	0.034	26.970 **
Variedad en d ₂ (111 111 plantas/ha)	2	0.010	0.005	3.900 *
Densidad en v ₁ (EXP-05)	1	0.058	0.058	45.340 **
Densidad en v ₂ (PM-213)	1	0.006	0.006	4.750 *
Densidad en v ₃ (INIA-617)	1	0.010	0.010	7.520 **
Error	20	0.025	0.001	

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 36: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d₁), Peso fresco de tallo (kg)

Variedad (V) en densidad 88889 (d ₁)	Promedio	Incremento
EXP-05	0.590 A	137%
INIA-617	0.490 B	114%
PM-213	0.430 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 37: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111 111 plantas/ha (d₂), Peso fresco de tallo (kg)

Variedad (V) en densidad 111111 (d ₂)	Promedio	Incremento
EXP-05	0.440 A	116%
INIA-617	0.420 B	111%
PM-213	0.380 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 38: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v₁), Peso fresco de tallo (kg)

Densidad (D) en EXP-05 (v ₁)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	0.590 A	134%
111111 plantas/ha	0.440 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 39: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v₂), Peso fresco de tallo (kg)

Densidad (D) en PM-213 (v ₂)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	0.430 A	113%
111111 plantas/ha	0.380 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 40: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v₃), Peso fresco de tallo (kg)

Densidad (D) en INIA-617 (v ₃)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	0.490 A	117%
111111 plantas/ha	0.420 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

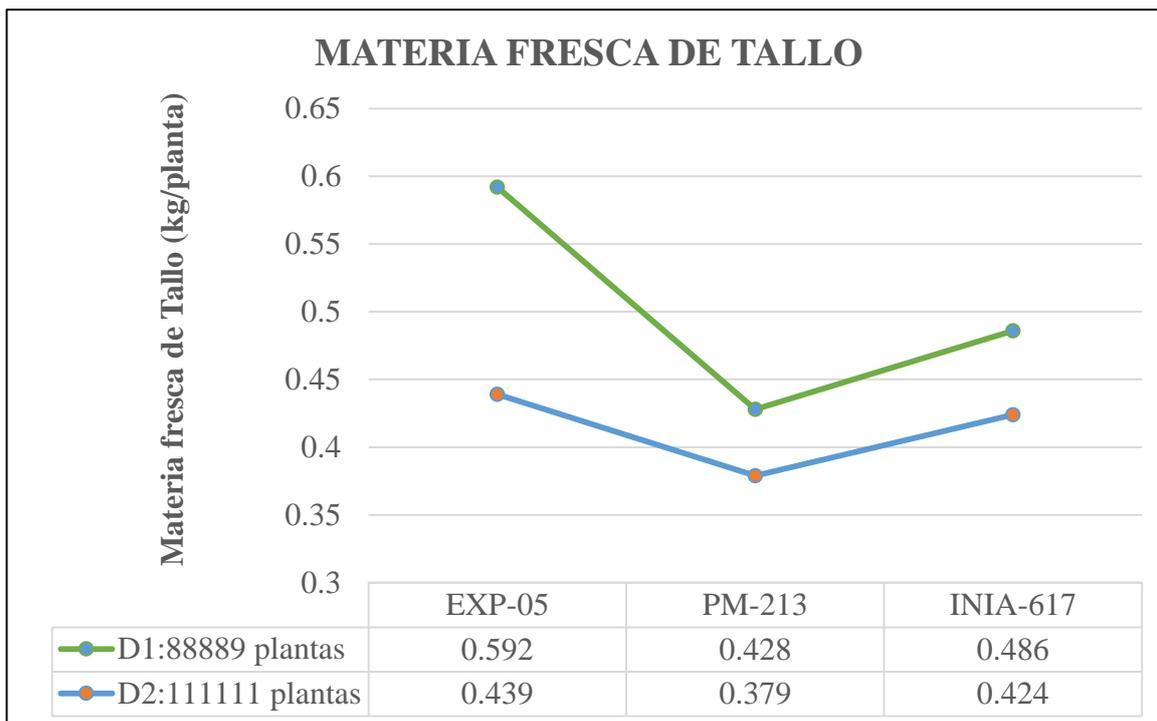


Figura 7: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de tallo (kg)

Tabla 41: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de tallo (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	0.516 A	127.72%
INIA-617	0.455 B	112.62%
PM-213	0.404 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 42: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de tallo (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.502 A	121.98%
111111	0.414 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.2.3 Peso fresco de panca por planta (kg)

Con los datos experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable peso fresco de panca (tabla 50), la cual nos muestra que hay gran significación estadística entre las los factores variedades (V) y densidades (D), pero no para la interacción (VD); el coeficiente de variabilidad fue de 9.05%.

En el grafico 8, se observa que los mayores pesos corresponden a la densidad d₂ (88 889 plantas/hectárea), y su mayor valor se obtuvo con la variedad v₃ (INIA-617) con 0.123 kg; mientras que para la densidad d₁ (111 111 plantas/hectárea) el mayor valor de peso de panca se obtuvo con la variedad v₂ (PM-213) con 0.113 kg. Barrenechea (2002) registra que, a mayor densidad de siembra, los pesos frescos de panca disminuyen, sin embargo, este menor peso es compensado por la densidad de siembra para determinar el rendimiento total.

Tabla 43: Análisis de varianza, Peso fresco de panca (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F _{calc}
Bloques	4	0.002	0.0004	4.280 *
Variedades (V)	2	0.002	0.001	10.830 **
Densidad (D)	1	0.002	0.002	15.090 **
VD	2	0.0002	0.0002	0.950
Error	20	0.002	0.0001	
Total	29	0.008		
C.V. = 9.076%		Promedio=0.110kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

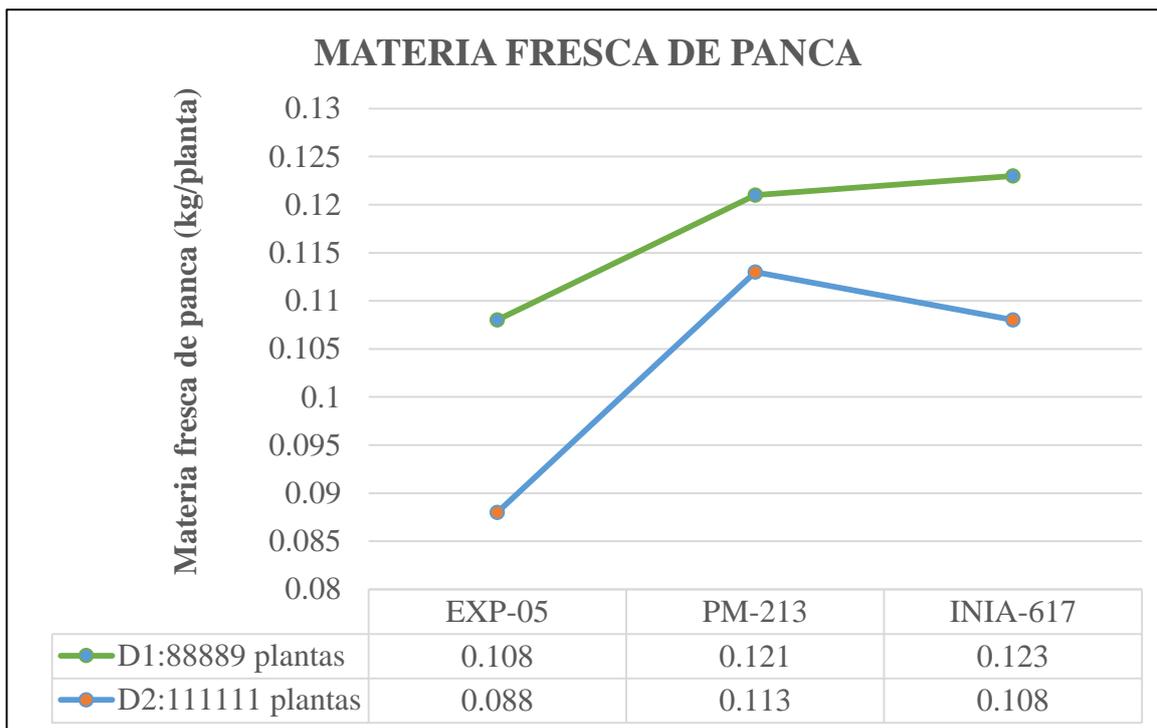


Figura 8: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de panca (kg)

Tabla 44: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de panca (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
PM-213	0.117 A	119.39%
INIA-617	0.115 A	117.35%
EXP-05	0.098 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 45: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de panca (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.117 A	113.80%
111111	0.103 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.2.4 Peso fresco de mazorca por planta (kg)

Con los datos experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable peso fresco de mazorca (tabla 53), la cual nos muestra que hay significación estadística en el

factor densidades (D), pero no para la variedad (V) ni para la interacción (VD); el coeficiente de variabilidad fue de 10.25%.

En el grafico 9 se observa que el mayor valor de peso corresponde la combinación entre densidad d1 (88 889 plantas/hectárea) y la variedad v2 (PM-213) con 0.235 kg. Al realizar la comparación de medias de Duncan (tabla 54 y 55) se observa que no hay diferencias estadísticas entre las variedades, pero si entre las densidades. Es decir, que probablemente, el peso de mazorca por planta esté ligado a la densidad de siembra que se emplea por cada variedad. Alpino (1998), registra que el menor peso de la mazorca por planta a niveles mayores es compensado por el número de plantas por hectárea, razón por la cual el rendimiento no sufría variaciones.

Tabla 46: Análisis de varianza, Peso fresco de mazorca (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	0.003	0.0007	1.490
Variedades (V)	2	2.37E-05	1.18E-05	0.020
Densidad (D)	1	0.002	0.002	4.740 *
VD	2	0.003	0.002	3.460
Error	20	0.010	0.0005	
Total	29	0.018		
C.V. = 10.247%		Promedio=0.215kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

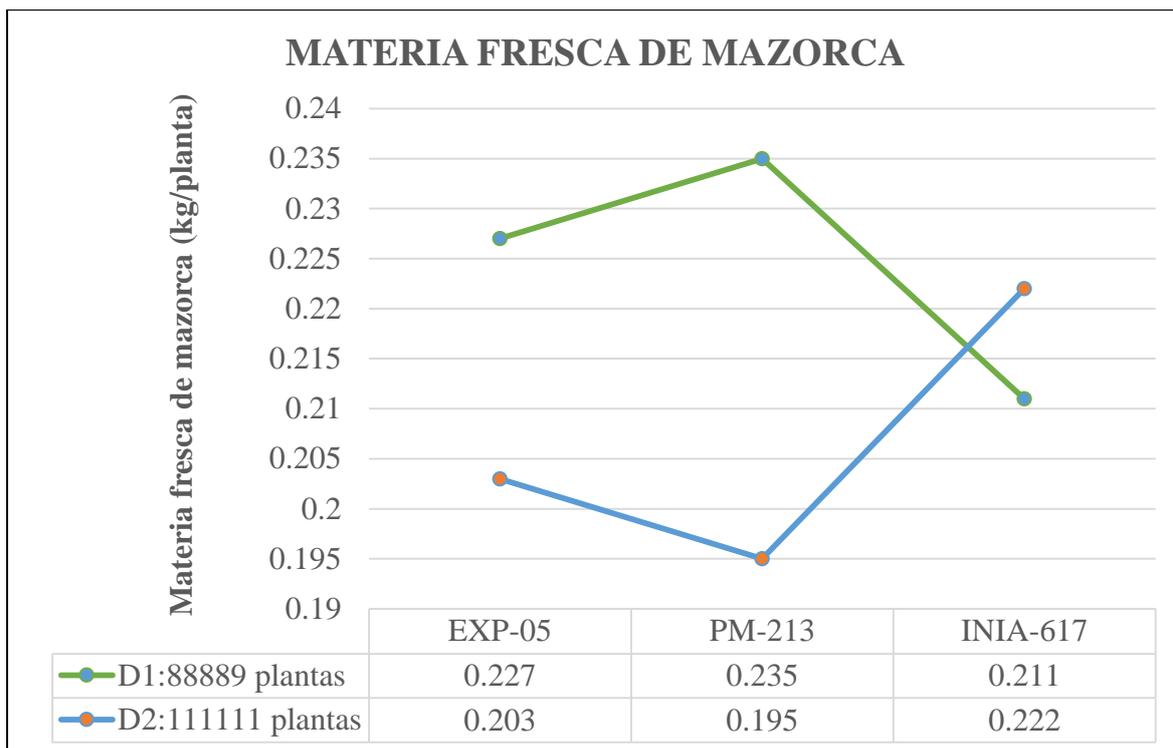


Figura 9: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de mazorca (kg)

Tabla 47: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de mazorca (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
INIA-617	0.217 A	101.40%
EXP-05	0.215 A	100.47%
PM-213	0.214 A	100

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 48: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de mazorca (kg).

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.224 A	108.22%
111111	0.207 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.2.5 Peso fresco de espiga por planta (kg)

Con los datos experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable peso fresco de espiga (tabla 56), la cual nos muestra que hay significación estadística en el factor densidades (D), pero no para la variedad (V) ni para la interacción (VD); el coeficiente de variabilidad fue de 22.41%.

En el gráfico 10 se observa que el mayor valor de peso corresponde a la d_1 (88 889 plantas/hectárea) con la variedad v_1 (EXP-05) con 0.009 kg. Al realizar la comparación de medias de Duncan (tabla 57 y 58) se observa que no hay diferencias estadísticas entre las variedades, pero si entre las densidades.

Tabla 49: Análisis de varianza, Peso fresco de espiga (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	6.55E-06	1.64E-06	0.510
Variedades (V)	2	1.08E-05	5.38E-06	1.660
Densidad (D)	1	1.92E-05	1.92E-05	5.930 *
VD	2	1.35E-05	6.74E-06	2.080
Error	20	1.08E-05	3.24E-06	
Total	29	1.15E-04		
C.V. = 22.410%		Promedio = 0.008kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

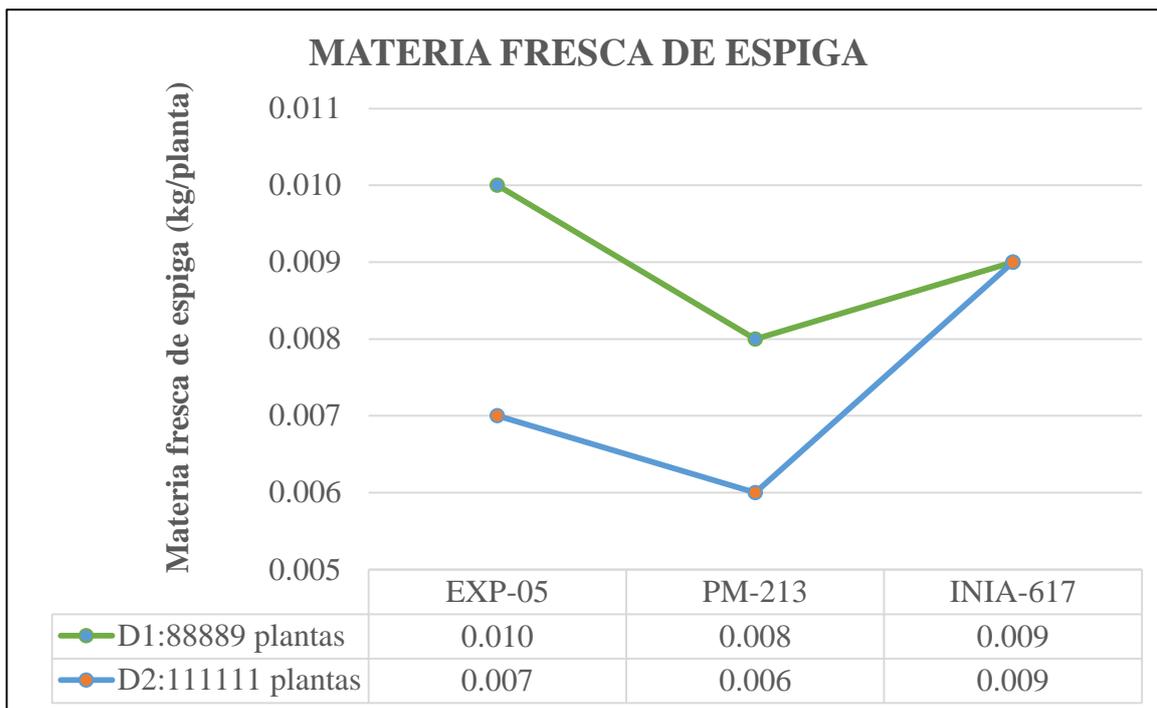


Figura 10: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso fresco de espiga (kg)

Tabla 50: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco de espiga (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
INIA-617	0.009 A	128.57%
EXP-05	0.008 A	114.29%
PM-213	0.007 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 51: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco de espiga (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.009 A	128.57%
111111	0.007 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.2.6 Peso fresco por planta (kg)

Con la suma de las 5 partes previamente evaluadas se halló un estimado del peso promedio por planta de cada tratamiento. Según el análisis de varianza (tabla 59) se determina que hay alta diferencia estadística significativa para la variedad (V) y la densidad (D) y solo diferencia estadística significativa para la interacción (VD), es por esto que es necesario realizar el análisis de varianza de efectos simples; El coeficiente de variabilidad fue del 5.28%.

En el análisis de efectos simples (tabla 60) en su fuente de variación en variedad en densidad de siembra d_1 (88 889 plantas/hectárea) y densidad en variedad v_1 (EXP-05) fueron altamente significativos: y para la densidad en variedad v_2 (PM-213) y en variedad v_3 (INIA-617) fueron significativos. Al realizar la prueba de comparación de medias (tabla 61, 62, 63 y 64) se observa que la variedad EXP-05 con la densidad de 88 889 plantas/hectárea posee el mayor peso fresco promedio con 1.28 kg/planta, siendo esta estadísticamente diferente del resto de combinaciones.

Tabla 52: Análisis de varianza, Peso fresco por planta (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F _{calc}
Bloques	4	0.039	0.010	2.870
Variedades (V)	2	0.050	0.025	7.340 **
Densidad (D)	1	0.146	0.146	42.790 **
VD	2	0.038	0.019	5.640 *
Error	20	0.068	0.003	
Total	29	0.342		
C.V. = 5.286%		Promedio=1.104kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 53: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso fresco por planta (kg)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fcalc
Variedad en d ₁ (88 889 plantas/ha)	2	0.087	0.044	12.760 **
Variedad en d ₂ (111 111 plantas/ha)	2	0.002	0.001	0.220
Densidad en v ₁ (EXP-05)	1	0.144	0.144	42.300 **
Densidad en v ₂ (PM-213)	1	0.024	0.024	7.100 *
Densidad en v ₃ (INIA-617)	1	0.016	0.016	4.670 *
Error	20	0.068	0.003	

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 54: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d₁), Peso fresco por planta (kg)

Variedad (V) en densidad 88889 (d ₁)	Promedio	Incremento
EXP-05	1.280 A	114%
PM-213	1.120 B	100%
INIA-617	1.120 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 55: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v₁), Peso fresco por planta (kg)

Densidad (D) en EXP-05 (v ₁)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	1.280 A	123%
111111 plantas/ha	1.040 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 56: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v₂), Peso fresco por planta (kg)

Densidad (D) en PM-213 (v ₂)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	1.120 A	110%
111111 plantas/ha	1.020 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 57: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v3), Peso fresco por planta (kg)

Densidad (D) en INIA-617 (v3)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	1.120 A	108%
111111 plantas/ha	1.040 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

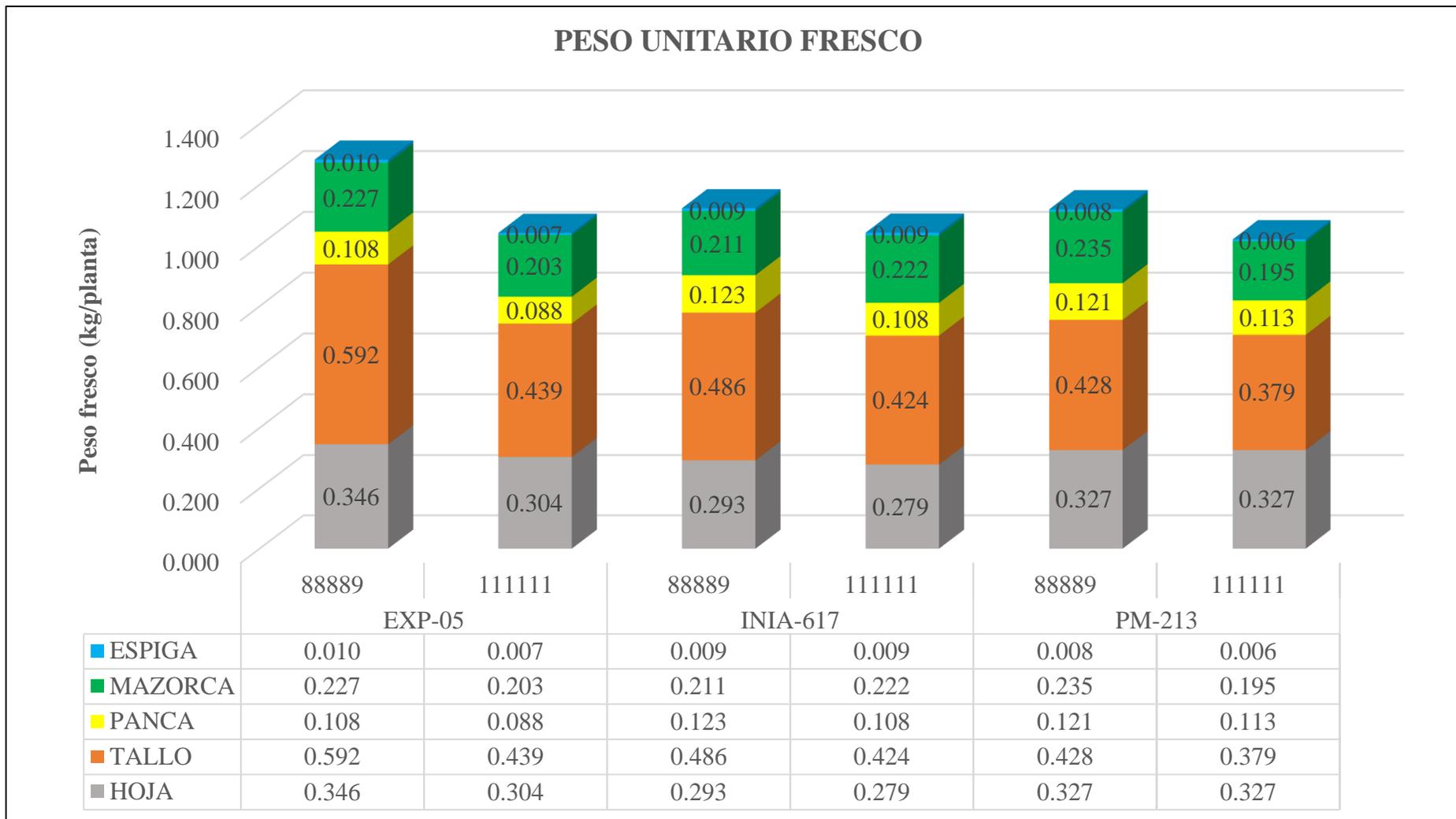


Figura 11: Promedio para el peso fresco por planta (Suma de partes anteriores) de la interacción de Densidades de siembra x Variedades de maíz amarillo duro

Tabla 58: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso fresco por planta (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	1.162 A	108.60%
INIA-617	1.082 B	101.12%
PM-213	1.070 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 59: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso fresco por planta (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	1.174 A	113.42%
111111	1.035 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

4.3.1 Peso seco de hojas por planta (kg)

Según el análisis de varianza (tabla 67) para la variable peso seco de hojas, se determina que hay alta diferencia estadística significativa para la variedad (V) y la densidad (D) y no tiene diferencia para la interacción (VD); El coeficiente de variabilidad fue del 5.59%.

En el gráfico 12, se observa que los mayores pesos obtenidos corresponden a las combinaciones de variedades (V) con la densidad d_1 (88 889 plantas/hectárea), siendo el mayor peso de la variedad v_1 (EXP-05) con 0.11 kg. Se puede deducir que la variable peso seco de hojas está influenciada por la densidad de siembra más que por la variedad, ya que, al haber una mayor densidad la competencia por espacio es más alta, provocando que las plantas concentren más cantidad de materia seca en densidades más bajas.

Tabla 60: Análisis de varianza, Peso seco de hojas (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	1.78E-04	4.45E-05	1.510
Variedades (V)	2	0.002	0.001	32.940 **
Densidad (D)	1	0.001	0.001	18.940 **
VD	2	1.07E-04	5.33E-05	1.810
Error	20	0.001	2.95E-05	
Total	29	0.004		
C.V. = 5.590%		Promedio = 0.097kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

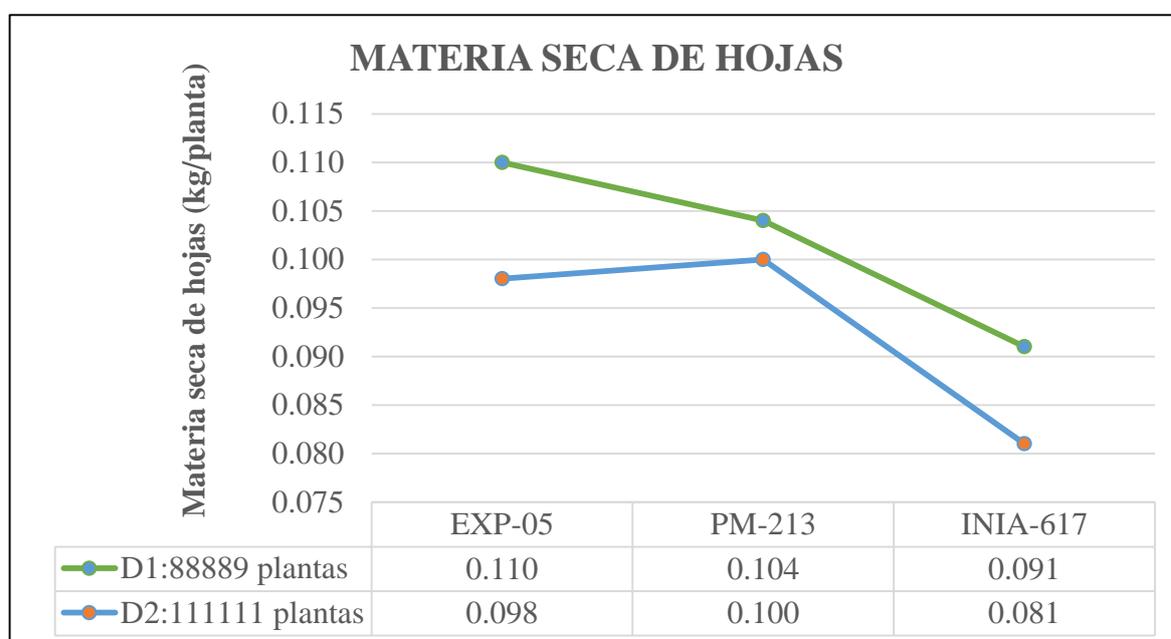


Figura 12: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de hojas (kg)

Tabla 61: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de hojas (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	0.104 A	120.90%
INIA-617	0.102 A	118.50%
PM-213	0.086 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 62: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de hojas (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.101 A	109.78%
111111	0.092 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.3.2 Peso seco de tallo por planta (kg)

Según el análisis de varianza (tabla 70) para la variable peso seco de tallo, se determina que hay alta diferencia estadística significativa para la variedad (V) y la densidad (D) y no tiene diferencia para la interacción (VD); El coeficiente de variabilidad fue del 7.8%.

En el gráfico 12, se observa que los mayores pesos obtenidos corresponden a las combinaciones de variedades (V) con la densidad d₁ (88 889 plantas/hectárea), siendo el mayor peso de la variedad v₁ (EXP-05) con 0.113 kg. Al realizar la comparación de medias de Duncan (tabla 71 y 72) se observa que entre las densidades y variedades todas son diferentes estadísticamente entre sí, es decir, que el peso seco está influenciado tanto por la variedad empleada como la densidad de siembra usada para el ensayo.

Tabla 63: Análisis de varianza, Peso seco de tallo (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	4.51E-04	1.13E-04	2.330
Variedades (V)	2	0.004	0.002	44 **
Densidad (D)	1	0.002	0.002	44.670 **
VD	2	1.93E-04	9.63E-05	1.990
Error	20	0.001	4.83E-05	
Total	29	0.008		
C.V. = 7.812%		Promedio = 0.089kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

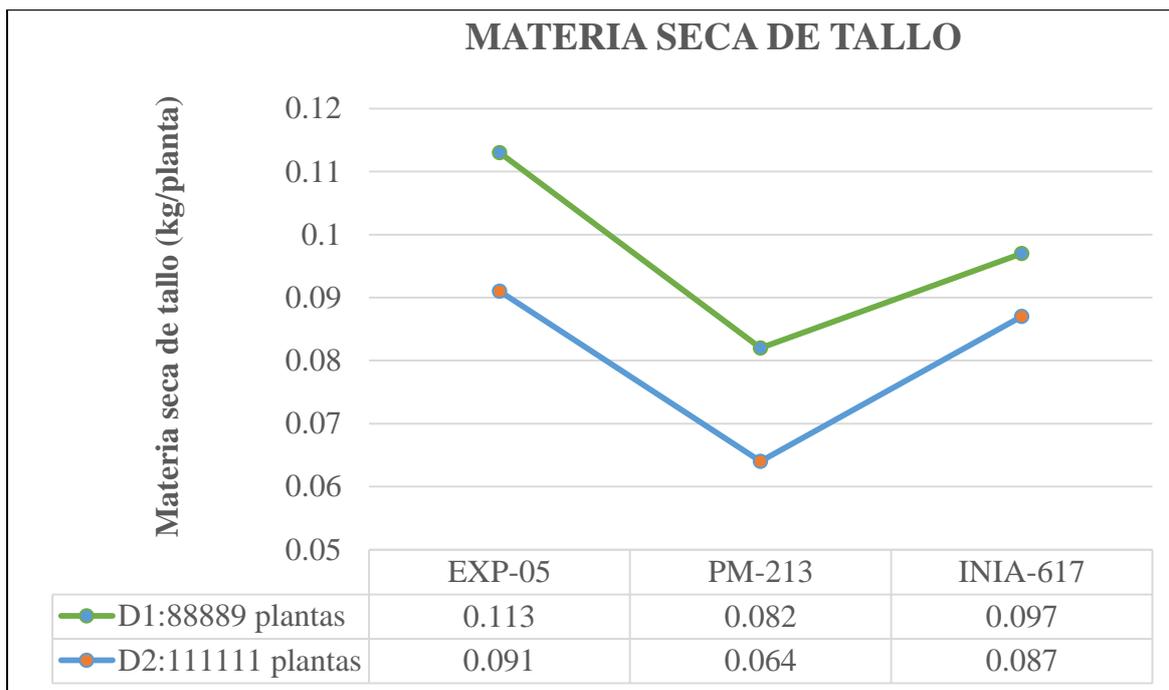


Figura 13 Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de tallo (kg)

Tabla 64: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de tallo (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	0.102 A	139.30%
INIA-617	0.092 B	125.30%
PM-213	0.073 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 65: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de tallo (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.097 A	121.10%
111111	0.080 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.3.3 Peso seco de panca por planta (kg)

En la tabla 73 se observa que para la variable peso seco de panca, se determina que hay alta diferencia estadística significativa para la variedad (V) y la densidad (D) y no tiene diferencia para la interacción (VD); El coeficiente de variabilidad fue del 8.36%.

Según el gráfico 13, se observa que los mayores pesos obtenidos corresponden a las combinaciones de variedades (V) con la densidad d_1 (88 889 plantas/hectárea), siendo el mayor peso de la variedad v_3 (INIA-617) con 0.068 kg. Al realizar la comparación de medias de Duncan (tabla 74 y 75) se observa que entre las variedades v_2 y v_3 no hay diferencia estadística.

Tabla 66: Análisis de varianza, Peso seco de panca (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	4.57E-04	1.14E-04	5.760
Variedades (V)	2	0.001	4.13E-04	20.810 **
Densidad (D)	1	4.17E-04	4.17E-04	21.010 **
VD	2	1.65E-05	8.23E-06	0.410
Error	20	3.97E-04	1.98E-05	
Total	29	0.002		
C.V. = 8.360%		Promedio = 0.053kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

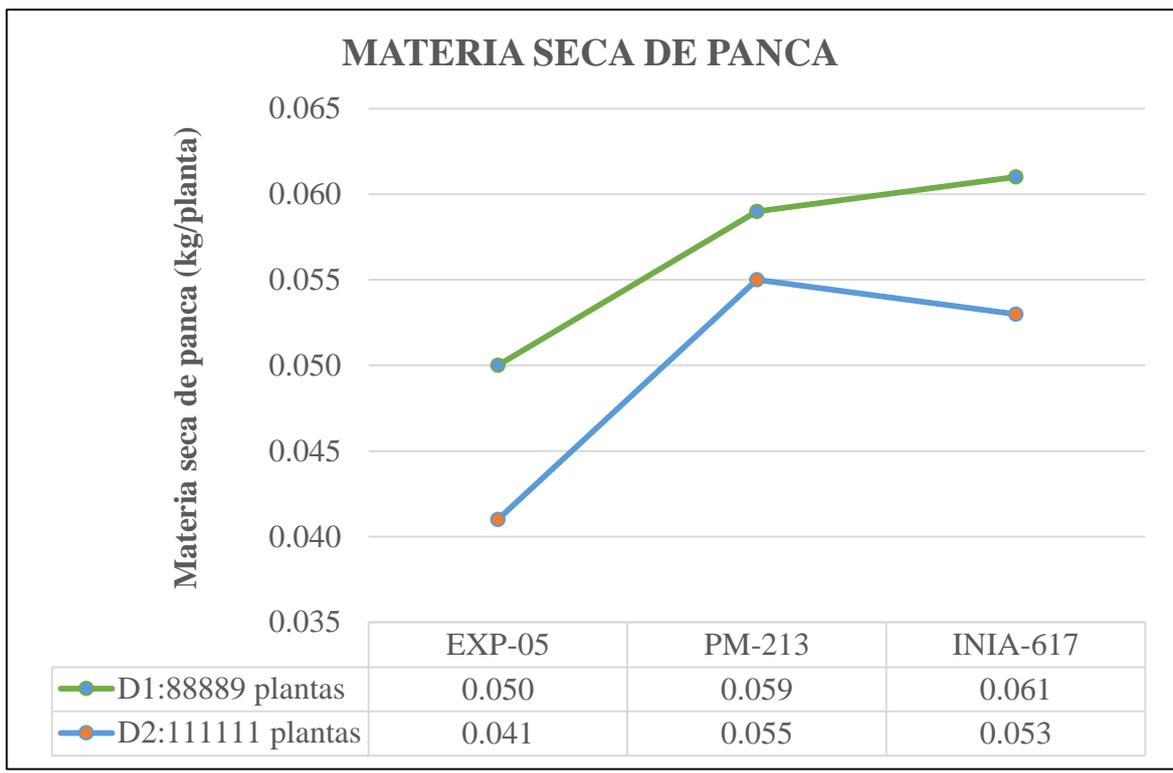


Figura 14: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de panca (kg)

Tabla 67: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de panca (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
PM-213	0.057 A	124.80%
INIA-617	0.057 A	123.70%
EXP-05	0.046 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 68: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de panca (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.057 A	114%
111111	0.050 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.3.4 Peso seco de mazorca por planta (kg)

Según la tabla 76, nos muestra que hay significación estadística entre los factores densidad (D) y para la interacción de variedad-densidad (VD), pero no para el factor variedad (V); por lo que debe realizarse el análisis de varianza de efectos simples; el coeficiente de variabilidad fue de 9.24%. En el análisis de efectos simples (tabla 77), su fuente de variación en densidad en variedad v_1 (EXP-05) y densidad en variedad v_2 (PM-213) fueron altamente significativo y solo significativo respectivamente. En la comparación de medias (tabla 78 y 79) se observa que la variedad PM-213 con la densidad de 88 889 plantas/hectárea posee el mayor peso seco promedio de mazorca con 0.12 kg.

Tabla 69: Análisis de varianza, Peso seco de mazorca (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	0.001	1.71E-04	1.740
Variedades (V)	2	1.41E-05	7.03E-06	0.070
Densidad (D)	1	0.001	0.001	7.540 *
VD	2	0.001	4.03E-04	4.110 *
Error	20	0.002	9.81E-05	
Total	29	0.004		
C.V. = 9.238%		Promedio = 0.107kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 70: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Peso seco de mazorca (kg)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fcalc
Variedad en d_1 (88 889 plantas/ha)	2	0.0003	0.0002	1.550
Variedad en d_2 (111 111 plantas/ha)	2	0.0005	0.0003	2.630
Densidad en v_1 (EXP-05)	1	0.0005	0.0005	5.280 *
Densidad en v_2 (PM-213)	1	0.001	0.001	9.990 **
Densidad en v_3 (INIA-617)	1	0.0001	0.00005	0.490
Error	20	0.002	0.0001	

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 71: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v₁), Peso seco de mazorca (kg)

Densidad (D) en EXP-05 (v ₁)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	0.110 A	110%
111111 plantas/ha	0.100 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 72: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v₂), Peso seco de mazorca (kg)

Densidad (D) en PM-213 (v ₂)	Promedio	Incremento
88889 plantas/ha	0.120 A	120%
111111 plantas/ha	0.100 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

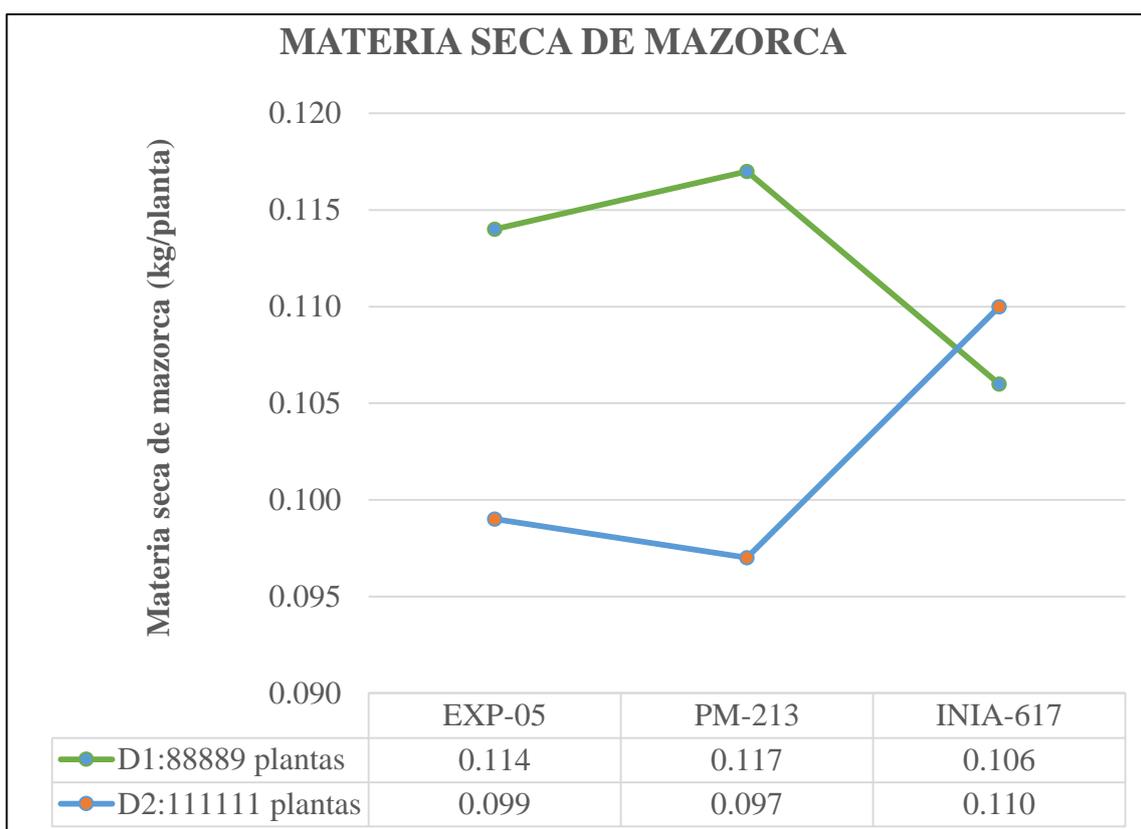


Figura 15: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de mazorca (kg)

Tabla 73: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de mazorca (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
INIA-617	0.108 A	101.40%
EXP-05	0.107 A	100.10%
PM-213	0.107 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 74: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de mazorca (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.112 A	109.70%
111111	0.102 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.3.5 Peso seco de espiga por planta (kg)

Según el análisis de varianza (tabla 82), se determina que no hay significación estadística para la variedad (V), la densidad (D) y su interacción (VD); El coeficiente de variabilidad fue del 25.86%.

En el gráfico 15, se observa que los mayores pesos obtenidos corresponden a las combinaciones de variedades (V) con la densidad d_1 (88 889 plantas/hectárea), siendo el mayor peso de la variedad v_1 (EXP-05) con 0.0073 kg. Al realizar la comparación de medias de Duncan (tabla 83 y 84) se observa que entre las variedades v_2 y v_3 no hay diferencia estadística.

Tabla 75: Análisis de varianza, Peso seco de espiga (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	8.59E-06	2.15E-06	0.920
Variedades (V)	2	7.78E-06	3.89E-06	1.670
Densidad (D)	1	9.63E-06	9.63E-06	4.140
VD	2	4.30E-06	2.15E-06	0.920

«continuación»

Error	20	4.66E-05	2.33E-06	
Total	29	7.69E-05		
C.V. = 25.862%		Promedio = 0.006kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

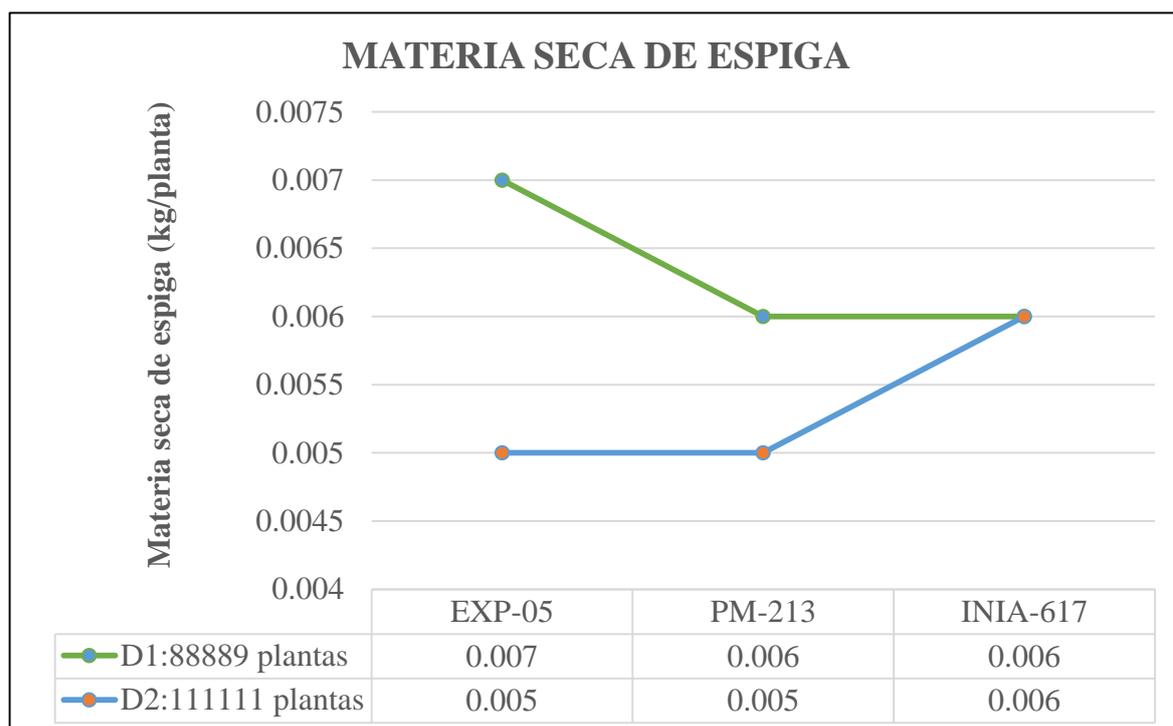


Figura 16: Promedio de los tratamientos (DxV), Peso seco de espiga (kg)

Tabla 76: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco de espiga (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	0.006 A	120.85%
INIA-617	0.006 A	120.85%
PM-213	0.005 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 77: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco de espiga (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.006 A	121.25%
111111	0.005 A	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.3.6 Peso seco por planta (kg)

Con la suma de las 5 partes previamente evaluadas se halló un estimado del peso promedio por planta de cada tratamiento. Según el análisis de varianza (tabla 85) se determina que hay alta diferencia estadística significativa para la densidad (D) mientras que no hay diferencias significativas para la variedad (V) y su interacción (VD); El coeficiente de variabilidad fue del 5.33%.

Del gráfico 16 se desprende que siempre los mayores valores de peso por planta corresponden a las densidades de siembra d_1 (88 889 plantas/hectárea), siendo la de mayor valor la variedad v_1 (EXP-05). En la prueba de comparaciones de Duncan para las variedades (tabla 86 y 87) se determina que no hay diferencia significativa entre las variedades EXP-05 e INIA 617, sin embargo, si la hay con respecto a la variedad PM-213. Los efectos de las densidades de siembra son diferentes entre sí.

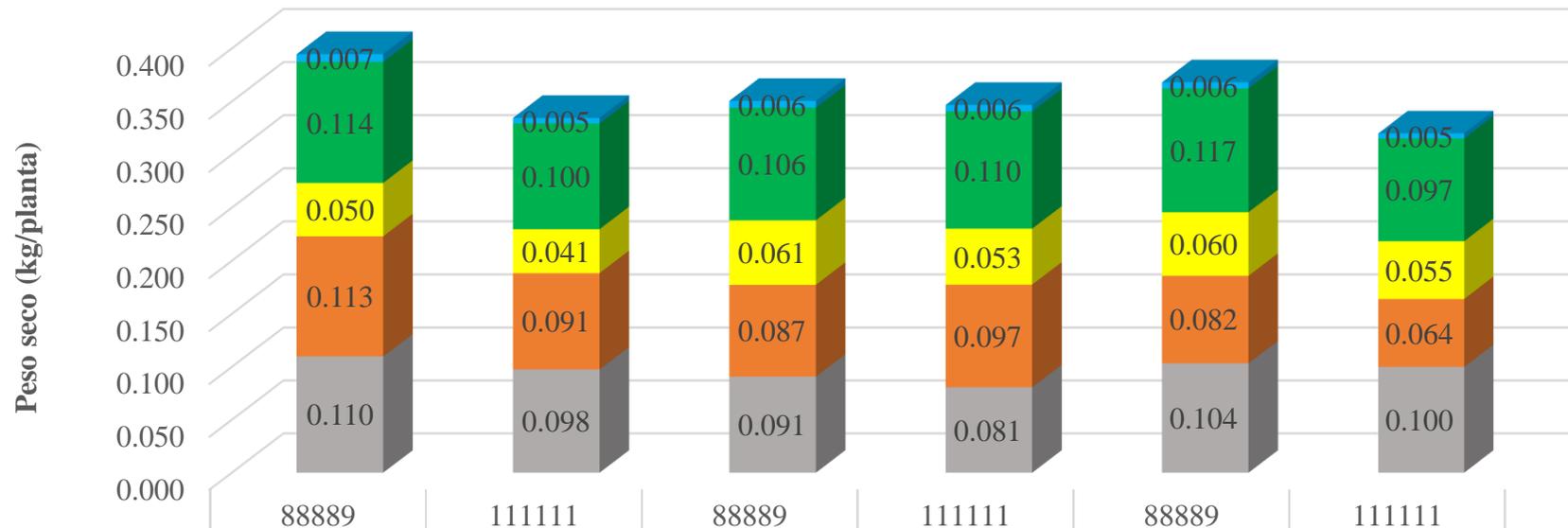
Tabla 78: Análisis de varianza, Peso seco por planta (kg)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	0.005	0.001	3.300
Variedades (V)	2	0.002	0.001	3.310
Densidad (D)	1	0.015	0.015	41.230 **
VD	2	0.002	0.001	2.360
Error	20	0.007	0.0003	
Total	29	0.029		
C.V. = 5.337%		Promedio = 0.352kg		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

PESO UNITARIO SECO POR PLANTA



	EXP-05		INIA-617		PM-213	
	88889	111111	88889	111111	88889	111111
■ ESPIGA	0.007	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005
■ MAZORCA	0.114	0.100	0.106	0.110	0.117	0.097
■ PANCA	0.050	0.041	0.061	0.053	0.060	0.055
■ TALLO	0.113	0.091	0.087	0.097	0.082	0.064
■ HOJA	0.110	0.098	0.091	0.081	0.104	0.100

Título del eje

■ HOJA ■ TALLO ■ PANCA ■ MAZORCA ■ ESPIGA

Figura 17: Promedio para el peso seco por planta de la interacción de Densidades de siembra x Variedades de maíz amarillo duro.

Tabla 79: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Peso seco por planta (kg)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	0.365 A	105.90%
INIA-617	0.349 AB	101.40%
PM-213	0.344 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 80: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Peso seco por planta (kg)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
88889	0.375 A	113.40%
111111	0.330 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.4 RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE (t/ha)

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable Rendimiento de forraje verde (tabla 88), los resultados indican que se presenta alta significación estadística para la densidad de siembra (D) y las variedades (V), pero no presenta significación estadística para la interacción (VD); el coeficiente de variabilidad es de 2.18%. Barrenechea (2002), también encontró que al realizar el ANVA a la variable rendimiento de peso fresco por hectárea, las variedades y las densidades poseían diferencia significativa entre sí, mas no a la combinación de variedades por densidades de los tratamientos.

En el gráfico 17, se observan los resultados de los rendimientos obtenidos a través del muestreo de parcela, la cual muestra que la d_2 (111 111 plantas/hectárea) posee una media superior de peso que la d_1 (88 889 plantas/hectárea), siendo en ambos casos la variedad v_1 (EXP-05) la que registra mayor peso con 103.97 t/ha y 90.7 t/ha respectivamente. Alpino (1998), quien estudiando el efecto de la densidad en la distribución porcentual del peso fresco de partes principales de la planta de maíz encontró que al disminuir la densidad de 110 000 a 100 000 plantas por hectárea el rendimiento por planta y por consiguiente por hectárea aumentaba.

La relación entre los niveles de densidad de siembra y el rendimiento obtenido son directamente proporcionales entre sí, aumentan de manera creciente hasta un punto en el cual una mayor densidad solo provoca un decrecimiento en el rendimiento por efecto de la competencia entre plantas, talvez por nutrientes del suelo, luz, humedad y autosombreamiento.

Tabla 81: Análisis de varianza, Rendimiento de forraje verde (t/ha)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	24.940	6.235	1.490
Variedades (V)	2	359.368	179.684	42.870 **
Densidad (D)	1	1311.160	1311.16	312.820 **
VD	2	16.644	8.322	1.990
Error	20	83.829	4.191	
Total	29	1795.940		
C.V. = 2.184%		Promedio = 93.750t/ha		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

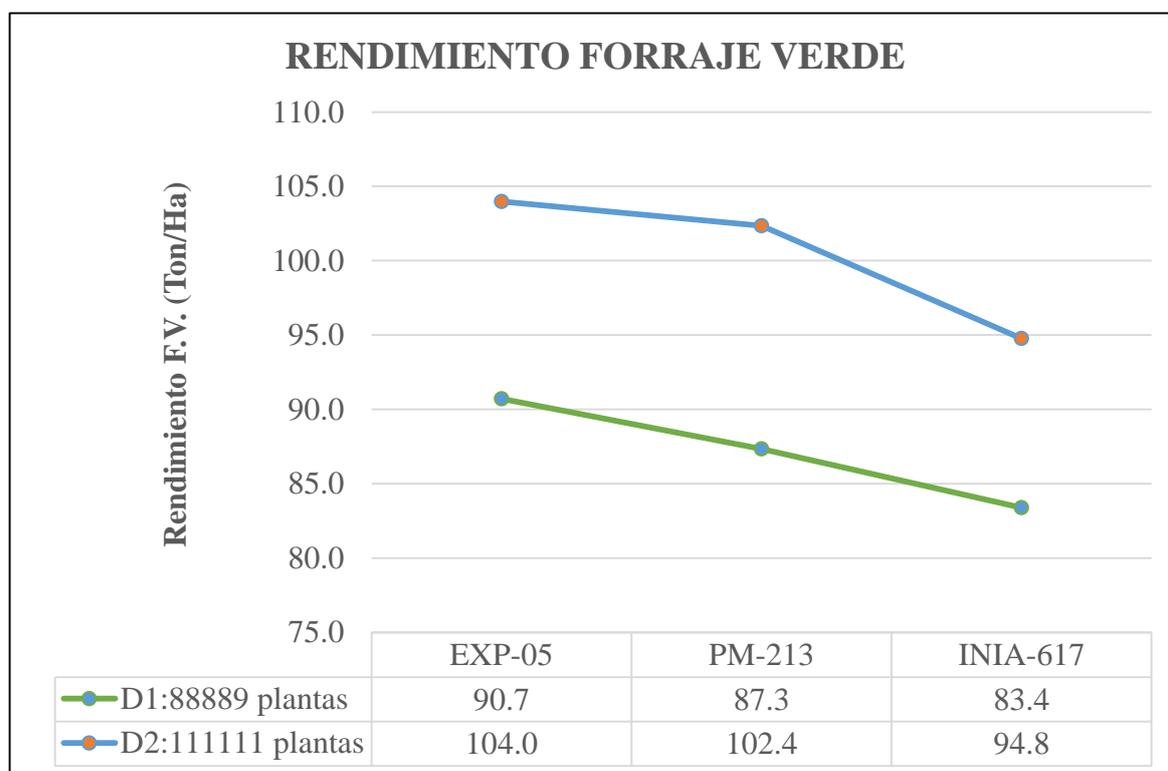


Figura 18: Promedio de los tratamientos (DxV), Rendimiento de forraje verde (t/ha)

Tabla 82: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Rendimiento de forraje verde (t/ha)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	97.339 A	109.30%
PM-213	94.837 B	106.50%
INIA-617	89.073 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 83: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Rendimiento de forraje verde (t/ha)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
111111	100.361 A	115.17%
88889	87.139 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

4.5 RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (t/ha)

Con los datos experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA) para la variable Rendimiento de materia seca (tabla 91), la cual nos muestra que hay gran significación estadística entre las los factores variedades (V) y densidades (D), y para la interacción de variedad-densidad (VD) solo significación estadística, por lo cual es necesario realizar el análisis de varianza de efectos simples; el coeficiente de variabilidad fue de 3.22%.

En el análisis de efectos simples (tabla 92) en su fuente de variación variedad en densidad de siembra d₁ (88 889 plantas/hectárea) fue estadísticamente significativa; mientras que la variedad en densidad de siembra d₂ (111 111 plantas/hectárea), la densidad de siembra con v₁ (EXP-05), v₂ (PM-213) y v₃ (INIA-617) fueron altamente significativos. Al realizar la prueba de comparación de medias (tabla 93, 94, 95, 96 y 97) se observa que la variedad EXP-05 con la densidad d₂ (111 111 plantas/hectárea) posee el mayor peso con 33.45 t/ha.

Tabla 84: Análisis de varianza, Rendimiento de materia seca (t/ha)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	4	4.152	1.038	1.120
Variedades (V)	2	22.514	11.256	12.120 **
Densidad (D)	1	134.129	134.129	144.410 **
VD	2	6.666	3.333	3.590 *
Error	20	18.576	0.929	
Total	29	186.038		
C.V. = 3.219%		Promedio = 29.936t/ha		

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 85: Análisis de efectos simples para la interacción Variedad x Densidad, Rendimiento de materia seca (t/ha)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fcalc
Variedad en d1 (88 889 plantas/ha)	2	9.062	4.531	4.880 *
Variedad en d2 (111 111 plantas/ha)	2	20.118	10.059	10.830 **
Densidad en v1 (EXP-05)	1	76.721	76.721	82.600 **
Densidad en v2 (PM-213)	1	28.264	28.264	30.430 **
Densidad en v3 (INIA-617)	1	35.795	35.795	38.540 **
Error	20	18,576	0.929	

* significación al 5% de probabilidad

** significación al 1% de probabilidad

Tabla 86: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 88889 plantas/ha (d₁), Rendimiento de materia seca (t/ha)

Variedad (V) en densidad 88889 (d ₁)	Promedio	Incremento
PM-213	28.730 A	107%
EXP-05	27.910 AB	104%
INIA-617	26.830 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 87: Comparación de Medias de la interacción Variedad (V) - Densidad 111111 plantas/ha (d₂), Rendimiento de materia seca (t/ha)

Variedad (V) en densidad 111111 (d₂)	Promedio	Incremento
EXP-05	33.450 A	109%
PM-213	32.090 B	105%
INIA-617	30.610 C	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 88: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad EXP-05 (v₁), Rendimiento de materia seca (t/ha)

Densidad (D) en EXP-05 (v₁)	Promedio	Incremento
111111 plantas/ha	33.450 A	120%
88889 plantas/ha	27.910 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 89: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad PM-213 (v₂), Rendimiento de materia seca (t/ha)

Densidad (D) en PM-213 (v₂)	Promedio	Incremento
111111 plantas/ha	32.090 A	112%
88889 plantas/ha	28.730 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 90: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Variedad INIA-617 (v₃), Rendimiento de materia seca (t/ha)

Densidad (D) en INIA-617 (v₃)	Promedio	Incremento
111111 plantas/ha	30.610 A	114%
88889 plantas/ha	26.830 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

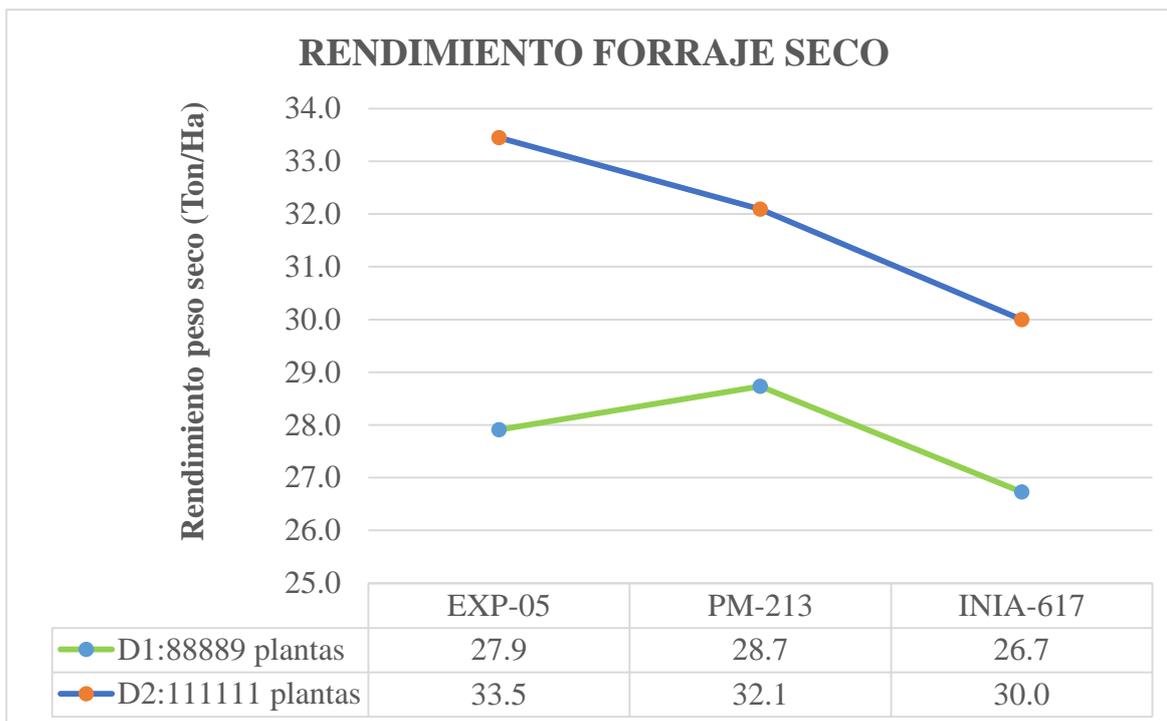


Figura 19: Promedio de los tratamientos (DxV), Rendimiento de materia seca (t/ha)

Tabla 91: Comparación de medias para Variedades en promedio de Densidades de siembra, Rendimiento de materia seca (t/ha)

Variedades	Promedio	Incremento (%)
EXP-05	30.679 A	106.80%
PM-213	30.407 A	105.90%
INIA-617	28.722 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

Tabla 92: Comparación de medias para Densidades en promedio de Variedades, Rendimiento de materia seca (t/ha)

Densidad	Promedio	Incremento (%)
111111	32.051 A	115.20%
88889	27.822 B	100%

Prueba de Duncan (alfa=5%)

V. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el experimento realizado se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se encontró interacción entre Densidades de siembra por Variedades en las variables diámetro de tallo, peso fresco de hojas, peso fresco por planta, peso seco de mazorca y rendimiento de materia seca.
- En rendimiento de forraje verde por hectárea, todos los tratamientos superaron las 80 toneladas por hectárea. La mejor densidad 111 111 plantas/hectárea con un promedio de 100 t/hectárea, **y la mejor variedad EXP-05 con un promedio de 103.97 t/hectárea.**
- En rendimiento de materia seca por hectárea, todos los tratamientos superaron las 26 toneladas por hectárea. La variedad EXP-05 con la densidad de 111 111 plantas/hectárea registro el mayor peso seco con 33.45 t/hectárea.
- El **acame** en campo, están **directamente relacionados** con la altura de planta (cm) y la altura de mazorca (cm) principalmente **con la densidad de 111 111 plantas/hectárea** en donde el mayor incremento se tuvo con **PM-213**.
- El híbrido **EXP-05** con la densidad de siembra de **111 111 plantas/hectárea** mostro una mejor adaptabilidad forrajera para rendimiento de forraje verde y materia seca.

VI. RECOMENDACIONES

- Se deben realizar ensayos similares para diferentes condiciones climáticas a lo largo de la costa peruana, debido a que los rendimientos de forraje varían según el clima y el manejo de cultivo.
- Se deben evaluar otros híbridos comerciales forrajeros adaptados a costa bajo las mismas densidades empleadas.
- Para futuros ensayos, se debe adicionar un análisis de proteínas y Fibra Detergente Neutro para determinar que variedad posee mejor valor nutricional y proteínico enfocado al uso de forraje.
- Se debe cosechar la chala en estado de grano lechoso para ganado vacuno.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpino, P. 1998. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de maíz chala PMS-270. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Alviz, R. 2015. Adaptabilidad de cuatro cultivares de Maíz (*Zea mays* L.) con fines forrajeros en condiciones del Centro de Producción y Capacitación granja 'La Perla' Chumbivilcas – Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. UNSA. Arequipa-Perú.
- Ariza, M. 1996. Respuesta a la fertilización y Densidad de siembra en variedades de maíz (*Zea mays* L.) en la sierra alta. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Barnett, J. 1980. Como se desarrolla una planta de maíz. CIMMYT pág. 101 -105. México. (Mimeografiado). 118 pág.
- Barrenechea, F. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y valor nutritivo en seis cultivares de maíz chala (DK821, DK834, DK754S, XL650, CHALA PUENTE Y PM212) para ensilaje en la zona de Chancay (Lima). Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Bertoia, L. 2004. Algunos conceptos sobre el cultivo de maíz para ensilaje. (On-line). Cátedra de cerealicultura y manejo de praderas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. <http://www.infortambo.com.ar/admin/upload/arch/El%20cultivo%20de%20maiz%20para%20ensilaje%20-%20L%20Bertoia.pdf> (11 agosto, 2008)
- Bolaños, J. P. 1998. Evaluación de 3 híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) bajo dos densidades y dos disposiciones de plantas por golpe. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.

- Calzada, B. 1985. Métodos Estadísticos para la investigación. Quinta Edición Lima, Perú. 624 p.
- Castillo, L. 1991. Evaluación de ocho híbridos de maíz amarillo duro de porte alto, bajo tres densidades de siembra en Costa Norte y Costa Central del Perú. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Castope Rodríguez, AO. 2014. Comparativo de veintiséis híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* l.) con fines forrajeros en LAREDO, TRUJILLO.
- Celi, R. 2019. Revista virtual 'Actualidad Ganadera'. La chala de maíz en el sistema comercial local ¿Deja espacio para mejorar la rentabilidad en la lechería? – Disponible en: <<http://www.actualidadganadera.com/articulos/la-chala-de-maiz-en-el-sistema-comercial-local-deja-espacio-para-mejorar-la-rentabilidad-en-la-lecheria.html>>.
- Chumpitaz Quevedo, D.J. 2018. Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) con abono foliar en la localidad de La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Chura, C; Huanuqueño, C. 2015. Comportamiento de ocho poblaciones de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en cruces con un probador. In Anales Científicos. s.l., s.e. p. 78-86.
- Cirilo A.G. 2004. Fecha de siembra y rendimiento en maíz. IDIA XXI 6: 122-127
- Córdova, R. N. 1996. Comportamiento de seis híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) a diferentes densidades de siembra en costa central. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- ECOCROP. 2007. Data sheet *Zea mays*. Disponible en <<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=2175>>
- Feijóo O. 2005. Comparativo de dos cultivares de maíz chala (*Zea mays* l.) a tres distanciamientos en el valle de Tumbes. Tesis optar título Ingeniero agrónomo, Tumbes – Perú, 90 pág.

- Fernández, L. 1973. Densidad de siembra en maíz. Informativo del maíz. PCIM UNALM, vol. 17: (5-9). Lima-Perú.
- Fernández, C. E. 2013. Guía técnica: Formulación de alimentos balanceados y mejoramiento genético en ganado lechero. Agrobanco. Perú. <Disponible en <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-hganado.pdf>>
- Flórez, A. 2001. Producción lechera en la irrigación de Majes-Arequipa. Un sistema de alimentación para vacas lecheras en áreas de irrigación. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 12(2):14-20.
- Flórez, A. 2006. Producción de maíz como chala chocleada para alimentar vacunos lecheros. AGRO ENFOQUE [PERU]. 151:6-10.
- Fries, A.M; Tapia, M.E. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. s.l., FAO, ANPE-PERÚ.
- Fuentes, J.; Cruz, A.; Castro, L.; Gloria, G.; Rodríguez, S.; Ortiz, B. 2000. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. En prensa en Agronomía Mesoamericana.
- García, V. 2018. Habilidad combinatoria y heterosis en cruzas de maíz (*Zea mays* L.) amarillo duro en la localidad de La Molina. s.l., Universidad Nacional Agraria La Molina. 90 p.
- Guinoza- Kobashikawa. J. 1997. Efecto del número de plantas por golpe y densidad de siembra en dos híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Huamán, J. 1994. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y algunas características biométricas del maíz chalero PM-270 en la Costa Central. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.

- Jugenheimer, R. W. 1990. Maíz, Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Ed. LIMUSA. pp: 489–502.
- Klein, F. 1994. Utilización de ensilaje de maíz en producción de leche. s.l., Estación Experimental.
- López, M. 1996. Caracterización de 6 variedades de maíz para Sierra alta en diferentes niveles tecnológicos. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- Manrique A. 1997. El maíz en el Perú. CONCYTEC. Edigraf. S.A. Lima-Perú.
- MINAGRI. 2019. Serie estadística regional para el cultivo de maíz chala de los años 2015 al 2017. Disponible en <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult>
- Noriega, V. 2001. Siembra y abonamiento del maíz amarillo duro. INIA. Ministro de agricultura. Lima, Perú. 31 p.
- OECD. 2003. Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. *mays* (Maize). OECD Environment, Health and Safety Publications. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology. No. 27. Paris. Disponible en: <<http://www.oecd.org/ehs>>.
- Ortas, L. 2008. Cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales.
- Paliwal, R. L. 2001. d. Origen, evolución y difusión del maíz. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, 28, 5-9.
- Pasache, O. 1998. Estudio comparativo de cinco cultivares de maíz (*Zea mays* L.) para forraje en la zona de Chancay. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- PNIA (Programa Nacional de Innovación Agraria en Maíz). 2010. Boletín informativo, Maíz forrajero INIA 617 – CHUSKA
http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/676/1/Trip-Maiz_forrajero_INIA617.pdf

- Ramírez, H. 2006. Parámetros fenoproductivos del maíz forrajero y su asociación con el índice potencial del rendimiento lechero. Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias. Universidad de Colima. México. 106p.
- Reategui R., A.M. 2015. Distanciamiento de siembra y su efecto en las Características Agronómicas en diferentes tiempos de corte del forraje (*Zea mays* L.) híbrido DOW 2B710 en Zungarococha. Tesis Ing. Agrónomo. UNAP. Iquitos - Perú
- Rodríguez, M. 2005. Martín Cárdenas, el eximio botánico y naturalista de América. Bolivia, Plural. 539 p.
- Romero, L. 2004. Silaje de maíz. (On-line). Guillermo Bavera. http://produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_ensilajes/05-silaje_maiz.htm (10 agosto, 2008).
- Santillán Cruz, B. B. 2015. Efecto de arreglos de siembra y variedades de maíz (*Zea mays* L.) en el rendimiento forrajero, en la estación experimental de Huambo, provincia Rodríguez de Mendoza. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- Serratos H., J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. 31 p.
- Sistema de Información Rural Arequipa – SIRA/ Convenio SADA – GTZ – IICA. 2005. Ficha técnica Cultivo MAÍZ FORRAJERO. <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2015/03/133.pdf>
- Valladares, C. 2010. Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras centro universitario regional del litoral Atlántico (CURLA), departamento de producción vegetal asignatura cultivos de grano Sección 10(01).
- Van Inghelandt, D., Melchinger, A., Lebreton, C., Stich, B. 2010. Population structure and genetic diversity in a commercial maize breeding program assessed with SSR and SNP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 120(7):1289-1299. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1256-2>.

Vega, C.R. y Andrade, F. H. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. INTA. Argentina. 25 p

Villar Vera, L. 1995. Manejo y conducci3n del cultivo de Maíz, Santa F3 Bogot3 – Colombia. ET. Vol. 2.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Serie de estadísticas de producción agrícola (SEPA) de maíz amarillo duro para Perú

1) Maíz chala – Producción (t)

PRODUCCIÓN (t)				
Años	TOTAL NACIONAL	AREQUIPA	LA LIBERTAD	LIMA
2015	1660091	603229	155263	587586
2016	1633902	640814	172705	511159
2017	1782914	875279	161043	476728

Fuente SEPA – Elaboración propia

2) Maíz chala – Superficie cosechada (ha)

SUPERFICIE COSECHADA (ha)				
Años	TOTAL NACIONAL	AREQUIPA	LA LIBERTAD	LIMA
2015	35336	10575	2758	14068
2016	34885	11958	2927	12395
2017	36311	15653	2673	11179

Fuente: SEPA – Elaboración propia

3) Maíz chala – Rendimiento (kg/ha)

RENDIMIENTO (kg/ha)				
Años	TOTAL NACIONAL	AREQUIPA	LA LIBERTAD	LIMA
2015	46980	57043	56296	41768
2016	46836	53589	59004	41239
2017	49101	55918	60259	42645

Fuente: SEPA – Elaboración propia

Anexo 3: Valores registrados del experimento por Densidad*Variedad

Variedad	Densidad	Alt. (cm)	Alt. Prom mazorca (cm)	Diámetro (cm)	Rend. Fresco surco	Peso x Planta	Rend. Por Ha (Kg.)
EXP-05	111111	319.79	215.34	2.42	59.84	1.00	110814.70
EXP-05	111111	308.77	207.48	2.44	59.26	0.99	109740.63
EXP-05	111111	308.54	206.08	2.52	59.73	1.00	110611.00
EXP-05	111111	317.69	211.50	2.45	59.95	1.03	114846.63
EXP-05	111111	318.91	211.00	2.49	58.57	0.98	108462.85
EXP-05	88889	308.77	195.33	2.88	52.59	1.10	97389.01
EXP-05	88889	309.39	206.86	2.81	53.12	1.11	98370.49
EXP-05	88889	305.59	202.43	2.82	52.79	1.10	97759.38
EXP-05	88889	319.19	239.22	2.76	50.68	1.08	95848.82
EXP-05	88889	298.65	198.45	2.77	52.82	1.10	97814.94
INIA-617	111111	306.05	212.45	2.44	55.00	0.92	101851.75
INIA-617	111111	313.80	217.33	2.47	55.63	0.93	103018.42
INIA-617	111111	303.10	213.82	2.47	54.77	0.91	101425.82
INIA-617	111111	296.97	202.29	2.41	54.86	0.95	105095.68
INIA-617	111111	334.08	239.30	2.34	48.40	0.88	97777.68
INIA-617	88889	283.92	173.46	2.66	48.70	1.01	90185.30
INIA-617	88889	289.13	184.97	2.51	49.80	1.04	92222.34
INIA-617	88889	290.64	196.10	2.56	47.75	1.02	90307.44
INIA-617	88889	315.12	218.15	2.62	44.11	0.98	87130.97
INIA-617	88889	329.20	212.89	2.64	47.83	1.02	90458.74

«continuación»

PM-213	111111	305.55	204.11	2.54	58.65	0.98	108611.00
PM-213	111111	274.55	183.19	2.55	59.30	0.99	109814.71
PM-213	111111	288.18	180.97	2.58	58.10	0.98	109416.09
PM-213	111111	286.09	181.27	2.48	58.80	0.98	108888.78
PM-213	111111	274.65	174.45	2.51	57.90	0.98	109039.44
PM-213	88889	300.39	198.63	2.65	50.96	1.06	94370.49
PM-213	88889	323.90	213.16	2.58	51.94	1.08	96185.31
PM-213	88889	318.87	213.80	2.60	50.54	1.05	93592.71
PM-213	88889	309.86	196.34	2.56	48.50	1.03	91725.88
PM-213	88889	301.64	197.71	2.57	49.60	1.06	93806.26