



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## Evaluar dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m<sup>2</sup>) en la producción de forraje verde hidropónico

**Autores:** Cabrera Zambrano, Yurmy Yardley  
Velasco Gómez, Romario Pablo

**Tutor:** Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier

Santo Domingo - Ecuador

2023



# Introducción



Crecimiento Poblacional



Cambio climático



Contaminación de Agua



Escases de nutrientes

Escurrimiento superficial

Pérdidas de agua por evapotranspiración

Son mínimas

270 a 635 litros de agua por cada kg de materia seca

2 a 3 litros de agua por cada kg de materia seca

FVH

Nuevas alternativas

# Objetivos

## General

Evaluar dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m<sup>2</sup>) en la producción de forraje verde hidropónico.

## Específicos

- Determinar la mejor densidad de siembra para la producción de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM). En cuanto parámetros como son altura, biomasa, niveles de proteína, fibra y cenizas.

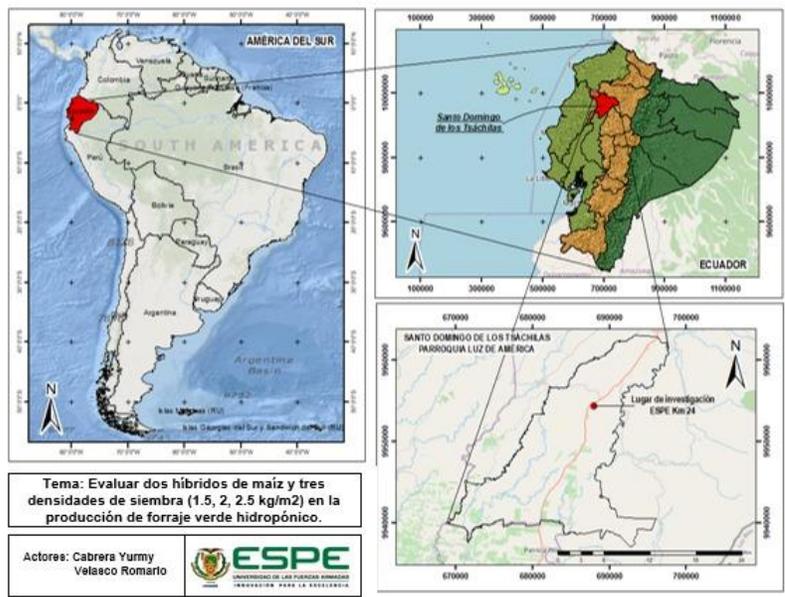
- Evaluar la ganancia de peso de los cuyes incorporando FVHM como un suplemento a la alimentación tradicional.

- Analizar el incremento en calidad y cantidad de leche de vacas productoras, como respuesta a la suplementación de la dieta con FVHM

- Difundir la información de los resultados a los agricultores y productores de la zona.

# Materiales y métodos

## Ubicación geográfica



## Ubicación Política

Características	Descripción
País:	Ecuador
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo
Parroquia:	Luz de América
Sector	Km 24 vía Quevedo

## Ubicación Ecológica

Características	Descripción
Zona de vida:	Bosque húmedo Tropical
Altitud:	224 msnm
Temperatura media:	24 °C
Precipitación:	2860 mm año
Humedad relativa:	85%
Heliofanía:	680 horas luz/año
Tipo de suelo:	Franco arenoso



- Latitud: 00° 24' 36"
- Longitud: 79° 18' 43"
- Altitud: 270 msnm

# Materiales

## Materiales de campo

- Bandejas 60 x 40 cm
- Estructura 1,8m x 3,8m
- Plástico negro
- Bomba manual
- MIIKOTESTER



## Materiales de oficina

- Libreta de campo
- Balanza



## Insumos

- Hipoclorito de sodio
- Agua
- Mancozeb 80
- Solucion comercial (yara mila complex)



## YaraMila® Complex



Composición	%
Nitrógeno (N)	12
Nitrógeno (N) Nitrico (NO <sub>3</sub> )	5
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	11
Potasio (K <sub>2</sub> O)	18
MgO 2.7% , SO <sub>3</sub> 20% , B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.15% , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.2% , MnO <sub>2</sub> 0.02% , ZnO 0.02%	

# Métodos

Selección → Desinfección



Oreó → siembra → riego



Toma de altura



Día 5

Día 12



Calidad de leche ← Alimentación vacas y cuyes ← Pulverizado

# Métodos

## Tipo de diseño

El diseño que se aplicó fue un DBCA para evaluar las diferentes densidades en la producción de forraje verde Hidropónico de maíz

Para evaluar la respuesta a la suplementación de una dieta de cuyes y vacas productores se utilizó un DCA como diseño experimental.

## Descripción de los tratamientos a comparar

Tratamiento		Descripción
Tratamiento 1	V1T1	1,5 kg + Criollo
Tratamiento 2	V1T2	2 kg + Criollo
Tratamiento 3	V1T3	2,5 kg + Criollo
Tratamiento 4	V2T1	1,5 kg + Nacional
Tratamiento 5	V2T2	2 kg + Nacional
Tratamiento 6	V2T3	2,5 kg + Nacional
Ensayo en cuyes		
Testigo		Dieta convencional con pasto
T1		FVH + pasto ( <i>Panicum maximum</i> )
Ensayo en vacas		
Testigo		Dieta a pastoreo a ( <i>Brachiaria decumbens</i> )
T1		FVH + Dieta convencional

# Análisis estadístico



# Análisis funcional

Se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

# Variables de estudio



- Tasa de germinación (%)
- Altura de la planta (cm)
- Biomasa Verde (kg/m<sup>2</sup>)
- Composición bromatológica
- Ganancia de peso vivo acumulada en cuyes (g)
- Producción de leche diaria acumulada en vacas (L)
- Calidad de leche

# Selección del grupo experimental



Se utilizaron 12 cuyes, los cuales se dividieron en dos grupos los primeros 6 cuyes se alimentaron de la forma tradicional y los otros 6 cuyes adicionando FVH en su forma tradicional



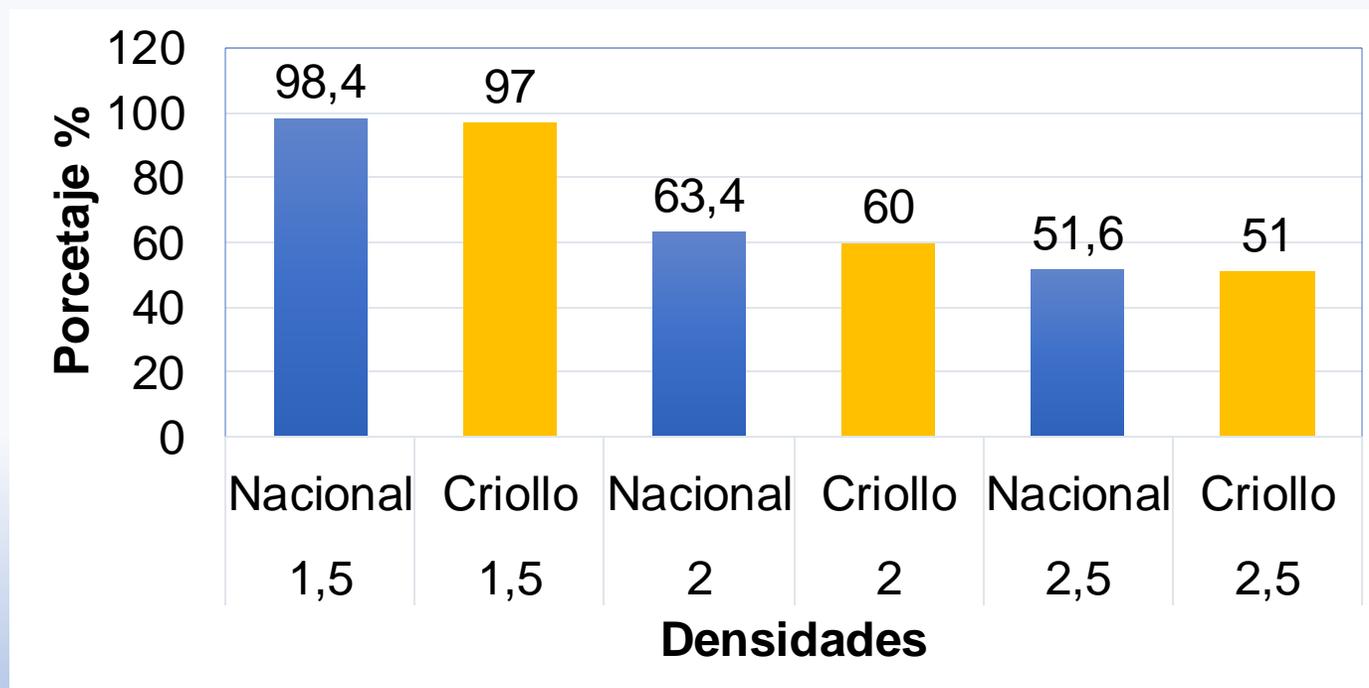
Para evaluar la suplementación de FVHM, se utilizaron 12 vacas, considerando una homogeneidad se dividieron en dos grupos, el testigo y el T1 que es FVHM

# RESULTADOS

Evaluar dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m<sup>2</sup>) en la producción de forraje verde hidropónico



## Porcentaje de germinación de las dos diferentes variedades

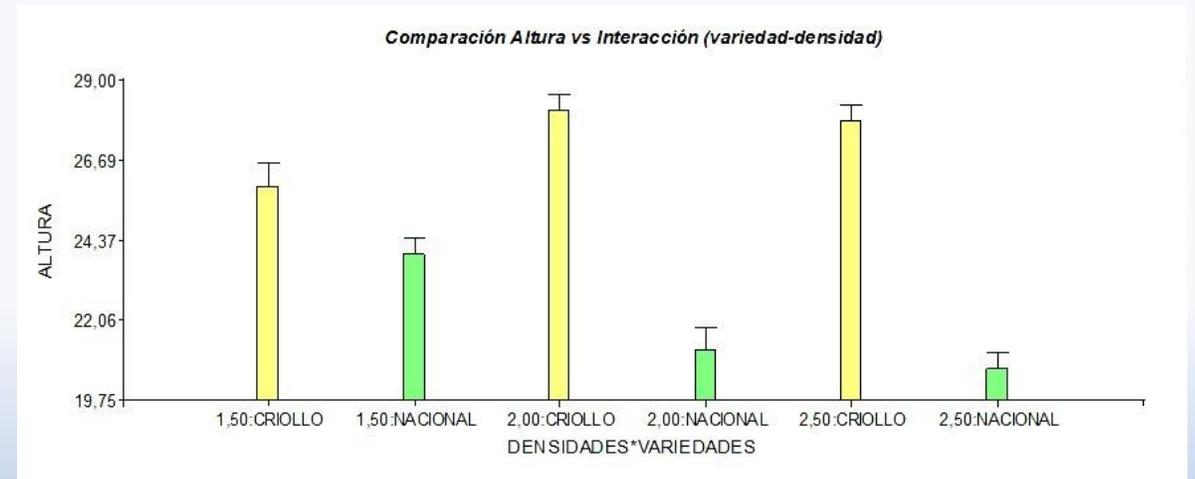


Los porcentajes de germinación más altos se encontraron en la densidad de 1,5 kg/bandeja. La variedad criolla tuvo el mayor porcentaje, alcanzando un 98,4%, mientras que la variedad nacional obtuvo un 97%.

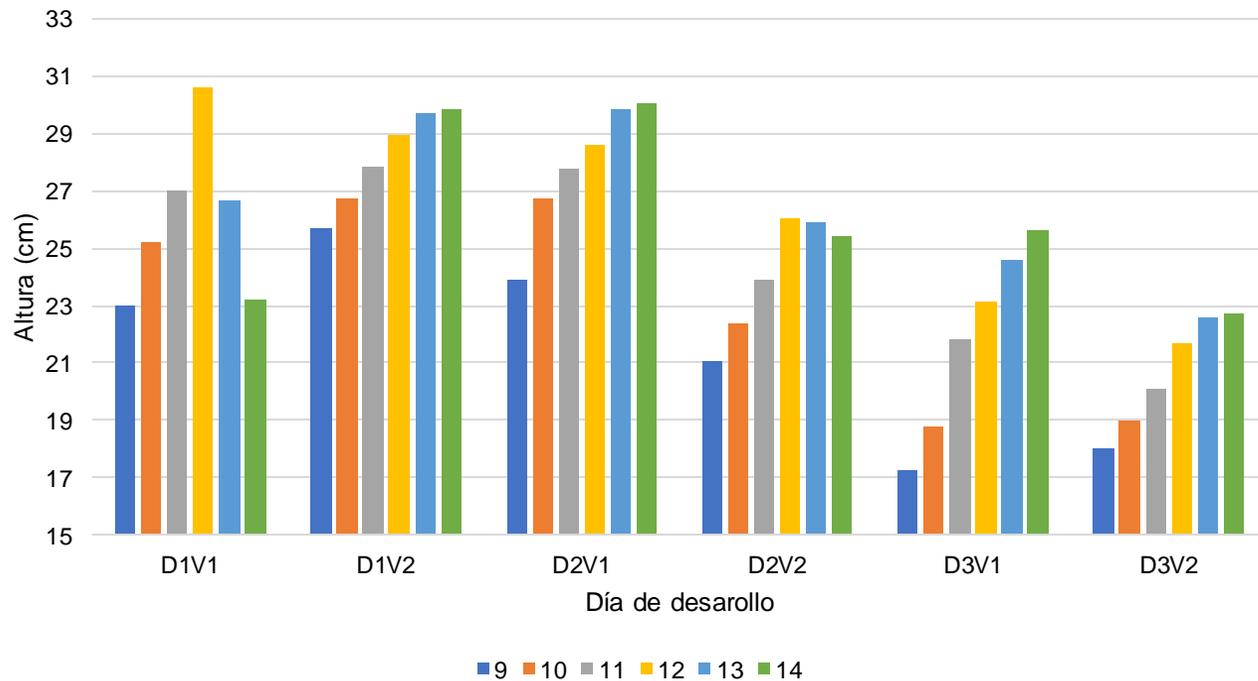
Análisis de varianza para la variable altura de planta de maíz de acuerdo a los días evaluados

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	Valor-p
DENSIDAD	9,16	2	4,58	0,88	0,4169
VARIEDAD	774,41	1	774,41	149,19	<0,0001*
DENSIDAD*VARIEDAD	154,3	2	77,15	14,86	<0,0001*
Error	529,46	102	5,19		
Total	1467,33	107			
CV (%)	9,26				

Análisis de varianza para la variable altura, a un nivel de significancia al 5%, en este caso, se demostró diferencia estadísticamente significativa.



# Ganancia diaria de altura de FVHM



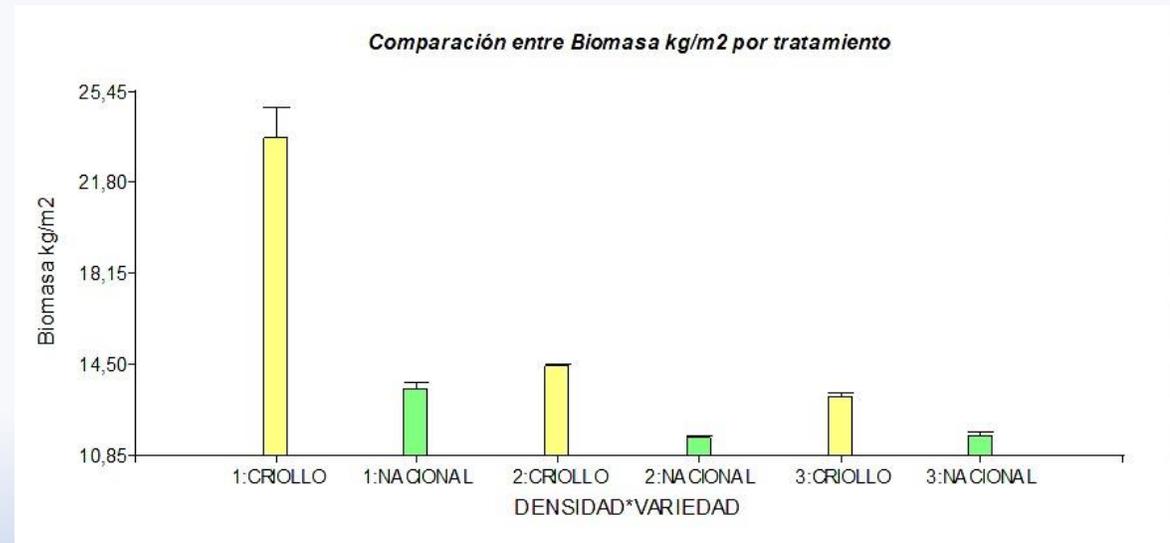
se destaca el tratamiento D1V1 (1,5 kg/bandeja + criollo), donde se observa que se logró un pico de crecimiento en el día 12 con 30,64 cm de altura.

Carrillo et al., (2016) se determinó un promedio de 30,25 cm de altura en el día 13 y 23,81 cm de altura en el día 14

# Análisis de varianza para la variable biomasa verde del FVH de maíz de acuerdo a los días evaluados

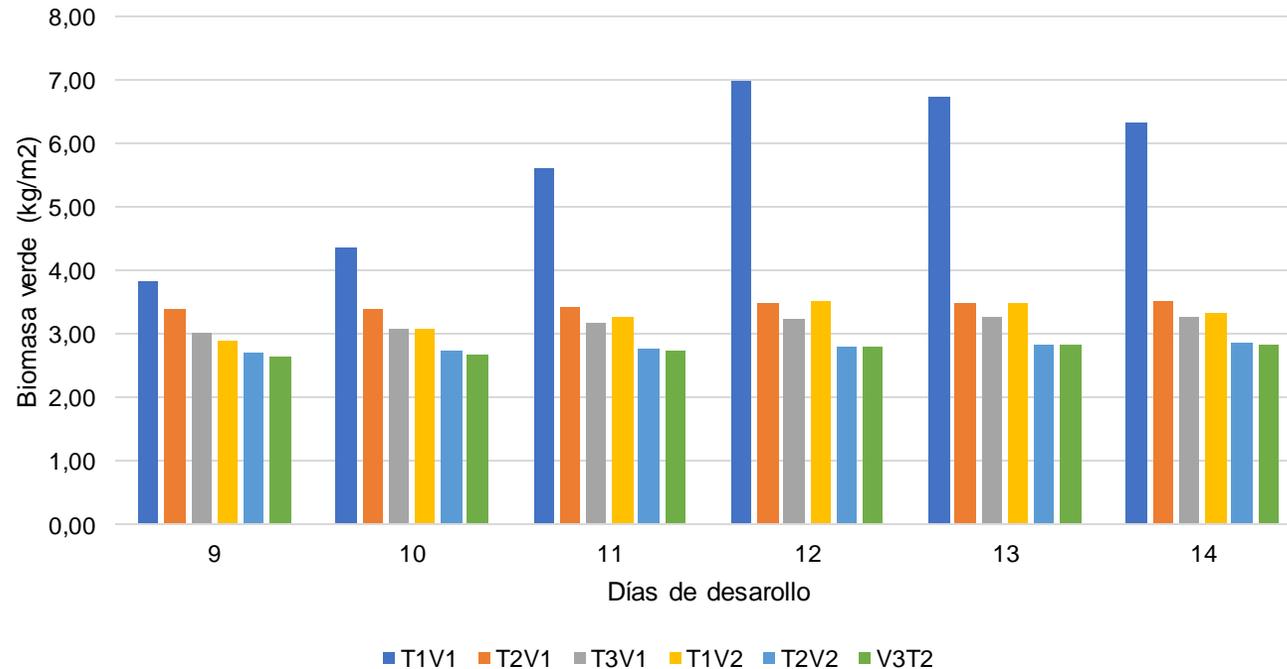
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	de Grados de libertad	de Cuadrados medios	F	Valor-p
DENSIDAD	47,33	2	23,67	89,93	<0,0001*
VARIEDAD	36,47	1	36,47	138,59	<0,0001*
DENSIDAD*VARIEDAD	21,64	2	10,82	41,11	<0,0001*
Error	26,84	102	0,26		
Total	132,28	107			
CV%	14,57				

La tabla expone el análisis de varianza para la variable biomasa en la producción de FVHM, a un nivel de significancia al 5%,



La mayoría de tratamientos mostró medias de biomasa verde por debajo de 15,16 kg/m<sup>2</sup> en la figura. Sin embargo, D1V1 tuvo una mediana superior a 20,83 kg/m<sup>2</sup>.

# Ganancia diaria de biomasa fresca de FVHM

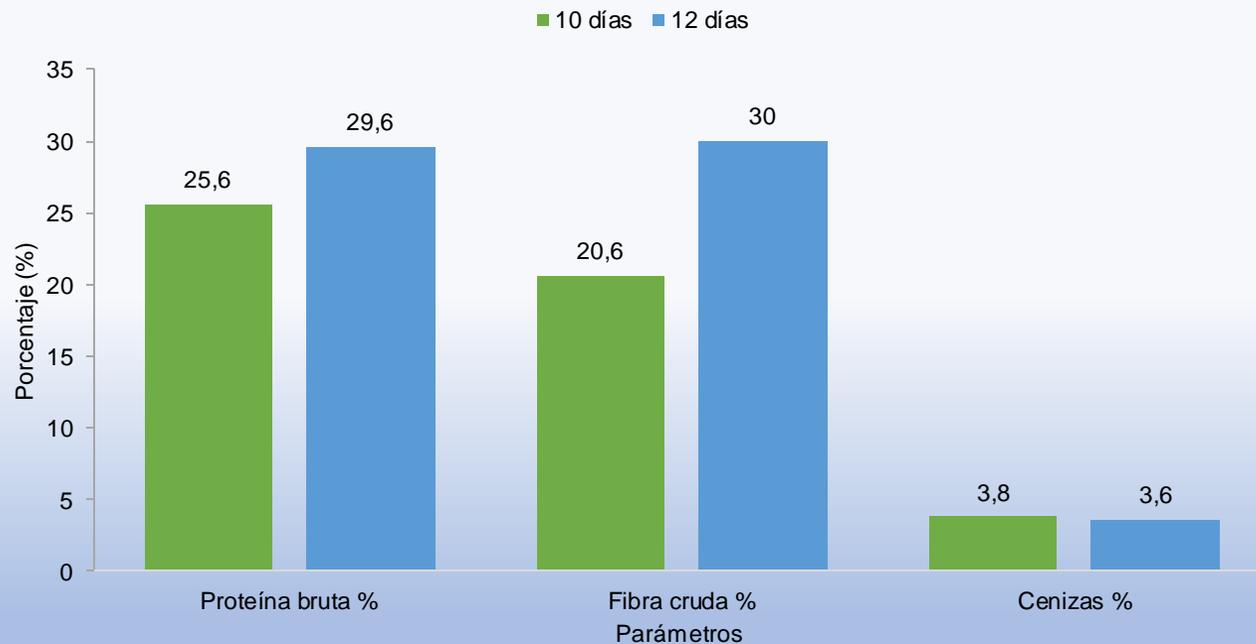


López et al., (2009) reportó un rendimiento de 20,50 kg FVH/m<sup>2</sup> con densidades de 1,5 kg/m<sup>2</sup>, mientras que, para 2 y 2,5 kg de semilla, manifestó una obtención de 24,50

Según Abbas et al., (2021), las plantas con menor altura también tienen poca materia seca, contenido que incide directamente sobre el peso de la biomasa verde

se destacó nuevamente D1V1 (1,5 kg + criollo), donde se observa que la mayor cantidad de biomasa se obtuvo en el día 12 con 29,11 kg/m<sup>2</sup>

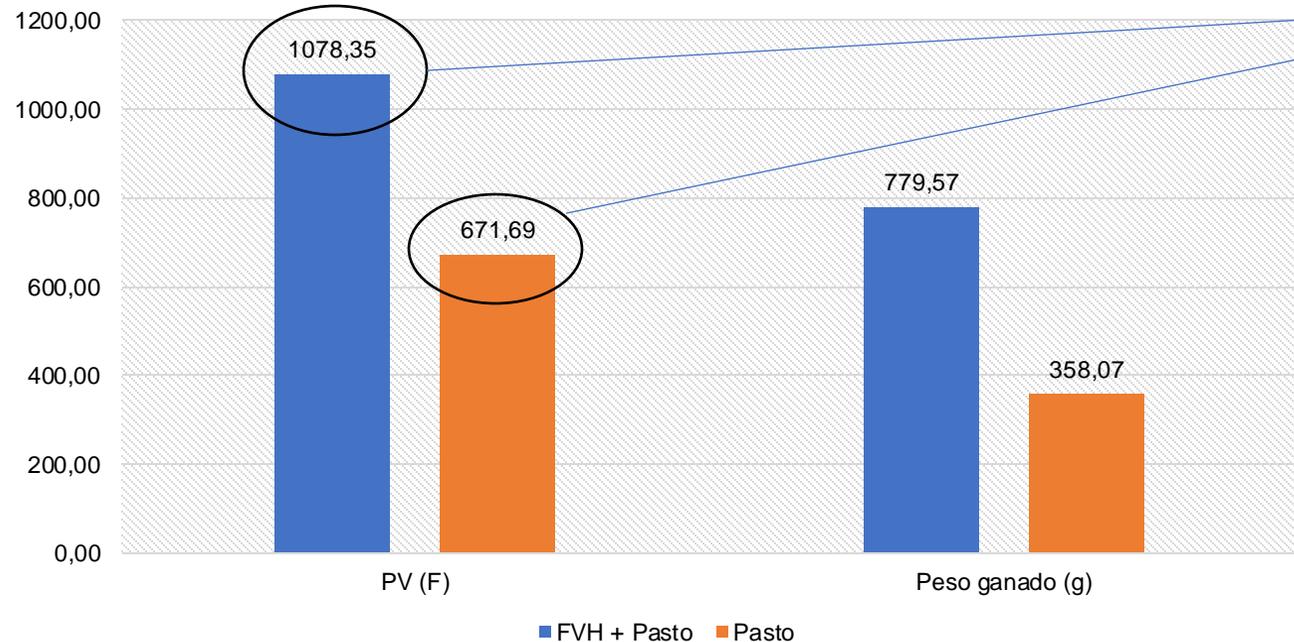
# Composición bromatológica del tratamiento V1T1



La figura muestra los parámetros bromatológicos de V1T1 (1,5 kg de maíz + Criollo) a los 10 y 12 días. La cantidad máxima de proteína bruta y fibra cruda fue encontrada el día 12, con 29,60% y 30% respectivamente. Sin embargo, el contenido de cenizas del FVH de maíz a los 10 días fue mayor (3,80%) en comparación con los 12 días.

# Ganancia de peso vivo en cuyes con suplementación de FVH

Ganancia de peso vivo en cuyes con suplementación de FVH



406,66 gramos más que TESTIGO

FVH

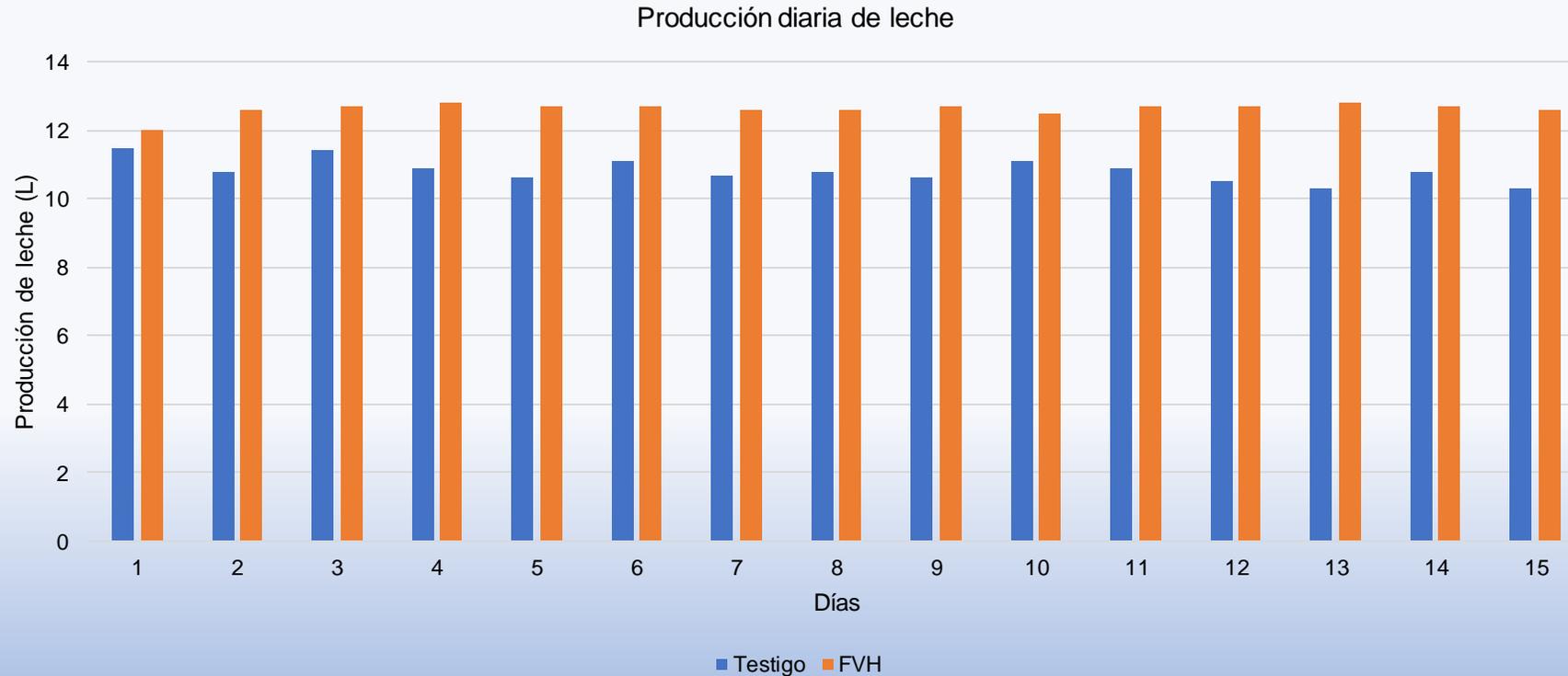
Proteína de 29,60%, fibra del 30%, cenizas de 3,80%

Requerimiento

Nutrientes	Unidad	Etapa		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	(%)	18	18-22	13-17
ED <sup>1</sup>	(kcal/kg)	2 800	3 000	2 800
Fibra	(%)	8-17	8-17	10
Calcio	(%)	1,4	1,4	0,8-1,0
Fósforo	(%)	0,8	0,8	0,4 0,7
Magnesio	(%)	0,1-0,3	0,1 0,3	0,1 0,3
Potasio	(%)	0,5-1,4	0,5-1,4	0,5-1,4
Vitamina C	(mg)	200	200	200

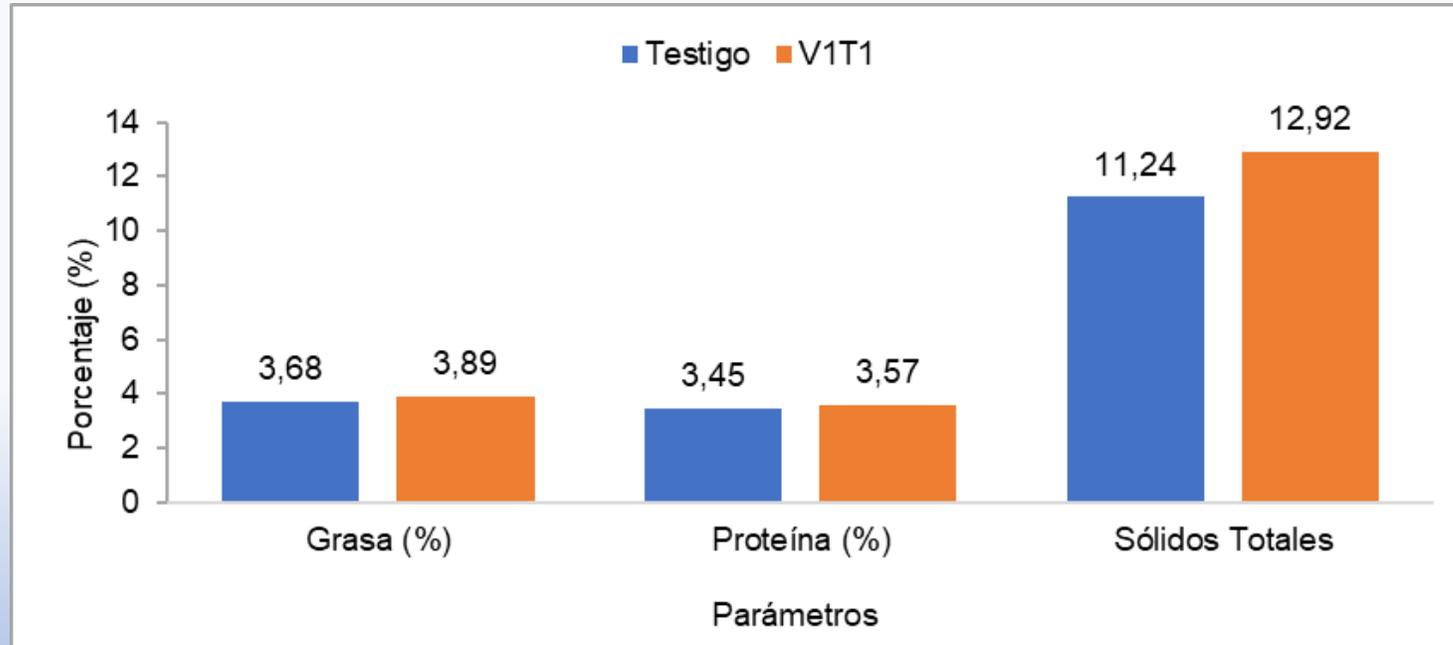
Según (De La Cruz, 2021): 60% de FVH teniendo un peso final de 992,4 g

# Producción de leche diaria acumulada en vacas



El grupo testigo produce alrededor de 10,8 litros de leche diarios, mientras que el grupo alimentado con FVH tiene un promedio de 12,7 litros diarios.

## Producción de leche diaria acumulada en vacas



los parámetros de calidad de la leche evaluados con las dietas V1T1 y el testigo; donde se observa que, el nivel de grasa, proteína y sólidos totales superó al testigo en cuestión con 3,89%, 3,57% y 12,92%,

# Conclusiones



Los mejores resultados de porcentaje de germinación se presentó en la densidad de 1,5 kg/bandeja, en las dos variedades sembradas con un total de 98,4% en la variedad criolla, seguido de la variedad nacional con un 97%



En cuanto al parámetro de calidad bromatológico, presentes en D1V1(1,5 kg/bandeja) de maíz criollo, se concluye que el mejor día para la alimentación es en el día 12, por que presento el más alto contenido de proteína de 29,60%, fibra del 30% , cenizas de 3,80% al compararlo con los días 10 y 15



En cuanto a la mejor densidad de siembra de FVHM, se presentó en la densidad de 1,5 kg o 6,25 kg/m<sup>2</sup> , llegando a una altura a los 12 días de 30,64 cm en D1V1 (1,5 kg + Las Mercedes), con un porcentaje de germinación del 98,4% y una biomasa de total de 23,58 kg/m<sup>2</sup> , y con una proteína del 29,60%, fibra del 30% y cenizas de 3,80%, la mejor densidad de siembra es de 6,25 kg/m<sup>2</sup> o 1,5 kg/bandeja, con la variedad criolla.



Los resultados obtenidos fueron difundidos a productores y agricultores de la zona, mediante la feria de exposición en ASOGAN- Santo Domingo, además se promociona a la carrera de agropecuaria

## Recomendaciones

- Basado en los resultados, se recomienda usar una densidad de siembra de  $1.5 \text{ kg/m}^2$  para el forraje verde hidropónico, logrando alturas y biomasa satisfactorias junto con una germinación saludable.
- A pesar de la elección de la densidad de siembra óptima, es vital monitorear regularmente durante todo el ciclo de cultivo. Esto permitirá ajustar el manejo según cambios y asegurar un rendimiento constante.
- Se sugiere realizar más experimentos en diferentes estaciones y lugares para validar la efectividad de esta densidad en diversos contextos.
- Además, se aconseja evaluar la calidad y cantidad de leche a lo largo del ciclo de producción lechera para entender mejor el impacto en la calidad de la leche, ya que la evaluación en esta investigación duró solo 15 días y mostró un crecimiento ligero.

# Muchas Gracias!

