

El maíz (*Zea mays* L.) cultivado con
estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.)
para una sostenibilidad en el distrito de
Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Juan Rodríguez-Layza
Javier J. Gonzales-Arteaga
Gilberto Arquímedes García Pando
Julián Chura Chuquija
Ladislao C. Romero-Rivas
Ronald Hector Revolo Acevedo
Noemí Florabel Pacconcca Perez

**El maíz (*Zea mays* L.) cultivado con
estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) para
una sostenibilidad en el distrito de
Chontabamba (Oxapampa-Perú)**

El maíz (*Zea mays* L.) cultivado con estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Autores:

Juan Rodríguez-Layza

Javier J. Gonzales-Arteaga

Gilberto Arquímedes García Pando

Julián Chura Chuquija

Ladislao C. Romero-Rivas

Ronald Hector Revolo Acevedo

Noemí Florabel Pacconcca Perez

El maíz (*Zea mays* L.) cultivado con estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación íntegra o parcialmente por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE).

Copyright © 2025

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador

Tel.: + (593) 04 2037524

<http://www.cidecuador.org>

ISBN: 978-9942-679-54-3

<https://doi.org/10.33996/cide.ecuador>.

Dirección editorial: Lic. Pedro Misacc Naranjo, Msc.

Coordinación técnica: Lic. María J. Delgado

Diseño gráfico: Lic. Danissa Colmenares

Diagramación: Lic. Alba Gil

Fecha de publicación: mayo, 2025



Guayaquil – Ecuador

La presente obra fue evaluada por pares académicos
experimentados en el área.

Catalogación en la Fuente

El maíz (*Zea mays* L.) cultivado con estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú) / Juan Rodríguez-Layza, Javier J. Gonzales-Arteaga, Gilberto Arquímedes García Pando, Julián Chura Chuquija, Ladislao C. Romero-Rivas, Ronald Hector Revolo Acevedo y Noemí Florabel Pacconcca Perez. - Ecuador: Editorial CIDE, 2025.

131 p.: incluye tablas, figuras; 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-9942-679-54-3

1. Leguminosas 2. Cultivo 3. Sostenibilidad



Dedicatoria

A DIOS, por haber iluminado y guiado el
proceso para la culminación de este libro.

Autores

Agradecimiento

A Dios, por su luz para superar las dificultades y desafíos.

A nuestra familia, colegas, docentes y a cada persona que de una manera u otra colaboraron y/o participaron para que sea posible este presente libro.

He aquí, para agradecer la inversión de su tiempo en la lectura de este libro, y compartir el conocimiento adquirido a través de la socialización del mismo.

Gracias,

Autores

Reseña biográfica de los autores

Juan Rodríguez-Layza

<https://orcid.org/0000-0003-2663-2674>

jrodriguezla@undac.edu.pe



Biólogo de la Universidad Nacional de Trujillo; Ms. Sc. en Suelos Universidad Nacional Agraria La Molina; Doctorado en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible en la Universidad Nacional del Centro del Perú. En la actualidad, Docente principal en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en Biología general, Ecología, Fisiología vegetal, Microbiología y Bioquímica. Asesor de tesis de pre grado; Jurado Calificador de tesis de pre grado y de ingreso a la docencia universitaria; autor y coautor de artículos en las revistas científicas: Praxis (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco – Perú), Biología (Universidad Nacional San Marcos, Lima-Perú), Ciencia Latina (México), Manglar (Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes-Perú), Agroindustrial Science (Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú) y en la Revista de Investigaciones Altoandinas (Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú). Coautor de Libro “Protocolo de propagación in vitro de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)”, ISBN: 978-9942-636-54-6. Coautor de Libro “Frijol Tiapo (*Phaseolus vulgaris* L. en dos densidades y aplicación de boro, distrito de Oxapampa. Pasco – Perú: características agronómicas y rendimiento”, ISBN: 978-9942-679-27-7.

Javier J. Gonzales-Arteaga

<http://orcid.org/0000-0001-6196-707X>

jgonzalesa@undac.edu.pe



Biólogo y Bachiller en Ciencias Biológicas, en la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú; Ms Sc en Mejoramiento Genético de Plantas en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú y doctorado en Educación, en la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo-Perú. Diplomado en Educación Ambiental (Escuela Nacional de Estudios Ambientales). Docente universitario con 30 años de servicio, asesor de tesis de pre grado; Jurado Calificador de tesis de pre grado y de ingreso a la docencia universitaria. Entrenamiento a nivel de post grado en “Aspectos teóricos prácticos del mejoramiento de plantas por vías biotecnológicas”, en Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. Ponente en 11 Congreso Latinoamericano de genética y 3° de Mutagénesis, Carcinogénesis y Teratogénesis ambiental. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Además, ponente y asistente en congresos nacionales e internacionales de genética, mejoramiento genético de plantas y biotecnología. Autor y coautor de artículos en revistas científicas: Praxis (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco – Perú), Biología (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú), International Journal of pharmacy and pharmaceutical Sciences (India), Ciencia Latina (México), Manglar (Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes-Perú), Agroindustrial Science (Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú) y en la Revista de Investigaciones Altoandinas (Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú). Revisor de manuscrito en la revista Ciencia y Agricultura (Colombia). Coautor de Libros: “Protocolo de propagación in vitro de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)”, ISBN: 978-9942-636-54-6 y “El frijol “Tiapo” (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos densidades y aplicación de boro, distrito Oxapampa, Pasco-Perú: características agronómicas y rendimiento” ISBN: 978-9942-679-27-7.

Gilberto Arquímedes García Pando

<https://orcid.org/0000-0003-2147-2384>

20001112@lamolina.edu.pe



Ingeniero Agrónomo con estudios de posgrado en Mejoramiento Genético de Plantas, realizados en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Actualmente, se desempeña como Investigador Agrario, llevando a cabo actividades de investigación enfocadas en el mejoramiento y manejo del maíz para la Estación Experimental Agraria Vista Florida (Chiclayo) PI N° 2361771 (PROSEM). Ha trabajado como Asistente Técnico en el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM. Desarrolló investigaciones sobre híbridos de maíz amiláceo tolerantes al frío para la Sierra Altoandina (2013-2017). También fue Asistente del Proyecto de Fenotipificación y Regeneración del Germoplasma de Maíz de la UNALM. Empresa KWS de la Universidad de Hohenheim (Alemania) y el Programa de Maíz de la UNALM. Además, participó como Asistente del Proyecto de Regeneración de la colección de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el ROYAL NORWEGAIN MINISTRY OF AGRICULTURE AND FOOD.

Julián Chura Chuquija

<https://orcid.org/0000-0001-8658-3056>
chura@lamolina.edu.pe



Ing. Agrónomo, Mg. Sc. en Mejoramiento Genético de Plantas obtenido en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Candidato a Doctor en Ciencias Ambientales Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Profesor Principal de la Universidad Nacional Agraria La Molina dicta cursos en pre y post grado en la especialidad de Mejoramiento Genético de Plantas y Producción Agrícola. Miembro activo del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la UNALM. Área principal de investigación es el Mejoramiento de Maíz Amarillo Duro, Maíz Amiláceo; Maíz Morado y Manejo del Banco de Germoplasma de la UNALM. Ejerció los cargos de director del IRD-Sierra de la UNALM, jefe del PIPS en Maíz de la UNALM, Coordinador del Programa de Maestría en Mejoramiento Genético de Plantas de la UNALM.

Ladislao C. Romero-Rivas

<https://orcid.org/0000-0002-6598-3277>

lromero@undac.edu.pe



Ingeniero Agrónomo, Ms Sc en Fitopatología y estudios de doctorado en Agricultura Sustentable en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. Docente universitario. Formación complementaria en invernaderos en España, Bogotá y Cartagena Colombia, La Antigua Guatemala y San José Costa Rica. Asistente y ponente en congresos nacionales e internacionales de fitopatología y micología. Autor y coautor de artículos en revistas científicas: Praxis (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco – Perú), Ciencia Latina (México), Manglar (Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes-Perú), Agroindustrial Science (Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú) y en la Revista de Investigaciones Altoandinas (Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú), Journal PLoS ONE(United States), Revista Peruana de Entomología (Lima, Perú), Revista Mexicana de Fitopatología (Texcoco, México), Anales Científicos UNALM (Lima, Perú), Plant Disease Journal (United States), Neotropical Entomology (Brasil). Coautor de los Libros “Protocolo de propagación in vitro de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)”, ISBN: 978-9942-636-54-6; “El frijol “Tiapo” (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos densidades y aplicación de boro, distrito Oxapampa, Pasco: características agronómicas y rendimiento”, ISBN: 9789942679277.

Ronald Hector Revolo Acevedo

<https://orcid.org/000-0002-6159-1815>

revolo@uncp.edu.pe



Doctor en Administración de la Educación, Maestro en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. Ingeniero Forestal, es docente en pregrado como en posgrado en la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente en la Universidad Nacional del Centro del Perú, investigador con publicaciones en revistas indizadas y especialista en proyectos de investigación científica

Noemí Florabel Pacconcca Perez

<https://orcid.org/0009-0007-7136-4695>

florynoevet3@gmail.com



Médico Veterinaria, MSc en Ingeniería con mención en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente en la universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Experiencia en cirugía de tejidos blandos y especialista en oftalmología en diferentes Clínicas Veterinarias, además en el asesoramiento y supervisión del manejo de cuyes en Orquídea INKA E.I.R.L. Ayacucho. Ha sido responsable del Proyecto en el Gobierno Regional de Ayacucho DRAA, con enfoque en la mejora genética de la producción bovina de leche. En salud pública, responsable de área de Metaxénicas y Zoonosis en la provincia de La Mar, Ayacucho. Con más de 10 años de experiencia en sector público y privado, en gestión de proyectos agropecuarios salud animal y desarrollo productivo. Ponente y Asistente en congresos nacionales relacionados con la sanidad animal y producción agropecuaria. Diplomado en Gerencia de Proyectos de Inversión Pública, Administración, Gestión Pública, Derecho Ambiental, inglés nivel básico -intermedio (Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga). Actualmente se desempeña en SENASA en área de sanidad de la Dirección Ejecutiva del VRAE. Evaluador del Expediente Técnico del Proyecto de Metaxénicas en la Municipalidad de Villa Virgen, Cuzco – La Convención, Especialista en Proyecto Mejoramiento de los servicios de transferencia de tecnología para el desarrollo de las capacidades productivas en la crianza de animales menores” en distrito de Villa Virgen, Cuzco. Coautor del Libro: “El frijol “Tiapo” (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos densidades y aplicación de boro, distrito Oxapampa, Pasco: características agronómicas y rendimiento”, ISBN: 9789942679277.

Contenido

	Página
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Reseña biográfica de los autores.....	7
Prólogo.....	23
Introducción.....	24

Capítulo 1

Efecto del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en la precocidad de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen.....	28
Introducción.....	29
Materiales y Métodos.....	31
Resultados y Discusión.....	43
Conclusión.....	54

Capítulo 2

Influencia de la aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en la arquitectura de la planta de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen.....	56
Introducción.....	57
Materiales y Métodos.....	59
Resultados y Discusión.....	61
Conclusión.....	77

Capítulo 3

Efecto del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en las características de mazorca de los híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen.....	79
Introducción.....	80
Materiales y Métodos.....	82
Resultados y Discusión.....	84
Conclusiones.....	101

Capítulo 4

El rendimiento de la biomasa de grano de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L) bajo la aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen.....	103
Introducción.....	104
Materiales y Métodos.....	107
Resultados y Discusión.....	108
Conclusiones.....	117
Recomendación.....	117
Referencias	118

Índice de tablas

		Página
Tabla 1	Análisis físico químico del suelo en San José (Chontabamba - Oxapampa) ..	33
Tabla 2	Descripción de los tratamientos producto de la combinación de los factores (AxB)	34
Tabla 3	Características de la unidad experimental	34
Tabla 4	Análisis químico del estiércol de cuy	35
Tabla 5	Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas de las variables DFF y DFM	44
Tabla 6	ANOVA para días a la floración masculina de híbridos MAD bajo el efecto del estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)	47
Tabla 7	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para floración masculina de híbridos MAD	47
Tabla 8	Comparación múltiple de Tukey para floración masculina (dds) de híbridos de MAD en los niveles de cada factor (A y B)	49
Tabla 9	Comparación múltiple de Tukey en tratamientos para floración masculina (dds) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	50
Tabla 10	ANOVA para floración femenina de híbridos de MAD bajo el efecto del estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)	50
Tabla 11	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo de floración femenina (dds) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	51
Tabla 12	Comparación múltiple de Tukey en floración femenina (dds) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B	52
Tabla 13	Comparación múltiple de Tukey en tratamientos para floración femenina (dds) de MAD bajo el efecto del estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba	53
Tabla 14	Variables evaluadas para determinación de la arquitectura de planta de híbridos MAD	60

Tabla 15	Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para altura de planta (m), altura de inserción de mazorca (m) y diámetro de tallo (cm) de híbridos MAD	61
Tabla 16	ANOVA de la influencia de estiércol de cuy en la altura de planta (m) de híbridos de MAD evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)	65
Tabla 17	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para altura de planta (m) de híbridos de MAD bajo la aplicación de estiércol de cuy	65
Tabla 18	Comparación múltiple de Tukey para altura de planta (m) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B	67
Tabla 19	Comparación múltiple de Tukey para altura de planta (m) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba	68
Tabla 20	ANOVA de la influencia del estiércol de cuy para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)	70
Tabla 21	Estadísticos descriptivos, resumen del modelo y CV para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	70
Tabla 22	Comparación múltiple de Tukey para altura promedio de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B	72
Tabla 23	Comparación múltiple de Tukey para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba	73
Tabla 24	ANOVA de la influencia del estiércol de cuy en diámetro de tallo (cm) de híbridos de MAD evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)	74
Tabla 25	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para diámetro de tallo (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	75
Tabla 26	Variables evaluadas para determinación de características de mazorca de híbridos MAD	82
Tabla 27	Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas de las variables, longitud, diámetro, número de hileras de la mazorca y número de granos por hilera de híbridos de MAD	84
Tabla 28	ANOVA para longitud de mazorca (cm) de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy	90

		Página
Tabla 29	Estadísticos descriptivos, resumen del modelo y CV para longitud de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	90
Tabla 30	Comparación múltiple de Tukey para longitud de mazorca (cm) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B	91
Tabla 31	Comparación múltiple de Tukey para longitud de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	91
Tabla 32	ANOVA para diámetro de mazorca (cm) de los híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	92
Tabla 33	Estadísticos descriptivos, resumen del modelo y CV para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	92
Tabla 34	Comparación múltiple de Tukey para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B	93
Tabla 35	Comparación múltiple de Tukey para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	94
Tabla 36	ANOVA para la variable número de hileras por mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	95
Tabla 37	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para la variable número de hileras por mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	95
Tabla 38	Comparación múltiple de Tukey para hileras por mazorca de híbridos de MAD en respuesta a los niveles de los factores A y B	96
Tabla 39	Comparación múltiple de Tukey para el número de hileras por mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	97
Tabla 40	ANOVA para la variable número de granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy	98
Tabla 41	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para el número de granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy	98
Tabla 42	ANOVA de la influencia del estiércol de cuy en rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD	110

		Página
Tabla 43	Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para la variable rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de los híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	111
Tabla 44	Comparación múltiple de Tukey para rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B	111
Tabla 45	Comparación múltiple de Tukey para rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	113

Índice de figuras

	Página
Figura 1	Mapa satelital (a) del CPM San José (Chontabamba) y condición del campo previo a su acondicionamiento para la siembra (b) 32
Figura 2	Obtención de una submuestra de suelo 32
Figura 3	Desterronado y mezcla de la tierra 32
Figura 4	Aleatorización de tratamientos en las unidades experimentales dentro de cada bloque 34
Figura 5	Estiércol de cuy en sacos 35
Figura 6	Preparación del terreno, arado y surcado 37
Figura 7	Suelo con los surcos establecidos 37
Figura 8	Demarcado de los bloques para la ubicación de las unidades 37
Figura 9	Ubicación del estiércol de cuy en sacos para su aplicación de acuerdo al tratamiento en cada unidad experimental 38
Figura 10	Aplicación del estiércol de cuy en las unidades experimentales según el tratamiento 38
Figura 11	Siembra manual de maíz 39
Figura 12	Deshierbo al estado fenológico de 4 hojas 39
Figura 13	Deshierbo al estado fenológico de 7 hojas 39
Figura 14	Segunda fertilización, en banda 40
Figura 15	Tercera fertilización, en banda 40
Figura 16	Plantas de maíz en pleno llenado de grano 41
Figura 17	Vista panorámica del campo experimental en proceso de llenado de grano ... 41
Figura 18	Datos de clima: temperatura (° C) máxima (Max) y mínima (Min), humedad relativa (%) y precipitación (mm) durante el desarrollo del cultivo de maíz, San José, Chontabamba 42
Figura 19	Gráficos de normalidad para las variables días a floración femenina (a) y masculina (b) 45
Figura 20	Gráficos de igualdad de varianzas para días a floración femenina (a) y masculina (b) 46

Figura 21	Tendencia de los factores A, B y bloques en la floración masculina de híbridos de MAD	48
		Página
Figura 22	Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para floración femenina (dds) de híbridos de MAD	52
Figura 23	Altura de planta de maíz	61
Figura 24	Altura de inserción de mazorca	61
Figura 25	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas(b)para altura de planta (m) en MAD	62
Figura 26	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) para la variable altura de inserción de mazorca (m) en híbridos MAD	63
Figura 27	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) para diámetro de tallo (cm) en MAD	64
Figura 28	Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para altura de planta (m) de híbridos de MAD	67
Figura 29	Interacción de los factores A y B para altura de planta (m) de híbridos de MAD	68
Figura 30	Tendencia de promedios de los factores A, B y de bloques para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD	71
Figura 31	Interacción de factores A x B para altura de inserción de mazorca (m) de los híbridos de MAD con aplicación de estiércol	72
Figura 32	Tendencia de los factores A, B y bloques para diámetro de tallo(cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	75
Figura 33	Medias para la variable diámetro de tallo (cm) del maíz con la aplicación de los niveles de estiércol de cuy (a) y del tipo de híbrido MAD (b)	76
Figura 34	Medias para la variable para diámetro de tallo (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)	76
Figura 35	Registro para determinación del diámetro de mazorca (cm)	83
Figura 36	Registro de número de hileras mazorca ⁻¹	83
Figura 37	Registro de número de granos hilera ⁻¹	83
Figura 38	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable longitud de mazorca (cm) en híbridos de MAD	85
Figura 39	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable diámetro de mazorca (cm) en híbridos de MAD	86

Figura 40	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable número de hileras por mazorca en híbridos de MAD	87
Figura 41	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable número de granos por hilera en híbridos de MAD	88
Figura 42	Tendencia de los factores A, B y bloques para longitud de mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol cuy	90
Figura 43	Tendencia de los factores A, B y bloques para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol	93
Figura 44	Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para número hileras por mazorca de híbridos de MAD con la aplicación de estiércol de cuy	96
Figura 45	Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol	99
Figura 46	Medias para la variable número de granos por hilera de la mazorca bajo el efecto de los niveles del estiércol de cuy (a) y del híbrido MAD (b)	99
Figura 47	Medias para la variable para número de granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy	100
Figura 48	Cosecha de maíz	107
Figura 49	Mazorcas de maíz de una unidad experimental	107
Figura 50	Registro de peso de mazorcas de una unidad experimental	108
Figura 51	Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) para la variable rendimiento en biomasa de grano ($t\ ha^{-1}$) en híbridos de MAD	109
Figura 52	Tendencia de promedios en rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy	111



Prólogo

En un contexto global donde el cambio climático y el deterioro ambiental representan desafíos urgentes para la humanidad, la agricultura sostenible se presenta como una necesidad inaplazable. El uso excesivo e inadecuado de fertilizantes sintéticos en cultivos como el maíz, aunque orientado a mejorar la productividad, ha traído consigo impactos negativos en la salud de los suelos, los ecosistemas y la sostenibilidad de las comunidades rurales. Frente a este escenario, se hace indispensable buscar alternativas que armonicen la productividad agrícola con el cuidado ambiental y social.

Este libro, El maíz (*Zea mays* L.) cultivado con estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba – Oxapampa – Pasco -Perú, es fruto de una rigurosa investigación doctoral, ofrece un enfoque innovador y profundamente contextualizado al explorar el uso del estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) como complemento de la fertilización mineral en el cultivo de maíz amarillo duro (MAD). A lo largo de sus cuatro capítulos, la obra examina de forma detallada y científica los efectos de esta práctica en distintos aspectos del cultivo: desde la precocidad y arquitectura de la planta, pasando por las características de la mazorca, hasta el rendimiento de biomasa del grano.

Más allá de su valor académico, este libro tiene un alto potencial práctico. Está dirigido no solo a investigadores, docentes y estudiantes, sino también a agricultores, técnicos y asociaciones vinculadas al agro, que buscan soluciones reales para una producción agrícola más sostenible, eficiente y adaptada a las condiciones locales.

No es necesario leer este libro de una sola vez ni en orden. Cada capítulo puede ser una puerta distinta hacia un mismo viaje: el de comprender mejor el mundo natural. Espero que encuentres en su contenido algo que te resuene, te inspire o te invite a seguir leyendo; conectando el conocimiento científico con la sabiduría ancestral campesina, descubriendo cómo el uso de insumos locales, como el estiércol de cuy, puede transformarse en una poderosa estrategia para incrementar la productividad del maíz y fomentar una agricultura sostenible en territorios andino - amazónicos como Chontabamba.

Mg. Moisés Agustín Cristóbal
Docente Universitario

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia en el mundo, más del 60% de superficie sembrada corresponde al maíz amarillo duro, en Perú representa el 56% e incluye la costa, sierra y selva (García, 2017). Los híbridos adaptados a diferentes ambientes y respuesta a la tecnología (Troyer, 2009) permite lograr altos rendimientos, para cubrir la alimentación del hombre, de animales domésticos y a la industria; por tanto, es requerido debido a sus beta carotenos y textura del grano (Kaul et al., 2019). Este cultivo tiene una exigencia en agua de 488 L kg⁻¹ de grano (Alvarez et al., 2016) y una fertilización óptima entre 300 a 450 kg ha⁻¹ de nitrógeno (Díaz et al., 2014), con 0,60 m de lámina de agua y 150 kg ha⁻¹ de N se ha obtenido altos rendimientos de 18,83 t ha⁻¹ (Salazar-Martínez et al., 2015) e incremento de la producción (Nagore, 2018).

Evidentemente, el manejo sostenible del suelo implica optimización de la fertilización, donde el N es crítico para lograr calidad y alto rendimiento (Rossini et al., 2018). Asimismo, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) pronosticaron un incremento de 1,5 °C la temperatura global a fines del siglo, año 2100 (Hoegh-Guldberg et al., 2018). En este sentido, un incremento de temperaturas durante la estación seca, ha provocado una disminución de la diversidad biológica y atenta la seguridad alimentaria (Galloway, 2010); igualmente, aplicar fertilizantes sintéticos para obtener altos rendimientos en el cultivo de maíz, reduce la materia orgánica del suelo, con una baja eficiencia del fertilizante nitrogenado; además, del año 2000 al 2010, el índice de consumo per cápita de alimentos básicos se ha incrementado (FAO, 2011), por ende la demanda de productos cárnicos, esto implica que la producción de estiércol de animales domésticos seguirá incrementándose.

En Aragón, Estados Unidos, los estiércoles pueden llegar satisfacer 80 % del N requerido por los cultivos (Albiac et al., 2016); en México, la mayoría de las ganaderías lecheras, disponen de áreas de cultivo de pastos en las que utilizan cantidades excesivas de estiércol y donde han tenido problemas de contaminación por nitratos en agua (García et al.,

2019). En Perú, la población humana rural, dispone de una crianza familiar de *C. porcellus* L., “cuy doméstico”, como fuente de proteína de muy buena calidad y bajo en lípidos (Avilés, 2016); pero, el manejo no adecuado de su estiércol, contribuye a la contaminación con nitratos y gases de efecto invernadero, compuestos de nitrógeno y anhídrido carbónico (Pinos-Rodríguez et al., 2012; Albiac et al., 2016), que bajo las condiciones climáticas contribuyen a mineralizar el estiércol (Herrero et al., 2017).

Debe señalarse, que la aplicación de fertilización mineral con estiércol de vacuno produjo incrementos del 18% en el rendimiento de maíz, variedad Tusón; además, favoreció las condiciones del suelo para el cultivo y además, constituye una opción para su manejo sostenible (Chaveli et al., 2019). En el Perú, la producción del maíz amarillo duro, no es suficiente para cubrir la demanda interna, lo que podría estar cubierta con la importación de transgénicos (Llaury et al., 2016). Ante este escenario, se requiere generar una tecnología adecuada para mantener altos rendimientos, donde el uso de estiércol podría ser un aliado en la fertilización, y es más económica que los fertilizantes sintéticos; lo que constituye una alternativa para reducir el uso de los mismos (Murillo-Montoya et al., 2020), además, emplear semilla de alta calidad, y capacitación en miras del desarrollo sostenible.

Es cierto, que la materia orgánica en el suelo (humus) mejora las características físicas, proporciona energía para los microorganismos, nutrientes para el cultivo, y mantenerla es, con la adición de abonos orgánicos y residuos vegetales compostados (Trinidad-Santos y Velasco-Valasco, 2016). Además, el cultivo de maíz es altamente eficiente, con una tasa de fijación de 34,37 t de CO₂ ha⁻¹ (Marcos et al., 2016), por ser una planta C₄.

Una solución a la gestión eficiente del estiércol, es utilizar abono orgánico que mejore la eficiencia de la fertilización mineral en la producción de maíz amarillo duro con buen manejo de la unidad de producción, indispensable para consumo humano o alimento para animales, con el fin de ofertar un producto agrícola de calidad nutritiva y sanitaria que exige la sostenibilidad, tomando en consideración, que el estiércol de cuy aporta N (15,08 kg t⁻¹) similar al de gallina (Avilés et al., 2014); además, favorece el microbioma de la raíz de la planta, lo que permitiría minimizar los efectos al estrés abiótico (Hartman y Tringe, 2019).

En la actualidad el hombre tiene problemas globales, el cambio climático que se expresa en la variación del clima, calentamiento global, consecuencia de un uso inadecuado de los insumos de producción agropecuaria, en caso del maíz, se utiliza grandes cantidades de fertilizantes sintéticos con la intención que exprese mejor su potencial productivo; pero, no contribuye a la sostenibilidad de una zona, motivo por el cual, es requerido generar información sobre el uso del estiércol de cuy como sinérgico con la fertilización mineral sintética en híbridos de maíz amarillo duro (MAD), bajo una investigación con enfoque cuantitativo.

El libro presenta a través de cuatro capítulos, el maíz cultivado con estiércol de cuy (EC), con el fin exponer el efecto del EC en la precocidad de híbridos MAD (capítulo 1). Seguidamente, la influencia de la aplicación del EC en la arquitectura de la planta MAD (capítulo 2). Luego, mostrar el efecto del EC en las características de mazorca MAD (capítulo 3). Finalmente, el rendimiento de la biomasa de grano de híbridos MAD bajo la aplicación del EC (capítulo 4). Esto, conlleva a la socialización del conocimiento científico generado por una tesis doctoral, con la comunidad del agro, agricultores, técnicos, docentes, estudiantes, asociaciones agrícolas, entre otros.

Te invito a sumergirte en la lectura, que pone en evidencia los beneficios de la utilización del estiércol de cuy, como abono orgánico aunado a la fertilización mineral en el cultivo de maíz, sea destinado para consumo humano, alimento para animales, o en la producción de semillas, para una sostenibilidad, en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú).

CAPÍTULO 1

Efecto del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en la precocidad de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Efecto del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en la precocidad de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen

El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación del estiércol de cuy (EC) en la precocidad de híbridos de maíz amarillo duro (MAD) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa). Se empleó el diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial de tratamientos con dos factores y tres niveles de cada uno, el factor A (EC en 0,00; 6,25 y 12,50 t ha⁻¹) y B (híbridos MAD: DK-7088, PM-213 y EXP-05), para un total de nueve tratamientos, con cuatro repeticiones, cuya unidad experimental, conformada por cuatro hileras en surcos de 4,40 m de largo, con una separación de 0,80 m y distancia entre plantas de 0,40 m. La siembra se realizó de forma manual, bajo el sistema de secano, con precipitación de 780 mm durante el desarrollo del cultivo. La fertilización antes de la siembra fue con EC de acuerdo a cada tratamiento. Posteriormente, la edáfica, realizada en banda, alrededor de las plantas, fraccionado la dosis (kg ha⁻¹) en tres partes y aplicados a los 20, 50 y 70 dds, el nitrógeno (60-60-60), fósforo (50-50-00), potasio (50-50-20) y magnesio (10-10-00). La precocidad está referida a los días que demora el cultivo en florecer tanto la flor femenina (DFF), como la masculina (DFM), determinándose cuando aparecieron 50% en la unidad experimental. La aplicación del EC a la dosis de 6,25 t ha⁻¹, redujo DFF y DFM de los híbridos de maíz amarillo duro DK-7088, EXP-05 y PM-213; siendo lo más precoces el DK-7088 y EXP-05, con 98,00 y 99,75 DFM, y 100,25 y 105,25 DFF, respectivamente, para la sostenibilidad en la región.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Cavia porcellus* L, floración.

Introducción

El maíz (*Z. mays* L.) pertenece a la familia Poaceae, está constituido por 10 pares de cromosomas, cada uno con 2 alelos ($2n = 2x = 20$), es diploide, anual, presenta flores unisexuales, femeninas y masculinas en un mismo pie (monoica), las primeras sobre una hoja y se transforma en mazorca, la segunda en extremo final de la caña, la panoja (Awata et al., 2019). Un híbrido, es la F_1 de cruzar dos genotipos diferentes, donde se combinan características disímiles, requiere condiciones específicas al mismo, presenta un alto grado de heterosis y viable para una producción comercial, los más comunes son los híbridos de progenitores endocriados o líneas, y pueden ser simples cuando se cruzan ($A \times B$), dobles ($A \times B \times C \times D$) y los triples resultantes de la cruce ($A \times B$) $\times$ C, donde cada uno de estos tienen un comportamiento determinado al medio (Paliwal et al., 2001).

El término sostenibilidad fue producto de la traducción de “Sustainability”, que a partir del año 1990, se refiere a estilos de vida ya sea actuales como del futuro (Sunkel, 1981), desde las dimensiones económicas, sociales, políticas, culturales y ecológicas, donde esté presente el dinamismo, ser inclusivo, autónomo, igualitario y ecológicamente sostenible; asimismo, se tiene una sostenibilidad débil, referida a una economía ambiental en que los recursos naturales pueden ser sustituidos por la tecnología; mientras, la denominada fuerte, se sustenta en la economía ecológica en que los recursos naturales, capital ecológico, servicios ecosistémicos, son insustituibles y es imposible un crecimiento infinito dentro un contexto (Sánchez et al., 2019).

Por consiguiente, es como proteger la tierra y con ello la vida, que está en un inminente peligro, debido a un modelo de vida de alto costo energético y confort, que obliga a ejercer una fuerte presión sobre los ecosistemas, que pone en riesgo los servicios que éstos proporcionan; ya que, la agricultura, es una de las principales actividades que contamina el medio, sobre todo la que se ubica en cuencas, donde están distribuidos los cultivos y en la que se utiliza fertilizantes (Rojas-Rodríguez et al., 2020).

En efecto, en Uruguay, suelos vertisoles con aptitud ganadera y severa erosión hídrica en las rotaciones agrícolas (soja, maíz y trigo) fue evaluado bajo dos condiciones (sin conservación y con conservación) entre los años 2004 y 2012, cuya tecnología de

control de la erosión hídrica a través de las terrazas de evacuación constituye una contribución a la sostenibilidad ambiental y económica de la producción de cultivos, donde se obtuvo mejores rendimientos comparado al testigo con una tasa interna de retorno entre 18 a 24 % (Tomasini et al., 2019).

El cultivo de maíz, está influenciado por el genotipo, clima, suelo y manejo; en el caso del híbrido HC-57, la máxima absorción de nitrógeno fue a los 59 días después de la siembra (dds), que representa un 80% del total, es donde se forma casi todo el follaje; mientras que, el fósforo es más prolongada, se extienden hasta después de la absorción del nitrógeno, en especial para el llenado de grano, donde se produce el traslado de fotosintatos (Fallas et al., 2011). Asimismo, el agua llega a ser crítico en el periodo de crecimiento y floración, que determina el desarrollo, traslado del polen a los estigmas y el llenado de grano, en consecuencia, el rendimiento de grano, en tanto que su arquitectura e histología hace eficiente la captura de CO₂ (Kato et al., 2009).

Los híbridos de maíz amarillo duro, ampliamente adaptados a altas densidades con incrementos en las aplicaciones de nitrógeno para mejores rendimientos (Troyer, 1999); pero, este elemento requiere de un manejo eficiente para lograr alta respuesta en el cultivo (Olson y Kurtz, 1982). La alta producción de maíz en el mundo, es debido a los híbridos, que responden en diferentes ambientes y a la mejora en el manejo (Troyer, 1996; Troyer, 2009). En variedades mejoradas de maíz de secano, derivadas de variedades nativas tolerantes a sequía, en condiciones de Valparaíso (Zacatecas-Chile), lograron obtener dos variedades precoces (68 a 69 días al 50% de la floración masculina) y una semi precoz con 74 días, respectivamente (Luna et al., 2015); cuya precocidad, está referida a los días que demora el cultivo en florecer tanto la flor femenina (choclo), como la masculina (panoja), y está en función del genotipo del cultivar.

En el Perú, la crianza de cuyes (*C. porcellus* L.) está muy difundida en la zona andina, como una actividad de los pequeños agricultores a nivel familiar, haciendo uso de insumos, como forrajes, excedentes de cocina y mano de obra, donde participan todos los miembros de la familia. Son criados en sus cocinas o instalaciones colindantes, para consumo familiar, y que no les permite ingresos económicos. La crianza familiar comercial, se realiza en pozas de cría donde están agrupados por sexo, edad y clases, con el apoyo de organizaciones como

solución a problemas socio-económico en las comunidades rurales (Castro, 2002; Castro y Daga, 2022), donde el estiércol, “hace referencia a la cantidad del mismo (heces y orina) producida por animal por día, bajo las horas de confinamiento, expresada en kilogramos/cabeza/día” (FAO 2014, p. 8).

Una manera de contribuir a disminuir los problemas de contaminación y el efecto de calentamiento global, es con el uso de estiércol de cuy en el cultivo de maíz para aumentar la eficiencia de la fertilización y obtener altos rendimientos, donde el estiércol pasa de ser un problema a un aliado, con un buen manejo y se conserve sus características de calidad, asimismo, las propiedades y características productivas del suelo. Esto, implica interconectar los sistemas pecuarios y agrícolas para recircular los materiales y la energía con beneficios para el poblador y el medio. Por ende, el objetivo de este capítulo es, determinar el efecto de la aplicación del estiércol de cuy en la precocidad de híbridos de maíz amarillo duro para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú).

Materiales y Métodos

Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el centro poblado menor (CPM) San José, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa, región Pasco-Perú, con coordenadas 10° 35' 29'' (latitud), 75° 24' 46'' (longitud) y a una altitud de 1811 msnm.

Suelo

El suelo, ubicado en una terraza media, al margen izquierdo del río Chorobamba (Figura 1a), valle de Oxapampa, corresponde a un Entisol. Previo al acondicionamiento del terreno (Figura 1b), se procedió con el muestreo del suelo (Figura 2), siguiendo la metodología recomendada por el Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), que consiste en la obtención de 15 puntos de muestreo, realizando un hoyo en forma de “v”, con una lampa recta, a una profundidad de 25 cm, mezclado y desterronado (Figura 3), para la obtención de aproximadamente un kilogramo de tierra, luego etiquetada y llevada al laboratorio antes mencionado; donde se determinaron sus características físicas y químicas (Tabla 1),

resultando de textura franco, con pH moderadamente ácido, no salino, sin carbonatos, alto contenido de materia orgánica, bajo contenido de fósforo disponible, y medio de potasio aprovechable; además de baja capacidad de intercambio catiónico.

Figura 1

Mapa satelital (a) del CPM San José (Chontabamba) y condición del campo previo a su acondicionamiento para la siembra (b)

a



b



Nota. El punto naranja señala la ubicación del experimento (terraza media). Fuente. Google Earth (s.f.)

Figura 2

Obtención de una submuestra de suelo



Figura 3

Desterronado y mezcla de la tierra

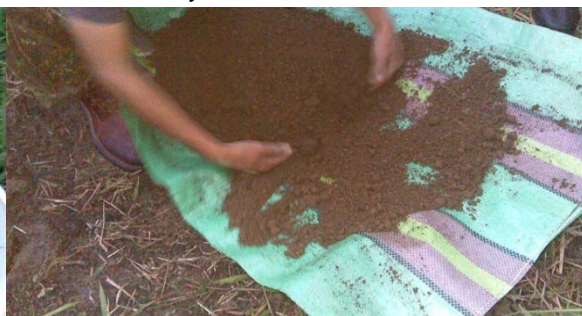


Tabla 1*Análisis físico químico del suelo de San José (Chontabamba - Oxapampa)*

Características	Unidad de medida	Valores	Método
Arena	%	50	Hidrómetro de Bouyoucos
Limo	%	36	Hidrómetro de Bouyoucos
Arcilla	%	14	Hidrómetro de Bouyoucos
Clase textural	Franco		Triángulo textural
pH		5,63	Potenciómetro de la suspensión de suelo: agua, relación 1:1
C.E	dS/m	0,08	Lectura del extracto de saturación en la celda eléctrica
CaCO ₃	%	0	Gaso- Volumétrico utilizando un calcímetro
M.O.	g kg ⁻¹	43,3	Oxidación con dicromato
P	mg kg ⁻¹	6,6	Olsen
K	mg kg ⁻¹	108	Acetato de amonio
CIC	meq 100g ⁻¹	12,80	Acetato de amonio 1N, pH 7
Ca ⁺²	meq 100g ⁻¹	5,04	Fotometría y/o absorción atómica
Mg ⁺²	meq 100g ⁻¹	0,95	Fotometría y/o absorción atómica
K ⁺	meq 100g ⁻¹	0,23	Fotometría y/o absorción atómica
Na ⁺	meq 100g ⁻¹	0,12	Fotometría y/o absorción atómica
Al ⁺³ + H ⁺	meq 100g ⁻¹	0,30	Fotometría y/o absorción atómica
Saturación de bases	%	49,0	

Nota. Resultados del Laboratorio de análisis de suelo, plantas, aguas y fertilizantes - UNALM.

Diseño experimental

Se empleó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos con dos factores y tres niveles de cada uno (Quevedo, 2006), el factor A (estiércol de cuy en 0,00; 6,25 y 12,50 t ha⁻¹) y factor B (híbridos de maíz amarillo duro: DK-7088, PM-213 y EXP-05), para un total de nueve tratamientos producto de las combinaciones de los factores antes mencionado, con cuatro repeticiones, aleatorizados dentro de cada bloque (Figura 4, Tabla 2), donde la unidad experimental constituye el objeto a la cual se le asigna un tratamiento, y sus características se describen en la Tabla 3.

Figura 4*Aleatorización de tratamientos en las unidades experimentales dentro de cada bloque*

Bloques	Tratamientos								
I	t5 101	t8 102	t9 103	t7 104	t2 105	t4 106	t6 107	t1 108	t3 109
II	t7 209	t2 208	t9 207	t6 206	t3 205	t1 204	t4 203	t8 202	t5 201
III	t6 301	t2 302	t1 303	t3 304	t4 305	t5 306	t9 307	t8 308	t7 309
IV	t3 409	t6 408	t8 407	t5 406	t7 405	t1 404	t9 403	t4 402	t2 401

Tabla 2*Descripción de los tratamientos producto de la combinación de los factores (AxB)*

Tratamiento	Combinación (AxB)	Factor A Estiércol de cuy (t ha ⁻¹)	Factor B Híbridos de maíz
t1	a1b1	00,00	DK-7088
t2	a1b2	00,00	PM-213
t3	a1b3	00,00	EXP-05
t4	a2b1	06,25	DK-7088
t5	a2b2	06,25	PM-213
t6	a2b3	06,25	EXP-05
t7	a3b1	12,50	DK-7088
t8	a3b2	12,50	PM-213
t9	a3b3	12,50	EXP-05

Tabla 3*Características de la unidad experimental*

Descripción	Cantidad	Unidad
Surcos	4	Nº
Golpes surco ⁻¹	11	Nº
Plantas golpe ⁻¹	2	Nº
Distancia entre surcos	0,8	m
Distancia entre golpes	0,4	m
Longitud del surco	4,40	m
Área	14,08	m ²
Densidad	62500	Plantas/ha

Características del estiércol de cuy

El estiércol fue obtenido de una granja de cuyes del CPM San José (Chontabamba) y almacenado en un ambiente bajo techo para su deshidratación hasta un 23,69 % de humedad, determinada por el método de la estufa. Luego, trasladado al campo experimental y colocado en sacos para la aplicación (Figura 5), cuya constitución química se muestra en la Tabla 4.

Figura 5

Estiércol de cuy en sacos



Tabla 4

Análisis químico del estiércol de cuy

Características	Unidad de medida	Valores	Metodología empleada
pH		7,89	Potenciométrico en pasta saturada
C.E	dS m ⁻¹	10,90	Salinómetro en extracto acuoso de pasta saturada
M.O	g kg ⁻¹	821,30	Oxidación con dicromato de potasio, % C orgánico x 1,724
N	g kg ⁻¹	21,60	Kjeldahl
P ₂ O ₅	g kg ⁻¹	27,90	Amarillo del Vanadato Molibdato
K ₂ O	g kg ⁻¹	42,20	Espectrofotometría de absorción atómica
CaO	g kg ⁻¹	20,09	Espectrofotometría de absorción atómica

Características	Unidad de medida	Valores	Metodología empleada
MgO	g kg ⁻¹	8,40	Espectrofotometría de absorción atómica
Na	g kg ⁻¹	1,60	Espectrofotometría de absorción atómica
Humedad	%	20,15	Gravimetría

Nota. Resultados del Laboratorio de análisis de suelo, plantas, aguas y fertilizantes - UNALM.

Híbridos de maíz amarillo duro (MAD)

El DK-7088 es un híbrido comercial de alta estabilidad, adaptado a diversos ambientes, tolera enfermedades; asimismo, se reporta con altos rendimientos en grano (Fabián et al., 2020); y, dos híbridos obtenidos por el Programa de maíz de la UNALM: a) PM-213, con altos rendimientos de 13,5 t ha⁻¹ (Velásquez-Puente, 2019) y, b) EXP-05, alrededor de 10,1 t ha⁻¹ (López-Morales et al., 2019).

Manejo agronómico

Preparación del terreno

En el terreno, primero fue retirada la maleza de la chacra de forma manual, utilizando sables, con la finalidad de dejar libre el área, para el arado con un tractor, en dos cruza (Figura 6), y luego se establecieron los surcos (Figura 7).

Figura 6

Preparación del terreno, arado y surcado



Figura 7

Suelo con los surcos establecidos



Instalación del experimento

Los bloques dentro del campo experimental fueron establecidos, utilizando una cuerda de yute, estacas y cal, con la que se marcó, en la delimitación de los bordes y calles de circulación (Figura 8). Los tratamientos fueron asignados en cada unidad experimental, según la aleatorización realizada previamente, y se ubicó el estiércol de cuy de acuerdo al tratamiento (Figura 9), colocado en el fondo de surco (Figura 10), antes de la siembra del maíz.

Figura 8

Demarcado de los bloques para la ubicación de las unidades experimentales



Figura 9

Ubicación del estiércol de cuy en sacos para su aplicación de acuerdo al tratamiento en cada unidad experimental



Figura 10

Aplicación del estiércol de cuy en las unidades experimentales según el tratamiento



Siembra

La semilla para el ensayo de investigación fue proporcionada por el programa de investigación en maíz de la UNALM, cuya siembra fue realizada, con tres semillas por golpe con una antina (punta de metal con mango de madera), a una profundidad de 0,05 m en el borde donde se colocó el estiércol de cuy, tercio inferior de un lado (costilla) del surco (Figura 11); llevada a cabo en el periodo de baja precipitación, mes de junio, cuando el suelo tuvo suficiente humedad para propiciar el proceso de germinación. El desahije para dejar dos plantas, fue realizada a los 60 dds.

Figura 11

Siembra manual de maíz



Manejo del cultivo

Deshierbos (Control de malezas)

Durante el desarrollo fenológico del cultivo se realizaron deshierbos (Figuras 12 y 13), para mantener el campo libre de malezas y evitar la competencia con el cultivo.

Figura 12

Deshierbo al estado fenológico de 4 hojas



Figura 13

Deshierbo al estado fenológico de 7 hojas



Fertilización

La primera aplicación fue con estiércol de cuy, aplicado antes de la siembra, de acuerdo a lo descrito previamente para cada tratamiento. Posteriormente, la fertilización edáfica con una dosis (kg ha^{-1}) de 180 N - 100 P_2O_5 – 120 K_2O y 20 MgO , establecida en base a la información del análisis de suelo, presentada en la Tabla 1, antes citada. Las fuentes de los nutrientes fueron nitrato de amonio, urea, superfosfato triple de calcio, cloruro de potasio y Sulpomag, elegidas por el pH (5,63) del suelo.

La aplicación de los fertilizantes ha sido realizada en banda (Figuras 14 y 15), alrededor de las plantas. La dosis fue fraccionada en tres partes, el nitrógeno en 60-60-60, fósforo 50-50-00, potasio, 50-50-20 y magnesio 10-10-00, kg ha^{-1} , en una primera, segunda y tercera fertilización, respectivamente, a los 20, 50 y 70 dds, que ha correspondido al estado fenológico de V3, V7 y V9, correspondientemente; la tercera se hizo coincidir con el aporque, con el objeto de favorecer un buen desarrollo de las raíces adventicias, mejorar la absorción y conservar la humedad para un buen desarrollo del área foliar (hojas) para el llenado de grano (Figuras 16 y 17).

Figura 14

Segunda fertilización, en banda



Figura 15

Tercera fertilización, en banda



Figura 16

Plantas de maíz en pleno llenado de grano



Figura 17

Vista panorámica del campo experimental en proceso de llenado de grano



Control de insectos plagas y enfermedades

Prevía evaluación, se realizaron aplicaciones de cebo tóxico a base de maíz molido + azúcar + cerveza y un insecticida, Methomyl, $1,0 \text{ g L}^{-1}$ a $1,5 \text{ g L}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ para el control de gusano de tierra (*Agrotis* sp.) y alfa cipermetrina + teflubenzurón a la dosis de 200 mL ha^{-1} , para comedores de hojas (*Diabrotica* sp.) y cogollero (*Spodoptera frugiperda*), respectivamente; también, se realizaron aplicaciones de Tebuconazole $1,25 \text{ g L}^{-1}$, como preventivo contra hongos fitopatógenos al estado de prefloración.

Clima

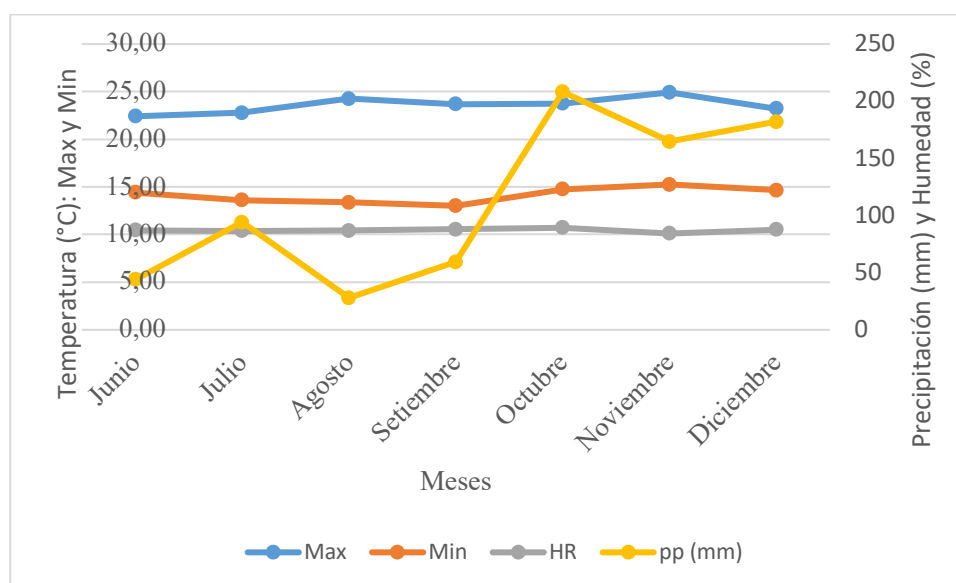
La selva alta, zona de neblina dentro de la Reserva de Biósfera Oxapampa Asháninca-Yanesha, cuyo clima está clasificado como “B(r)B”, “lluvioso con humedad en todas las estaciones del año, y templado” (Senamhi, 2021, p. 86).

Durante el periodo experimental los promedios de temperatura mínima y máxima fueron $14,12$ y $23,57 \text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente; humedad relativa promedio de $87,04 \%$; precipitación total de 780 mm durante el desarrollo del cultivo (Dirección de Información Agraria Oxapampa), Figura 18. El agua en el cultivo de maíz, es un factor determinante, en la instalación, la deficiencia disminuye la densidad de plantas, en fase de inicio de floración

y llenado de grano, de igual manera en suelos anegados, limita directamente en el rendimiento de grano, en general, requiere de 500 a 700 mm, de precipitación distribuida uniformemente durante el periodo vegetativo favorece un buen rendimiento (Deras, s.f.). En este sentido, el ensayo fue bajo un sistema de secano.

Figura 18

Datos de clima: temperatura (°C) máxima (Max) y mínima (Min), humedad relativa (%) y precipitación (mm) durante el desarrollo del cultivo de maíz, San José, Chontabamba



Nota. Información aportada por la Dirección de Información Agraria Oxapampa.

Características agronómicas evaluadas

Días a la floración femenina

Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas presentaron la aparición completa de los estilos en la unidad experimental.

Días a la floración masculina

Fue registrado el número de días transcurridos desde la siembra hasta que aparecieron 50 % de las panojas en la unidad experimental.

El registro de los datos, lecturas de las variables antes citadas, fueron siguiendo la metodología señalada por Pinedo (2015) y López et al. (2017).

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos de las mediciones, fueron procesados utilizando la hoja de cálculo Excel y Minitab versión 18 (Statistical Software), verificando el cumplimiento de normalidad y homogeneidad (igualdad) de las varianzas; seguidamente se realizó el análisis de varianza (ANOVA), de dos factores (Quevedo, 2006; Triola, 2009), en la que se tuvo en cuenta la interacción de los mismos (AxB) y el análisis de cada uno; se consideró el modelo aditivo lineal, cuya ecuación matemática corresponde a una observación (Steel y Torrie, 1985), que describe:

$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$; para $i = 1, 2$ y 3 ; $j = 1, 2, 3$; $k = 1, 2, \dots, 9$; donde:

- μ es el efecto promedio global.
- α_i es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del Factor A.
- β_j el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del Factor B.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor B.
- ϵ_{ijk} el término de error experimental.

Para establecer diferencias entre tratamientos y niveles en cada factor se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados y Discusión

Días a floración (masculina y femenina)

Partiendo de la prueba de hipótesis para normalidad: a) Hipótesis nula (H_0): los datos son normales y b) Hipótesis alternativa (H_a): los datos no son normales, con nivel de confianza, $\alpha = 0,05$; se aceptó H_0 , los valores de P valor (probabilidad) fueron mayores al 5% para la variable días a floración femenina (DFF); excepto, días a la floración masculina (DFM (Tabla 5, Figura 19a y Figura 19b).

En la prueba de hipótesis para homogeneidad de varianzas, la hipótesis nula (H_0): todas las varianzas son iguales, mientras que, la hipótesis alternativa (H_a): por lo menos una varianza es diferente, con nivel de confianza, $\alpha = 0,05$; se aceptó H_0 , los valores de P valor fueron mayores al 5% en las variables DFF y DFM; por tanto, se asumió que las varianzas fueron iguales, cuyo resultado se puede observar en la Tabla 5, antes citada e ilustrado en las Figuras 20a y 20b; por lo que se procede con el ANOVA para cada tipo de floración.

Tabla 5

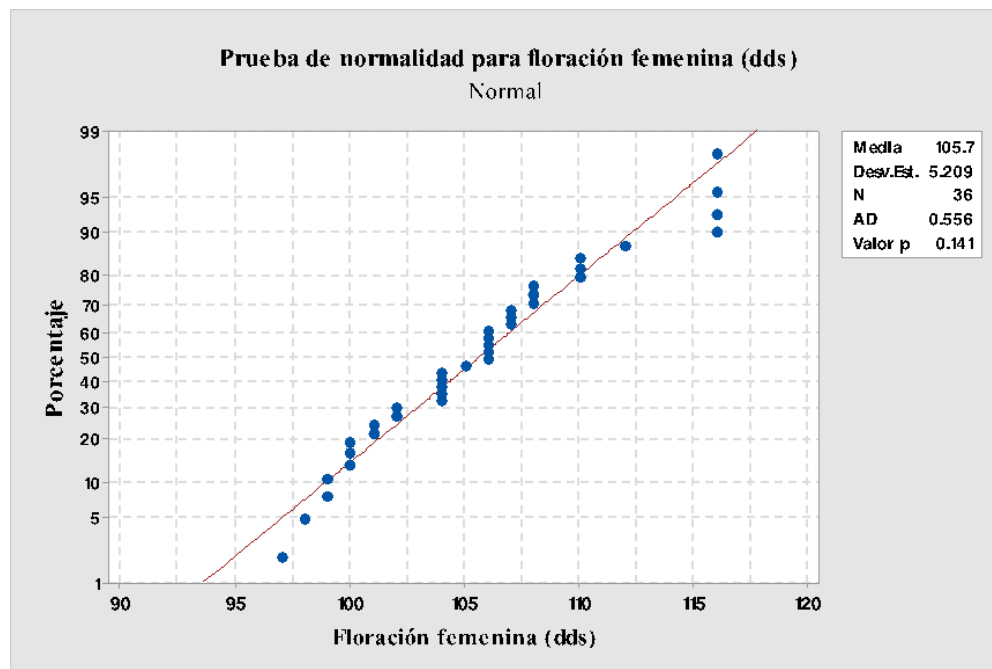
Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas de las variables DFF y DFM

Variable	Anderson-Darling (P. valor)	Homogeneidad Levene (P. valor)
Días a la floración femenina (DFF)	0,150	0,746
Días a la floración masculina (DFM)	0,010	0,502

Figura 19

Gráficos de normalidad para las variables días a floración femenina (a) y masculina (b)

a



b

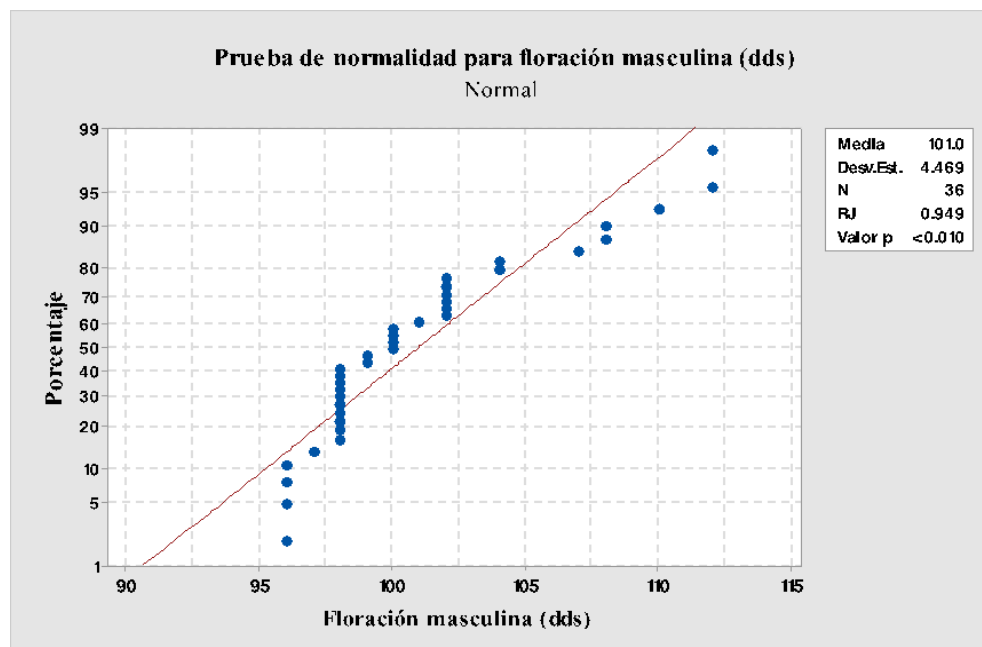
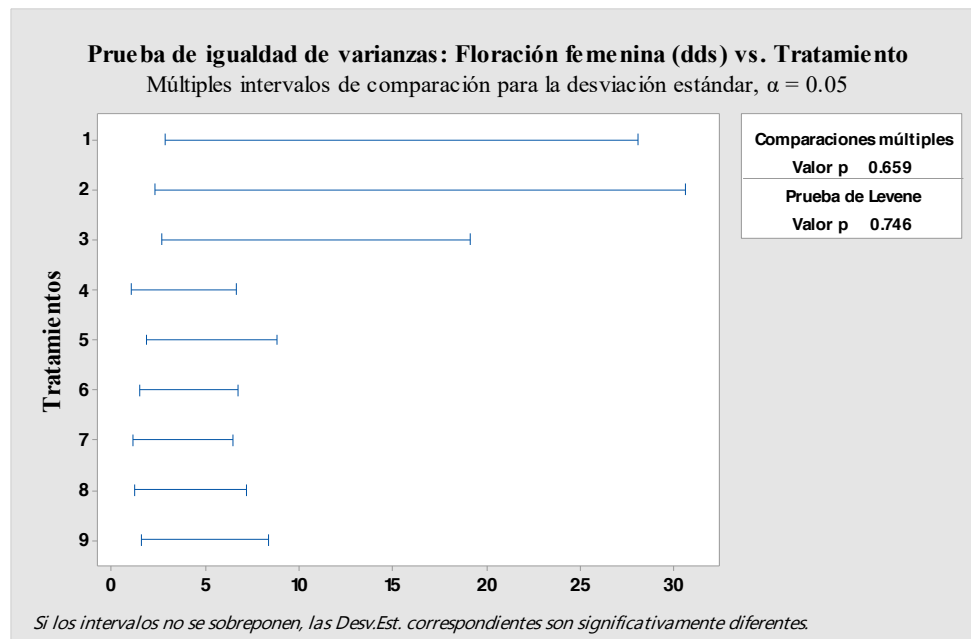


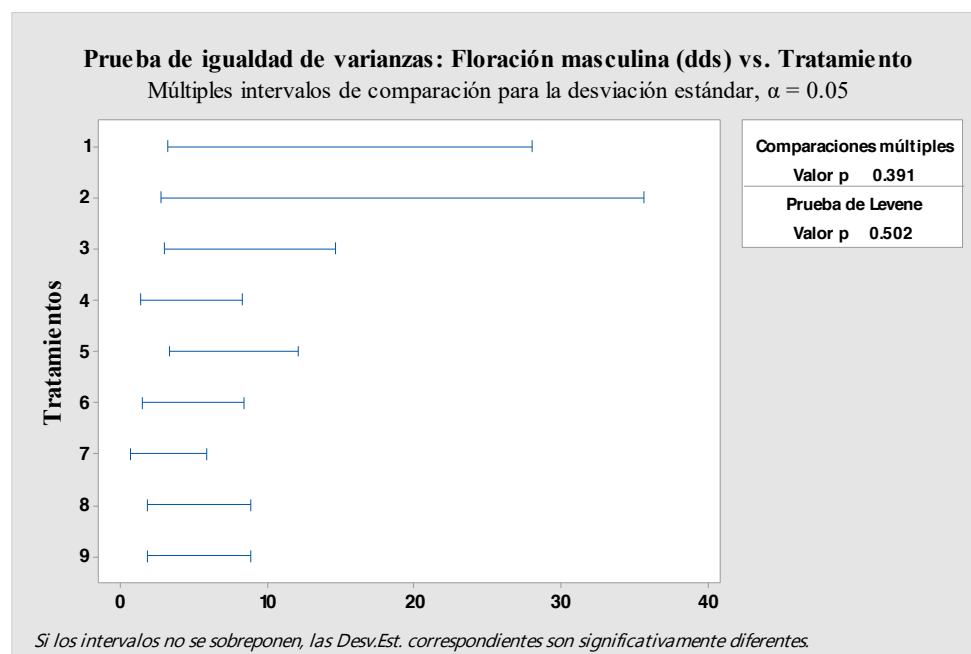
Figura 20

Gráficos de igualdad de varianzas para días a floración femenina (a) y masculina (b)

a



b



Floración masculina

El ANOVA para floración masculina (Tabla 6), de la aplicación de estiércol de cuy, en los híbridos de MAD, ha determinado que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y niveles de cada factor, más no para la interacción. Con un promedio global de 101,03 dds (Tabla 7). La precocidad en la floración masculina, tiende a aumentar con incremento de la dosis de estiércol de cuy; mientras que, la tendencia en los híbridos, el DK-7088 fue más precoz, respecto al PM-213 y EXP-05 (Figura 21).

Tabla 6

ANOVA para días a la floración masculina de híbridos MAD bajo el efecto del estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	123	40,991	9,43**	0,00026651
Tratamientos	8	471,7	58,965	13,57**	0,00000033
Factor A	2	326,89	163,444	37,62**	0,00000004
Factor B	2	114,06	57,028	13,13**	0,00014088
Factor A x B	4	30,78	7,694	1,77 ns	0,16765049
Error	24	104,28	4,345		
Total	35	698,97			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

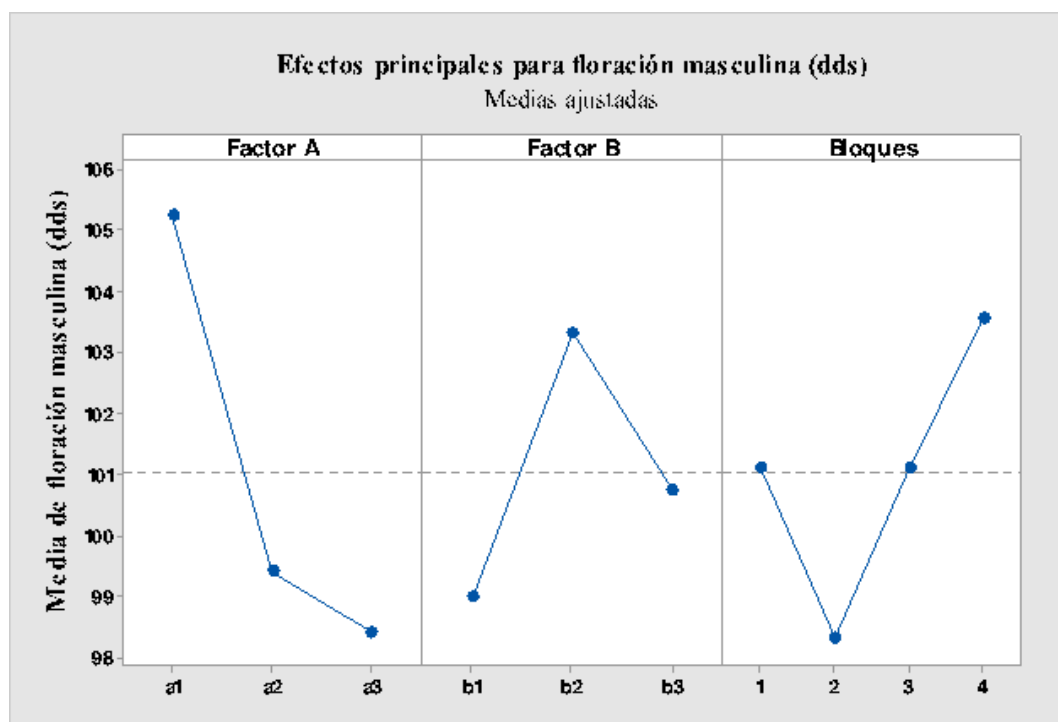
Tabla 7

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para floración masculina de híbridos MAD

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		dds				%	
101,03	4,47	96,00	112,00	2,06	85,08	78,24	66,43

Figura 21

Tendencia de los factores A, B y bloques en la floración masculina de híbridos de MAD



Con la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A (Tabla 8), se evidencia que el estiércol de cuy tiene un efecto favorable sobre la precocidad, pero sin diferencias significativas en las dosis de 6,25 y 12,50 t ha⁻¹; sin embargo, los híbridos más precoces fueron el DK-7088 y EXP-05, sin diferencias estadísticas entre éstos y el más tardío fue el PM-213. La precocidad de los híbridos es influenciada favorablemente por la fertilización con estiércol de cuy aunada a la mineral, que disminuyó los días a la floración masculina; al respecto, se ha demostrado que un incremento de la dosis de nitrógeno hasta 450 kg ha⁻¹ mejora la eficiencia del uso de agua en el cultivo de maíz (Díaz et al., 2014; Escalante et al., 2008).

El estiércol de cuy incrementó a la dosis de nitrógeno utilizada, el cual benefició la microbiota del suelo y la retención de mayor cantidad de agua, dando confort al cultivo para acortar los días a la floración, por ende, la precocidad fue favorecida; conculda que, a una altitud de 3350 msnm, en un ecosistema semihúmedo con 700 a 1000 mm de tabla de agua, con humedad óptima en la rizósfera durante el desarrollo fenológico del cultivo de maíz

favoreció la precocidad de poblaciones híbridas de maíz (Chávez et al., 2009). En cuanto a tener híbridos precoces, es atractivo para los agricultores de zonas con baja humedad (Valdivia et al., 2007), en este caso, el EXP-05 que igualó a DK-7088.

Tabla 8

Comparación múltiple de Tukey para floración masculina (dds) de híbridos de MAD en los niveles de cada factor (A y B)

Factor A Estiércol de cuy	Media (dds)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (dds)	Agrupación
a1	105,25	a	b1	99,00	b
a2	99,42	b	b2	103,33	a
a3	98,42	b	b3	100,75	b

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

En relación a los tratamientos, la floración masculina de los híbridos DK-7088 y EXP- 05 a las dosis de estiércol de cuy, de 6,25 t ha⁻¹ con 98,00 y 99,75 dds, respectivamente, y a 12,50 t ha⁻¹ (97,25 y 97,50 dds, correspondientemente), sin diferencias significativas entre éstos; resultando precoces comparados a los demás tratamientos. Los más tardíos fueron el PM-2013 (109 dds) y EXP-05 (105 dds) sin estiércol de cuy (Tabla 9); estos resultados, concuerdan en que este cultivo está influenciado por el ambiente y manejo (Fallas et al., 2011), y similar a la floración masculina de las variedades de maíz, que respondieron de modo diferente al medio entre los precoces y semiprecoces (Luna et al., 2015); como indican los resultados que, los tres híbridos evaluados responden de diferente manera en la floración masculina, debido al genotipo de cada uno.

Tabla 9

Comparación múltiple de Tukey en tratamientos para floración masculina (dds) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Tratamiento Estiércol x híbrido	Factores (AxB)	Floración masculina (dds)	Agrupación	
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	101,75	b	c
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	109,00	a	
0,00 t ha ⁻¹ x EXP- 05	a1 b3	105,00	a	b
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	98,00		c
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	100,50	b	c
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	99,75		c
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	97,25		c
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	100,50	b	c
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	97,50		c

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Floración femenina

La precocidad de floración femenina, cuyo ANOVA, ha determinado que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y niveles de cada factor, dosis de estiércol y los tres híbridos, más no para la interacción de estos factores (Tabla 10), con promedio global de 105,69 dds (Tabla 11).

Tabla 10

ANOVA para floración femenina de híbridos de MAD bajo el efecto del estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	98,75	32,917	9,81**	0,000207435
Tratamientos	8	770,39	96,299	28,71**	2,0E-10
Factor A	2	320,39	160,194	47,76**	4,3E-09
Factor B	2	439,06	219,528	65,45**	2,0E-10
Factor A x B	4	10,94	2,736	0,82 ns	0,527687974
Error	24	80,5	3,354		
Total	35	949,64			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

Tabla 11

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo de floración femenina (dds) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
	dds					%	
105,69	5,21	97,00	116,00	1,81	91,52	87,64	80,93

La floración femenina se acorta con el agregado de estiércol de cuy; mientras que, entre los híbridos, el DK-7088 con tendencia a la mayor precocidad (Figura 22). Evidenciado, con la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 12), el estiércol de cuy tiene un efecto favorable en la precocidad frente al testigo (sin estiércol), pero sin diferencias entre las dos dosis con estiércol; mientras que, el híbrido más precoz fue el DK-7088, seguido de EXP-05 y en tercer lugar el PM-213 con diferencias significativas. Estos resultados, con valores superiores, a los señalados por Obando (2019), bajo condiciones de costa liberteña, Laredo (Perú), para diferentes híbridos que estuvieron entre 50,00 a 61,00 dds, entre los cuales, estuvo el DK-7088 con 54,00 dds, que fue inferior al encontrado en la presente investigación.

Al igual, que los encontrados por Fabián et al. (2020), cuando evaluaron cinco híbridos en el valle de Pativilca (Lima, Perú), entre los cuales, el DK-7088 con 78,75 dds, el PM-213 con 84,75 dds; posiblemente, que estas diferencias serían como respuesta a la interacción genotipo ambiente.

Figura 22

Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para floración femenina (dds) de híbridos de MAD

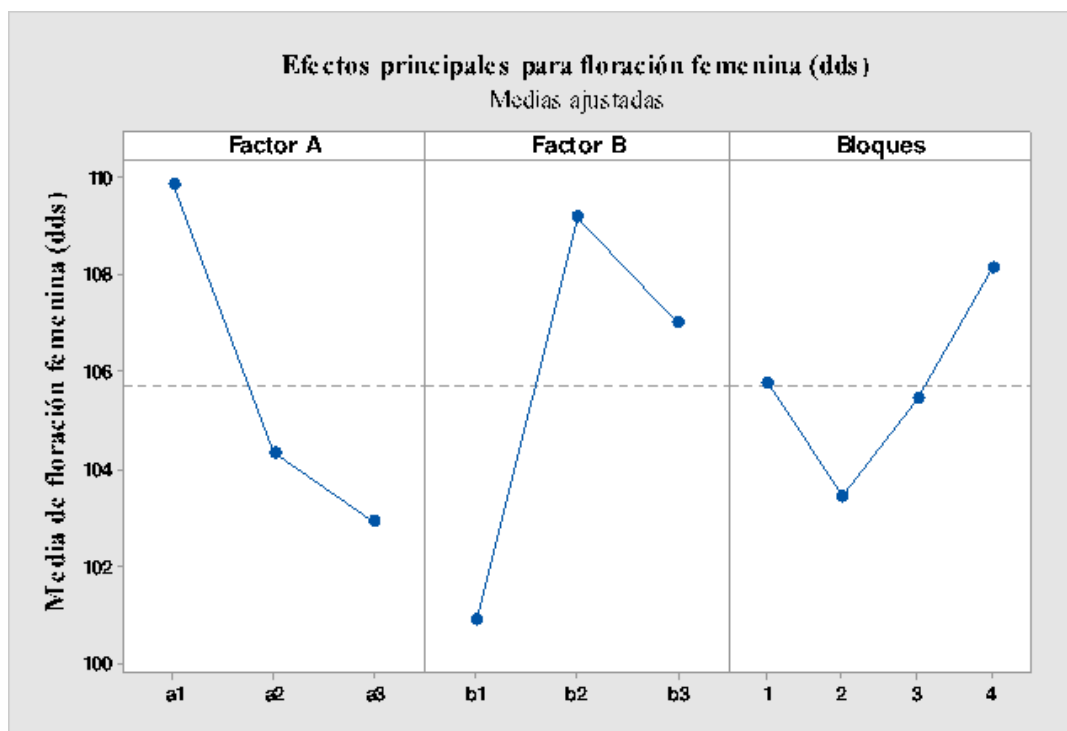


Tabla 12

Comparación múltiple de Tukey en floración femenina (dds) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media (dds)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (dds)	Agrupación
a1	109,83	a	b1	100,92	c
a2	104,33	b	b2	109,17	a
a3	102,92	b	b3	107,00	b

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

En relación a los tratamientos, se observó ser precoz, el DK-7088 con estiércol a razón de 12,50 t ha⁻¹ (floración femenina a 98,50 dds), así como a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ (100,25 dds), seguido de EXP-05 y PM-213 a 6,25 t ha⁻¹ (105,25 y 107,50 dds, respectivamente) y con 12,50 t ha⁻¹ (104,25 y 106,00 dds, correspondientemente), sin diferencias entre éstos niveles, y los más tardíos fueron estos últimos híbridos, sin estiércol de cuy (Tabla 13).

Los resultados de precocidad en los híbridos MAD, indican que es posible lograr la misma con insumos de bajo costo que mejore la eficiencia de la fertilización mineral, teniendo la ventaja que este cultivo se adapta a una amplia variedad de manejos desde bajos a altos niveles de insumos (Paliwal et al., 2001), con un adecuado manejo de la variable restrictiva (Olivares et al., 2018) y con una mayor disponibilidad del nitrógeno (Rossini et al., 2018). Esto demuestra que la aplicación edáfica de estiércol de cuy al momento de siembra más la fertilización inorgánica habría generado condiciones que propiciaron la precocidad de los híbridos, en especial la temperatura y humedad del microambiente (Ortega et al., 2010).

Tabla 13

Comparación múltiple de Tukey en tratamientos para floración femenina (dds) de MAD bajo el efecto del estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba

Tratamiento Estiércol x híbrido	Factores (AxB)	Floración femenina (dds)	Agrupación
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	104,00	c d
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	114,00	a
0,00 t ha ⁻¹ x EXP-05	a1 b3	111,50	a b
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	100,25	d e
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	107,50	b c
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	105,25	c
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	98,50	e
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	106,00	c
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	104,25	c d

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Conclusión

La aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ favorece la precocidad de los híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.), DK-7088, EXP-05 y PM-213; al disminuir los días de la floración masculina y femenina, respectivamente, siendo lo más precoces el DK-7088 y EXP-05, con 98,00 y 99,75 dds en floración masculina, y el primer híbrido mencionado con 100,25 dds en floración femenina, respectivamente.

CAPÍTULO 2

Influencia de la aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en la arquitectura de la planta de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba

Influencia de la aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en la arquitectura de la planta de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen

El objetivo fue determinar la influencia de la aplicación del estiércol de cuy (EC) en la arquitectura de la planta de híbridos de maíz amarillo duro (MAD) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú), bajo tres dosis de EC (0,00; 6,25 y 12,50 t ha⁻¹) y tres híbridos MAD (DK-7088, PM-213 y EXP-05). Se realizó muestreo en los dos surcos de la parte central de la unidad experimental, seleccionando 10 plantas surco⁻¹, para un total de 20 plantas, evaluando las variables, altura de planta (AP), altura de inserción de mazorca (AM) y diámetro de tallo, llevado a cabo previo a la cosecha, 150 días después de la siembra. El efecto del EC medido por las variables AP y AM en los híbridos MAD, resultaron con respuesta similar, resultante de la interacción de los factores en estudio (EC x híbrido), en el híbrido DK-7088, así como, el EXP-05, no se ve favorecida por las dosis de estiércol de 6,25 y 12,5 t ha⁻¹; pero, el híbrido PM-213, presentó menor desarrollo de planta a la dosis de 6,25 t ha⁻¹. Para la variable diámetro de tallo, no se encontró diferencias estadísticas entre los híbridos evaluados, cuyos promedios oscilaron entre 2,71 y 2,81 cm. En consecuencia, la aplicación del estiércol de EC tiene diferente efecto sobre la arquitectura de la planta de híbridos MAD por la interacción entre los dos factores (EC x híbrido) en AP y AM, para la sostenibilidad en la región.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Cavia porcellus* L, arquitectura de la planta.

Introducción

El maíz (*Z. mays* L.), es de gran importancia, tanto a gran escala, mediana y familiar, debido que este cereal, forma parte en la alimentación del hombre rural como en la de animales; a nivel comercial, su cultivo requiere tener en cuenta la sostenibilidad. La FAO (2016), indica incrementar la productividad con mayores índices de eficiencia en el uso de insumos, en especial el agua, nutrientes, energía y mano de obra, que favorecen la resiliencia, de los impactos antrópicos y hacer frente al cambio climático; entendiéndose, como la capacidad del sistema para recuperar el estado de equilibrio, después de las perturbaciones ejercidas por factores intrínsecos o extrínsecos (Aguado et al., 2009); ésta ha sido aplicada a los ecosistemas que proporcionan al hombre los servicios ecosistémicos.

Los híbridos comerciales se caracterizan por ser una posibilidad para producción de grano (Sánchez-Ramírez et al., 2016) y ha permitido un incremento de la misma (Nagore, 2018). El agricultor de Chiapas (México), de manera individual, prioriza la siembra de maíz para autoconsumo (alimentación humana y de animales domésticos), comercialización local o nacional (Hernández, 2014), por lo que está fuertemente ligado a la cultura del hombre, por su gran diversidad de productos que se obtiene como biomasa en sus diferentes formas, y además ha tenido un gran desarrollo en la producción de biocombustibles, para las edificaciones, la captura de carbono y hacer frente al calentamiento global (Awata et al., 2019). Este cultivo tiene una alta eficiencia en la captura de CO₂, y por ende considerar al “sector agropecuario como un potencial para atenuar los gases contaminantes, si se implementan buenas prácticas de manejo” (Saynes et al., 2016, p. 94).

A nivel mundial, el maíz no solo es para alimentar al hombre y los animales; sino también, como un insumo para una gran diversidad de productos en la industria alimentaria, industrial y farmacéutica. La sostenibilidad, implica disponer de un sistema, donde se evita la extinción de recursos, económicamente los usuarios no producen disrupciones, colapso, se mantiene la estructura y sus características para el soporte de la vida (Arias, 2006). Es decir, producir para satisfacer las necesidades del presente, sin afectar funcionalidad del sistema para las generaciones futuras; esto implica, obtener altos rendimientos del cultivo, pero al mismo tiempo mantener la fertilidad del suelo; incrementar la eficiencia de la fertilización en la que esté involucrado el pequeño agricultor (Clark, 2016), que su economía

depende mucho de la crianza de animales domésticos y del cultivo en sus pequeñas parcelas productivas.

Los sistemas agrícolas, que sustentan la seguridad alimentaria, hacen uso de fertilizantes químicos y herbicidas, que contaminan el medio y en consecuencia afectan la salud tanto del suelo como de las poblaciones en general; asimismo, la sostenibilidad de una zona. Frente a esto, se requiere desarrollar una agricultura armoniosa para el planeta Tierra, intensificando los cultivos de manera segura (Beltrán, 2018), que se puede lograr con la fertilización mineral junto al uso de estiércoles de calidad (Chaveli et al., 2019), donde variedades tradicionales, mejoradas y/o adaptadas para la agricultura orgánica, y la elaboración de productos de calidad, seguros para el consumo humano y se ajuste a los requerimientos sociales (Revilla et al., 2015).

La gestión integral de los estiércoles de animales domésticos, “para incrementar el reciclaje de nutrientes, mejorar la eficiencia de estos procesos y reducir los impactos de la contaminación especialmente en los sistemas intensivos, con el objetivo de disminuir la dependencia de insumos externos y de energía fósil” (Pezo, 2019, p. 58); por otro lado, la crianza de estos animales, como los porcinos en Lima (Perú), está dada por criadores con baja noción de sistema de gestión de los residuos generados por esta actividad; es decir, constituye el inicio del mismo, con elaboración de documentación, técnicas de manejo, control de registros, entre otros, para el buen desempeño ambiental en la granja (Ruiz, 2010).

En el caso de las cadenas productivas de cuyes, es requerido el aseguramiento de la calidad y gestión ambiental, donde es importante la capacitación (formación) de los productores (Aliaga, 2016); ya que es importante tener en cuenta el manejo de residuos de las actividades pecuarias, donde, la práctica cotidiana de ubicarlo en la chacra u otros lugares de manera amontonada, que al descomponerse, libera al aire, metano, CO₂ y nitrógeno en forma de amoníaco (Pinos-Rodríguez et al., 2012), que contribuye al incremento de los niveles de éstos en el aire; asimismo, la humedad del suelo y las precipitaciones favorecen que los microorganismos formen nitratos, los que son lixiviados, pudiendo llegar a los ríos por escorrentía. Por ello, una solución, es lograr la acción colectiva de los agentes del sector, que permita utilizar los estiércoles como insumo en los cultivos (Albiac et al., 2016).

En zonas donde se hace uso excesivo de estiércoles, existe problemas de nitratos en aguas (García et al., 2019), donde hubo un aumento en 09 % en el año 2007 respecto al 2000, con un valor de 62 mg L⁻¹, debido a una fertilización del cultivo de maíz de 420 kg N ha⁻¹, del cual el 20% se aplicaron como abonos complejos sólidos con N de 8 a 19%, a la resiembra (García, 2010); pero, con las condiciones climáticas, temperatura y humedad, el estiércol se mineraliza y repercute en el crecimiento y desarrollo del cultivo (Herrero et al., 2017); además, si se utiliza en cantidades requeridas, puede dejar de ser un problema ambiental, más bien un insumo en una agricultura para la sostenibilidad.

Los estudios demuestran que, las granjas que mejor han realizado el manejo de sus estiércoles son aquellas que están ubicadas cerca a los campos arables, o que éstos forman parte de ellas, pero son insuficientes para absorber todo el estiércol que producen las explotaciones ganaderas, esto hace que se realice una distribución del estiércol, se establezcan estrategias y tecnologías para llevar este insumo al suelo agrícola, en base a su análisis químico (Yan et al., 2017); en Huimanguillo, Tabasco, México, una tonelada de estiércol de bovinos de doble propósito, con 1,5% de N, libera 5,25 kg de N; a una dosis de 30 t ha⁻¹ supliría el N para un cultivo, este mismo estiércol acumulado por varios meses y después del compostaje el contenido de nitrógeno es de 0,80 % (Jiménez et al., 2019), esto justifica un buen manejo y su uso directo.

En este sentido, el objetivo de este capítulo, es determinar la influencia de la aplicación del estiércol de cuy en la arquitectura de la planta de híbridos de maíz amarillo duro para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa).

Materiales y Métodos

La descripción del ensayo establecido en condiciones de campo está detallada en el capítulo 1. Las variables consideradas para la determinación de la arquitectura de la planta de maíz, se muestran en la Tabla 14, evaluadas previo a la cosecha (150 dds), durante la pérdida de agua del grano del maíz. cuyo registro de los datos, fueron siguiendo la metodología señalada por Pinedo, (2015) y López et al. (2017).

Tabla 14

Variables evaluadas para determinación de la arquitectura de planta de híbridos MAD

Nº	Variable	Definición
1	Altura de planta (m)	Del primer nudo por sobre de suelo hasta la hoja bandera.
2	Altura de inserción de mazorca (m)	Del primer nudo por sobre de suelo hasta el nudo del choclo (mazorca).
3	Diámetro de tallo (cm)	Longitud de circunferencia π^{-1} , del primer entrenudo basal.

Procedimiento para las evaluaciones de las variables

Para el muestreo, se tomaron los dos surcos de la parte central de la unidad experimental, considerando 10 plantas surco⁻¹, evitando las plantas ubicadas al extremo de los surcos (efecto de borde), para un total de 20 plantas.

Altura de planta

Se midió la longitud desde la base de la planta, cuello, hasta el nudo de la hoja bandera (Figura 23), empleando regla milimetrada.

Altura de inserción de mazorca

Se midió desde el cuello hasta el nudo de la mazorca superior (Figura 24), con regla milimetrada.

Diámetro de tallo

Fue determinado, al medir el primer entrenudo, por sobre la superficie del suelo, se utilizó una cinta milimetrada para la longitud de la circunferencia, este valor fue dividido por 3,1416.

Figura 23*Altura de planta de maíz***Figura 24***Altura de inserción de mazorca*

Resultados y Discusión

Las variables: altura de planta, altura de inserción de mazorca y diámetro de tallo, siguen una distribución normal, cuya probabilidad (P. valor) resultó mayor al 5% (Tabla 15, Figuras 25a, 26a y 27a). Asimismo, para cada una de las variables antes mencionadas, se determinó que todas las varianzas son iguales, cuyo resultado se puede observar en la Tabla 15, antes indicada e ilustrado en las Figuras 25b, 26b, y 27b; por lo que se procede con el ANOVA para cada una.

Tabla 15

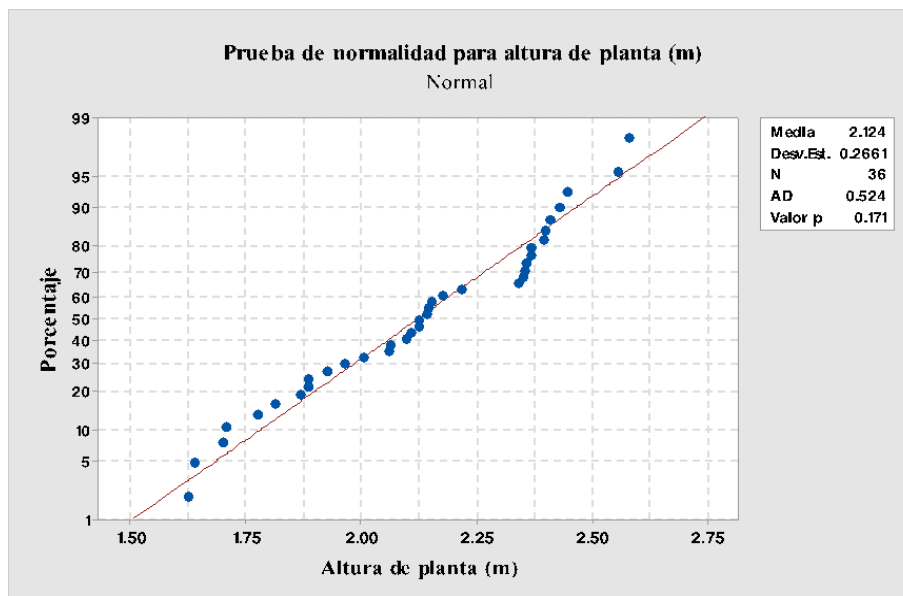
Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para altura de planta (m), altura de inserción de mazorca (m) y diámetro de tallo (cm) de híbridos MAD

Variable	Anderson-Darling (P. valor)	Homogeneidad Levene (P. valor)
Altura de planta	0,171	0,895
Altura de inserción de mazorca	0,801	0,662
Diámetro de tallo	0,859	0,904

Figura 25

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas(b)para altura de planta (m) en MAD

A



B

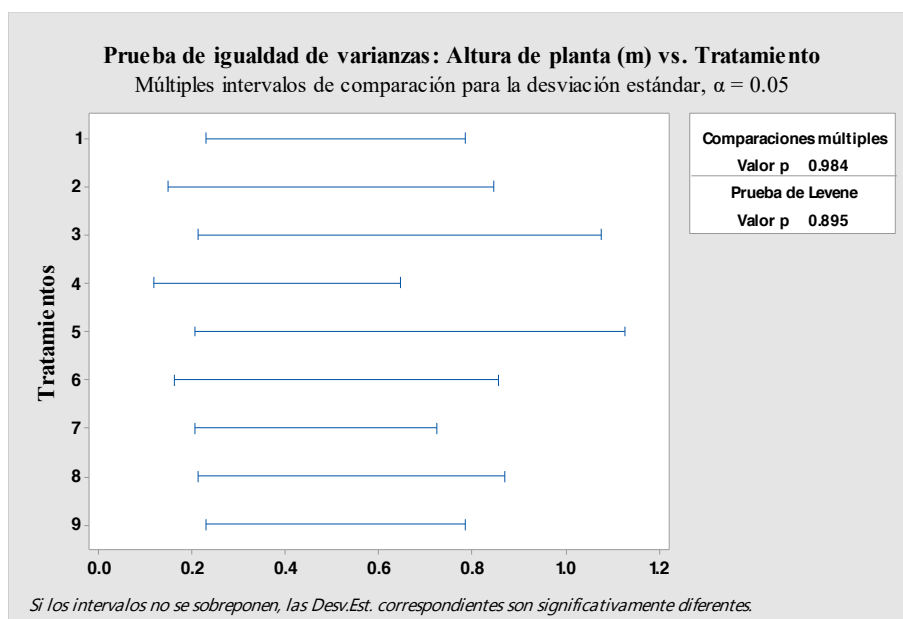


Figura 26

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) para la variable altura de inserción de mazorca (m) en híbridos MAD

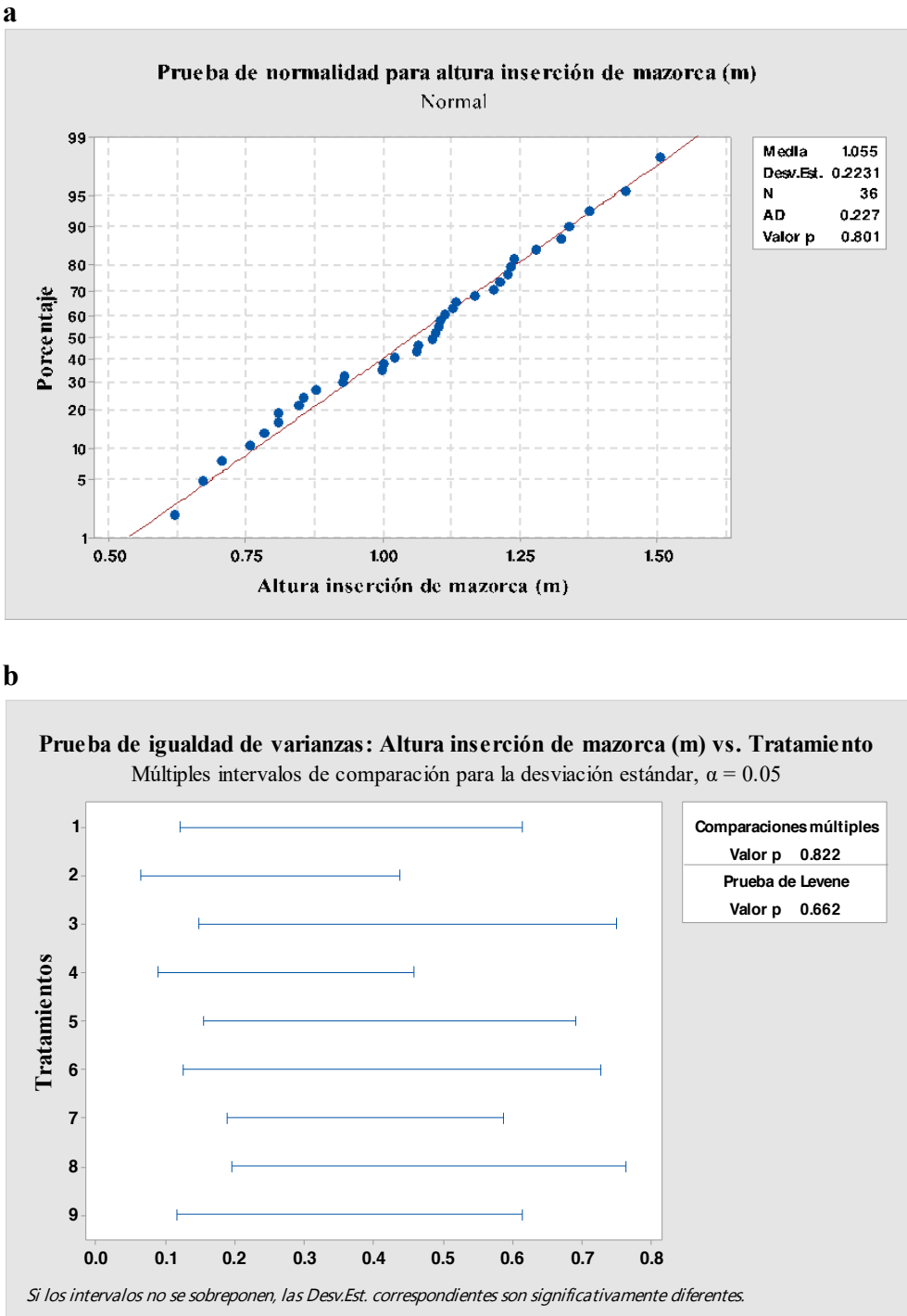
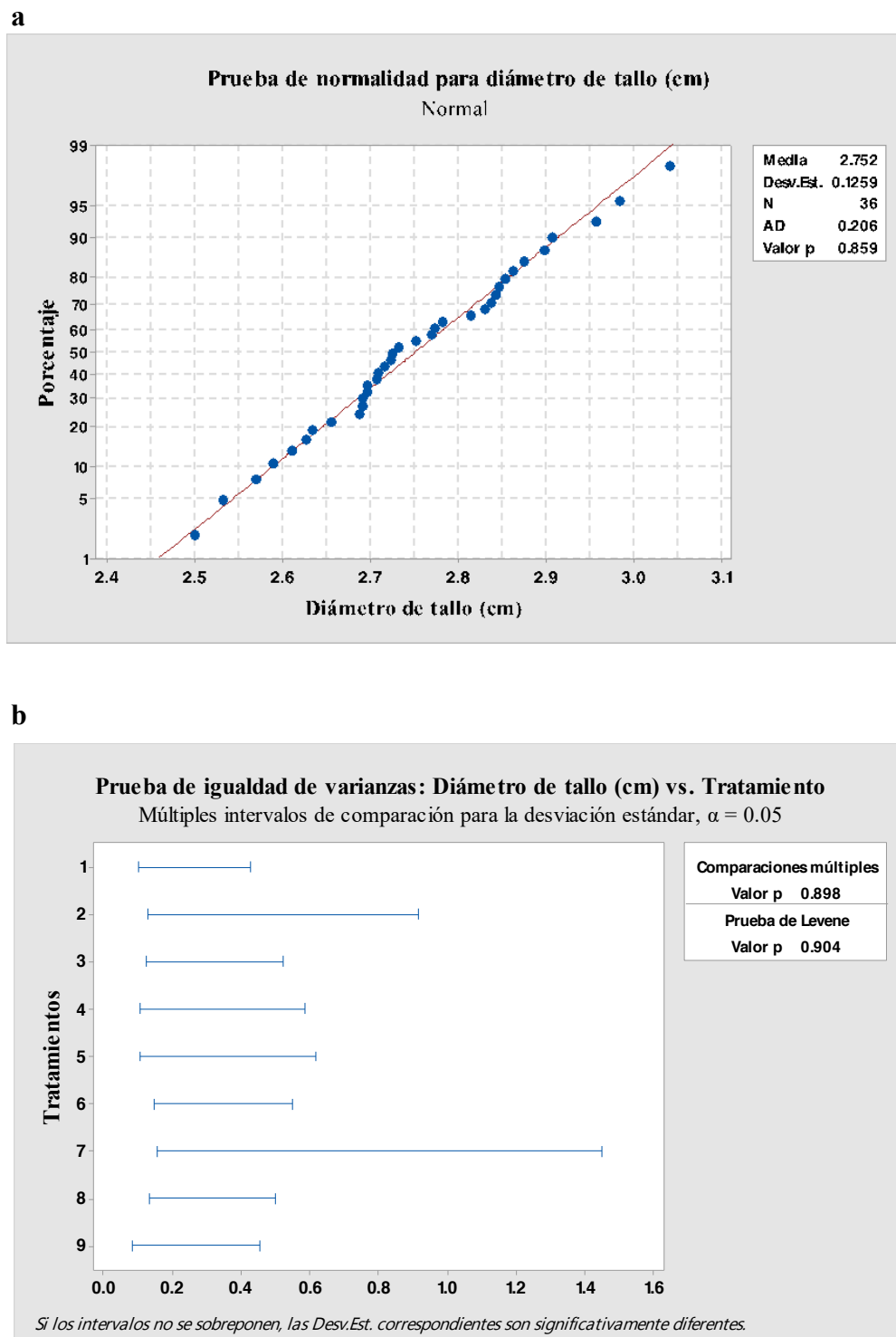


Figura 27

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) para diámetro de tallo (cm) en MAD



Altura de planta

El ANOVA para la variable altura de planta (Tabla 16), muestra que existen diferencias altamente significativas entre bloques, tratamientos y factor B (híbridos MAD); significativa para la interacción y no significativa para el factor A (estiércol de cuy). El promedio global de esta variable fue 2,12 m (Tabla 17).

Tabla 16

ANOVA de la influencia de estiércol de cuy en la altura de planta (m) de híbridos de MAD evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	0,7601	0,25335	24,97**	1,5E-07
Tratamientos	8	1,4750	0,18437	18,17**	1,96E-08
Factor A	2	0,05200	0,02600	2,56ns	0,098021
Factor B	2	1,26609	0,63305	62,40**	3,1E-10
Factor A x B	4	0,15689	0,03922	3,87*	0,014594
Error	24	0,2435	0,01015		
Total	35	2,4785			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas.

Tabla 17

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para altura de planta (m) de híbridos de MAD bajo la aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		m				%	
2,12	0,27	1,62	2,58	12,53	90,18	85,67	77,90

Para altura de planta, no se encontró mayor cambio con el agregado de estiércol de cuy, sin embargo, de los tres híbridos, el DK-7088 fue el de menor altura (Figura 28); por otro lado, con la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 18), encontró que la dosis de estiércol no ha producido un efecto significativo en dicha variable; mientras que, en los

híbridos MAD, el DK-7088 presentó la menor altura de planta (1,86 m), como se indicó previamente. Esta respuesta quizás esté condicionada a la constitución genética del híbrido de maíz. En este sentido, los híbridos simples de maíz amarillo evaluados en dos localidades de Venezuela, presentaron una variación en la altura de planta entre 2,10 a 2,48 m en Aragua, mientras que; 1,82 a 2,18 m en Yayacuy (Alfaro et al., 2009), esto manifiesta que existe una variación entre los híbridos, basado en sus genotipos; asimismo, dependen en donde se desarrollan éstos.

La interacción entre los dos factores (Figura 29), se presentó entre los híbridos PM-213 y el EXP-05, donde este último con tendencia a una mayor altura a nivel de 6,25 t ha⁻¹ de estiércol de cuy, contraria a los otros híbridos en estudio. En los tratamientos (Tabla 19), el DK-7088 presentó menor altura de planta a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ sin diferencias estadísticas al nivel cero e igual a 12,50 t ha⁻¹ de estiércol de cuy, donde ocurrió un ligero incremento, esto evidencia que el estiércol de cuy no tuvo mayor efecto en altura de planta para este híbrido; asimismo, el híbrido EXP-05, el estiércol aumentó la altura de planta a la dosis de 6,25 t ha⁻¹; sin embargo, el PM-213 presentó menor desarrollo de la planta a la dosis antes mencionada. Esto demuestra que los tres híbridos respondieron a una menor altura de planta de manera distinta, ante las tres dosis de estiércol de cuy, EXP-05, sin estiércol; PM-213 y DK-7088 a 6,25 t ha⁻¹.

Estos resultados indican que la respuesta depende del genotipo, donde los híbridos DK-7088 y PM-213, tienen una menor altura al nivel de 6,25 t ha⁻¹, pero, si se buscaría una mayor altura para biomasa fresca, se tiene a la dosis de 12,50 t ha⁻¹.

Figura 28

Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para altura de planta (m) de híbridos de MAD

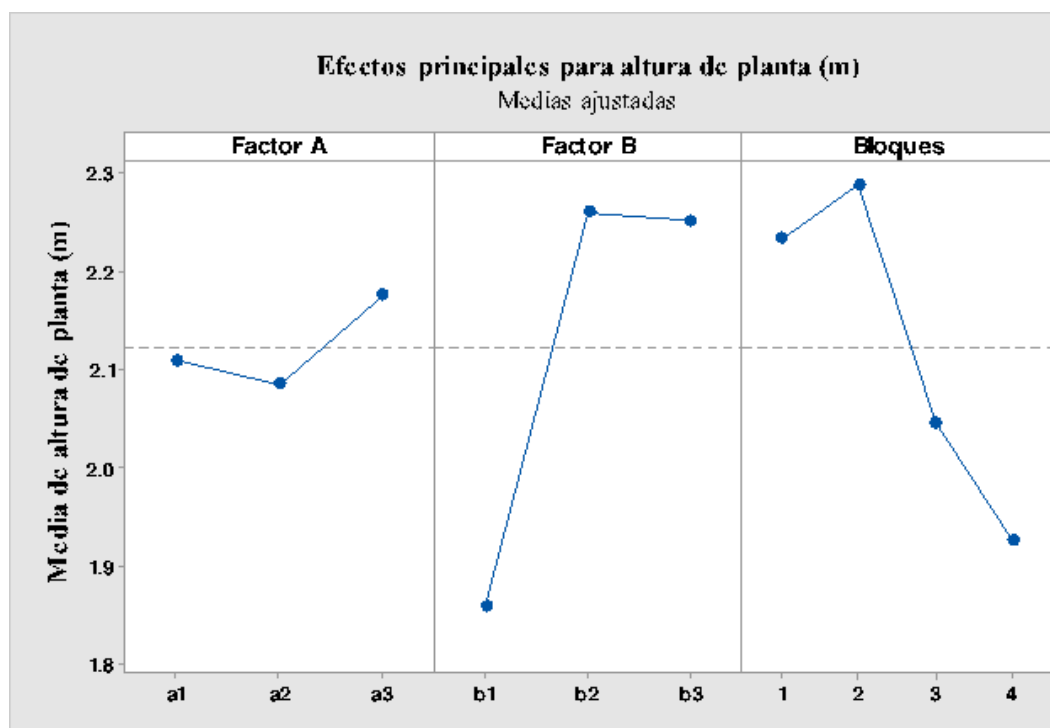


Tabla 18

Comparación múltiple de Tukey para altura de planta (m) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media (m)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (m)	Agrupación
a1	2,11	a	b1	1,86	b
a2	2,09	a	b2	2,26	a
a3	2,18	a	b3	2,25	a

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 29

Interacción de los factores A y B para altura de planta (m) de híbridos de MAD

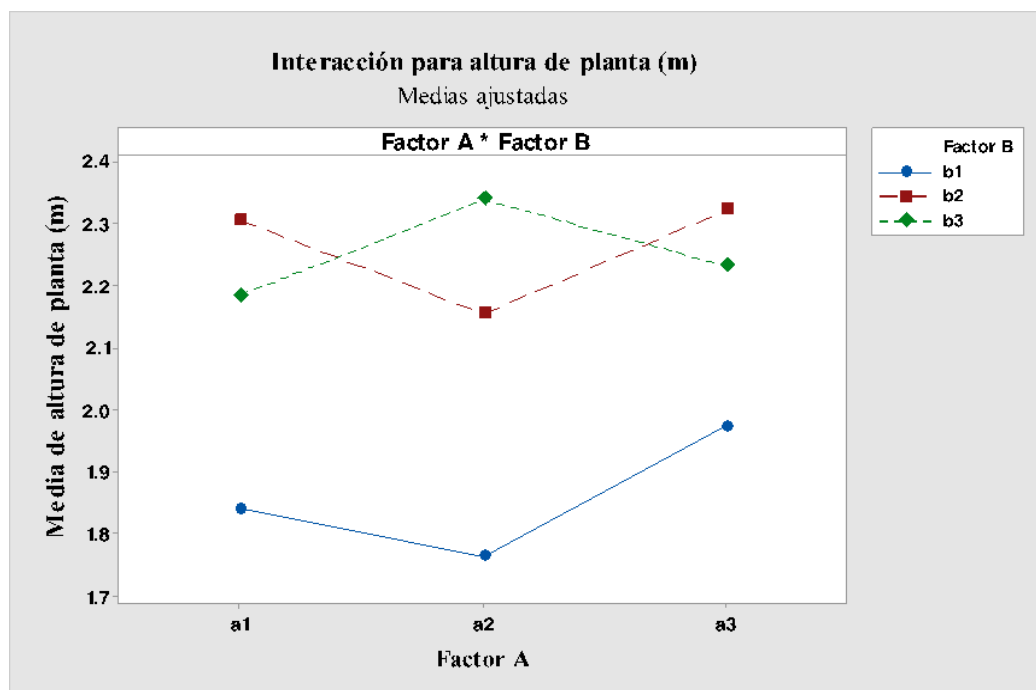


Tabla 19

Comparación múltiple de Tukey para altura de planta (m) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba

Tratamiento Estiércol x híbrido	Factores (AxB)	Altura de planta (m)	Agrupación	
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	1,84	A	c
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	2,30		
0,00 t ha ⁻¹ x EXP-05	a1 b3	2,18		b
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	1,76	A	c
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	2,16		b
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	2,34		
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	1,97	A	b
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	2,32		c
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	2,23		

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

La mayor altura de planta en los híbridos, es favorecida por el uso de estiércol de cuy debido al aporte de fósforo orgánico, que suma a los monoésteres, diésteres y fosfonatos, en el perfil del suelo de 0 a 5 cm, producto de la aplicación de residuos de cosecha que reduce la pérdida de fósforo por escorrentía (Wei et al., 2019). Además, este elemento participa en la división celular porque forma la adenosina trifosfato (Azcón-Bieto y Talón, 2013), este último, fundamental en el metabolismo celular. En efecto, el manejo de residuos de cosecha, y fertilización mineral de 120 kg ha⁻¹ de NPK 20:10:10 aplicado a los 7 dds, en maíz variedad SUWAN 1, respondió de manera significativa en altura de planta (Ogundijo et al., 2012).

Por otra parte, se debe tener en cuenta, que los agroecosistemas están influenciados por condiciones naturales y antropogénicas que suceden más allá del entorno geográfico, como son aspectos socioeconómico, políticos y culturales causados por la globalización (Platas-Rosado et al., 2016). El uso del estiércol de cuy, en el cultivo de híbridos de MAD, promueve la sostenibilidad de una región, en la medida que se produzca una mayor biomasa que estaría relacionada con la mayor altura de planta promovida por el uso de estiércol de 12,5 t ha⁻¹, cuya dosis no contaminaría el medio dada una alta mineralización del estiércol de cuy en suelo de textura franco, considerando que, en países de la Unión Europea se ha regulado para el uso de estiércol de 170 kg N ha⁻¹ como límite máximo (Khoshnevisan et al., 2021).

Por otro lado, la biomasa de cosecha puede ser utilizada como fuente de energía, mediante la fermentación anaerobia que produce metano, para disponer a las viviendas familiares; considerando que el maíz produce paja (residuos después de la cosecha de grano) de muy buena calidad y que en la China representa el 31,9 % del total de paja producida por los cultivos (Liu et al., 2018), además se produce un biofertilizante de muy buena calidad, y así, se evitaría de esta manera la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Altura de inserción de mazorca

El ANOVA, para altura de inserción de mazorca (Tabla 20), muestra que hubo diferencias altamente significativas en bloques, tratamientos, factor A (estiércol de cuy) y

factor B (híbridos MAD), y significativa para sus interacciones entre los dos factores. El promedio general de los tres híbridos fue de 1,05 m (Tabla 21).

Tabla 20

ANOVA de la influencia del estiércol de cuy para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	0,3603	0,1201	17,37**	3,28E-06
Tratamiento	8	1,2165	0,1521	21,99**	2,90E-09
Factor A	2	0,2103	0,1051	15,20**	5,43E-05
Factor B	2	0,9262	0,4631	66,97**	1,50E-10
Factor A x B	4	0,0800	0,0800	2,89*	0,0436
Error	24	1659,60	69,15		
Total	35	17427,80			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; *: diferencias significativas.

Tabla 21

Estadísticos descriptivos, resumen del modelo y CV para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		m				%	
1,05	0,22	61,60	150,40	21,16	90,48	86,11	78,57

Para la variable altura de inserción de mazorca, el estiércol de cuy tiende a incrementar la misma en los híbridos de MAD, el DK-7088 se diferenció en mostrar menor altura frente a PM-213 y EXP-05 (Figura 30). Con la prueba de comparación múltiple de Tukey para los factores (Tabla 22), se encontró, que la dosis de 6,25 t ha⁻¹ de estiércol, fue estadísticamente igual al testigo (sin estiércol), ambos inferiores a la dosis de 12,50 t ha⁻¹; mientras que, en los híbridos, el DK-7088 presentó menor altura comparado a PM-213 y EXP-05, estos últimos sin diferencias significativas entre ellos. En la interacción de los factores, estiércol de cuy con los híbridos MAD (Figura 31), tuvo lugar con el PM-213 y

EXP-05, donde la altura fue favorecida en este último en el nivel de 6,25 t ha⁻¹, tendencia contraria al primero, b1, que se favoreció a la dosis 12,50 t ha⁻¹.

En los tratamientos (Tabla 23), el DK-7088 presentó menor altura de inserción de mazorca a la dosis de 6,25 t ha⁻¹, igual estadísticamente al nivel cero de estiércol, superior e igual a la dosis de 12,50 t ha⁻¹; mientras que, el PM-213 expresó menor altura a la dosis de 6,25 ha⁻¹ y el EXP-05 incrementó a esta dosis e igualó a 12,5 ha⁻¹.

La mayor altura de inserción de mazorca se debería a una mayor cantidad de nitrógeno aportado por el estiércol de cuy, considerando que el N tiene un efecto en la producción de aminoácidos y hormonas vegetales responsables de la división y elongación celular (Snehaa et al., 2019), que habría favorecido la potencialidad genética del híbrido EXP-05, bajo las condiciones de San José, Chontabamba.

Figura 30

Tendencia de promedios de los factores A, B y de bloques para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD

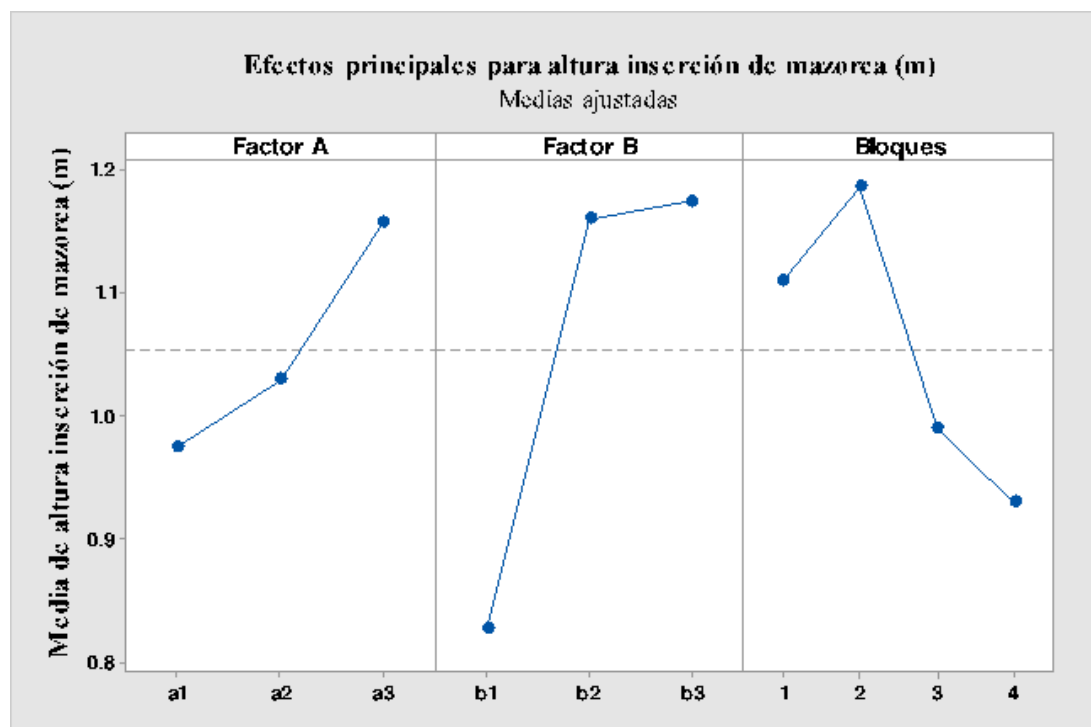


Tabla 22

Comparación múltiple de Tukey para altura promedio de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media (m)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (m)	Agrupación
a1	0,98	b	b1	0,83	b
a2	1,03	b	b2	1,16	A
a3	1,16	a	b3	1,18	a

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 31

Interacción de factores A x B para altura de inserción de mazorca (m) de los híbridos de MAD con aplicación de estiércol

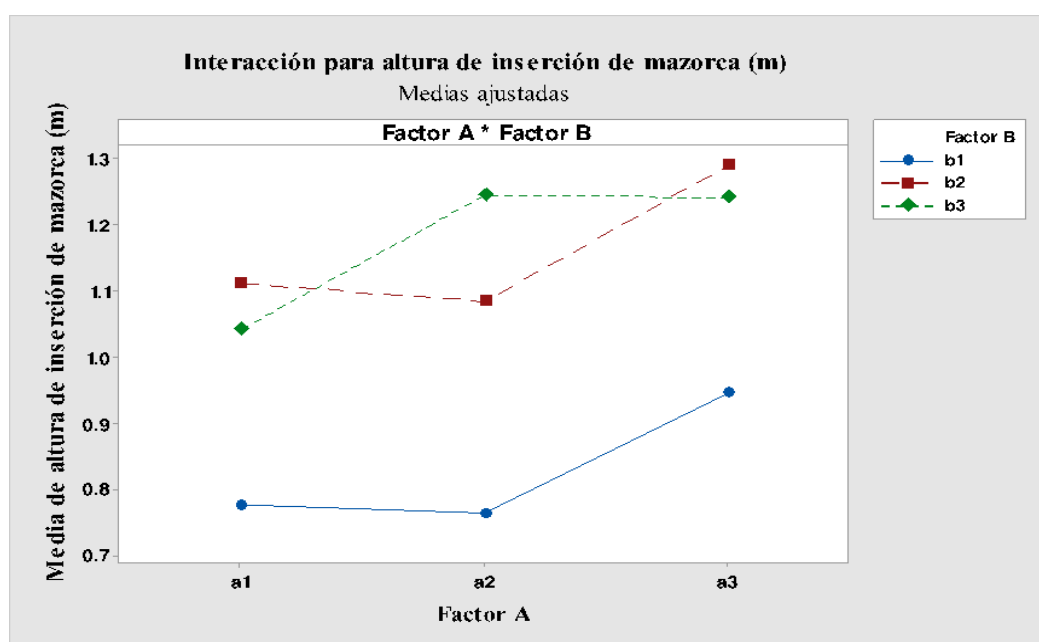


Tabla 23

Comparación múltiple de Tukey para altura de inserción de mazorca (m) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba

Tratamiento Estiércol x híbrido	Factores (AxB)	Altura de mazorca (m)	Agrupación			
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	0,78				e
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	1,11	a	b	C	d
0,00 t ha ⁻¹ x EXP-05	a1 b3	1,04			C	d
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	0,76				e
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	1,08		b	C	d
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	1,25	a	b		
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	0,94				d e
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	1,29	a			
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	1,24	a	b	C	

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Las variables altura de planta y altura de inserción de mazorca evaluadas en los híbridos MAD, presentan la misma respuesta a la aplicación del estiércol de cuy, es decir, están relacionadas; las cuales resultaron influenciadas por los niveles de estiércol de cuy, es decir, mediante una interacción entre estos dos factores (A y B) de diferente manera; para el PM-213, con menor desarrollo de planta a la dosis de 6,25 t ha⁻¹, mientras, prácticamente no hay efecto de las dosis para el DK-7088, sólo un ligero incremento a 12,5 t ha⁻¹, mientras, EXP-05 obtuvo mayor altura en el segundo nivel de estiércol. Esto evidencia que, el estiércol de cuy tuvo una forma particular de interactuar con los tres híbridos aunado a las condiciones climáticas, donde se desarrolló el cultivo.

Hay que hacer notar, el uso de fertilización orgánica aparte del aporte de nitrógeno, ejerce un papel primordial en el crecimiento regulado de la planta, es decir, por favorecer hormonas vegetales que promueven la división celular; y en consecuencia una buena arquitectura de planta, para una eficiencia en captura de radiación solar (Sneha et al., 2019) y fotosintética.

Diámetro de tallo

El ANOVA para diámetro de tallo (Tabla 24), determinó que existen diferencias altamente significativas entre bloques, y no significativa entre tratamientos, factor A, factor B y la interacción entre los dos factores en estudio. El promedio global (2,75 cm) se muestra en la Tabla 25.

La tendencia de diámetro de tallo (Figura 32), a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ disminuyó comparado al testigo, para luego incrementar en tercera dosis de estiércol y en cuanto a los híbridos no ha mostrado mayor variación; es decir sin diferencias estadísticas, tal como lo indicó el ANOVA, cuyos promedios se ilustran en la Figura 33, tanto para los niveles del estiércol (a), como de los híbridos (b). Al igual, para los tratamientos, sin diferencias estadísticas, cuyos promedios se presentan en la Figura 34.

Tabla 24

ANOVA de la influencia del estiércol de cuy en diámetro de tallo (cm) de híbridos de MAD evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	0,32823	0,109409	14,1**	1,66E- 5
Tratamientos	8	0,04009	0,005011	0,65 ns	0,7319
Factor A	2	0,033122	0,016561	2,13 ns	0,1402
Factor B	2	0,003304	0,001652	0,21 ns	0,8097
Factor A x B	4	0,003666	0,000916	0,12 ns	0,9748
Error	24	0,186205	0,007759		
Total	35	0,554525			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

Tabla 25

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para diámetro de tallo (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		cm				%	
2,75	0,12	2,50	3,04	3,20	66,42	51,03	24,45

Figura 32

Tendencia de los factores A, B y bloques para diámetro de tallo(cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

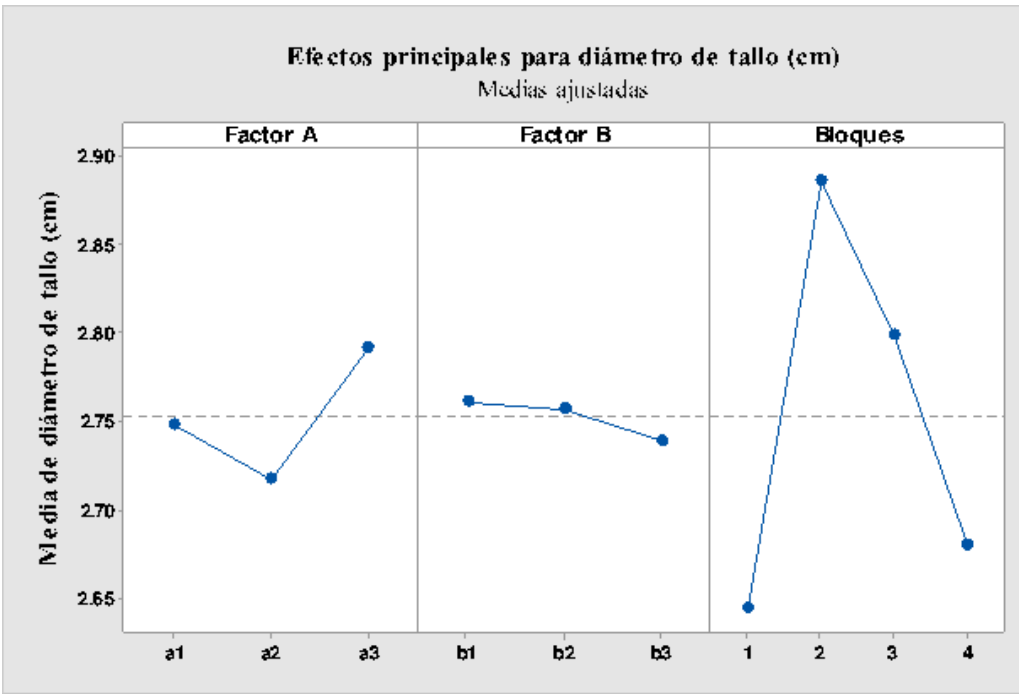
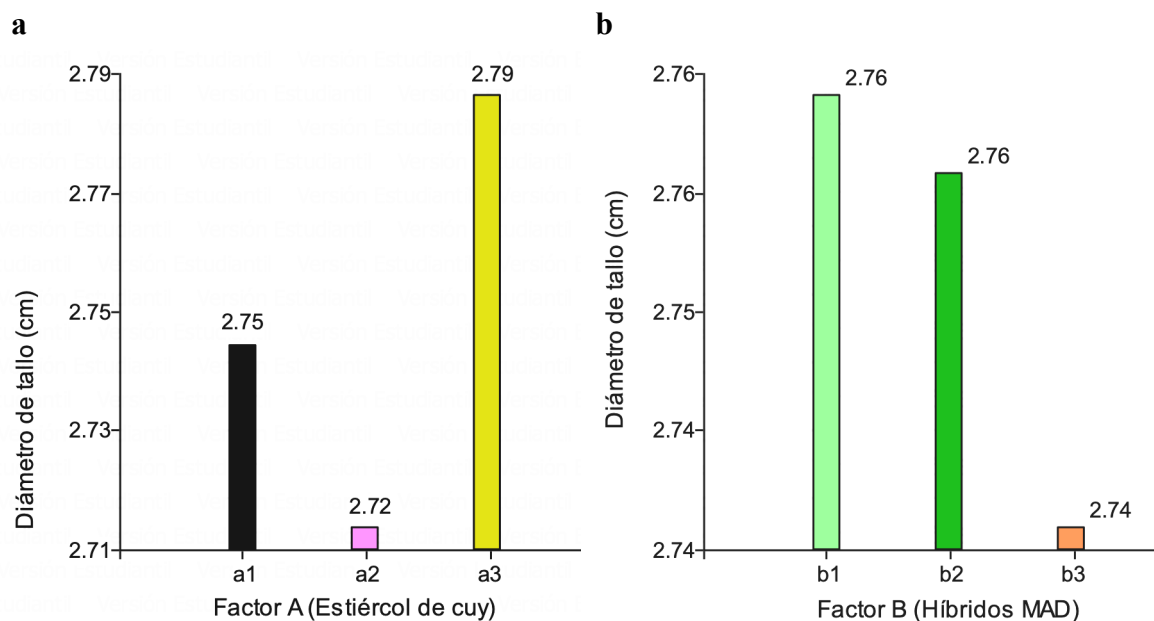


Figura 33

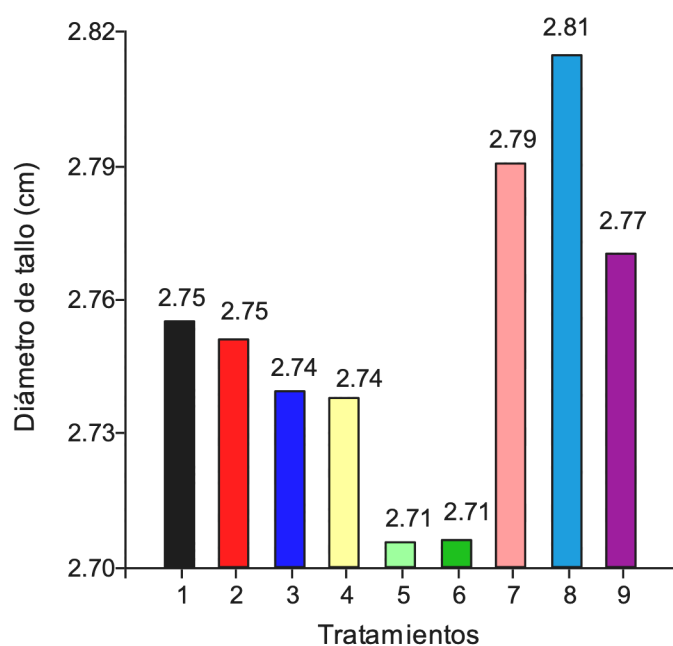
Medias para la variable diámetro de tallo (cm) del maíz con la aplicación de los niveles de estiércol de cuy (a) y del tipo de híbrido MAD (b)



Nota. Cada gráfico elaborado con InfoStat (Di Rienzo et al., 2020)

Figura 34

Medias para la variable para diámetro de tallo (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy evaluados en San José del distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)



Nota. Gráfico elaborado con InfoStat (Di Rienzo et al., 2020)

En los híbridos DK-7088, PM-213 y EXP-05, los diámetros resultaron iguales en las dosis de estiércol bajo las condiciones de selva alta, Chontabamba, es decir, sin diferencias estadísticas, tal como se indicó previamente. Estos resultados, concuerdan con Diniz et al. (2019), para el caso de cuatro híbridos (DKB390PRO2, DKB310PRO2, DKB340PRO2 y DKB290PRO3), con un promedio de 1,93 cm; en donde esta variable es la menos influenciada por el medio; mientras, Liu et al. (2020), determinaron en tres cultivares de maíz, M753, LY66 y LD565, el diámetro de tallo, 2,08; 1,76 y 2,36 cm, con diferencias significativas a 158, 154 y 157 dds, respectivamente; asimismo, encontraron una variación en la uniformidad del diámetro de tallo, por efecto de borde, sin embargo, el diámetro de estos híbridos, no está influenciado por el ambiente.

Conclusión

La aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) tiene diferente efecto sobre la arquitectura de la planta de híbridos de amarillo duro (*Z. mays* L.), por la interacción entre los dos factores (Estiércol de cuy x híbrido) en altura de planta y altura de inserción de mazorca, el DK-7088 y EXP-05 no se ve favorecida por las dosis de estiércol de 6,25 y 12,5 t ha⁻¹; pero, el PM-213, presentó menor desarrollo de planta a la dosis de 6,25 t ha⁻¹, que sustenta la sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú).

CAPÍTULO 3

Efecto del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en las características de mazorca de los híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba

Efecto del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) en las características de mazorca de los híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L.) en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen

El objetivo es determinar el efecto del estiércol de cuy (0,00; 6,25 y 12,50 t ha⁻¹) en las características de mazorca de los híbridos de maíz amarillo duro (DK-7088, PM-213 y EXP-05) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú). Se registraron las características de 10 mazorcas elegidas al azar de cada unidad experimental, al momento de la cosecha, para mediciones de las variables, longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. La aplicación del estiércol de cuy mejora en cierta manera las características de la mazorca, condicionado al genotipo del híbrido de maíz, que sustenta la sostenibilidad en la región. Para la longitud de la mazorca, el híbrido EXP-05 presentó el máximo valor (19,08 cm) en la dosis de 12,50 t ha⁻¹, con diferencias significativas al resto de los tratamientos. El mayor diámetro de la mazorca para cada uno de los híbridos fue expresado en la dosis 12,5 t ha⁻¹, oscilando entre 4,98 y 5,51 cm. El número de hileras por mazorcas en los híbridos evaluados no fue influenciado por la dosis de estiércol, con respuesta condicionada por el genotipo, resultando superior el DK-7088 (17,35 hileras mazorca⁻¹). El número de granos por hilera de los híbridos de maíz no fue afectado por la dosis de estiércol, con igual media estadística en cada híbrido, oscilando entre 33,29 y 36,14 granos hilera⁻¹.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Cavia porcellus* L, mazorca.

Introducción

En México, el sector agropecuario, contribuye con 12 % de GEI (CH_4 y N_2O), emitidos del manejo de estiércoles y la fertilización nitrogenada de suelos agrícolas (Saynes et al., 2016), esto tiene un desafío contra el calentamiento global; además, otras formas reactivas de nitrógeno y lixiviación de nitratos, son consecuencia de altas aplicaciones que se recomienda para estimular altos rendimientos en el cultivo, donde se reporta un incremento exponencial en las emisiones de N_2O cada año (Ruan et al., 2016).

También, se ha demostrado que el maíz, en monocultivo, tiene una capacidad de funcionar como sumidero de carbono, por sus altos rendimientos en producción primaria, pero tiene la desventaja que la dosis de fertilización es muy alta y contribuye con emisiones directas e indirectas de GEI (Shen et al., 2018); igual, el uso de fertilizante nitrogenado, los abonos verdes y acolchado orgánico, no favorecen la reducción de CO_2 , CH_4 y N_2O ; asimismo, las condiciones de baja aireación del suelo y métodos inadecuados de aplicación de nitrógeno, influyen de manera significativa en la emisión de estos gases (Sosa-Rodrigues y García-Vivas, 2019).

De acuerdo a lo expresado, propiciar la sostenibilidad fuerte, consiste en mantener la estructura de los ecosistemas para preservar la biodiversidad entre y dentro de ellos (Arias, 2006); esto implica, incrementar y profundizar el conocimiento teórico con el fin de demostrar, que el manejo del suelo con el uso de materia orgánica de calidad en la fertilización del maíz, que se enmarca dentro del paradigma del desarrollo sostenible, con el fin de cambiar los patrones de comportamiento humano, hacia el uso de sistemas de producción sostenibles, para asegurar el bienestar y seguridad alimentaria; esto requiere hacer vinculaciones del hombre, sociedad y con el medio (Gallopín, 2003) y así, hacer un eficiente uso de la biodiversidad en la generación de bienes y servicios, para satisfacer las necesidades de las poblaciones actuales y asegurar éste a las futuras generaciones.

Por otro lado, el IPCC, determinaron un $0,76^\circ\text{C}$ de incremento y que continuará en ascenso (Amestoy, 2010), tal como, lo predijeron Hoegh-Guldberg et al. (2018), con un incremento de $1,5^\circ\text{C}$ (temperatura global) a fines del siglo, año 2100. Parte de este incremento, corresponde al uso de fertilizantes nitrogenados en cultivos con rendimientos

altos como el maíz; considerando que, la contaminación y cambio climático son emergencias producidas por uso de combustibles fósiles, como la principal causa (Herndon y Whiteside, 2019).

El único uso del estiércol de los animales domésticos, es como fertilizantes en los campos de cultivo, pero la mayoría de criadores de cuyes la hace de una manera no adecuada, que constituye una fuente de contaminación, que afecta el ambiente y la salud pública; sin embargo, manejado de manera provechosa para que cumpla ciertos estándares de calidad, pasa a constituir un fertilizante muy eficaz e inocuo para la salud del poblador, sin correr el “riesgo de microbios patógenos, como *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium botulinum*, *Giardia* spp., *Cryptosporidia* spp., *Microsporidia* spp. y *Fasciola* spp., es relevante para la salud pública” (Acevedo et al., 2017).

En comunidades agrícolas, con suelos de muy baja fertilidad, aunado a un limitado acceso a los fertilizantes minerales, se hace necesario tener modelos de producción que les permita mejorar sus ingresos; como el uso de enmiendas, coberturas y/o rotación de sus cultivos, para mejorar la productividad del suelo (Amakali, 2019). En la granja experimental de la Universidad de Annamalai, Tamil Nadu, India, se evaluaron diferentes abonos orgánicos en el cultivo de *Z. mays*, maíz enano, en barbechos de arroz, y se encontró que el mejor abono fue el vermicompost, a una dosis de 5 t ha⁻¹, con altos valores en longitud, diámetro de la mazorca y rendimiento de grano (Snehaa et al., 2019).

En el Cantón La Troncal-Cañar, Ecuador, en la variedad DAS 3383, con tres tipos de fertilización (fertilizante enriquecido con Supermagro, fertilización convencional y un testigo) determinaron que no hubo diferencias en número de hileras mazorca⁻¹, longitud de mazorca y la relación tusa-grano, y rendimiento en grano de 8,70 y 7,29 t ha⁻¹ en fertilizante convencional y el enriquecido, respectivamente (Vera-Rodríguez et al., 2020). Igualmente, el comportamiento de la variedad maíz DK 7500, bajo las condiciones de Ecuador, a 110 msnm, con una fertilización de súpermagro y fertilizante mineral, no registró diferencias significativas en altura de inserción de mazorca (70 dds), número de hileras mazorca⁻¹, peso de 1000 granos y rendimiento (Vera et al., 2020).

Por otra parte, investigación llevada a cabo en Boyacá, Colombia, evidenciaron que no hubo diferencias significativas en altura de planta entre la fertilización química y

orgánica, pero si en número de mazorcas, que fue superior con el producto Abimgra (60 % de gallinaza, 20 % de polihalita, 10 % de roca fosfórica, 10% de bases de azufre rico en sulfatos orgánicos) y la mezcla de Abimgra + Cachaza; pero, en peso de 100 granos fue mayor el fertilizante químico, NPK (Forero et al., 2014).

De este modo, el uso de estiércol de cuy sumado a la fertilización mineral de híbridos de maíz amarillo duro, es una alternativa para el crecimiento y desarrollo de este cultivo exigente en nutrientes, para la sostenibilidad de las zonas rurales, y con esto cambiar la concepción filosófica del agricultor en su producción agrícola, en la que conserve el suelo, la biodiversidad del ecosistema y asegurar el bienestar de generaciones futuras; de allí, que el objetivo de este capítulo, es determinar el efecto del estiércol de cuy en las características de mazorca de los híbridos de maíz amarillo duro en el distrito de Chontabamba

Materiales y Métodos

La descripción del ensayo establecido en condiciones de campo se explicó previamente, en el capítulo 1. En la Tabla 26, se definen las variables consideradas para la determinación de las características de mazorca de los híbridos de maíz amarillo duro, siguiendo la metodología descrita por Pinedo, 2015 y López et al. (2017).

Tabla 26

Variables evaluadas para determinación de características de mazorca de híbridos MAD

Nº	Variable	Definición
1	Longitud de mazorca (cm)	Desde la base de la mazorca hasta dónde llega el grano.
2	Diámetro de mazorca (cm)	Longitud circunferencia π^{-1} , de mazorca en el tercio medio.
3	Hileras por mazorca (Nº)	Hileras en la circunferencia de la mazorca, de tres mazorcas.
4	Granos por hilera (Nº)	Promedio de granos de tres hileras, de tres mazorcas.

Procedimiento para las evaluaciones de las variables

Se registraron las características de 10 mazorcas elegidas al azar de cada unidad experimental, al momento de la cosecha. Para mediciones de longitud y diámetro de la mazorca, se muestra en la Figura 35; el número de hileras por mazorca (Figura 36) y el número de granos hilera⁻¹ (Figura 37).

Figura 35

Registro para determinación del diámetro de mazorca (cm)



Figura 36

Registro de número de hileras mazorca⁻¹



Figura 37

Registro de número de granos hilera⁻¹



Resultados y Discusión

Las variables: longitud de mazorca, diámetro de mazorca y granos por hilera, siguen una distribución normal, cuya probabilidad (P. valor) resultó mayor al 5 %; excepto, en hilera por mazorca, (Tabla 27, Figuras 38a, 39a, 40a y 41a). En la prueba para homogeneidad de varianzas para cada una de las variables antes mencionadas, se determinó que todas las varianzas son iguales, cuyo resultado se puede observar en la Tabla 27, antes indicada e ilustrado en las Figuras 38b, 39b, 40b y 41b; por lo que se procede con el ANOVA para cada una.

Tabla 27

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas de las variables, longitud, diámetro, número de hileras de la mazorca y número de granos por hilera de híbridos de MAD

Variables	Indicador	Anderson-Darling (P. valor)	Homogeneidad Levene (P. valor)
Características de mazorca	Longitud de mazorca	0,146	0,267
	Diámetro de mazorca	0,488	0,752
	Hileras por mazorca	0,005	0,157
	Granos por hilera	0,591	0,563

Figura 38

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable longitud de mazorca (cm) en híbridos de MAD

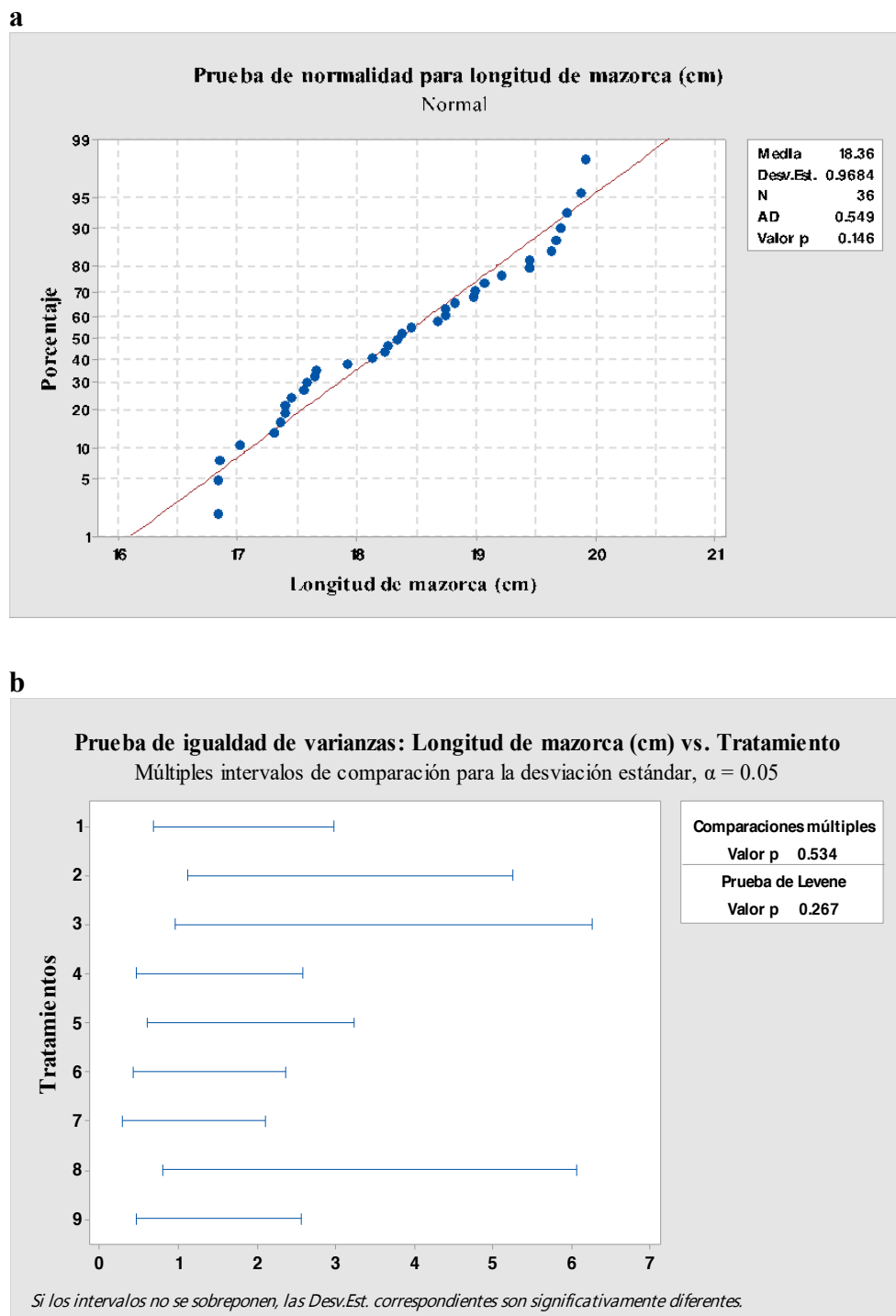
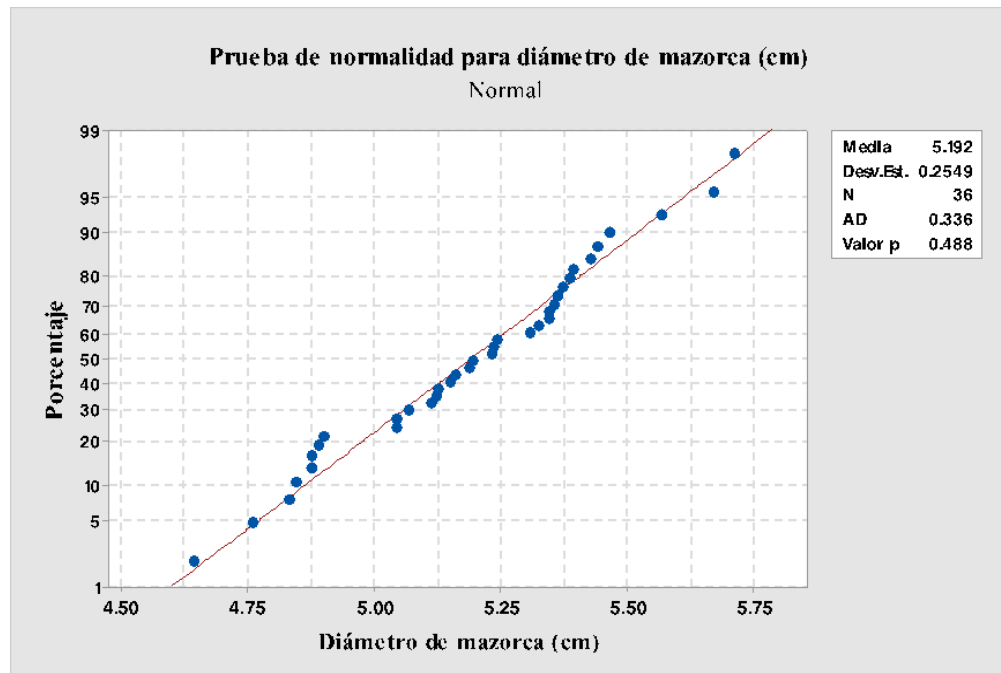


Figura 39

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable diámetro de mazorca (cm) en híbridos de MAD

a



b

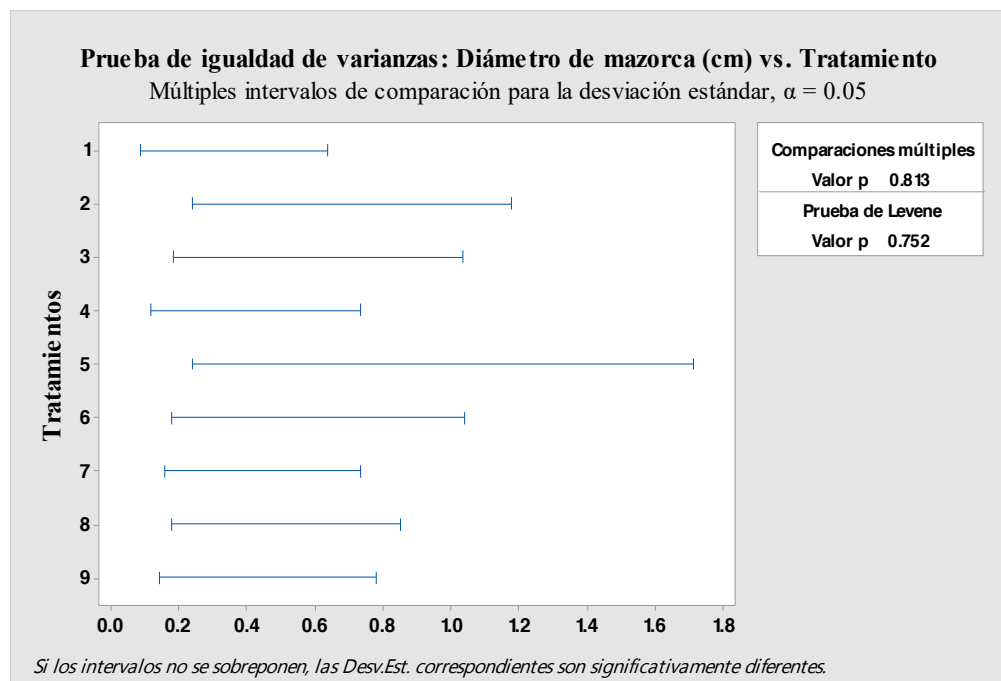
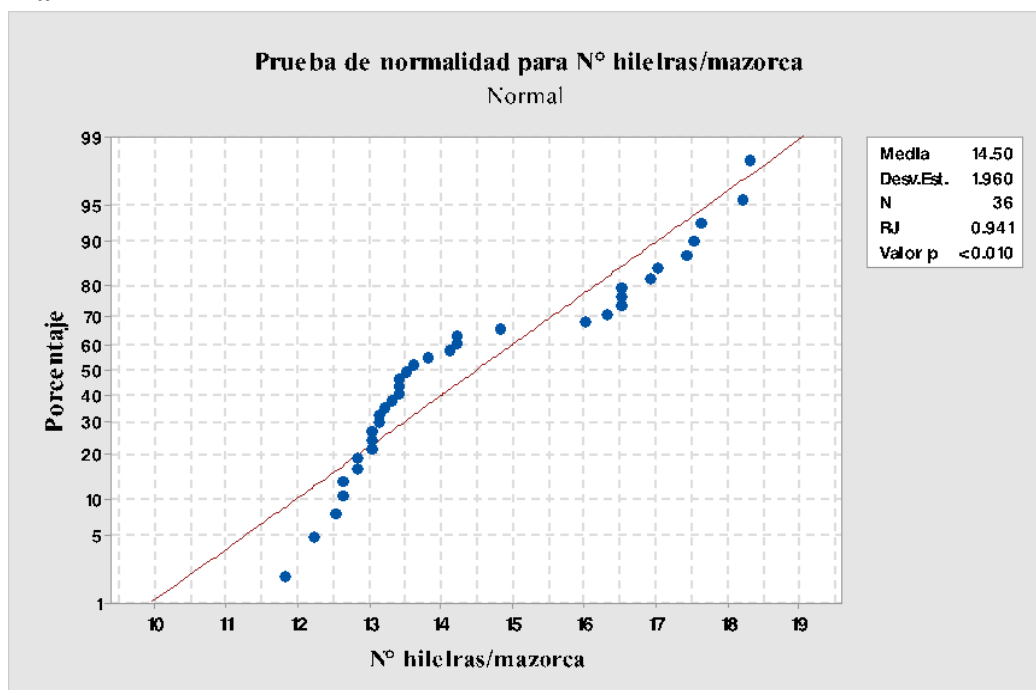


Figura 40

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable número de hileras por mazorca en híbridos de MAD

a



b

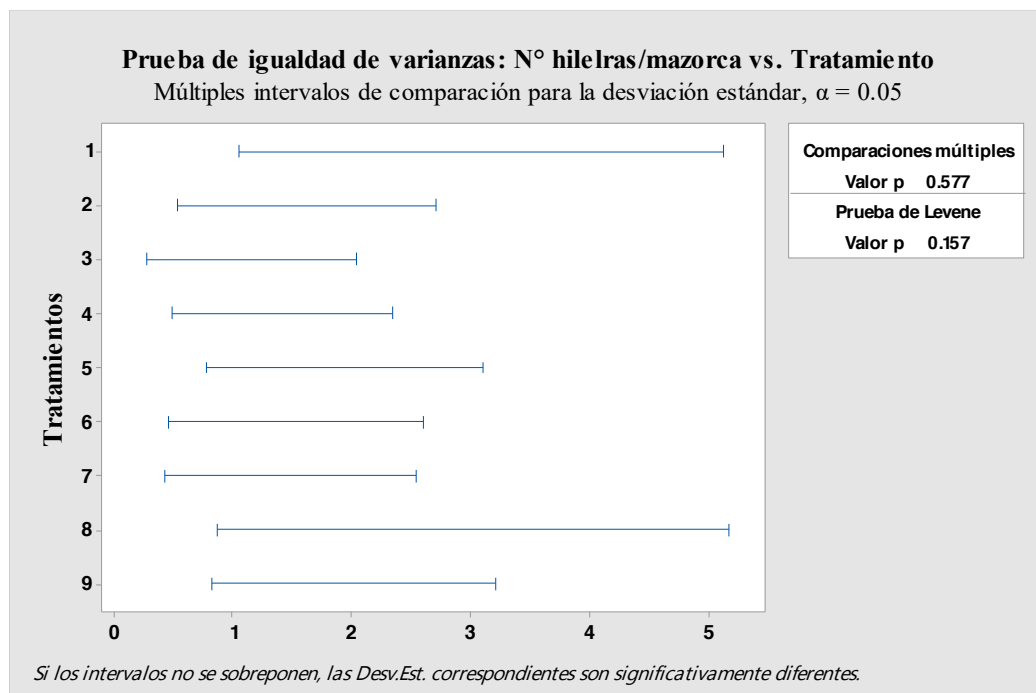
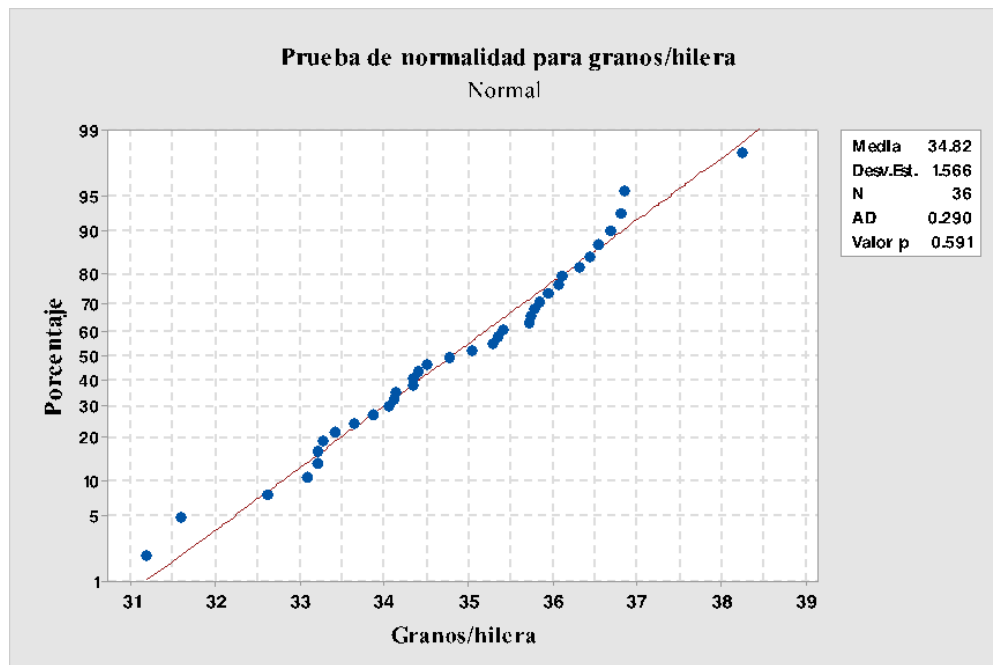


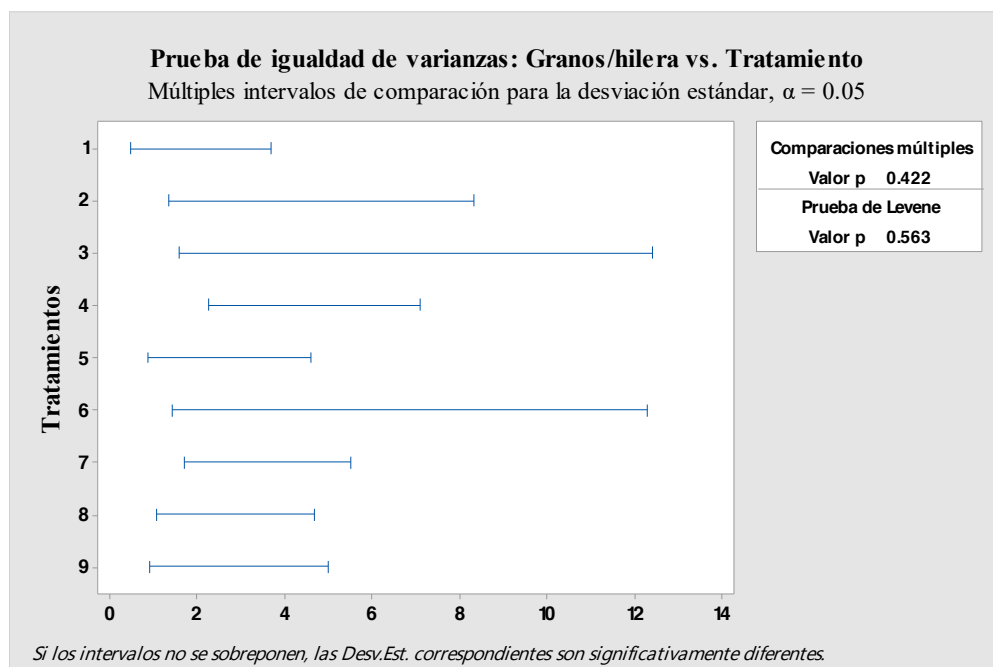
Figura 41

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) de la variable número de granos por hilera en híbridos de MAD

a



b



Longitud mazorca

El ANOVA, para longitud de mazorca (Tabla 28), por la aplicación de estiércol de cuy, determinó que existen diferencias altamente significativas entre bloques, tratamientos y factor híbridos de MAD, más no, para las dosis de estiércol de cuy (factor A) y la interacción de los dos factores. El promedio general se muestra en la Tabla 29.

La longitud de la mazorca (Figura 42), no fue influenciada por las dosis de estiércol de cuy, y en los híbridos, el que presentó menor longitud fue el DK-7088 comparado al PM-213 y EXP-05. Con la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 30), muestra que, las tres dosis de estiércol de cuy, no han producido efecto significativo en esta variable y la menor longitud de mazorca fue para el híbrido DK-7088, comparado a PM-213 y EXP-05, estos últimos fueron estadísticamente iguales.

En los tratamientos (Tabla 31), el EXP-05 a la dosis de 12.5 t ha⁻¹ tuvo mayor longitud de mazorca e igual estadísticamente al sin estiércol de cuy, y ambos superiores e iguales a los demás tratamientos, excepto al DK-7088 en los niveles de estiércol de 12,5 y sin estiércol, cuyos tratamientos fueron estadísticamente inferiores.

Los resultados de longitud de mazorca, fueron semejantes a los encontrados en híbridos simples, bajo las condiciones Maracay, Venezuela, que mostraron diferentes respuestas en esta variable, con valores de 15,42 a 18,59 cm para INIA Exp. 89 e INIA Exp. 67, respectivamente, con diferencias entre éstos (Alfaro et al., 2009), esto evidencia que, en esta variable, los híbridos EXP-05 y DK-7088 respondieron de manera contraria en el nivel de 12,50 t ha⁻¹, no así para el PM-213 donde el estiércol de cuy no produjo una diferenciación en la expresión fenotípica de esta variable.

Tabla 28

ANOVA para longitud de mazorca (cm) de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	6,546	2,1819	5,21 **	0,006530
Tratamiento	8	16,22	2,0276	4,84**	0,001224
Factor A	2	0,1217	0,06086	0,15 ns	0,865606
Factor B	2	15,8495	7,92476	18,91**	0,000012
Factor A x B	4	0,2493	0,06232	0,15 ns	0,961789
Error	24	10,0595	0,41914		
Total	35	32,8256			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

Tabla 29

Estadísticos descriptivos, resumen del modelo y CV para longitud de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		cm				%	
18,36	0,97	16,82	19,90	3,53	69,35	55,31	31,05

Figura 42

Tendencia de los factores A, B y bloques para longitud de mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol cuy

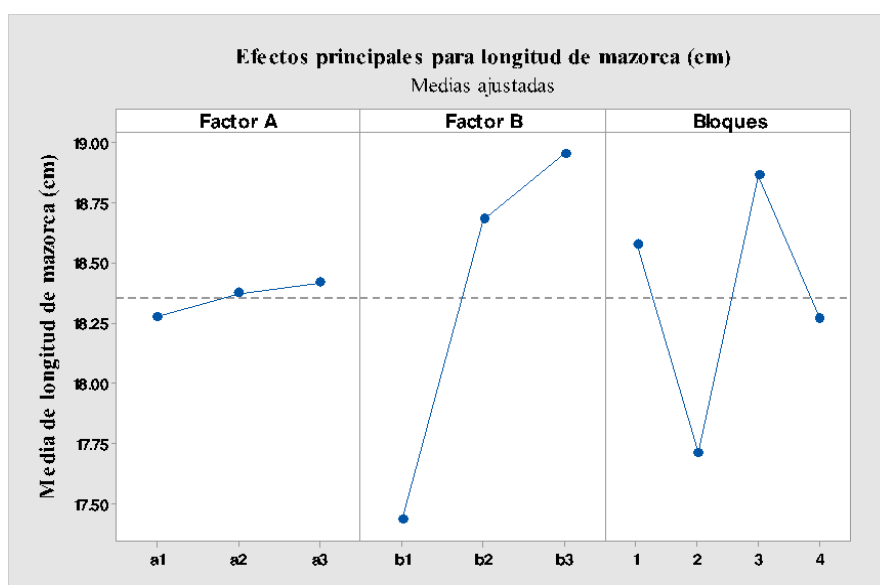


Tabla 30

Comparación múltiple de Tukey para longitud de mazorca (cm) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media (cm)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (cm)	Agrupación
a1	18,28	a	b1	17,43	b
a2	18,37	a	b2	18,68	a
a3	18,42	a	b3	18,96	a

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Tabla 31

Comparación múltiple de Tukey para longitud de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Tratamiento Estiércol x híbrido	Factores (AxB)	Longitud de mazorca (cm)	Agrupación
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	17,36	b
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	18,54	a b
0,00 t ha ⁻¹ x EXP-05	a1 b3	18,94	a
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	17,57	a b
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	18,70	a b
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	18,85	a b
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	17,37	b
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	18,81	a b
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	19,08	a

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Diámetro de mazorca

El ANOVA, para diámetro de mazorca por la aplicación de estiércol de cuy en los híbridos MAD (Tabla 32), ha determinado que existen diferencias altamente significativas entre los bloques, tratamientos y el factor B, más no en el factor A y la interacción. El promedio global de esta variable se muestra en la Tabla 33.

El diámetro de la mazorca de los híbridos, tiene cierta tendencia a aumentar con las dosis de estiércol de cuy (Figura 43), en los híbridos, el DK-7088 supera largamente a PM-213 y EXP-05. Con la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 34), indica que, las dosis de estiércol de cuy, no han producido un efecto sobre esta variable; pero en factor B, el mayor valor fue para DK-7088, comparado a PM-213 y EXP-05, sin diferencias entre éstos.

Tabla 32

ANOVA para diámetro de mazorca (cm) de los híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

FV	GL	SC	CM.	Valor F	Valor p
Bloques	3	0,4468	0,14893	5,68**	0,0043570
Tratamiento	8	1,1985	0,14981	5,72 **	0,0004010
Factor A	2	0,06264	0,03132	1,2 ns	0,3200348
Factor B	2	1,09111	0,54555	20,82 **	0,0000057
Factor A x B	4	0,04473	0,01118	0,43 ns	0,7878146
Error	24	0,6289	0,0262		
Total	35	2,27417			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

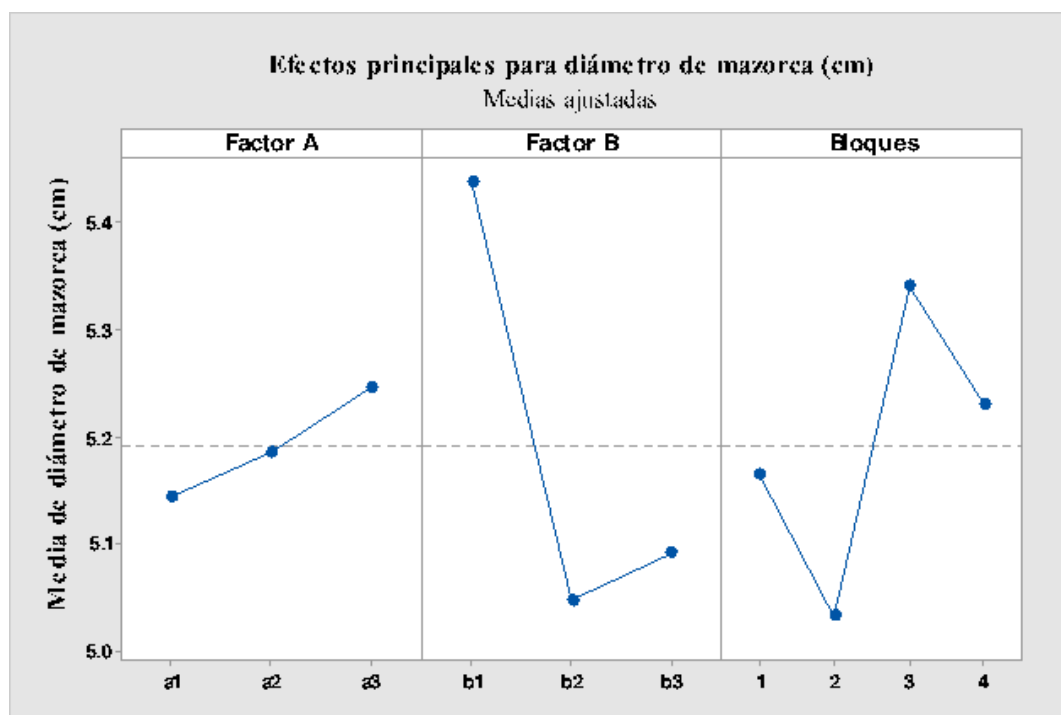
Tabla 33

Estadísticos descriptivos, resumen del modelo y CV para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		cm				%	
5,19	0,25	4,64	5,71	3,12	72,35	59,67	37,78

Figura 43

Tendencia de los factores A, B y bloques para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol

**Tabla 34**

Comparación múltiple de Tukey para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media (cm)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (cm)	Agrupación
a1	5,14	a	b1	5,44	a
a2	5,19	a	b2	5,05	b
a3	5,25	a	b3	5,09	b

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

En los tratamientos, el diámetro de mazorca, con la prueba de comparación de Tukey (Tabla 35), el DK-7088 en la dosis de estiércol de $12,50 \text{ t ha}^{-1}$, fue superior e igual a la $6,25 \text{ t ha}^{-1}$; mientras que, el EXP-05 respondió en cierta manera a las dosis de estiércol de cuy, similar al PM-213 que respondió a la dosis, $12,5 \text{ t ha}^{-1}$. Estos resultados, concuerdan con las diferencias significativas de promedios de diámetro de mazorca reportadas para los

híbridos comerciales de maíz, y que han variado de 4,69 a 5,23 cm para DKB340PRO2 y AG7098PRO2, respectivamente, carácter inherente al genotipo (Diniz et al., 2019).

Por otra parte, el diámetro de mazorca del EXP-05, por efecto de las dosis de estiércol, son similares a los reportados por Chura et al (2019), quienes encontraron valores de 5,09 a 5,13 para este mismo híbrido con dosis de nitrógeno de 180, 200 y 220 kg ha⁻¹; Alfaro et al (2009) determinaron, valores de 4,50 a 5,03 cm para los híbridos simples INIA Exp. 73 y INIA Exp. 71, respectivamente, y con diferencias significativas entre éstos, que son parecidos con los encontrados en la presente investigación de 4,98 a 5,51 cm para los tratamientos PM-213 con 6,25 t ha⁻¹ y DK-7088 con 12,50 t ha⁻¹ de estiércol de cuy, respectivamente.

Tabla 35

Comparación múltiple de Tukey para diámetro de mazorca (cm) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Tratamiento Estiércol*híbrido	Factor (A*B)	Diámetro de mazorca (cm)	Agrupación		
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	5,34	a	b	c
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	5,05			c
0,00 t ha ⁻¹ x EXP-05	a1 b3	5,04			c
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	5,46	a	b	
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	4,98			c
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	5,11		b	c
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	5,51	a		
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	5,11		b	c
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	5,12	a	b	c

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Hileras por mazorca

El ANOVA (Tabla 36), para el número de hileras de mazorca, indica que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos y el factor B, híbridos de MAD; mientras que, los bloques, factor A, dosis de estiércol de cuy y la interacción no hubo diferencias significativas. El promedio global para los híbridos de MAD se muestra en la Tabla 37.

El número de hileras por mazorca, no muestra una tendencia notoria, Figura 44, esto implica que no tuvo una respuesta a las dosis de estiércol de cuy; sin embargo, en los híbridos, el DK-7088 fue superior a PM-213 y EXP-05. La prueba de comparación múltiple de Tukey alfa (Tabla 38), encontró que no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de estiércol; mientras que, en los híbridos de MAD, ha mostrados superioridad el DK-7088, frente a EXP-05 y PM-213, sin diferencias estadísticas entre estos dos últimos; resultados similares con el híbrido H-443A, evaluado en el noreste de México, que presenta una mazorca “de forma cónica- cilíndrica con 14 a 16 hileras y 31 a 40 granos por hilera” (Reyes et al., 2009, p. 332).

Tabla 36

ANOVA para la variable número de hileras por mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	0,748	0,2492	0,46 ns	0,713267706
Tratamiento	8	120,622	15,0778	27,79 **	3E-10
Factor A	2	0,941	0,4703	0,87 ns	0,433011466
Factor B	2	118,157	59,0786	108,9 **	1E-12
Factor A x B	4	1,524	0,3811	0,7 ns	0,597919597
Error	24	13,02	0,5425		
Total	35	134,39			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

Tabla 37

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para la variable número de hileras por mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad	Nº de hileras mazorca ⁻¹				%		
14,50	1,96	11,80	16,50	5,08	90,31	85,87	78,20

Figura 44

Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para número hileras por mazorca de híbridos de MAD con la aplicación de estiércol de cuy

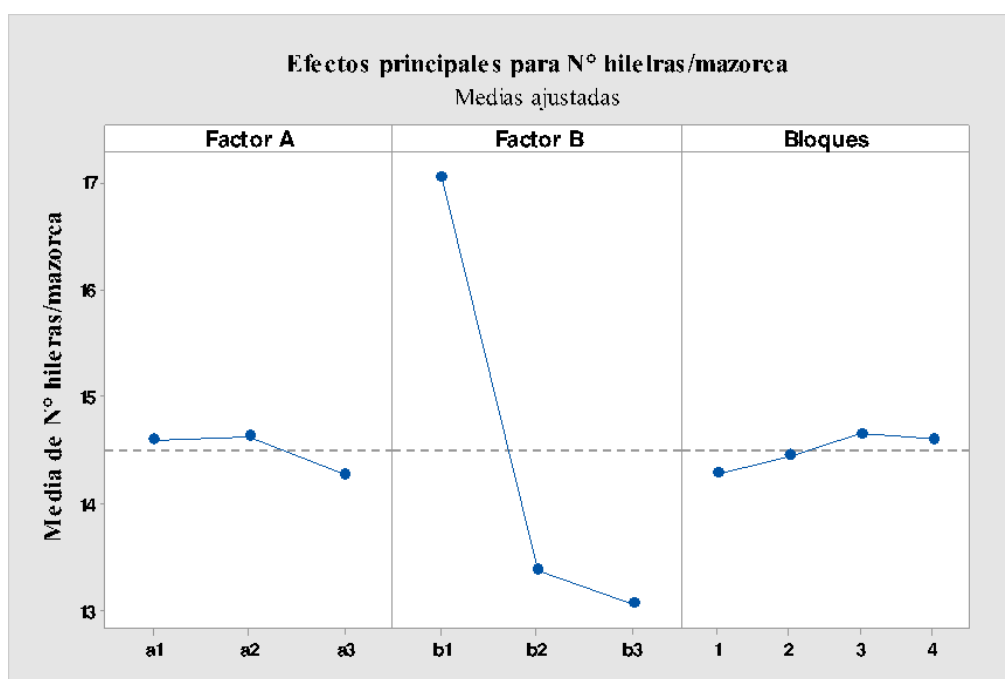


Tabla 38

Comparación múltiple de Tukey para hileras por mazorca de híbridos de MAD en respuesta a los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media (N°)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media (N°)	Agrupación
a1	14,60	a	b1	17,06	a
a2	14,63	a	b2	13,07	b
a3	14,28	a	b3	13,38	b

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

En los tratamientos, la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 39), el número de hileras por mazorca en el híbrido DK-7088, sin diferencias estadísticas entre las tres dosis de estiércol de cuy utilizadas, pero fueron superiores a los híbridos EXP-05 y PM-2013, éstos últimos sin diferencias significativas.

Los resultados para la variable número de hileras por mazorca en los híbridos de maíz amarillo duro, bajo las condiciones de San José Chontabamba, concuerda con los híbridos de MAD (CLYN240×CML451Q y CLYN240×CLO2720), evaluados en las condiciones de Lambayeque, Perú, región costa, que fue de 14,45 para ambos, superiores a los testigos INIA 619 y INIA 605 y otros 19 híbridos (Ruiz et al., 2020), esto se explicaría porque cada uno tiene una combinación génica particular y puede responder de manera diferente o similar al ambiente; más no, por añadido de estiércol de cuy; pero, para la sostenibilidad se requiere mantener la productividad del suelo, que se lograría con la dosis de 6,25 t ha⁻¹, en los híbridos PM-213 y EXP-05.

Tabla 39

Comparación múltiple de Tukey para el número de hileras por mazorca de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Tratamiento Estiércol*híbrido	Factor (A*B)	Hileras por mazorca (cm)	Agrupación
0,00 t ha ⁻¹ x DK-7088	a1 b1	17,35	a
0,00 t ha ⁻¹ x PM-213	a1 b2	13,33	b
0,00 t ha ⁻¹ x EXP-05	a1 b3	13,13	b
6,25 t ha ⁻¹ x DK-7088	a2 b1	17,15	a
6,25 t ha ⁻¹ x PM-213	a2 b2	13,30	b
6,25 t ha ⁻¹ x EXP-05	a2 b3	13,45	b
12,50 t ha ⁻¹ x DK-7088	a3 b1	16,68	a
12,50 t ha ⁻¹ x PM-213	a3 b2	13,53	b
12,50 t ha ⁻¹ x EXP-05	a3 b3	12,63	b

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Granos por hilera

El ANOVA, para granos por hilera, de la aplicación de estiércol de cuy en los híbridos de MAD (Tabla 40), ha determinado que existen diferencias significativas entre bloques, más no para los tratamientos y niveles de los factores A y B y la interacción. El promedio global de los tres híbridos se muestra en la Tabla 41.

El número de granos por hilera, la tendencia fue al incremento con las dosis utilizadas, y en los híbridos, el PM-213 fue el que ha mostrado mayor número de granos por hilera (Figura 45); que, al no detectarse diferencias estadísticas, evidenciado en el ANOVA antes citado, cuyos valores promedios para cada nivel de los factores se ilustra en la Figura 46. Resultado similar en los tratamientos (Figura 47).

Tabla 40

ANOVA para la variable número de granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	16,77	5,589	3,1 *	0,046
Tratamiento	8	25,85	3,231	1,79 ns	0,128
Factor A	2	2,178	1,089	0,6 ns	0,555
Factor B	2	8,648	4,324	2,4 ns	0,112
Factor A x B	4	15,022	3,755	2,08 ns	0,114
Error	24	43,249	1,802		
Total	35	85,865			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas.

Tabla 41

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para el número de granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	C.V.
Unidad		Nº granos hilera ⁻¹				%	
34,82	1,57	31,17	38,23	49,63	26,55	0,00	3,86

Figura 45

Tendencia de promedios de los factores A, B y bloques para granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol

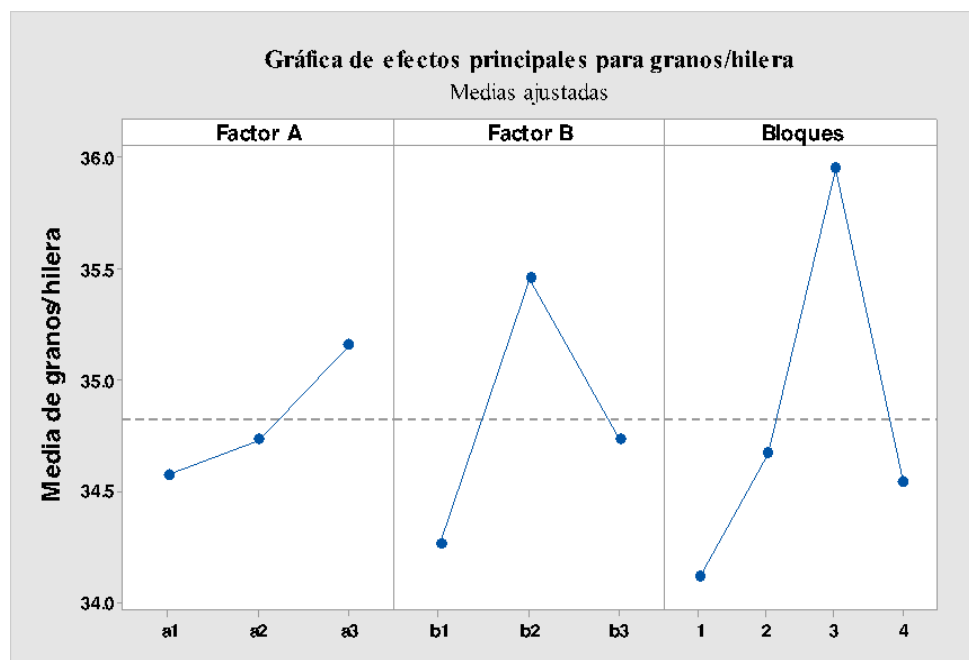
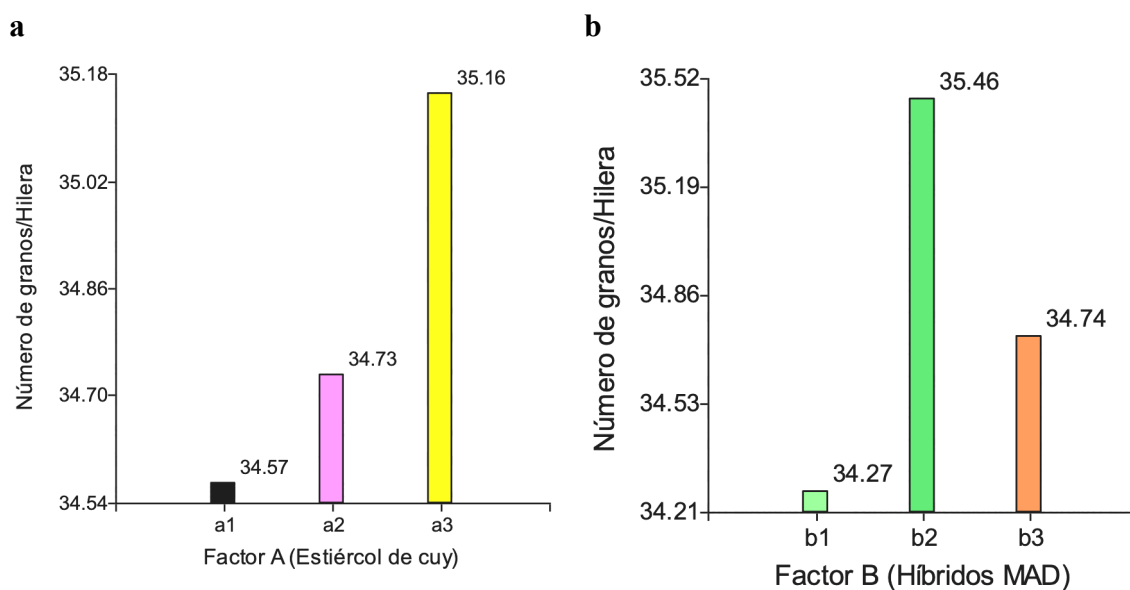


Figura 46

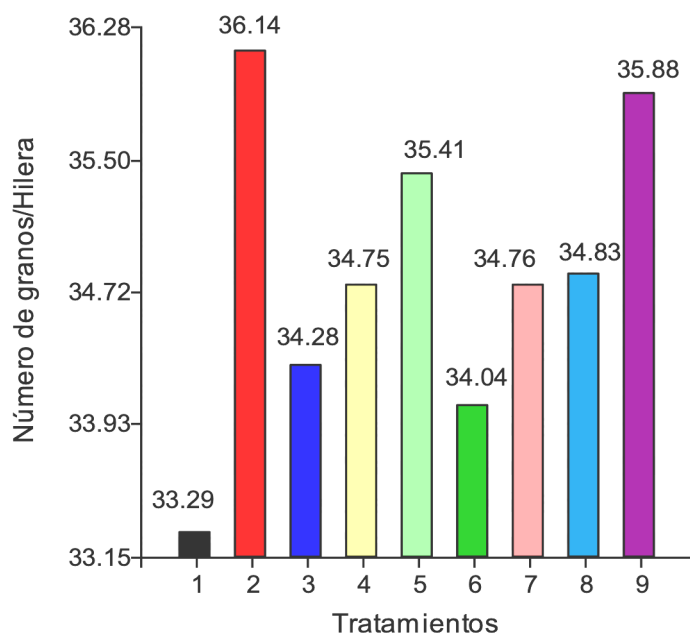
Medias para la variable número de granos por hilera de la mazorca bajo el efecto de los niveles del estiércol de cuy (a) y del híbrido MAD (b)



Nota. Cada gráfico elaborado con InfoStat (Di Rienzo et al., 2020)

Figura 47

Medias para la variable para número de granos por hilera de la mazorca de híbridos MAD con aplicación de estiércol de cuy



Nota. Gráfico elaborado con InfoStat (Di Rienzo et al., 2020)

Los resultados de niveles crecientes de nitrógeno, consecuencia del agregado de estiércol de cuy en los híbridos de MAD, no tuvo mayor efecto directo en las características de la mazorca; concuerdan con Chura et al (2019) que, encontraron diferencias no significativas en los niveles de 180, 200 y 220 kg ha⁻¹ de N; donde, en el nivel 180 kg ha⁻¹, con el híbrido EXP-05, en las características de mazorca: longitud, diámetro, número de hileras y número de granos por hilera, con valores de 17,31 cm, 5,13 cm, 14,12 hileras y 34,24 granos por hilera, respectivamente, similares para el mismo híbrido bajo las condiciones de Chontabamba, Oxapampa, a pesar de ser otro clima y tipo de manejo; el DK-7088 fue inferior a PM-213 y EXP-05 en longitud de mazorca, pero superior en diámetro y número de hileras por mazorca, esto habría favorecido un mayor rendimiento en grano comparado a los dos híbridos EXP-05 y PM-213.

Lo antes indicado, evidencia que las diferencias en que se muestran en los híbridos, es más bien a nivel de combinación de los genes (genotipos). Asimismo, para longitud y diámetro de la mazorca, en los híbridos MAD, son superiores, a los señalados en la variedad DAS 3383, bajo fertilización enriquecida con “Supermagro” y mineral, respectivamente;

con longitud de mazorca de 15,55 y 16,55 cm, sin diferencias estadísticas, mientras, diámetro de mazorca con 4,54 y 4,76 cm, con superioridad en la fertilización mineral (Vera-Rodríguez et al., 2020). Igualmente, la variedad DK 7500, bajo las mismas condiciones y tipos de fertilización, donde fue superior la fertilización mineral con 15,90 y 4,95 cm, para longitud y diámetro de mazorca, respectivamente, frente a 14,90 y 4,74 cm con Supermagro (Vera et al., 2020); cuya respuesta, posiblemente debida a las condiciones donde se desarrolló la investigación y genotipo de los cultivares de maíz, antes señalado.

Los tres híbridos utilizados en la presente investigación, cuyas características de mazorca responden de diferente manera al uso de estiércol de cuy aunado a la fertilización mineral, esto permitiría tener un potencial de uso de los híbridos para la producción de MAD en condiciones de selva alta; es decir, el DK-7088 respondió con mejores características de mazorca a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ de estiércol de cuy; mientras que EXP-05 se expresó mejor en el nivel de 12,5 t ha⁻¹. Esta tecnología de manejo del cultivo de maíz, demuestra ser una alternativa para la sostenibilidad en el ande peruano, donde la crianza de *C. porcellus* es muy común en las familias y permitiría hacer frente al cambio climático en esta zona, que es más vulnerable; y donde, gran parte de la población depende de una agricultura de subsistencia (Lozano-Povis et al., 2021).

Conclusiones

La aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) mejora en cierta manera las características de la mazorca, condicionado al genotipo del híbrido de maíz (*Zea mays* L.), que sustenta la sostenibilidad en el distrito de Chontabamba, Oxapampa.

Para la longitud de la mazorca, el híbrido EXP-05 presentó el máximo valor en la dosis de 12,50 t ha⁻¹, el DK-7088 con respuesta favorable en la dosis de 6,25 t ha⁻¹, mientras el híbrido PM-213 no fue afectado por las dosis de estiércol. El mayor diámetro de la mazorca para cada híbrido (DK-7088, EXP-05 y PM-213) fue expresado en la dosis 12,5 t ha⁻¹. El número de hileras por mazorcas en los híbridos evaluados no fue influenciado por la dosis de estiércol, con respuesta condicionada por el genotipo, resultando superior el DK-7088. El número de granos por hilera de los híbridos de maíz no fue afectado por la dosis de estiércol, manteniéndose con igual promedio en cada híbrido.

CAPÍTULO 4

El rendimiento de la biomasa de grano de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L) bajo la aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

El rendimiento de la biomasa de grano de híbridos de maíz amarillo duro (*Z. mays* L) bajo la aplicación del estiércol de cuy (*C. porcellus* L.) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú)

Resumen

El rendimiento del maíz está influenciado por el medio ambiente y el tipo de cultivar (híbrido, variedad o población), lo que requiere de fertilizante nitrogenado, que implica liberación de N reactivo al medio, que requerirá de una gestión eficiente del mismo. De allí, el objetivo es determinar la influencia de la aplicación del estiércol cuy (0,00; 6,25 y 12,50 t ha⁻¹) en el rendimiento de la biomasa de grano de híbridos de maíz amarillo duro (DK-7088, PM-213 y EXP-05) para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú). La variable evaluada fue rendimiento (biomasa en grano), registrando el peso total de granos por unidad experimental, ajustado al 14 % de humedad. El estiércol de cuy favorece los altos rendimientos de biomasa de grano de los híbridos de maíz amarillo duro, DK-7088, PM-213 y EXP-05; con respuesta condicionada al genotipo del mismo. El incremento del rendimiento en el híbrido DK-7088 fue similar en las dosis de 6,25 y 12,50 t ha⁻¹ de estiércol cuy, con 12,40 y 13,93 t ha⁻¹, respectivamente; mientras que de los híbridos PM-213 y EXP-05, fue a la mayor dosis con 11,00 y 11,43, t ha⁻¹ de biomasa en grano. La fertilización con estiércol cuy aunada a la fertilización mineral incrementó los rendimientos de los híbridos MAD, lo que contribuye a la sostenibilidad en la región. Se recomienda, utilizar estiércol de cuy, *C. porcellus* L., a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ + fertilizante mineral (180 N - 100 P₂O₅ - 120 K₂O - 20 MgO) en el híbrido DK-7088.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Cavia porcellus* L., rendimiento.

Introducción

En países de África, Asia y América Latina, el maíz (*Z. mays* L.) es el sustento de la seguridad alimentaria, donde aún sus rendimientos en promedio son de 1,5 t ha⁻¹, que es alrededor del 20% de los países con alta tecnología, esto aunado al estrés por factores abióticos y bióticos, como sequías recurrentes, y el nitrógeno para su producción es una limitante por el bajo poder adquisitivo de los agricultores a pequeña escala, pero que podrían mejorar con uso de variedades mejoradas, tolerantes a estrés (Shiferaw et al., 2011). Frente a esto, el uso de estiércol se hace de suma importancia para mantener la humedad, al incrementar el carbono orgánico del suelo, con aplicaciones de 10 t ha⁻¹ de estiércol de ovino, cuy o bovino (Janampa et al., 2014).

La producción de granos para satisfacer la demanda de alimentos, va de la mano con el uso de fertilizante nitrogenado, que aumentará al año 2050, esto implica que habrá más liberación al medio de nitrógeno reactivo (amoníaco, nitrato y óxidos de nitrógeno), que requerirá de una gestión eficiente de este nutriente en la agricultura (Pathak et al., 2016). Además, la sostenibilidad considera la eficiencia de uso del agua, en el cultivo de maíz se logra con una dosis óptima de nitrógeno (Díaz et al., 2014), asimismo, con buena humedad y dosis de 150 kg ha⁻¹ de N, se ha obtenido mayores rendimientos en biomasa de grano (Salazar-Martínez et al., 2015).

El híbrido INIFAP H-560, evaluado en México, durante 5 años (1997 a 2002) en diferentes regiones maiceras del trópico húmedo de Chiapas, y otras como Guerrero, Colima, Nayarit y Michoacán, con un rendimiento promedio de 7,60 t ha⁻¹, pero bajo condiciones de un buen temporal sin sequía intraestival de 1998, en Ocozocoautla, Chiapas, resultó superior, 10,80 t ha⁻¹ (Coutiño et al., 2006). Lo que muestra, un potencial de alto rendimiento en grano, que puede estar correlacionado con altura de planta, altura de inserción de mazorca, número de granos hileras⁻¹ y peso de 100 granos (Aman et al., 2020). El híbrido Delicia bt1, bajo condiciones de “Haras Catigüire” zona de Villa de Cura. Estado Aragua, Maracay, Venezuela, a una densidad de 41 666 plantas ha⁻¹ produjo una altura de planta, 2,3 m e inserción de mazorca de 1,20 m, longitud de mazorca, 17,30 cm, diámetro de mazorca, 4,90 cm e hileras mazorca⁻¹ de 14 y con rendimiento en grano de 9,97 t ha⁻¹ (Ávila et al., 2009)

El factor que más influye en el rendimiento de maíz es la semilla, una que se obtiene de polinización libre y otra que es controlada, los híbridos, que tienen rangos de adaptabilidad más estrechos, son completamente uniformes, pero muy exigentes en fertilización y de suelos altamente productivos (Cruz, 2013), por lo que el agricultor debe adquirir semilla certificada de alta calidad para que exprese el máximo potencial genético del cultivar seleccionado para la siembra.

Los rendimientos en 20 híbridos de maíz evaluados en seis localidades (Valles Altos de Tlaxcala en México), resultaron influenciados por una interacción genotipo ambiente, donde dos localidades fueron caracterizadas como ambientes de altos rendimientos, con promedios de 8,3 y 9,8 t ha⁻¹ en Tlatempa y Huamantla, respectivamente. Estos presentaron, buena humedad del suelo en la siembra, mayor precipitación pluvial y buena distribución de lluvias, temperaturas óptimas durante el desarrollo del cultivo, una mayor dosis de N y K en la fertilización, suelo profundo con un pH entre 6,5 y 7 (Vázquez et al., 2012). Por otro lado, en Ambuela (Pichincha-Ecuador), la variedad INIAP 180, produjo un rendimiento de 0,72 t ha⁻¹, mucho inferior al promedio nacional de 3,50 t ha⁻¹, debido a una sequía prolongada que fue durante el periodo de maduración y llenado de grano (Marcillo et al., 2017).

Por otra parte, producto de la evaluación de 11 híbridos en tres localidades de Brasil, resultó, el DKB340PRO2 superior en rendimiento de grano (6,45 t ha⁻¹), aunque la interacción genotipo ambiente resultó no significativa (Diniz et al., 2019); igualmente, cinco híbridos experimentales y tres comerciales, en la región central del litoral de Ecuador, registraron rendimiento de grano más altos, 7,57 y 7,37 t ha⁻¹, estadísticamente iguales en las localidades de Vinces y Quevedo, respectivamente, con diferencias significativas con las localidades, Baltazar (6,21 t ha⁻¹) y Ventanas (5,78 t ha⁻¹), sin diferencias estadísticas entre éstas (Vera et al., 2013).

Cabe resaltar, en Gayeshpur, Nadia Bengala Occidental, India, a 12 msnm se encontró que una reducción del 50 y 75 % de la dosis recomendada de fertilizantes para tres híbridos de maíz, P3522, P3396 y Rajkumar, redujo significativamente el rendimiento en grano (Ray et al., 2019); mientras que, en maíz de verano, Shandong (China), se encontró que, un subsolado a 40 cm frente al arado de 25 cm, incrementó el rendimiento de 8,73 a

9,30 t ha⁻¹ en primer año, y de 10,02 a 11,12 t ha⁻¹ en el segundo año de evaluación, debido al agua del subsuelo en periodo de estrés hídrico (Wang et al., 2019).

En Perú, se cultivan híbridos, por sus altos rendimientos en grano, entre los que se destaca el DEKALB 7088, al igual que otros producidos por el Programa de maíz de la Universidad Agraria La Molina, el PM-213 y EXP-05, que están adaptados a los climas de costa, sierra y selva; considerando que, en el valle de Pativilca en Lima, “la mayor parte de la producción de maíz amarillo duro, es para la venta, es decir, donde se practica en un escaso margen la agricultura de subsistencia, y constituye una de las principales actividades económicas y fuente directa de recursos” (Bravo et al., 2019, p. 113).

La aplicación de tratamientos con estiércol de pollo compostado (3, 2 y 2% NPK), estiércol de vacuno Holstein lechero (3,17; 0,96 y 1,29% NPK) y fosfato mono amónico (11, 22 y 0% en NPK), con cuatro dosis de fósforo (10, 20, 30 y 40 kg ha⁻¹) durante dos años, con el híbrido de maíz ES-7553, no encontraron diferencias en peso fresco de mazorcas m⁻², peso fresco y seco de grano dentro de cada año, pero si entre los dos años; sin embargo, los índices de calidad del suelo no difirieron entre los tratamientos, lo que sugiere que para la producción de maíz, el estiércol de pollo compostado y el estiércol de vacas lecheras pueden usarse con éxito como fertilizante alternativo, siempre que las tasas de aplicación se basen en los requerimientos del cultivo (Ramphisa et al., 2020).

El rendimiento, es un carácter poligénico, fuertemente influenciado por el medio (clima y agua en el suelo) y el tipo de híbrido, variedad o población, pero que tiene sus indicadores en precocidad, arquitectura de planta y de las mazorcas (tamaño, diámetro y carácter del grano) y se expresa en t ha⁻¹ a una humedad del 14 a 15 %. El uso de estiércoles de calidad de *C. porcellus*, contribuye a mantener la materia orgánica del suelo y con ello el contenido de agua. Esto implica, sincronizar y armonizar los sistemas de producción, donde las salidas de uno sean para las entradas de otro, obtener los servicios con el mínimo impacto, para satisfacer las necesidades de la población actual e ir mejorando el medio para las poblaciones futuras, y que los excedentes económicos fluyan para sustentar la calidad de vida, sin afectar la seguridad alimentaria.

Por lo consiguiente, el objetivo de este capítulo, es determinar la influencia de la aplicación del estiércol en el rendimiento de la biomasa de grano de híbridos de maíz amarillo duro para una sostenibilidad en el distrito de Chontabamba (Oxapampa-Perú).

Materiales y Métodos

Lo referente al ensayo establecido en condiciones de campo está especificado en el capítulo 1. A continuación se describe la variable rendimiento.

Rendimiento de biomasa en grano

Siguiendo la metodología de Pinedo (2015), para lo cual en la cosecha (Figuras 48 y 49), se ha registrado el peso (kg) en campo (PC) como el peso total de las mazorcas de cada unidad experimental (Figura 50), empleando balanza de reloj colgante marca ROMA, con trípode. El porcentaje de humedad de grano se determinó en un MINI-GAC-PLUS (medidor portátil), la que fue utilizada para determinar la biomasa de grano seco al 14% de humedad, con la aplicación de la fórmula: “ $R=10000*B*D*Pcf*Fh*Pc/A$; donde R: rendimiento; B: efecto de borde (0,971); D: porcentaje de desgrane; Pcf: factor de corrección por fallas; Fh: factor de corrección de humedad al 14%; Pc: rendimiento por parcela útil en kg (peso en campo); A: área de la parcela útil en m²”(Chura et al., 2019, p. 243), y finalmente, expresada en t ha⁻¹.

Figura 48

Cosecha de maíz



Figura 49

Mazorcas de maíz de una unidad experimental



Figura 50

Registro de peso de mazorcas de una unidad experimental



Resultados y Discusión

La variable rendimiento con una distribución normal de acuerdo a la prueba de Anderson-Darling (P. valor 0,358), cuya gráfica se muestra en la Figura 51a, al igual, resultó con homogeneidad de varianzas (prueba Levene) con P. valor de 0,941 (Figura 51b). El ANOVA, para el rendimiento de grano, producto de la aplicación de estiércol de cuy en los tres híbridos de maíz amarillo duro, ha determinado que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y niveles de cada factor, estiércol y los híbridos, más no para la interacción de estos factores (Tabla 42). El promedio de rendimiento de los tres híbridos, fue de $10,82 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabla 43).

La tendencia del rendimiento (Figura 52), se incrementa en la medida que aumenta la dosis de estiércol de cuy (factor A), y en los híbridos (factor B), cuyo mejor rendimiento corresponde a DK-7088. Con la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 44), la dosis de $12,50 \text{ t ha}^{-1}$ fue superior a las de 0,0 y $6,25 \text{ t ha}^{-1}$, éstas últimas sin diferencias estadísticas entre ellas; por otro lado, los híbridos de MAD, también determinó que el mejor en rendimiento fue DK-7088, comparado a PM-213 y EXP-05, éstos últimos sin diferencias

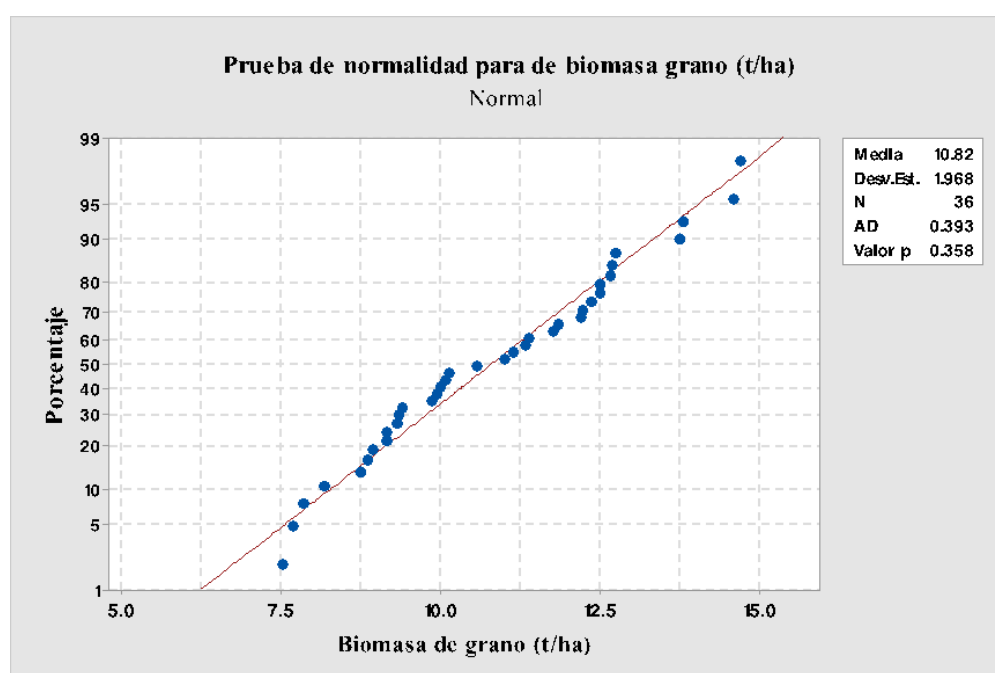
estadísticas. Estos rendimientos superan a los señalados por Vázquez et al. (2012), que oscilaron entre 8,3 y 9,8 t ha⁻¹. Asimismo, a los encontrados por Vera et al. (2013). Esta respuesta con el incremento de dosis de estiércol, está en correspondencia con lo mencionado por Janampa et al. (2014), que contribuye con la sostenibilidad.

Por otra parte, el uso de tratamientos con 30 y 60 t ha⁻¹ de compost, al igual, 15 y 30 t ha⁻¹ de estiércol fresco, en cada caso, equivalentes a 50 y 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente; evaluados en el híbrido LG2080, se encontró que no hubo diferencias significativas en rendimiento de biomasa del maíz, comparado al testigo, sin compost, y similar a la fertilización mineral (De Toledo, 1996); esto sugiere una producción más sostenible del cultivo de maíz con la utilización de materias orgánicas.

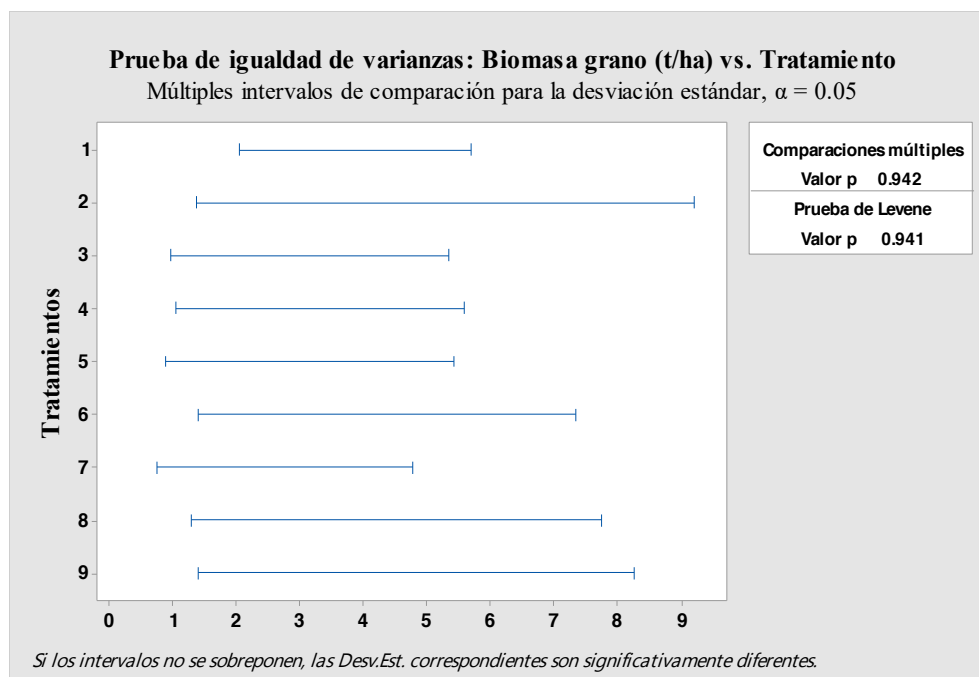
Figura 51

Gráficos de normalidad (a) e igualdad de varianzas (b) para la variable rendimiento en biomasa de grano (t ha⁻¹) en híbridos de MAD

A



b

**Tabla 42**

ANOVA de la influencia del estiércol de cuy en rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD

FV	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Bloques	3	20,99	6,998	5,55**	4,86E-3
Tratamientos	8	84,28	10,535	8,36**	2,27E- 5
Factor A	2	34,120	17,0602	13,54**	1,16E- 4
Factor B	2	48,024	24,0121	19,05**	1,11E- 5
Factor A x B	4	2,137	0,5341	0,42ns	0,7899
Error	24	30,25	1,260		
Total	35	135,52			

Nota. FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas.

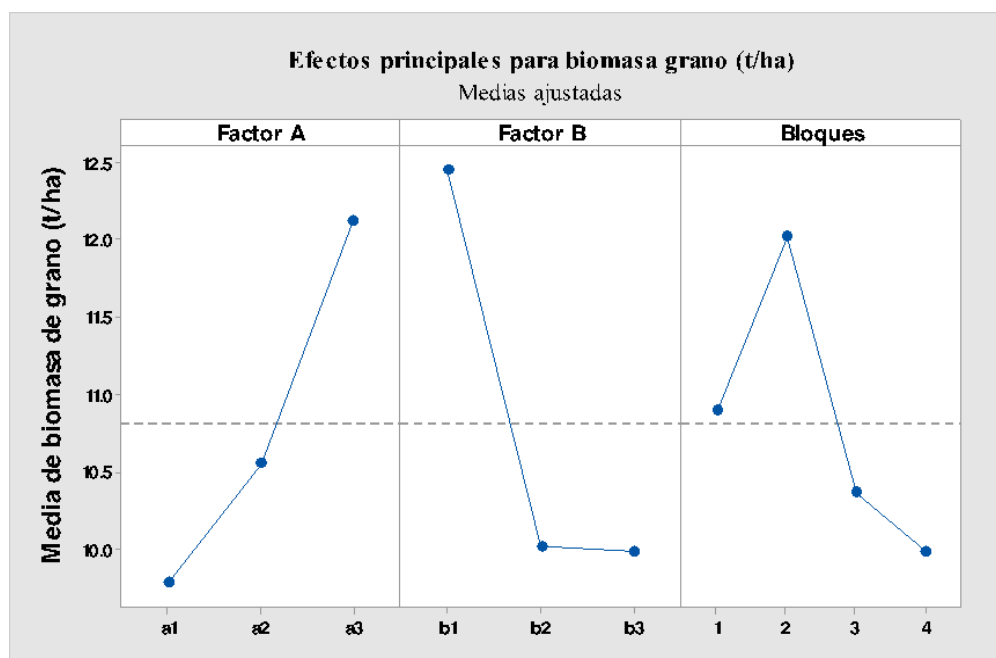
Tabla 43

Estadísticos descriptivos y resumen del modelo para la variable rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de los híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Media	S	Mínimo	Máximo	CV	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Unidad		$t\ ha^{-1}$			%		
10,82	1,97	7,51	14,69	18,19	77,68	67,45	49,78

Figura 52

Tendencia de promedios en rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

**Tabla 44**

Comparación múltiple de Tukey para rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD en los niveles de los factores A y B

Factor A Estiércol de cuy	Media ($kg\ ha^{-1}$)	Agrupación	Factor B Híbrido MAD	Media ($kg\ ha^{-1}$)	Agrupación
a1	9,78	b	b1	12,45	a
a2	10,55	b	b2	10,02	b
a3	12,12	a	b3	9,98	b

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Los resultados de la aplicación de estiércol de cuy a la siembra, y fertilización mineral en los tres híbridos MAD, evidencian que el rendimiento en grano, está influenciado por los niveles de estiércol. Esta forma del uso del estiércol, favorece al pequeño agricultor, de una economía de bajos ingresos (Sánchez et al., 2018) y a la crianza de animales domésticos; además, una producción diversificada de cultivos y el consumo local, potencializa la economía, que permitiría hacer frente a la pobreza, mejora la base social y conserva el entorno (Schwab et al., 2020); por otro lado, el rendimiento de MAD está influenciado por la tecnología utilizada, disponibilidad de semilla y capacitación oportuna para la mayoría de los agricultores (Bravo et al., 2019).

La producción de híbridos de MAD dentro del paradigma de la sostenibilidad, es una tendencia de muchos países, que están adoptando hacer un uso eficiente de los insumos para mantener altos rendimientos de este cereal; al respecto, el estiércol de animales, es un recurso sumamente importante en la agricultura y que está relacionado con la calidad del suelo, puede generar ahorros en la adquisición de insumos, pero también puede ser un problema de salud de las personas si no hace una gestión eficiente (Adebayo et al., 2018), como sucede en muchos lugares.

Con la prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 45), se determinó que la mejor combinación, fue el nivel de 12,50 t ha⁻¹ con el híbrido DK-7088, e igual a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ y al EXP-05 con 12,50 t ha⁻¹ de estiércol de cuy, comparados al resto de tratamientos; mientras que, los de menor rendimiento fueron los híbridos PM-213 y EXP-05 sin estiércol e igual a la dosis de 6,25 t ha⁻¹, éstos sin diferencias estadísticas. Esto concuerda con el híbrido DK-7088, en las provincias de Manabí y Los Ríos, Ecuador, que obtuvieron altos rendimientos comparado a otros, se señala que este híbrido responde muy bien al confort, pero que es muy sensible a las condiciones adversas (Zambrano et al., 2017).

Tabla 45

Comparación múltiple de Tukey para rendimiento de biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$) de híbridos de MAD con aplicación de estiércol de cuy

Tratamiento Estiércol x híbrido	Factor (AxB)	Rendimiento biomasa en grano ($t\ ha^{-1}$)	Agrupación		
0,00 $t\ ha^{-1}$ x DK-7088	a1 b1	11,02	b		c
0,00 $t\ ha^{-1}$ x PM-213	a1 b2	9,37			c
0,00 $t\ ha^{-1}$ x EXP-05	a1 b3	8,96			c
6,25 $t\ ha^{-1}$ x DK-7088	a2 b1	12,40	a	b	
6,25 $t\ ha^{-1}$ x PM-213	a2 b2	9,69			c
6,25 $t\ ha^{-1}$ x EXP-05	a2 b3	9,57			c
12,50 $t\ ha^{-1}$ x DK-7088	a3 b1	13,93	a		
12,50 $t\ ha^{-1}$ x PM-213	a3 b2	11,00		b	c
12,50 $t\ ha^{-1}$ x EXP-05	a3 b3	11,43	a	b	c

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Los resultados de rendimiento demuestran que, aplicar estiércol de cuy a la siembra del cultivo de maíz, más la fertilización mineral y el uso de híbridos, es posible lograr altos rendimientos, y al mismo tiempo permite conectar la actividad agrícola con la pecuaria, dentro una economía circular, de esta manera lograr la sostenibilidad de una región; que debe mejorar la economía y mayor empleabilidad local (Liu et al., 2018), y una protección del medio ambiente; de esta manera, las actividades agropecuarias sería para evitar las emisiones de gases invernadero producto de mala prácticas agrícolas (Saynes et al., 2016).

Los rendimientos de los tres híbridos muestran que el uso de materia orgánica, estiércol de cuy, interactúa de manera diferente con cada genotipo, para expresar un rendimiento particular (Cubero, 2013). Esto demuestra que, es posible desarrollar una agricultura armoniosa con el medio ambiente (Beltrán, 2018); además, la producción agropecuaria contribuiría a la sostenibilidad, mediante la adaptación de genotipos (mejoramiento genético) para un manejo de alto rendimiento (Camarena et al., 2014), en este caso el MAD, con uso de estiércol de calidad más fertilización mineral, se puede lograr mejores rendimientos y beneficios al suelo (Chaveli et al., 2019).

Para una sostenibilidad, la gestión del estiércol es fundamental, como es el de cuy, de crianzas familiares donde no se hace uso de insumos contaminantes, comparado al de grandes crianzas, que la biodiversidad es afectada por la presencia de antibióticos en los estiércoles (Köninger et al., 2021), y en consecuencia obtener productos agrícolas no seguros para el consumo, coincidiendo con lo señalado por Bello (2020), que el uso del estiércol de animales bovinos de crianza intensiva, como fertilizante en el suelo, tiene sus riesgos por los antibióticos que contienen las heces, que en caso de suelos cársicos discurre rápidamente y contamina los cuerpos de agua, éstos llegan a afectar la salud humana mediante el agua de consumo.

Evidentemente, atenta contra la sostenibilidad y la productividad, al permitir el desarrollo de microorganismos resistentes, igual en el ser humano, esto no sucede cuando se hace uso de estiércoles de los pequeños criadores de animales para autoconsumo y del mercado local.

Por consiguiente, una buena gestión del estiércol de cuy, es hacer una conservación de éste, donde se cumpla ciertos estándares de calidad y aplicarlo al suelo en el momento de la siembra del maíz, que favorecería una alta actividad biológica del suelo, donde el nitrógeno y otros compuestos orgánicos son mineralizados y es absorbido por las raíces de las plantas para el crecimiento y desarrollo y/o acumulados en sus vacuolas celulares de los tejidos para su uso posterior; por otro lado, los microorganismos, propician las formas asimilables de los nutrientes, se generan complejos, como también promotores del crecimiento vegetal, todo esto, junto a las condiciones climáticas y de suelo, favorecen al cultivo, con una alta eficiencia fotosintética; además, aprovechar que el maíz es una planta C_4 , donde la fijación de CO_2 se hace en forma de ácido dicarboxílico (Hernández y Soto, 2013; Intagri, 2018), con una alta tasa de asimilación.

Los tres híbridos evaluados resultaron con rendimientos similares al señalado por Sotomayor et al. (2017), con un rendimiento de $10,60 \text{ t ha}^{-1}$, en el PM-102 (maíz amarillo duro), como respuesta a la fertilización con nitrógeno sintético y orgánico, a la dosis de 0, 5 y 10 t ha^{-1} de compost y 0, 120 y 240 kg ha^{-1} nitrógeno de urea, sin diferencias significativas entre los tratamientos, bajo las condiciones de un suelo arenoso de costa peruana; es decir, los cultivares responden satisfactoriamente a la fertilización orgánica. Al igual, con el del

híbrido de maíz amarillo duro, D-8008, bajo condiciones de Molina, Lima (Perú), con fertilización mineral, el cual tuvo rendimiento en grano de 10,90 t ha⁻¹ (Chura y Tejada, 2014).

Por otra parte, el híbrido de maíz, DK-7088, bajo condiciones de Babahoyo (Ecuador), con el uso de diferentes fuentes de potasio: muriato, sulfato y nitrato de potasio, en dosis de 200, 130 y 120 kg ha⁻¹, respectivamente; y aplicaciones de tres activadores fisiológicos (fosfito de potasio, fosfito de calcio y fosfito de magnesio), en dosis 0,5 y 1,0 L ha⁻¹. Resultando el mayor rendimiento en grano, 9,45 t ha⁻¹, con muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) y fosfito de calcio (1,0 L ha⁻¹), superando al resto de los tratamientos; es decir, con la aplicación de la fuente de potasio más la aplicación del activador fisiológico (Lamilla et al., 2018); destacándose los altos rendimientos del híbrido bajo el efecto del estiércol de cuy aunado a la fertilización inorgánica.

Por otro lado, el rendimiento de maíz amarillo duro ‘EXP-05’ resultó similar con el señalado por Chura et al. (2019), evaluado bajo condiciones de la Costa Peruana (Lima), determinado mayor rendimiento en grano (10,94 t ha⁻¹), con la dosis de N de 200 kg ha⁻¹ aplicado fraccionado, 50% de la dosis en estadio V3 y 50% en V7, establecido a una densidad de 69 444 plantas ha⁻¹; asimismo, resultó superior al obtenido por Bernui y Rivero (2016), al evaluar el cultivar Marginal de maíz amarillo duro, con el uso de compost a base de cachaza de caña de azúcar, rastrojos y estiércol de una granja de cuyes del Cepam, Trujillo, Perú, a dosis de 25 t ha⁻¹, el cual produjo un rendimiento de grano de 7,92 t ha⁻¹, superior a otras dosis menores de 20, 15 y 10 t ha⁻¹. Esto, indica el efecto ejercido por el uso del estiércol de cuy.

Igualmente, estos resultados fueron superiores a los señalados por Obando (2019) en la evaluación de 9 híbridos de maíz amarillo duro, INSIGNIA 105, DEKALB 7088, DAS 3383, TRUENO, INDIA S 505, SOMMA y ADVANTA ADV 9313, provenientes del Ecuador y los híbridos de Perú, INIA 619 y INIA 605, con fertilización mineral, bajo condiciones de Laredo, Trujillo-Perú, donde el mayor rendimiento en grano fue DEKALB 7088 con 8,51 t ha⁻¹; además, en la variedad M-S, con la combinación de NPK (15-15-15) y estiércol de aves de corral en diferentes dosis, tuvo mejores efectos en el rendimiento de la planta de maíz, que la aplicación única de NPK 15-15-15 o estiércol de aves de corral,

resultando más favorable el uso de 200 kg ha⁻¹ NPK + 6 t ha⁻¹ de estiércol de aves (Unagwu et al., 2012).

Esto demuestra, que aplicar fertilizante mineral con estiércol es mejor, comparado cuando ambos se utilizan por separado; ya que, el manejo del cultivo de maíz con fertilización mineral u orgánica, es una práctica que no contribuye a la sostenibilidad; debido a que en ambos casos, producen procesos de contaminación, y un exceso de incorporación de materia orgánica, también contamina, al incrementar la concentración de nitratos por mineralización y desprendimiento de CO₂ y NH₃ durante el proceso de compostaje (Delgado et al., 2019). En el caso del uso de N sintético, también se pierde por lixiviación y gasificación, considerando que en 10 minutos el 38% se libera y llega a su equilibrio en 36 horas post aplicación (Echevarría-Hernández et al., 2020).

La arquitectura de planta de los híbridos evaluados y el uso de estiércol, dentro del marco de la sostenibilidad, estaría dada a la dosis de 6,25 t ha⁻¹, por favorecer una menor altura de inserción de mazorca y que favorece un rendimiento en biomasa de grano, e igual a la dosis de 12,50 t ha⁻¹, de esta manera, se evita un uso excesivo de estiércol que contaminaría el medio por el N en cualquiera de sus formas; asimismo, esto repercute en el aspecto económico y social de la población local.

En este sentido, se ha reportado una investigación de maíz en México, con nueve arquetipos, seis líneas contrastantes en porte y orientación de hoja, la variedad local Dulce y dos testigos (los híbridos HS₂ de hojas normales y el PG133 de hoja erecta) y bajo dos densidades de siembra, se encontró variación del rendimiento en grano, entre 6 a 18 t ha⁻¹, estuvo relacionado a un aumento de la densidad que incrementó el área foliar; también, se registró arquetipos sobresalientes con fotosíntesis instantánea alta y prolificidad de 1,4 mazorcas por planta (Hidalgo-Sánchez et al., 2020), variables no evaluadas dentro de la presente investigación.

Conclusiones

El estiércol de cuy favorece los altos rendimientos de biomasa de grano de los híbridos de maíz amarillo duro, DK-7088, PM-213 y EXP-05; con respuesta condicionada al genotipo del mismo. El incremento del rendimiento en el híbrido DK-7088 fue similar en las dosis de 6,25 y 12,50 t ha⁻¹ de estiércol cuy; mientras que de los híbridos PM-213 y EXP-05, fue expresado a la mayor dosis.

La fertilización con estiércol de cuy aunada a la fertilización mineral incrementó los rendimientos de los híbridos MAD, lo que contribuye a la sostenibilidad en el distrito de Chontabamba, Oxapampa.

Recomendación

Se recomienda, utilizar estiércol de cuy, *C. porcellus* L., a la dosis de 6,25 t ha⁻¹ + fertilizante mineral (180 N - 100 P₂O₅ - 120 K₂O - 20 MgO) en el híbrido DK-7088 de MAD, para una sostenibilidad en la zona San José, Chontabamba, Oxapampa-Perú, en suelos de terraza media.

Referencias

- Acevedo, A. I., Leos, J. A., Figueroa, U. y Romo, J. L. (2017). Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. *Acta Universitaria*, 27(4), 3–12. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1270>.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v27n4/2007-9621-au-27-04-3.pdf>.
- Adebayo, G., Shuaibu, A., & Abiodun, S. (2018). Sustainable Animal Manure Management Strategies and Practices. In *Agricultural Waste and Residues* (pp. 119–137). University of Ilorin. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78645>.
- Aguado, E., Echebarria, C. y Barrutia, J. (2009). El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico. *Revista de Economía Mundial*, 21, 87–110. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86611886004>.
- Albiac, J., Taherl, M., Calvo, E., Crespo, D. y Esteban, E. (2016). LIFE-MANEV: Gestión y Tecnologías de Tratamiento de Estiércol para la Protección Medioambiental y la Sostenibilidad de la Ganadería en Europa. https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/3383/2/2016_197a.pdf.
- Alfaro, Y., Segovia, V., Monasterio, P. y Silva, R. (2009). Evaluación del rendimiento, sus componentes y la calidad de grano en híbridos simples de maíz amarillo. *Revista UDO Agrícola*, 9(4), 728–742. <https://www.bioline.org.br/pdf?cg09088>.
- Aliaga, H. (2016). Organización de la cadena productiva del cuy en el valle del Mantaro proyectado al mercado nacional e internacional [Tesis Doctoral, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dd6b94b5-b21b-4d7a-b3da-ec8d3223957f/content>.
- Alvarez, A., Morábito, J. A. y Schilardi, C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(1), 161–177. <https://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v48n1/v48n1a12.pdf>.
- Amakali, S. (2019). *Effects of green manure cover crops on weed population, pearl millet and maize productivity under conservation agriculture in Iselolo and Mashare Namibia* [Master's Thesis, University of Namibia]. <https://repository.unam.edu.na/server/api/core/bitstreams/0a84dfb5-81cc-44df-a0fd-d5f1ab733097/content>.

- Aman, J., Bantte, K., Alamerew, S., & Sbhatu, D. B. (2020). Correlation and Path Coefficient Analysis of Yield and Yield Components of Quality Protein Maize (*Zea mays* L.) Hybrids at Jimma, Western Ethiopia. *International Journal of Agronomy*, 2020 (1), 1-7. <https://doi.org/10.1155/2020/9651537>.
- Amestoy, J. (2010). *El planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Editorial Club Universitario. <https://books.google.com.co/books?id=A6vXg35c8LIC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>.
- Arias, F. (2006). Desarrollo sostenible y sus indicadores. *Sociedad y Economía*, (11), 200–229. <https://www.redalyc.org/pdf/996/99616177008.pdf>.
- Ávila, M. E., Borges, O. L. y Bernáez, J.C. (2009). Caracterización biométrica del cultivo y perfil descriptivo de mazorcas del híbrido de maíz superdulce “Delicia” (bt1). *Bioagro*, 21(2), 143–148. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85714162010.pdf>.
- Avilés, D. (2016). *Caracterización genética del cuy doméstico de América del Sur mediante marcadores moleculares*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/handle/10396/13382>.
- Avilés, D. F., Martínez, A. M., Landi, V. y Delgado, J. (2014). El cuy (*Cavia porcellus*): un recurso andino de interés agroalimentario. *Recursos genéticos animales*, 55, 87–91. <https://doi.org/10.1017/S207863361400037X>.
- Awata, L. A., Tongoona, P., Danquah, E., Ifie, B. E., Suresh, L. M., Jumbo, M. B., Marchelo-D’ragga, P. W., & Sitonik, C. at. (2019). Understanding tropical maize (*Zea mays* L.): The major monocot in modernization and sustainability of agriculture in sub-Saharan Africa. *Ijaar (Int. J. Adv. Agric. Res.)*, 7, 32–77. <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/b91548d9-6c71-40ba-872d-2d1fe56a30ce/content>.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. (2.ª Ed.). McGraw-Hill Interamericana de España, S.L. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>.
- Bello, F. (2020). La vulnerabilidad de los sistemas cárnicos ante la contaminación por antibióticos utilizados en las vaquerías y su efectos en la salud pública. *Scientific International Journal*, 17(1), 61–68. <http://www.nperci.org/F.%20Bello-Vulnerabilidad%20sistemas%20c%C3%A1rnicos-V17N1.pdf>.

- Beltrán, J. (2018). Bioeconomía, seguridad alimentaria y sostenibilidad. En A., Aguilar, D., Ramón y F., Egea (Eds.). *Bioeconomía y Desarrollo Sostenible* (pp. 235–248). *Mediterráneo Económico* (31). Cajamar Caja Rural. <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2023/03/mediterraneo-economico-31.pdf>.
- Bernui, F. y Rivero, J. (2016). Obtención de abono orgánico (compost) a partir de desechos agroindustriales y su influencia en el rendimiento del cultivo *Zea mays*. *Ciencia y Tecnología*, 12(1), 45–56. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/1359/1391>.
- Bravo, F., Zorogastua, P. y Pinedo, R. (2019). Sustentabilidad social del sistema agrícola de maíz amarillo duro en el Valle de Pativilca - Lima. *Idesia*, 37(3), 107–114. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000300107>.
- Camarena, F., Chura, J. y Blas, R. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. UNALM/AGROBANCO. https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf.
- Castro, H. (2002). Sistemas de crianza de cuyes a nivel familiar-comercial en el sector Rural. *Benson Agriculture and Food Institute*. <https://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000203.pdf>.
- Castro, N. y Daga, E. (2022). *Evaluación de parámetros productivos y económicos en cuyes, en el Distrito de Santa Ana de Tusi – Daniel Carrión –Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2805/1/T026_46552865_T.pdf.
- Chaveli, P., Corrales, I., de Varona, R. y Font, L. (2019). Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 116–122. <https://socictopen.socict.org/files/original/c564af5e3a7adfa4cdfd3587eb35beae.pdf>.
- Chávez, R., Schmidt, W. y Gutiérrez, G. (2009). Transferencia de genes de precocidad y tolerancia al frío a poblaciones híbridas de maíz en zonas altoandinas del sur del Perú. *Idesia*, 27(1), 67–82. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v27n1/art09.pdf>.
- Chura, J., Mendoza-Cortez, J. y de la Cruz, J. (2019). Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 241–248. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.09>.
- Chura, J. y Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia*, 32(1), 113–118. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000100014>.

- Clark, H. (2016). The Estimation and Mitigation of Agricultural Greenhouse Gas Emissions from Livestock. In *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*. p.5-13. <https://repository.pertanian.go.id/items/ef767226-79e4-45fa-ae80-1766ec58a02a>.
- Coutiño, B., Ramírez, A., Betanzos, E., Espinosa, N., López, A., Camas, R., Grajales, M. y Gómez, N. (2006). 'INIFAP H-560', híbrido de Maíz para las regiones cálidas de buena productividad. *Rev. Fitotec. Mex.*, 29(3), 271–272. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61029312.pdf>.
- Cruz, O. (2013). El cultivo de maíz, manual para el cultivo de maíz en Honduras. (3.^a Ed.). *Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA)*. <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Manual-cultivo-de-maiz--G.pdf>.
- Cubero, J. I. (2013). *Introducción a la Mejora Genética Vegetal* (3.^a Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. <https://books.google.co.ls/books?id=qwooDwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=true>.
- De Toledo, V. C. (1996). *The use of dairy manure compost for sustainable maize (Zea mays L) production* [Doctoral Thesis, University of London]. <https://n9.cl/19txn>.
- Delgado, M., Mendoza, K., González, M., Tadeo, J. y Martín, J. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 35(4), 965–977. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>.
- Deras, H. (s.f.). Guía técnica: El cultivo del maíz. IICA-MAG El Salvador-CENTACOSUDE-Red SICTA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>.
- Díaz, T., Partidas, L., Suárez, Y., Lizárraga, R. y López, Á. (2014). Uso eficiente del agua y producción óptima en maíz, con el uso de cuatro dosis de nitrógeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 32–36. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n1/rcta05114.pdf>.
- Diniz, W. H., Lopes, L. L., Ballesta, P., & Mora, F. (2019). A phenotypic comparison of yield and related traits in elite commercial corn hybrids resistant to pests. *Idesia*, 37(2), 45–50. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000200045>.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020). InfoStat. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Echevarría-Hernández, A., Wong-Corral, F., Barboa-Flores, J., Rodríguez-Félix, F., Del Toro-Sánchez, C. y García-Hernández, J. (2020). Sistema de liberación prolongada de urea en polvo con potencial uso en la agricultura sustentable. *Ecosist. Recur.*

- Agropec.*, 7(2), 1–9. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v7n2/2007-901X-era-7-02-e2489.pdf>.
- Escalante, L., Trejo, R., Esquivel, O., Arreola, J. y Flores, A. (2008). Comparación de tasas fotosintéticas en algunas plantas cultivadas y malezas. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(2), 165–172. <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545067006.pdf>.
- Fabián, N. H., Luis, D. B. y Tirado, R. H. (2020). Comparativo de rendimiento en híbridos nacionales e internacionales de maíz bajo condiciones del valle de Pativilca, Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 2(2), 60-67. <https://doi.org/10.51431/par.v2i2.643>
- Fallas, R., Bertsch, F., Echandi, C. y Henríquez, C. (2011). Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del híbrido de maíz Hc-57. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 33–47. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v35n2/a03v35n2.pdf>.
- FAO. (2011). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2010-2011. Las mujeres en la agricultura. <https://www.fao.org/4/i2050s/i2050s.pdf>.
- FAO. (2014). Manual de usuario: Residuos agrícolas y residuos ganaderos. Evaluación Rápida BEFS. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d45bf025-5c56-486f-ad08-534863ea2768/content>.
- FAO. (2016). *Ahorrar para crecer en la práctica: maíz, arroz, trigo*. Guía para la producción sostenible. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0239ba23-1a94-4cd9-b90e-4613824b68ad/content>.
- Forero, F., Serrano, P. y Almanza, P. (2014). Efecto de enmiendas organicas y fertilizacion quimica en la produccion de Maiz (*Zea mays* L.). *Cultura Científica*, (12), 38–45. https://revista.jdc.edu.co/Cult_cient/article/view/151/167.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. Naciones Unidas-CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6148d765-c146-4bf6-8298-9c8a68abaa2f/content>.
- Galloway, K. (2010). *Advance Guard: Climate Change Impacts, Adaptation, Mitigation and Indigenous Peoples (A Compendium of Case Studies)*. United Nations University - Institute of Advanced Studies. https://www.researchgate.net/publication/259609189_Advance_Guard_Climate_Change_Impacts_Adaptation_Mitigation_and_Indigenous_Peoples-A_Compendium_of_Case_Studies.
- García, I. (2010). *Evaluación de alternativas de gestión del regadío tradicional para la reducción del impacto agroambiental* [Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/5485/files/TESIS-2010-057.pdf>.

- García, O., Figueroa, U., Cueto, J., Núñez, G., Gallegos, M. y López, J. (2019). Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticale. *Nova Scientia*, 11(22), 124–141. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709>
- García, P. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Rev. Investg. Univ. Le Cordon Bleu*, 4(2), 73–79. <https://doi.org/10.36955/riulcb.2017v4n2.005>.
- Google Earth. (s.f.). [Mapa del sector San José, distrito Chontabamba]. https://earth.google.com/web/@-10.61065046,-75.41352352,4400.24133693a,0d,35y,0.0021h,40.1600t,0.0106r?utm_source=earth&utm_campaign=vine&hl=es-419.
- Hartman, K., & Tringe, S. G. (2019). Interactions between plants and soil shaping the root microbiome under abiotic stress. *Biochemical Journal*, 476(19), 2705–2724. <https://doi.org/10.1042/BCJ20180615>.
- Hernández, N. y Soto, F. (2013). Determinación de índice de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencias sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24–29. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n2/ctr04213.pdf>.
- Hernández R., M. A. (2014). *Maíces locales con potencial de uso múltiple en un área natural protegida de Chiapas* [Tesis Magister, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chiapas]. https://www.academia.edu/7188381/MA%C3%8DCES_LOCALES_CON_POTENCIAL_DE_USO_M%C3%9ALTIPLE_EN_UN_%C3%81REA_NATURAL_PROTEGIDA_DE_CHIAPAS.
- Herndon, J. M., & Whiteside, M. (2019). Further Evidence that Particulate Pollution is the Principal Cause of Global Warming: Humanitarian Considerations. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 21(1), 1–11. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2019/v21i130117>.
- Herrero, M., Charlón, V., Carbó, L., Cuatrín, A., Sardi, G., & Romero, L. (2017). Nitrogen use efficiency of fodder fertilized with manure of dairy cattle in the Pampas region, in Argentina. *RIA, Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 43(2), 135–143. https://web.archive.org/web/20180414081143id_/http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/herrero-ingles_biblio.pdf
- Hidalgo-Sánchez, M., González-Hernández, V., Mendoza-Onofre, L., Cruz-Huerta, N. y Ramírez-Ramírez, I. (2020). Desempeño de arquetipos de maíz (*Zea mays* L.) en dos densidades de población. *AGROCIENCIA*, 54(4), 491–504. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/2046/2001>.

- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindu, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S., Thomas, A., Warren, R., & Zhou, G. (2018). Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In *Global warming of 1.5 °C: Vol. Special Report* (pp. 175–311). IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf.
- Intagri. (2018). Plantas C3 , C4 y CAM. Serie Nutrición Mineral. *Artículos Técnicos de INTAGRI (125)*, 1–5. https://www.intagri.com/public_files/125.-Plantas-C3-C4-y-CAM.pdf.
- Janampa, N., Quiñones, A. y Suárez, L. (2014). Variación de sustancias hímicas de abonos orgánicos en cultivos de papa y maíz. *Ciencia del Suelo*, 32(1), 139–147. <https://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v32n1/v32n1a14.pdf>.
- Jiménez, M., Gómez, R., Oliva, J., Granados, L., Pat, J. y Aranda, E. (2019). Influencia del estiércol compostado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia*, 11(23), 165-197. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v11n23/2007-0705-ns-11-23-00009.pdf>
- Kato, T. Á., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A. y Bye, R. A. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/Origen_deMaiz.pdf.
- Kaul, J., Jain, K., & Olakh, D. (2019). An Overview on Role of Yellow Maize in Food, Feed and Nutrition Security. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 8(2), 3037–3048. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2019.802.356>.
- Khoshnevisan, B., Duan, N., Tsapekos, P., Awasthi, M. K., Liu, Z., Mohammadi, A., Angelidaki, I., Tsang, D. C. W., Zhang, Z., Pan, J., Ma, L., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., & Liu, H. (2021). A critical review on livestock manure biorefinery technologies: Sustainability, challenges, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110033>.
- Köninger, J., Lugato, E., Panagos, P., Kochupillai, M., Orgiazzi, A., & Briones, M. J. I. (2021). Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU. *Agricultural Systems*, 194, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103251>

- Lamilla, Á., Colina, E., Castro, C., Santana, D., García, G., Mora, O., Uvidia, M., León, J. y Goyes, M. (2018). Fertilización Con potasio y fosfitos, sobre el rendimiento de maíz duro (*Zea mays* en la zona Subcentral Litoral. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(15), 46. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p46>.
- Liu, G., Zhang, G., Hou, P., Liu, Y., Li, J., Ming, B., Xie, R., Wang, K., & Li, S. (2020). Weak border effects and great uniformity increase yield of maize (*Zea mays*) under dense population. *Crop and Pasture Science*, 71(7), 653–659. <https://doi.org/10.1071/CP19486>.
- Liu, H., Ou, X., Yuan, J., & Yan, X. (2018). Experience of producing natural gas from corn straw in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.005>.
- Llaury, F. de M., Mendoza, J., Mogollón, M. y Rodríguez, G. (2016). *Planeamiento Estratégico del Maíz Amarillo Duro* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/68f80485-5412-47d4-b96e-3f168e4d3b55>.
- López, C., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., García, J. J., Benites, I., Vázquez, Ma. G. y Carrillo, J. (2017). Productividad de cruza simples de maíz con calidad de proteína en Valles Altos de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 8(3), 559–570. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.31>
- López-Morales, F., Chura-Chuquija, J. y García-Pando, G. (2019). Interacción genotipo por ambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 859–872. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000400859.
- Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. y Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101–108. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>.
- Luna, M., García, S., Martínez, J., Luna, M. G., Laara, A., Villagrna, F., Cedeño, F. D. J., Llamas, J. J. y Avelar, J. J. (2015). Variedades mejoradas de maíz de secano derivadas de variedades nativas tolerantes a sequía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1455–1466. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.535>.
- Marcillo, B. L., Pantoja, J. L., Basantes, E. R. y Montalvo, A. E. (2017). Respuesta del maíz, variedad INIAP 180, a la fertilización nitrogenada en Ambuela, Pichincha, Ecuador. *Alfa, Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias* 1(1), 14–27. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v1i1.11>.

- Marcos, B., Martínez, Á., López, G., López, C. y Arteaga, T. (2016). La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*Zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 32(3), 361–367. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.10>
- Murillo-Montoya, S., Mendoza-Mora, A. y Fadul-Vasquez, C. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.2503>.
- Nagore, M. (2018). Determinación del rendimiento de un híbrido de maíz antiguo y dos modernos en condiciones de agua contrastante en el suelo [Tesis para doctor, Universidad Nacional de Mar del Plata]. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7610/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Nagore_ML_Determinacion_del_rendimiento_de_un_hibrido.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Obando, M. (2019). *Adaptación de siete híbridos ecuatorianos de Zea mays L. según su rendimiento y contenido protéico en el valle Santa Catalina, Perú* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/0a403081-2f0e-43b4-8f40-a7f225c956a2>.
- Ogundijo, D., Adetunji, M., Arowolo, T., & Soretire, A. (2012). Effect of Crop Residue Management on the Dynamics of Soil Organic Carbon and Nitrogen in Maize (*Zea mays*) Production. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(3), 186–195. <https://www.crdeepjournal.org/wp-content/uploads/2012/08/Vol-1-3-9-IJES.pdf>.
- Olivares, B., Hernández, R., Arias, A., Molina, J. y Pereira, Y. (2018). Zonificación agroclimática del cultivo de maíz para la sostenibilidad de la producción agrícola en Carabobo, Venezuela. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(2), 135–156. <https://www.redalyc.org/journal/3832/383257592005/383257592005.pdf>.
- Olson, R. A., & Kurtz, L. T. (1982). Crop Nitrogen Requirements, Utilization, and Fertilization. In *Nitrogen in Agricultural Soils-Agronomy Monograph* (Vol. 22, Issue 22, pp. 567–604). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr22.c15>.
- Ortega, C., Ortega, F., Torres, F. y Lagos, T. (2010). Comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz amarillo *Zea mays* L. bajo condiciones de clima medio en el departamento de Nariño. *Revista de Agronomía*, 27(1), 18–26. <https://n9.cl/o4ws5>.
- Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R. y Violic, A. (2001). *El maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción*. FAO, Roma. <https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf>.

- Pathak, H., Jain, N., Bhatia, A., Kumar, A., & Chatterjee, D. (2016). Improved Nitrogen Management : A Key to Climate Change Adaptation and Mitigation. *Indian Journal of Fertilisers*, 12(11), 151–162. https://www.researchgate.net/publication/310799258_Improved_Nitrogen_Management_A_Key_to_Climate_Change_Adaptation_and_Mitigation.
- Pezo, D. (2019). *Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Estado del arte (Monografía del BID; 685)*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0001722>.
- Pinedo, R. E. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán - Ayacucho* [Tesis de Maestría, Universidad Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/69d206f8-f2ac-4b36-b70a-633f9e1551cd>.
- Pinos-Rodríguez, J., García-López, J., Peña-Avelino, L., Rendón-Huerta, J., González-González, C. y Tristán-Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de américa. *Agrociencia*, 46(4), 359–370. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>.
- Platas-Rosado, D., Vilaboa-Arroniz, J. y William-Campbell, B. (2016). Una aproximación dialéctica a los agroecosistemas. *Agroproductividad*, 9(12), 82–86. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/866/730>.
- Quevedo, H. (2006). *Métodos estadísticos para la ingeniería ambiental y la ciencia*. Universidad Autónoma de CD. Juárez. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14514697/metodos-estadisticos-para-la-ingenieria-biblioteca-virtual>.
- Ramphisa, P. D., Collins, P. H., Bair, E. K., & Davenport, R. J. (2020). Corn biomass, uptake and fractionation of soil phosphorus in five soils amended with organic wastes as P fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 43(3), 335–353. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1683194>.
- Ray, K., Banerjee, H., Dutta, S., Hazra, A. K., & Majumdar, K. (2019). Macronutrients influence yield and oil quality of hybrid maize (*Zea mays* L.). *PLoS ONE*, 14(5), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216939>.
- Revilla, P., de Galarreta, J. I., Malvar, R. A., Landa, A., & Ordás, A. (2015). Breeding maize for traditional and organic agriculture. *Euphytica*, 205(1), 219–230. <https://digital.csic.es/handle/10261/122617>
- Reyes, C., Cantú, M., de la Garza, M., Vázquez, G. y Córdova, H. (2009). H-443A, Híbrido de maíz de grano amarillo para el el Norte de México. *Rev. Fitotec. Mex.*, 32(4), 331–333. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v32n4/v32n4a13.pdf>.

- Rojas-Rodríguez, I. S., Coronado-García, M. A., Rossetti-López, S. R. y Beltrán-Morales, F. A. (2020). Contaminación por nitratos y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca baja del río Mayo en el estado de Sonora, México. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 247–256. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.642>.
- Rossini, F., Provenzano, M., Sestili, F., & Ruggeri, R. (2018). Synergistic effect of sulfur and nitrogen in the organic and mineral fertilization of durum wheat: Grain yield and quality traits in the Mediterranean environment. *Agronomy*, 8(189), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090189>
- Ruan, L., Bhardwaj, A. K., Hamilton, S. K., & Robertson, G. P. (2016). Nitrogen fertilization challenges the climate benefit of cellulosic biofuels. *Environmental Research Letters*, 11(6), 1-8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/6/064007>.
- Ruiz, A. (2010). *Mejora de las condiciones de vida de las familias porcicultoras del Parque Porcino de Ventanilla, mediante un sistema de biodigestión y manejo integral de residuos sólidos y líquidos, Lima, Perú*. [Tesis de Doctorado, Universidad Ramon Llull]. https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9296/Tesis_doctoral_ARR_version_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ruiz, I. C., Jara, T. W., Terrones, R., Figueroa, Y. y Valdera, A. (2020). Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*). *Manglar*, 17(3), 261–267. <https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/article/view/184/326>.
- Salazar-Martínez, J., Rivera-Figueroa, C., Arévalo-Gallegos, S., Guevara-Escobar, A., Malda-Barrera, G. y Rascón-Cruz, Q. (2015). Calidad del nixtamal y su relación con el ambiente de cultivo del maíz. *Rev. Fitotec. Mex.*, 38(1), 67–73. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n1/v38n1a9.pdf>.
- Sánchez, J., Domínguez, R., León, M., Samaniego, J. y Sunkel, O. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad*. Naciones Unidas - Cepal (Vol. 158). CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e43ad745-6b7d-48e4-a016-b753fdd3b659/content>.
- Sánchez-Ramírez, F. J., Mendoza-Castillo, M. del C. y Mendoza-Mendoza, C. G. (2016). Estabilidad fenotípica de cruza simples e híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 39(3), 269–275. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n3/0187-7380-rfm-39-03-00269.pdf>.

- Sánchez, L., Ulloa, S. y Barragan, M. (2018). Determinación de la relación entre la seguridad alimentaria y la economía/agricultura familiar en la zona rural del cantón Santo Domingo de los Colorados en Ecuador. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(2), 1–18. https://www.researchgate.net/publication/338547296_18164_Determinacion_de_la_relacion_entre_la_seguridad.
- Saynes, V., Etchevers, J., Paz, F. y Alvarado, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83–96. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00083.pdf>.
- Schwab, F., Calle-Collado, Á. y Muñoz, R. (2020). Economía social y solidaria y agroecología en cooperativas de agricultura familiar en Brasil como forma de desarrollo de una agricultura sostenible. *CIRIEC-Espana Revista de Economía Publica, Social y Cooperativa*, 98, 189–211. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.98.14161>.
- Senamhi (2021). Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Sello Editorial Red Activa Soluciones Graficas S.A.C. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>.
- Shen, Y., Sui, P., Huang, J., Wang, D., Whalen, J. K., & Chen, Y. (2018). Global warming potential from maize and maize-soybean as affected by nitrogen fertilizer and cropping practices in the North China Plain. *Field Crops Research*, 225, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.007>.
- Shiferaw, B., Prasanna, B. M., Hellin, J., & Bänziger, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3, 307–327. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>.
- Snehaa, A., Ravikumar, C., Ganapathy, M., Manimaran, S., Sudhagar, G., & Karthikeyan, A. (2019). Effect of organic manures on growth, yield attributes and yield of baby corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Current Research and Review*, 11(13), 7–12. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2019.11132>
- Sosa-Rodrigues, B., & García-Vivas, Y. (2019). Emission of greenhouse gases in the soil under the green manure effect. *Agronomy Mesoamerican*, 30(3), 767–782. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36103>.
- Sotomayor, R., Chura, J., Calderón, C., Sevilla, R. y Blas, R. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Anales Científicos*, 78(2), 232–240. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1061>.

- Sunkel, O. (1981), La dimensión ambiental en los estilos de desarrollo de América Latina (Vol. 5). Editorial CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e2762d99-7654-4852-8872-9fac5bb702d7/content>.
- Steel, R. y Torrie, J. (1985). *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2.^a ed.). McGraw-Hill. <https://es.scribd.com/document/367574963/Steel-Robert-G-Bioestadistica-Principios-Y-Procedimientos-2ed-pdf>.
- Tomasini, D., Longo, L., Puhl, L., Maggi, A. y Cirigliano, S. (2019). Sostenibilidad productiva y económica de la conservación de suelos en la Región Oriental de la provincia de Entre Ríos. *Agronomía y Ambiente, Revista de la facultad de Agronomía UBA*, 39(2), 161–167. <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/125/101>.
- Trinidad-Santos, A. y Velasco-Valasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52–58. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802/666>.
- Triola, M. (2009). *Estadística* (10.^a ed.). Sello Editorial Pearson Educación, México. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>.
- Troyer, A. F. (1996). Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica*, 92(1–2), 163–174. <https://doi.org/10.1007/BF00022842>
- Troyer, A. F. (1999). Background of U.S. Hybrid Corn. *Crop Science*, 39(3), 601–626. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.3700>
- Troyer, A. F. (2009). Development of hybrid corn and the seed corn industry. En: Bennetzen, JL, Hake, S. ((Eds.). *Handbook of Maize: Genetics and Genomics*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77863-1_5.
- Unagwu, B., Asadu, C., & Ezeaku, P. (2012). Maize Response to Organic and Inorganic (Poultry manure) and Inorganic Fertilizers (NPK) 15-15-15) at Different Soil pH Levels. *International Journal of Environmental Sciencies*, 1(2), 126–134. <https://www.crdeepjournal.org/wp-content/uploads/2012/10/Vol-1-2-14-IJES.pdf>.
- Valdivia, R., Caro, F. de J., Ortiz, M., Betancourt, A., Ortega, A., Vidal, V. y Espinosa, A. (2007). Desarrollo participativo de híbridos sintéticos de maíz y producción de semilla por agricultores. *Agric. Téc. Méx.*, 33(2), 135–143. <https://www.redalyc.org/pdf/608/60833203.pdf>.

- Vázquez, M. G., Ramos, D. S., Salinas, Y., Rojas, I., Arellano, J. L., Velásquez, G. y Espinosa, A. (2012). Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en valles altos de Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 35(3), 229–237. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n3/v35n3a6.pdf>.
- Velásquez-Puente, F. M. (2019). Rendimiento comparativo de híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones del valle interandino Canchán - Huánuco. *Revista Investigación Agraria*, 1(1), 46–54. <https://doi.org/10.47840/ReInA20196>
- Vera-Rodríguez, J., Cepeda-Landin, W., Cárdenas-Carreño, D., Espejo-Galarza, F., Inga-Herrera, G., Balón-Cárdenas, A., Granda-Correa, J. y Delgado-Orozco, J. (2020). Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Rev Colombiana Cienc Anim*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.750>
- Vera, D., Liuba, G., Godoy, L., Diaz, E., Sabando, F., Garcés, F. y Meza, G. (2013). Análisis de estabilidad para el rendimiento de híbridos de maíz (*Zea mays*) en la Región Central del Litoral Ecuatoriano. *Scientia Agropecuaria*, 4(3), 211–218. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357633706007>.
- Vera, J., Cepeda, W., Espejo, F., Cárdenas, D. de los Á., Inga, G., Balón, A., Granda, J. y Delgado, J. (2020). Comparación de 2 formas de fertilización en cultivo de maíz variedad DK 7500, La Troncal-Ecuador. *Revista Ciencia e Interculturalidad*, 26(01), 163–173. <https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9892>.
- Wang, S. B., Guo, L. L., Zhou, P. C., Wang, X. J., Shen, Y., Han, H. F., Ning, T. Y., & Han, K. (2019). Effect of subsoiling depth on soil physical properties and summer maize (*Zea mays* L.) yield. *Plant, Soil and Environment*, 65(3), 131–137. <https://doi.org/10.17221/703/2018-PSE>.
- Wei, K., Chen, Z., Zhang, X., & Chen, L. (2019). Phosphorus forms and their distribution under long-term no tillage systems. *Plant, Soil and Environment*, 65(1), 35–40. <https://doi.org/10.17221/270/2018-PSE>.
- Yan, J., de Buisonjé, F. E., & Melse, R. W. (2017). Livestock manure treatment technology of the Netherlands and situation of China. In *Report 1048, Wageningen University & Research*. <https://doi.org/10.18174/423982>
- Zambrano, E., Limongi, J., Alarcón, F., Villavicencio, J., Caicedo, M., Eguez, J. y Zambrano, J. (2017). Interacción genotipo ambiente de híbridos de maíz bajo temporal en Manabí y Los Ríos, Ecuador. *Revista Espamciencia*, 8(1), 7–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7020060>.

