

ARTÍCULO ORIGINAL

Estudio de adaptación del cultivo de piña (Ananas comusus L.) variedad MD 2 cv. Golden bajo tres dosis de fertilización y tres densidades de siembra con riego por goteo en suelos arenosos de Piura

Adaptation study of pineapple (Ananas comusus L.) variety MD 2 cv. Golden under three fertilization doses and three planting densities with drip irrigation in sandy soils of Piura

Luis Fernando Chinchay Huamán ^{1a}, Luis Conrado Guzmán Farfán ^{2b}, Henry Robles Cueva ^{1,3e}, Luis Armando Llanos Cabanillas ^{4d} y Arturo Adolfo Arbulú Zuazo ^{3c*},

¹ Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú

³ Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial Piura (CITE Agroindustrial Piura), Piura, Perú

⁴ Procesos Agroindustriales S.A.C., Piura, Perú

^a luis.chinchayh@gmail.com, ^blguzman_59@hotmail.com, ^carturo.arbulu@citeagropiura.org,

^dluchollanos@agroindustrias.com, ^ehrc_21@hotmail.com

* Autor de correspondencia

| Recibido: 18/02/22 |
| Arbitrado por pares |
| Aceptado:20/05/22 |

Resumen

Esta investigación se realizó entre julio 2019 y junio 2020 en el Valle de Cieneguillo sur, margen derecha a 29 m.s.n.m., con el fin de buscar adaptar un cultivo de piña de clima tropical, suelo ácido y temperatura máxima de 30°C y 15°C de mínima y precipitaciones de hasta 2000 mm (Selva Central), a un terreno arenoso, básico, con temperatura máxima de 39°C y 14°C de mínima, con precipitaciones de hasta 103.2 mm o con “Niño” alrededor de 2148 mm, logrando productividad y rentabilidad que lo

haga viable, para la demanda local de consumo fresco y de "fábrica" para las empresas transformadoras. Los objetivos fueron evaluar la fenología del cultivo de piña con tres dosis de fertilización y tres diferentes densidades de siembra, dividiendo las pruebas en 1 ha; determinar la combinación que influya mejor en el crecimiento, desarrollo del cultivo y los frutos en la cosecha, en un terreno arenoso. Para el ensayo en campo se analizaron variables de producción del fruto por tratamiento, rendimiento por unidad experimental, grados Brix y porcentaje de acidez en fruto. También la variable de análisis foliar para observar la extracción de nutrientes y el rendimiento económico de los tratamientos empleando riego tecnificado y fertilización de macro nutrientes foliar. En la interacción de los tratamientos en estudio, las combinaciones D_1T_1 , D_1T_2 y D_1T_3 presentaron los mejores resultados en la relación B/C, con S/1.58, S/1.36 y S/1.13 respectivamente.

Palabras claves: piña de trópico seco, piña de costa, fenología, fertirriego, densidades de siembra, productividad, rendimiento económico

Abstract

This research was conducted between July 2019 and June 2020 in the southern Cieneguillo Valley, right margin at 29 msnm., in order to adapt a pineapple crop with a tropical climate, acid soil, maximum temperature of 30°C and minimum of 15°C and rainfall of up to 2000 mm (Selva Central), to a sandy, basic soil, with a maximum temperature of 39°C and minimum of 14°C, with rainfall of up to 103.2 mm or with "Niño" around 2148 mm, achieving productivity and profitability that makes it viable for local demand for fresh consumption and "factory" for processing companies. The objectives were to evaluate the phenology of the pineapple crop with three doses of fertilization and three different planting densities, dividing the trials in 1 ha; to determine the best combination that influences better growth, crop development and fruit at harvest, in a sandy soil. For the field trial, variables of fruit production per treatment, yield per experimental unit, Brix degrees and fruit acidity percentage were analyzed. The foliar analysis variable was also analyzed to observe nutrient extraction and the economic yield of the treatments using technical irrigation and foliar macro nutrient fertilization. In the interaction of the treatments under study, the combinations D_1T_1 , D_1T_2 and D_1T_3 presented better results in the relation B/C, with S/1.58, S/1.36 and S/1.13 respectively.

Key words: dry tropical pineapple, coastal pineapple, phenology, fertigation, planting densities, productivity, economic yield

Introducción

La región Piura se encuentra geográficamente y climáticamente en un lugar privilegiado para lograr un desarrollo económico gigantesco, siendo una región única, con mucho potencial agrícola y humano. Es una de las regiones del país con más hectáreas de cultivos orgánicos y ecológicos, así lo dio a conocer la Asociación Nacional de Productores Ecológicos (ANPE). Existiendo según el reporte 11,800 hectáreas en Piura, ubicando a la región en el puesto 8 del ranking nacional. El banano, la panela, el cacao y el café son los principales productos orgánicos cultivados y que se exportan hacia el extranjero.

Piura es una región con mucho potencial para la incorporación de cultivos propios de otras regiones; tal es así que el cultivo de piña muestra rendimientos promedio según FAO de 22.6 t/ha y presenta condiciones climáticas tales como temperatura: máxima: 34°C / mínima: 23°C siendo que la mayor temperatura se presenta al mediodía, con viento moderado, alta incidencia de radiación solar directa, alta probabilidad de ocurrencia de lluvias en los meses de enero-mayo y cielo mayormente nublado disperso en la tarde.

Pero no todo es positivo, Piura también se enfrenta a varios problemas y serios desafíos después del Fenómeno del Niño; para hacer crecer su productividad, es necesario incentivar la investigación agrícola, desarrollar proyectos para tener mayor acceso al agua, créditos, titulación de tierras, arreglar carreteras, buscar mercados y desarrollo institucional, siendo esto posible con la asociatividad de los pequeños productores (Laberry, 2016)

Es conocido que el cultivo de la piña se concentra principalmente en la selva central del Perú, donde se plantan las dos variedades tradicionales 'Samba' y 'Hawaiana' y las introducidas 'Cayena Lisa' y MD-2, actualmente conocido como Golden. Pero, la piña, es cultivada en toda la selva peruana donde se plantan un sin número de tipos; de las que sobresalen los ecotipos "Pucalpina o Negra"; "Motilona", "Blanca", "Azúcar", "Real" o "Hawaiana"; "Casha piña", "Guacamayo", "Roja Trujillana" entre otros.

Tenemos como data que, en el 2015, nuestro país sembró 15.182 hectáreas de piña (en el 2014 fueron 15.917 ha). La región con mayor área instalada de dicha fruta es Junín donde se sembró el 41% del total, seguida de Loreto con el 13%, La Libertad 7%, entre otros. En el 2016 nuestro país instaló 24 mil hectáreas de piña y las áreas instaladas con dicho cultivo habrían crecido 30%, indicó Daga (2015). Por otro lado, el mismo autor señala que de las 15.182 hectáreas de piña instaladas, la mayoría fueron manejadas como cultivo tradicional, cuyas principales característica es que el agricultor siembra la fruta con el inicio de las lluvias, en suelos completamente degradados (donde antes se sembró café y luego kióñ). El autor también, señaló que los agricultores no fertilizan porque consideran que la planta es

muy rústica, por eso no se hace control de plagas; no hacen tratamiento por inducción, lo cual es importante porque ayuda a garantizar el éxito comercial del cultivo (ayuda a programar la cosecha), y no tienen conocimiento del mercado.

Asimismo, ya hubo un primer intento de adaptar la piña Golden a Piura, pero en Alto Piura, aunque no hemos encontrado ningún documento que lo sistematice, solo una referencia de producción de piña en el alto Piura (Cabrejos, 2011) aunque se sabe que la Empresa Saturno fue la que lo intentó, aparentemente con fines de exportación y no prosperó, dejando en el colectivo local algunas buenas prácticas adoptadas, como tapar las plantas cuando el fruto está en crecimiento, para mejorar la forma, con malla raschel de 50%.

La visión económica que tenemos es que cuando se desarrolle el cultivo de piña y con un crecimiento óptimo, se abrirá un nuevo mercado en la región Piura, con países como Estados Unidos, Bélgica, Países Bajos, Alemania, Francia, también tenemos Japón y Reino Unido, países de muy alta demanda. Socialmente se generará nuevos puestos de trabajo y Piura se podría convertir en un “polo” de exportación de este cultivo.

Finalmente, como objetivos tenemos el de determinar el efecto de la dosis de fertilización y la mejor densidad de siembra que influyan en el rendimiento, así como la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio.

Material y métodos

La presente investigación se realizó en el período comprendido entre julio 2019 y junio 2020 en el Valle de Cieneguillo Sur, Piura ubicado a una latitud entre 4°5' y 6°22', longitud entre 79°00' y 81°7' y una altitud de 29 msnm. Los datos climáticos de la zona se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Condiciones climatológicas durante el desarrollo del experimento (°)

MES	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
	Mín.	Med.	Máx.		
Jul. 2019	12.6	20.7	29.6	76.2	0.3
Ago. 2019	15.2	20.1	30.4	76.5	0.0
Set. 2019	15.8	20.7	30.6	72.2	0.0
Oct. 2019	15.8	21.2	32.2	71.7	0.8
Nov. 2019	17.6	22.6	32.1	71.9	0.5
Dic. 2019	19.6	25.0	33.4	68.6	12.2
Ene. 2020	20.4	26.8	36.1	65.6	0.0
Feb. 2020	21.2	27.8	36.2	64.2	0.4
Mar. 2020	21.2	28.3	37.1	61.9	0.2
Abr. 2020	20.2	26.7	37.1	63.4	2.4
May. 2020	17.8	24.6	33.7	70.2	0.4
Jun. 2020	16.1	21.5	29.9	73.0	0.6

Nota. (°) Datos proporcionados por la Estación Meteorológica Agrícola Principal FDF Cieneguillo Sur, propiedad del fundo Festival Fruits

Para el acondicionamiento del lugar seleccionado en función de términos agronómicos, para la instalación de la parcela piloto de cultivo de piña para el desarrollo de las diferentes pruebas a realizar en el proceso de adaptar y maximizar la producción de la piña en las condiciones del fundo (típicas de trópico seco); se consideró un área de 01 ha (10,000 m²).

Previo a la preparación del suelo y aplicación de los tratamientos, se realizó un análisis físico-químico del mismo. El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de Minas - Universidad Nacional de Piura, y los resultados se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Análisis físico-mecánico y químico del suelo. Profundidad de 0 – 30 cm

DETERMINACIÓN	RESULTADO
CE (dS/m)	0.48
pH	7.06
Calcáreo (% CaCO ₃)	0.14
Materia Orgánica (%)	0.10
N total (%)	0.00
P disponible (ppm)	6.00
K asimilable (ppm)	56.00
Clase textural	ARENA
% Arena	93.00
% Limo	3.00
% Arcilla	4.00
CIC (meq/100 g)	3.16
Ca ⁺⁺	2.06
Mg ⁺⁺	0.71
K ⁺	0.27
Na ⁺	0.12

Se muestra que el suelo es arenoso, característica a tener en cuenta para la distribución de agua y fertilización del cultivo. Asimismo, presenta un pH adecuado, cercano a la neutralidad; su % CaCO₃ es bajo, el nivel de MO es sumamente bajo, lo cual responde al nivel inexistente de Nitrógeno; niveles de K y P también bajos; niveles de Ca, Mg y Na bajos.

Se preparó el terreno a través de una nivelación ligera y limpieza del terreno (Apéndice 1, Foto 1 y 2). Mientras que para el ensayo se utilizó el sistema de Riego Tecnificado por Goteo por lo que se procedió a su instalación siguiendo los siguientes pasos: a) Construcción de la unidad de bombeo, b) Trazado y excavación de zanjas,

c) Instalaciones de bigotes - tendido de la manguera de goteo, d) Armado e instalado de arcos de riego (válvulas o sectores), e) Sistema de Fertirriego móvil, f) Instalación de llaves para cada tratamiento (Apéndice 1, Foto 3-6).

Posteriormente se aplicó a todo el terreno del experimento 60,000 Kg de Compost al momento de la siembra (01 de julio de 2019) con la finalidad de mejorar el suelo. (Apéndice 1, Foto 7).

En la etapa de adquisición, selección, acopio y transporte de Semilla de piña MD2 seleccionada provenientes de Selva Central, se realizó la evaluación, identificación y selección de cepas de piña de alto rendimiento productivo, ausencia de enfermedades y calidad de fruto. Siempre teniendo en cuenta los cultivares zonales (eco tipos), calidad de suelo y manejo recibido. Posteriormente, se realizó la adquisición de hijuelos basales ("semilla") de piña de las zonas donde se ubicó los cultivares de alta calidad, y se realizó las labores previas de selección y acopio de dicho material. Luego de ello, se realizó el transporte (bajo determinados protocolos que serán sistematizados) desde la zona de selva central (trópico húmedo) hacia la parcela ubicada en el distrito de Piura (trópico seco) para su adaptación y cultivo.

Para la plantación se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Selección y clasificación de semilla: Las semillas se separaron y homogenizaron por tamaño y peso, siendo el tamaño pequeño entre 200 a 350 g, el mediano de 351 a 500 g y el grande de 501 a 740 g; y se sembraron en lotes o camas separados, para obtener plantaciones en desarrollo homogéneo, que favorezcan la inducción y cosecha. La labor se inició el 24 de junio de 2019.

Desinfección del material vegetativo: Luego de seleccionar las semillas por tamaño, se procede a desinfectarlas con una solución de productos con acción insecticida y fungicida. Se utilizan unos recipientes de plásticos con 200 litros de agua, donde se agregaron los siguientes productos: el Insecticida Gorplus a la dosis de 1000 cc, Canesol a la dosis de 500 cc; el fungicida Desfan 100 a la dosis de 150 cc y Nemaplus a la dosis de 1000 cc; la inmersión total de los hijuelos será de aproximadamente 10 segundos, posteriormente se sacarán y escurrirán antes de pasarlos a campo definitivo. Esta actividad se inició el 01 de julio de 2019. Esta desinfección se hace con la finalidad de prevenir y eliminar cualquier problema de pudriciones, y reducir a la vez poblaciones de ácaros, cochinilla, sinfílidos y/o otras plagas.

Siembra de la semilla: Luego de realizar todas las labores de clasificación, desinfección y distribución de la semilla en campo, se procede a realizar la siembra (Apéndice 1, Foto 8), lo cual se hizo a una profundidad adecuada (10 a 15 cm dependiendo del tamaño del hijuelo) de modo que al crecer y fructificar no sufra

inclinación por el peso de la fruta y el efecto del viento, para esta labor se utilizó una espátula que permita profundizar el hijuelo.

La instalación se hizo de acuerdo a tamaños de semillas, para tener una mejor para obtener plantaciones en desarrollo homogéneo, que favorezcan la inducción y cosecha. El lote de semillas provenientes de la selva central, se comenzaron a sembrar el día 1 de julio, hasta el día 08 de julio del 2019.

El sistema de plantación empleado fue el siguiente:

Distanciamientos

- Entre surcos mellizos : 0.80 m
- Entre líneas : 0.40 m
- Entre plantas :
 - Densidad baja : 0.40 m (40 000 plantas/ha)
 - Densidad media : 0.35 m (50 000 plantas/ha)
 - Densidad alta : 0.25 m (60 000 plantas/ha)

Para el caso del riego por goteo se utilizó un caudal de aproximadamente de 11,000 m³ distribuido según lo indicado en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Registro de riego durante el ensayo

Fecha	Caudal (l/s)	Horas	m ³
Jul-19	5.33	52.00	997.78
Ago-19	5.33	54.00	1036.15
Set-19	5.33	50.00	959.40
Oct-19	5.33	54.00	1036.15
Nov-19	5.33	52.00	997.78
Dic-19	5.33	52.00	997.78
Ene-20	5.33	21.00	402.95
Feb-20	5.33	19.50	374.17
Mar-20	5.33	19.50	374.17
Abr-20	5.33	19.50	374.17
May-20	5.33	19.50	374.17
Jun-20	5.33	19.50	374.17
Jul-20	5.33	21.00	402.95

Ago-20	5.33	17.25	330.99
Set-20	5.33	21.00	402.95
Oct-20	5.33	21.00	402.95
Nov-20	5.33	19.50	374.17
Dic-20	5.33	21.00	402.95
Ene-21	5.33	19.50	374.17
Total		572.75	10,989.93

Referente a la fertilización, las aplicaciones de N-P-K se hicieron de forma foliar, iniciándose el 15-08-19 y fraccionándose por 11 meses continuados. (Apéndice 1, Foto 9)

Las aplicaciones y dosis que se realizaron en el trabajo de investigación se hicieron en base al programa presentado en la Tabla 1. Los macroelementos son aplicados de manera foliar sin alguna aplicación a suelo (arenoso), puesto que el cultivo responde mejor a este tipo de alimentación y forma de fertilización.

Para la inducción floral en la planta de piña, esta tiene que tener el peso adecuado para la inducción floral y posterior desarrollo del fruto. Este peso promedio debe ser de 2.4 kg/planta. Se utilizó para ello las siguientes dosis por cilindro: 300 g de Etesac, 200 g de Cal, 200 g de Ácido Bórico y 10 kg de Urea.

Tabla 1

Fertilización foliar: productos y dosis/mes

Fertilizante	Tratamiento: Total (kg)	Ago (kg)	Sep (kg)	Oct (kg)	Nov (kg)	Dic (kg)	Ene (kg)	Feb (kg)	Mar (kg)	Abr (kg)	May (kg)	Jun (kg)
FosfoMAx WP 30%	T1: 267 T2: 534 T3: 800	267 534 800	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Allganic Nitrogeno 16%	T1: 150 T2: 300 T3: 500	5 10 15	10 20 30	15 25 45	15 25 45	15 25 45	15 35 60	15 35 60	20 35 60	20 45 70	20 45 70	0 0 0
Multi Compost Nitrogeno 8%	T1: 200 T2: 400 T3: 500	10 20 30	15 30 40	20 35 45	20 35 40	20 35 40	20 45 55	20 45 55	25 45 55	25 55 70	25 55 70	0 0 0
Allganic Potasium 52%	T1: 365 T2: 731 T3: 1097	15 30 45	20 40 60	25 50 75	30 60 90	30 60 90	35 70 105	40 70 105	40 81 120	40 85 120	40 85 127	50 100 160
Tecnosilix Mg 15%	T1: 16 T2: 32 T3: 48	0 0 0	0 0 0	2 4 6	2 4 6	2 4 6	2 4 6	2 4 6	2 4 6	2 4 6	2 4 6	0 0 0
Foliato Ca 50%	T1: 10 T2: 20	0 0	1 2	0 0	2 4	0 0	2 4	0 0	2.5 5	0 0	2.5 5	0 0

	T3: 30	0	3	0	6	0	6	0	7.5	0	7.5	0
Foliato Zn 70%	T1: 5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0
	T2: 10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0
	T3: 15	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3	0
Foliato de Fe 12%	T1: 5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0
	T2: 10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0
	T3: 15	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3	0
Algattec 70%	T1: 3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	T2: 6	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0
	T3: 9	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0
Fertibor 48%	T1: 15	0	0	1	1	2	2	2	2	2.5	2.5	0
	T2: 30	0	0	2	2	4	4	4	4	5	5	0
	T3: 45	0	0	3	3	6	6	6	6	7.5	7.5	0
Tecnohumat (ácidos húmicos)	T1: 50	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0
	T2: 100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
	T3: 150	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0

Para el análisis estadístico, el diseño experimental usado fue el de Parcelas Divididas, dispuestas en Bloques Completos al Azar (BCA), estudiándose 02 factores: a) Densidad de siembra, que tuvo 03 niveles, ubicándose ello en la parcela principal, y b) Dosis de Fertilización, que también tuvo 03 niveles, y ello se le ubico en las sub-parcelas, lo que hizo un total de 09 tratamientos, ubicadas en 04 bloques o repeticiones conforme se muestra a continuación:

Cuadro 4

Factores en estudio del trabajo de investigación

Factor	Niveles	Clave
Densidad	40 000 pl/ha	D ₁
	50 000 pl/ha	D ₂
	60 000 pl/ha	D ₃
Dosis de Fertilización	Alta	T ₁
	Media	T ₂
	Baja	T ₃

La dosis Baja estuvo compuesta por 40, 80 y 190 unidades de N-P-K, la dosis media contenía 80-160-380 unidades de N-P-K, y la dosis Alta por 120-240-570 unidades de N-P-K.

Los tratamientos en estudio fueron: D₁T₁, D₁T₂, D₁T₃, D₂T₁, D₂T₂, D₂T₃, D₃T₁, D₃T₂ y D₃T₃. Asimismo, se consideró 36 sub-parcelas de dimensiones de 1.20 m de ancho por 14 m de largo, con un área de 16.8 m² cada una, como unidad experimental.

Los parámetros evaluados en el presente estudio fueron la extracción de nutrientes (análisis foliares) y los de producción como son el peso promedio de fruto, rendimiento por UE (Unidad experimental), grados Brix y porcentaje de acidez en fruto y análisis económico.

Contenido de extracción de nutrientes (análisis foliares)

Procedimiento en el campo experimental

Se tomaron 8 hojas por tratamiento, dando un total de 72 hojas por evaluación, se realizaron 3 evaluaciones a partir del segundo mes después de la siembra para elaborar curvas de absorción de nutrientes y determinar la dosis ideal de fertilización. Esta evaluación es un ensayo adicional a la metodología del proyecto de tesis y se realizaron cada 50 días a lo largo del proyecto haciendo un total de 03 evaluaciones. La unidad muestral viene a ser la Hoja "D" cuya base es cuadrada a partir del centro de la roseta (Es la hojas más larga). Tomar una de las dos hojas correspondientes al estado "D".

Metodología en laboratorio:

Nitrógeno en base seca: AOAC Official Method 990.03, 21st Ed. 2019 Protein (Crude) in animal feed. (VALIDADO - Fuera del Alcance)

Fósforo - ICP OPTICO - POICP_OP14: AOAC Official Method 2013.06: 21th Ed. 2019 Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Foods Pressure Digestion and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) 2017

Potasio - ICP OPTICO - POICP_OP14: AOAC Official Method 2013.06: 21th Ed. 2019 Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Foods Pressure Digestion and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) 2017

Referente al peso promedio de fruto, se tomó un promedio de 20 frutos por tratamiento. Se pesaron cada uno de ellos y se hizo un promedio entre peso total y número de frutos, dando este parámetro de producción para cada uno de los tratamientos en estudio.

En cuanto al rendimiento por hectárea, de acuerdo a las densidades de siembra que corresponde a cada tratamiento en estudio se evaluaron el peso de frutos de 20 plantas por unidad experimental y se obtuvo el rendimiento en toneladas producidas por hectárea de cada tratamiento. Es preciso señalar que la cosecha se inició el 05 de enero de 2021 (18 meses desde la siembra).

Para la evaluación de grados Brix y porcentaje de acidez de fruto, se utilizó refractómetro digital PAL-BX/ACID9 piña Brix-Acidez kit (7109), marca Atago®. Se pesa 1 gr de jugo de fruta y finalmente se lleva a ras completándose con agua destilada hasta los 50 gr, se mezcla y se coloca dos gotas de esta solución en el refractómetro para evaluar parámetros de acidez (Apéndice, Foto 10).

Finalmente, referente al análisis económico, se consideró un estimado de producción de acuerdo al número de plantas de cada densidad, al calibre de fruto,

ya que de este depende mejor precio en el mercado local, finalmente se estimó el costo de producción de acuerdo a los diferentes niveles nutricionales y número de plantas por densidad. Con estos datos se obtuvo el B/C para cada tratamiento. Las técnicas aplicadas en el presente estudio fueron las de muestreo de forma aleatoria y técnicas de recolección de datos de campo, evaluando por cada sub-parcela 05 plantas seleccionadas al azar, excepto para el peso promedio de fruto/planta y rendimiento que se evaluaron 20 frutos y 20 plantas por sub-parcela respectivamente.

Resultados

Referente al contenido de extracción de nutrientes, para efecto de dosis nutricional en el cultivo a lo largo del trabajo de investigación se observó mejor asimilación de nitrógeno en la dosis alta, como resultado de una mejor nutrición y disponibilidad de este elemento en el suelo, viendo como esta dosis (T_3) tuvo 1.05% frente al contenido de este elemento en las otras dos dosis nutricionales, observándose 0.96% en la dosis media (T_2) y 0.85% en la dosis baja (T_1).

En función al contenido nutricional del elemento fósforo la dosis alta (T_3) también muestra un mejor contenido de este macro elemento en las hojas con un porcentaje promedio a lo largo de las 04 evaluaciones de 0.24% frente a los 0.23% que presenta la dosis media y baja respectivamente (T_2 y T_1)

El contenido del elemento potasio a nivel foliar a lo largo de las 04 evaluaciones también sigue la tendencia de asimilación nutricional de los otros dos elementos mayores, siendo la dosis más alta (T_3) la que presenta mayor contenido de este elemento con 3.71%.

Con respecto al efecto de densidades de siembra en el contenido de NPK, podemos observar que la densidad baja (D_1) tiene mejor asimilación nutricional en función a nitrógeno y potasio con 1.06% y 3.66% respectivamente.

Cuadro 5

Resumen del efecto de la dosis nutricional en el contenido (%) de Nitrógeno en hojas durante las 04 evaluaciones

Tratamiento	Eval. 01	Eval. 02	Eval. 03	Eval. 04	Promedio/Trat
Dosis baja	0.990	0.823	0.983	0.620	0.854
Dosis media	0.970	1.050	1.063	0.750	0.958
Dosis alta	1.000	1.233	1.203	0.770	1.052

Cuadro 6

Resumen del efecto de la dosis nutricional en el contenido (%) de Fosforo en hojas durante las 04 evaluaciones

Tratamiento	Eval. 01	Eval. 02	Eval. 03	Eval. 04	Promedio/Trat
Dosis baja	0.189	0.241	0.281	0.205	0.229
Dosis media	0.183	0.261	0.298	0.187	0.232
Dosis alta	0.210	0.245	0.293	0.210	0.240

Cuadro 7

Resumen del efecto de la dosis nutricional en el contenido (%) de Potasio en hojas durante las 04 evaluaciones

Tratamiento	Eval. 01	Eval. 02	Eval. 03	Eval. 04	Promedio/Trat
Dosis baja	3.590	2.963	3.643	2.900	3.274
Dosis media	3.307	3.320	3.923	3.430	3.495
Dosis alta	3.353	3.783	4.037	3.670	3.711

Cuadro 8

Resumen del efecto de densidad de siembra en el contenido (%) de Nitrógeno en hojas durante las 03 evaluaciones

Densidad de siembra	Eval. 01	Eval. 02	Eval. 03	Promedio/Dens
Densidad baja	1.003	1.113	1.077	1.064
Densidad media	1.010	0.963	1.057	1.010
Densidad alta	0.947	1.030	1.117	1.031

Cuadro 9

Resumen del efecto de la densidad de siembra en el contenido (%) de Fosforo en hojas durante las 03 evaluaciones

Densidad de siembra	Eval. 01	Eval. 02	Eval. 03	Promedio/Dens
Densidad baja	0.187	0.261	0.303	0.250
Densidad media	0.194	0.273	0.295	0.254
Densidad alta	0.201	0.213	0.274	0.229

Cuadro 10

Resumen del efecto de la densidad de siembra en el contenido (%) de Potasio en hojas durante las 03 evaluaciones

Densidad de Siembra	Eval. 01	Eval. 02	Eval. 03	Promedio/Dens
Densidad Baja	3.523	3.717	3.753	3.664
Densidad Media	3.290	3.367	3.870	3.509
Densidad Alta	3.437	2.983	3.980	3.467

En cuanto al *peso promedio del fruto*, el Cuadro 11, presenta los efectos de los factores principales densidad, fertilización y su interacción sobre el peso de frutos.

Cuadro 11

Efecto de la densidad de siembra (D), fertilización (T) e interacción (DT) sobre el peso de frutos expresado en (g/fruto)

Clave Densidad Duncan			Clave Fertilización Duncan			Clave	D x T Media Duncan	
D ₁	2.025	a	T ₁	1.751	a	D ₁ T ₁	2.01	a
D ₂	1.726	b	T ₂	1.758	a	D ₁ T ₂	2.04	a
D ₃	1.532	c	T ₃	1.774	a	D ₁ T ₃	2.03	a
						D ₂ T ₁	1.79	b
						D ₂ T ₂	1.69	bc
						D ₂ T ₃	1.70	bc
						D ₃ T ₁	1.46	d
						D ₃ T ₂	1.54	cd
						D ₃ T ₃	1.60	bcd

Para los efectos principales de densidad de siembra sobre el peso promedio de fruta en kg durante la evaluación, podemos apreciar que con la densidad baja (D₁) todas superan a las densidades D₂ y D₃ respectivamente variando el promedio de 2.025 kg sobre los 1.73 y 1.53 kg/fruto en la densidad media y alta respectivamente.

Para el efecto de dosis nutricional podemos apreciar que en la evaluación no existe significación estadística entre ellos. En la interacción se encontró que la D₁ con cualquiera de las 3 fertilizaciones superó a las otras interacciones.

Referente al *rendimiento por hectárea de cada tratamiento*, en el Cuadro 12, se presentan los resultados estadísticos. Para los efectos principales de densidad de siembra sobre el rendimiento por hectárea en el cultivo durante la evaluación, se pudo apreciar que la densidad baja (D₃) supera a las densidades baja y media respectivamente (D₁ y D₂) obteniéndose el mayor promedio de 91.899 t.ha⁻¹.

Para el efecto de dosis nutricional se pudo apreciar que no existe significación estadística entre ellos, obteniéndose 85.732, 86.245 y 87.248 t.ha⁻¹ en las dosis T₁, T₂ y T₃ respectivamente. En Apéndice 1, Foto 11 se muestra el fruto en planta con hijuelo basal.

Cuadro 12

Efecto de la densidad de siembra (D), fertilización (T) e interacción (DT) sobre el rendimiento de frutos expresado en t.ha⁻¹

Clave	Densidad	Duncan	Clave	Fertilización	Duncan	Clave	D x T	Media	Duncan
D ₁	81.009	b	T ₁	85.732	a	D ₁ T ₁	80.37	c	
D ₂	86.316	ab	T ₂	86.245	a	D ₁ T ₂	81.64	bc	
D ₃	91.899	a	T ₃	87.248	a	D ₁ T ₃	81.01	c	
						D ₂ T ₁	89.41	abc	
						D ₂ T ₂	84.61	bc	
						D ₂ T ₃	84.93	abc	
						D ₃ T ₁	87.42	abc	
						D ₃ T ₂	92.48	ab	
						D ₃ T ₃	95.80	a	

Respecto de los *grados brix de fruto*, los valores encontrados para esta determinación se expresan en el Cuadro 13 donde se presenta el resumen de la significación estadística del parámetro grados Brix de dulzura en fruto.

Cuadro 13

Efecto de la densidad de siembra (D), fertilización (T) e interacción (DT) sobre el parámetro grados Brix expresado en %

Clave	Densidad	Duncan	Clave	Fertilización	Duncan	Clave	D x T	Media	Duncan
D ₁	14.208	b	T ₁	13.667	b	D ₁ T ₁	13.20	c	
D ₂	15.425	a	T ₂	14.275	b	D ₁ T ₂	12.48	c	
D ₃	14.642	ab	T ₃	16.333	a	D ₁ T ₃	16.95	a	
						D ₂ T ₁	13.93	bc	
						D ₂ T ₂	15.20	b	
						D ₂ T ₃	17.15	a	
						D ₃ T ₁	13.88	bc	
						D ₃ T ₂	15.15	b	
						D ₃ T ₃	14.90	b	

Para los efectos principales de densidad de siembra sobre la variable grados Brix (%) durante la evaluación en cosecha, se pudo apreciar que la densidad media (D₂) supera a las densidades D₁ y D₃ respectivamente variando el promedio de 15.43 °Brix.

Para el efecto de dosis nutricional podemos apreciar que existe significación estadística entre ellos siendo la dosis alta (T₃) con 16.33 °Brix superior a la dosis baja (T₁) y media (T₂) que obtuvieron 14.28 y 13.68 °Brix respectivamente.

En relación a los tratamientos en estudio resaltamos que los tratamientos D₁T₃ con 16.95 y D₂T₃ con 17.15 °Brix obtuvieron mejores resultados en función a dulzura. Adicionalmente podemos analizar que los tratamientos D₁T₁, D₁T₂ Y D₃T₁ son estadísticamente iguales y arrojaron los niveles más bajos de dulzura en el fruto.

Respecto de los *porcentajes de acidez de fruto*, en el Cuadro 14 presentamos el resumen de los efectos de densidad de siembra, nutrición y la interacción de estos factores.

Cuadro 14

Efecto de la densidad de siembra (D), fertilización (T) e interacción (DT) sobre el parámetro acidez expresado en %

Clave	Densidad Duncan		Fertilización Duncan			Clave	D x T	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Clave		Media	Duncan
D ₁	0.807	a	T ₁	0.933	c	D ₁ T ₁	0.95	c
D ₂	0.744	a	T ₂	0.813	b	D ₁ T ₂	0.86	bc
D ₃	0.899	b	T ₃	0.703	a	D ₁ T ₃	0.62	a
						D ₂ T ₁	0.89	c
						D ₂ T ₂	0.74	b
						D ₂ T ₃	0.61	a
						D ₃ T ₁	0.97	c
						D ₃ T ₂	0.84	bc
						D ₃ T ₃	0.89	c

Para los efectos principales de densidad de siembra sobre la variable acidez en frutos en % durante la evaluación, podemos apreciar que la densidad baja y media respectivamente (D₁ y D₂) obtienen los índices más bajos de % de acidez. Adicionalmente la densidad alta (D₃) tiene mayor porcentaje de acidez en fruto con 0.90%

Para el efecto de dosis nutricional podemos apreciar que en la evaluación se presenta significación estadística entre los diferentes niveles nutricionales. La dosis baja (T₁) presenta significación estadística, obteniendo el porcentaje más elevado de acidez en fruta con 0.93%. La dosis media (T₂) obtiene 0.81% de acidez y el nivel nutricional más alto (T₃) presenta 0.70% de acidez.

Referente al *análisis económico*, presentamos los siguientes cuadros:

Cuadro 15

Resumen de costos de Producción, rendimiento en kg y B/C de cada tratamiento por ha

Bloques	D ₁ T ₁	D ₁ T ₂	D ₁ T ₃	D ₂ T ₁
I	144.053	159.589	122.656	152.400
II	149.302	124.598	154.357	127.495
III	134.729	150.249	143.959	151.086
IV	134.508	137.071	146.122	141.217
Total	562.592	571.506	567.094	572.198
x tratamiento	140.648	142.876	141.774	143.050
Rendimiento X ha	80370.263	81643.681	81013.475	89406.004
Costo de producción	S/62,184.18	S/ 69,180.99	S/ 76,177.80	S/77,730.23
x peso de fruto	2.009	2.041	2.025	1.788
Costo x kg	S/2.00	S/2.00	S/2.00	S/2.00
Rendimiento S/ x UE	S/168,777.55	S/171,451.73	S/170,128.30	S/178,812.01
B/C	S/1.58	S/1.36	S/1.13	S/1.30

D ₂ T ₂	D ₂ T ₃	D ₃ T ₁	D ₃ T ₂	D ₃ T ₃
118.769	128.571	164.389	168.006	179.419
140.209	136.163	163.184	194.797	178.453
139.245	140.646	156.219	161.979	164.617
143.282	138.192	168.944	165.734	192.797
541.505	543.572	652.736	690.515	715.286
135.376	135.893	163.184	172.629	178.821
84610.185	84933.133	87420.026	92479.752	95797.179
S/ 86,476.23	S/ 95,222.25	S/ 93,276.27	S/ 103,771.48	S/ 114,266.70
1.692	1.699	1.457	1.541	1.597
S/2.00	S/2.00	S/1.88	S/1.88	S/1.88
S/169,220.37	S/169,866.27	S/164,349.65	S/173,861.93	S/180,098.70
S/0.96	S/0.78	S/0.76	S/0.68	S/0.58

El análisis económico muestra que la densidad alta (D₃) al tener un menor distanciamiento y por ende mayor cantidad de plantas por m², esta produce mayor cantidad de kg por hectárea, sin embargo, presenta un menor promedio de peso por fruto y por ende tiene un menor valor económico por kg vendido. Los precios se ajustan al calibre de la fruta, como se muestra en el cuadro 16.

En la densidad baja (D₁) y media (D₂) observamos mejor relación B/C ofrece mejor resultado, contradictorio a la menor producción por kg que ofrece, pero su

promedio de peso por fruto es mayor, por lo tanto, tiene un mayor rendimiento económico mayor a S/ 1.00 por kg invertido.

Cuadro 16

Clasificación por calibres de la fruta de Piña y valor por kg de cada uno

Clase	Promedio peso por fruto (kg)	Min	Max	Costo x caja	Costo x kg
6	2.67	2.3	2.7	S/35.00	2.19
8	2.00	1.6	2.3	S/32.00	2.00
10	1.60	1.4	1.6	S/30.00	1.88
12	1.33	1.1	1.4	S/25.00	1.56
14	1.14	1.0	1.1	S/22.00	1.38
16	1.00	0.8	1.0	S/18.00	1.13

Discusión

En este punto se contrastó los resultados más relevantes, siendo que conforme lo observado se tiene lo siguiente:

Referente al *contenido de extracción de nutrientes*, para el parámetro de contenido de extracción de nutrientes en el macroelemento nitrógeno (%N) de la planta para efecto de nivel nutricional, se aprecia que con la dosis alta se obtiene mayor porcentaje de este elemento con 1.05%, considerando que el nivel óptimo se encuentra entre 1.10% -1.70% esto demuestra que la planta ha necesitado mayor proporción de nitrógeno. Se observó un incremento de la absorción de N en las hojas conforme se incrementa la dosis de fertilización, lo que coincide con lo encontrado por Souza et al. (2019).

Con respecto al fósforo, este elemento debe encontrarse entre 0.10%-0.15%, en función a ello los tres niveles nutricionales obtuvieron resultados óptimos con 0.23, 0.23 y 0.24% de acuerdo a cada nivel nutricional respectivamente, el efecto de este elemento se observa en el calibre de la fruta en la cosecha. Estos resultados del estudio difieren con Souza et al. (2019) que indican que el incremento de las dosis de N redujo la acumulación de P en las hojas y que esto puede haber ocurrido porque el P absorbido es atrapado por las raíces.

En cuanto a la proporción de potasio en la planta, el rango óptimo está entre 2.00-3.00%, en relación a esto vemos que los tres niveles nutricionales superan los niveles óptimos con 3.27, 3.50 y 3.71% en la dosis baja, media y alta respectivamente, concordando con Souza et al. (2019).

Las demandas de nutrientes por el cultivo de la piña son considerablemente elevadas comparando con otros cultivos; de los cuales el potasio (K) es el elemento

más exigido, luego el nitrógeno (N) y fósforo (P). Souza et al. (2019) indican el siguiente orden de disminución en la absorción de macronutrientes: $K > N > Ca > P > Mg > S$. El balance relativo de nutrientes extraídos para $N-P_2O_5-K_2O$, fue respectivamente de 7,5:1:10 (Leal et al., 2010). Munive (2015) menciona que los tres primeros meses la aplicación de los fertilizantes está dirigida al suelo, después las aplicaciones posteriores van dirigidas en la tercera o cuarta axila de la planta dado que en estas se acumula agua que permite la disolución del fertilizante facilitando la absorción de los nutrientes; además de las aplicaciones foliares complementarias a la fertilización al suelo.

Para efecto de densidades de siembra en relación de nitrógeno vemos que ninguna densidad mantiene un nivel óptimo con 1.06, 1.01 y 1.03% en la densidad baja, media y alta respectivamente. En relación al fósforo también hay un nivel alto de este elemento en las tres densidades de siembra y referente al macroelemento potasio en las densidades de siembra vemos también un nivel alto de este elemento en las tres densidades con 3.66, 3.51 y 3.47% respectivamente.

Con respecto al peso promedio de fruto apreciamos que con la densidad baja se obtiene mejores resultados en cuanto a peso, esto se debe a que la planta de piña tiene mayor espacio para desarrollarse con mayor facilidad, además responde al contenido nutricional, puesto que los elementos mayores tanto fósforo como potasio se encontraron en proporción adecuada en el cultivo. Además de ello en cuanto hay mayor densidad de plantas el ritmo de crecimiento es menor, debiéndose principalmente a la mayor competencia por nutrientes, agua y espacio. En cambio, para el efecto nutricional no hay diferencias significativas lo cual se puede deber a que las diferencias nutricionales no han sido tan marcadas en cuanto a asimilación de nutrientes. Según Leon y Kellon (2012) reportó encuesta a productores de piña señalando que el peso de fruto osciló entre 1.5 a 2.0 kg lo que coincide con los resultados obtenidos, pero difiere al no encontrar efecto evidente por la densidad (en promedio 62,594 plantas/ha) o la fertilización empleados (niveles muy altos para N, P y K). Además, señalan que los agricultores consideran reducir los niveles de N y P en 20% y 66% respectivamente, sin poner en riesgo el rendimiento.

En el parámetro rendimiento por hectárea de cada tratamiento en la planta se aprecia a nivel de densidades de siembra, caso contrario a las anteriores variables del estudio, que la densidad alta obtiene mayor rendimiento de planta con $91.899 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, se debe principalmente a que esta densidad de siembra posee mayor cantidad de plantas por m^2 la planta de piña tiene mayor espacio para desarrollarse con mayor facilidad en comparación a las otras densidades que tienen 81.009 y $86.316 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en las densidades baja y media respectivamente, resultados similares a los obtenidos por Djido et al. (2021) que utilizando densidades de 54,000, 66,600, y 74,000 plantas/ha obtuvo rendimientos de 54.9, 69.1 hasta $90.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente. En cambio, para el efecto nutricional al igual que las anteriores variables en estudio no presentan diferencias significativas lo cual se puede deber a que las diferencias

nutricionales no han sido tan marcadas, como se puede ver en los análisis foliares mostrados líneas arriba. Rodríguez et al. (2019) señalan que en resultados preliminares, el rendimiento más alto (99 t.ha⁻¹) obtenido fue para el tratamiento de fertilización COMBINED que contenía 690.0 kg.ha⁻¹ de nitrógeno (N), 312.0 kg.ha⁻¹ de fósforo (P) y 399.4 kg.ha⁻¹ de potasio (K) más micronutrientes (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo y Mg) y que además recibió 2 aplicaciones foliares de Bulitem (Chemical Meristem, S.L., Spain) a la dosis de 4 l.ha⁻¹, producto que contiene un alto porcentaje de extractos de algas, aminoácidos, micronutrientes quelatados y otros factores de crecimiento que promueven un agrandamiento de frutos. Djido et al. (2021) sostienen que el incremento de rendimiento no se debió al peso del fruto sino a la fertilización de potasio (K) y la relación K₂O:N más alta de 1 y 2 que tuvo un efecto sobre el peso del fruto.

Julca, (1997), resaltó que las variedades de piña más comerciales son Hawaiana, Cayena Lisa, Samba (la de mayor área sembrada) y Golden. Esta última ha generado mayor interés en los últimos años.

Al respecto, dijo que la variedad Golden (o también conocida como MD-2) es cultivada tanto por pequeños productores como por empresas por ser de alta calidad, alto rendimiento, resistente a plagas y enfermedades y larga vida en anaquel. “Es la principal variedad de piña fresca del mundo y se exporta a Estados Unidos, Europa, Asia y Oriente Medio”. Además, en la actualidad, tiene una gran aceptación en el mercado europeo por su buena coloración y sabor, por su presentación y aroma, siendo catalogada como fruta de lujo (Pac, 2005 citado por Munive, 2015).

Los rendimientos obtenidos en el experimento son superiores a los obtenidos en Junín que alcanzan valores de 53.328 t.ha⁻¹, mientras que en Puno se alcanza los 25.803 t.ha⁻¹ y en La Libertad 21.131 t.ha⁻¹ (Julca, 1997) y muy superiores al rendimiento promedio de 22.6 t.ha⁻¹, que menciona FAO, (2009).

Con respecto al parámetro grados Brix de fruta apreciamos que con la densidad media se obtiene mejores resultados con 15.43 °Bx, las densidades baja y alta son estadísticamente iguales con 14.21 y 14.64 °Bx respectivamente. En relación a esta variable podemos inferir que la densidad de siembra no influye directamente en el % de dulzura en frutos. En cambio, para el efecto nutricional si hay diferencias significativas demostrando que la dosis alta (T₃) con 16.33 °Bx supera a las dosis nutricionales baja y media que tienen 13.67 y 14.28 °Bx respectivamente y son estadísticamente iguales. Esta variable muestra que para efectos de dulzura en fruto es más significativo la dosis nutricional que la densidad de siembra de la planta.

Según Treto, (1991) las dosis medias de N influyen sobre los grados Brix y la Acidez aumentándolos, mientras las dosis altas aumentan la Vitamina C, según el mismo autor reporta que las dosis medias de P generan el mismo comportamiento en

estas características mientras que para el K las dosis altas son las que aumentan también los valores en las propiedades químicas; datos que coinciden con el estudio de Spironello, Quaggio, Junqueira, Furlani, & Monteiro, (2004) sobre los efectos de diferentes dosis de NPK sobre la calidad de la piña encontró que las dosis altas de N influyen negativamente los sólidos totales y el % de acidez contrario al efecto de las dosis altas de K que aumentaron también la vitamina C mientras el P no tuvo ningún efecto.

En relación al parámetro porcentaje de acidez de fruta vemos que la densidad alta (D_3) tiene mayor % de acidez en fruto, es decir esta densidad tiene mayor concentración de ácido cítrico y málico en su composición, esto responde más significativamente al efecto del nivel nutricional donde se manifiestan diferencias significativas marcadas y la dosis alta (T_3) obtuvo mejores resultados al tener un % de acidez más bajo con 0.70%, un índice de calidad en fruto y totalmente aceptable para industria. De acuerdo al estudio realizado por Morales, Hernández, Cabezas, Barrera, & Martínez, (2001) en la variedad de Piña nativa encontraron que la acidez variaba de 0,46% a 0,70%

Con respecto al análisis económico apreciamos que con la densidad baja (D_1) se obtiene mejor rendimiento económico, en particular el tratamiento D_1T_1 resultó con un B/C de S/ 1.58, en segundo lugar, apreciamos que el tratamiento D_1T_2 con S/ 1.36 también muestra un buen rendimiento económico, resultados por debajo de los obtenidos para la variedad "Cayena Lisa" en el valle de Apurímac que alcanza una relación B/C de 2.377 (Lescano, 2003). Adicional a ello podemos inferir que la densidad baja ofrece mejor B/C, al tener mayor peso promedio de fruto. Sin embargo, si lo que buscamos es producción, la densidad alta (D_3) ofrece mejor producción en kg, pero frutos con menor peso promedio y con menor valor económico. Para términos de comercialización y calidad de fruta, la mejor densidad es la densidad media (D_2) pues presenta frutos comercialmente más atractivos en tamaño y con la dosis de nutrición media (T_2) obtendremos frutos con calidad de grados Brix y acidez adecuados.

Conclusiones

Para efecto de densidades de siembra, en la mayoría de las variables en estudio, tales como peso promedio de fruto y rendimiento económico, la densidad baja obtuvo mejores resultados frente a las otras densidades de siembra, pues tiene menor cantidad de individuos por metro cuadrado $4.17 \text{ plantas.m}^{-2}$, un factor determinante, pues se observó que la planta tuvo mayor espacio para crecer, menor competencia por nutrientes, mayor espacio para recibir los rayos solares y mejor fotosíntesis.

En cuanto al efecto nutricional en las plantas, la dosis alta tuvo un efecto positivo en peso promedio de fruto, rendimiento por UE, grados Brix y % de acidez en fruto. La respuesta nutricional responde a una adecuada fertilización con macro y micronutrientes, siendo los principales elementos Nitrógeno, fosforo y potasio.

Para efectos de contenido de nitrógeno, fosforo y potasio (NPK) se puede inferir que morfológicamente la planta sí reacciona a la dosis nutricional en estudio, es decir si hubo mejor asimilación nutricional en cuanto a mayor dosis de fertilización, lo que se expresa también en rendimiento la mayor asimilación de los nutrientes.

A nivel de densidades de siembra, y en cuanto a los resultados de los análisis foliares presentados, podemos deducir que la densidad baja (D₁) presenta una mejor asimilación en nitrógeno y potasio, esto se debe a que hay menor competencia entre sí por los elementos nutricionales disponibles en el suelo, aunque la diferencia % en contenido de Nitrógeno y potasio es leve, en función a rendimiento vemos que si es un factor significativo en función a productividad.

En ese sentido, se recomienda que, en una región de trópico seco, como lo es Piura, se aplique la dosis alta en función a nutrición y densidad baja o media respectivamente para obtener mejor resultado en rendimiento y rentabilidad económica, así como aplicar una fuente nitrogenada más convencional con mayor % del elemento para darle mayor asimilación al cultivo. Podemos usar la dosis 200 U de Nitrogeno, 180 U de Fosforo y 400 U de potasio para cubrir las necesidades del cultivo.

Agradecimientos e información de financiamiento

Gracias al financiamiento de INNOVATEPERÚ, ahora PROINNÓVATE, se ha demostrado la viabilidad económica de un nuevo cultivo en Piura.

Contribución de autoría

Luis Fernando Chinchay Huamán, artículo basado en su tesis y trabajos de campo.
Luis Conrado Guzmán Farfán, análisis, corrección y comentarios en la parte agronómica.

Henry Robles Cueva, descripción de los logros en campo y los manejos con organismos benéficos, que tuvo a cargo.

Luis Armando Llanos Cabanillas, visión empresarial.

Arturo Adolfo Arbulú Zuazo, análisis, corrección y comentarios en la parte económica.

Conflictos de interés

No existe ningún conflicto de interés, por lo contrario, se han unido los intereses comerciales del empresario y la función de difusión tecnológica del "CITEagro Piura".

Referencias

- Arellano, G., Vergara, C., Bello, S. (2015). Plagas entomológicas y otros artrópodos en el cultivo de la Piña (*Ananas comosus var. comosus*(L.) Merr., Coppens y Leal) en Chanchamayo y Satipo, departamento de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*.14(2),175-189. <https://bit.ly/3ORYfCo>
- Bartholomew, D. P., Paull, R. E., & Rohrbach, K. G. (2003). *The pineapple. Botany, production and uses*. Department of Tropical Plant and Soil Science University of Hawai at Manoa. Honolulu: CABI Publishing.
- Bello, S., Villachica-Leon, H., Villachica-Vivanco, H., Julca, A. (2008). Efecto de la protección mecánica de la inflorescencia y el uso de trampas caseras en el control de la mancha de la fruta de la piña en la Selva Central del Perú. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 52.
- Cabrejos Vasquez, Carlos (2011). *Actualización del mapa regional del sector agrario en Piura*. CIPCA.
- Cáceres Palomino, Efraín (2010). *Manual de Piña*. Proyecto Especial Pichis-Palcazu.
- Daga A., W. (2015). *Áreas de cultivo de piña en Perú habrían crecido 30% este año*. Agraria.pe Noticias.
- Djido, Ulrich, Fassinou Hotegni, Nicodeme V., Lommen, Willemien J.M., Hounhouigan, Joseph D., Achigan-Dako, Enoch G., and Struik, Paul C. (2021). Effect of Plant Density and K2O:N Ratio on the Yield, External Quality, and Traders' Perceived Shelf Life of Pineapple Fruits in Benin. *Frontiers in Plant.* 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.627808>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y alimentación). (2009). Hassan & Othman, Z (2011). Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr). En E. Yahia, *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Mangosteen to White Sapote*.
- INIA-CONAFRUT. (1997). *El cultivo de la piña. Aspectos de la producción, manejo en post cosecha y comercialización*. PROFRUT. Lima-Perú.
- Julca, A. (1997). *Nematodos asociados al cultivo de piña (Ananas comosus) Cv. Samba de Chanchamayo y su relación con los componentes de producción y calidad*. [Tesis de Maestría, Universidad Agraria La Molina].<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1786>
- Laberry M. (2016). *III Foro Nacional del Cultivo de Arroz. Director Regional de Agricultura*.<https://www.elregionalpiura.com.pe/index.php/regionales/150-piura/16532-piura-la-agricultura-ocupa-el-31-de-la-poblacion-economicamente-activa>

- Leal, F., Coppens, G., Avilán, L., Medina, E. (2010). *La Piña de América o Ananás*. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Leon, Ramón G. and Kellon, Delanie (2012). Characterization of “MD-2” Pineapple Planting Density and Fertilization Using a Grower Survey. *HortTechnology*, 22(5). <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.5.644>
- Lescano L., Raúl A. (2003). El cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tipo Burley en Bagua y Jaén; y la piña (*Ananas comosus* L.) Merr. cv. “Cayena Lisa” en el Valle del Río Apurímac. [Tesis de Ingeniero, Universidad Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/514>
- Mendieta, P. (2015). *A cargo del Instituto Nacional de Innovación Agraria Presentan Resultados del proyecto semillas andinas*. Agraria.pe. <https://bit.ly/3NWQN7A>
- Morales, M., Hernández, M., Cabezas, M., Barrera, J., Martínez, O. (2001). Caracterización de la maduración del fruto de piña nativa (*Ananas comosus* L. Merrill) cv India. *Agronomía Colombiana*. 18, 7-13. <https://bit.ly/3yR4mRF>
- Munive, L. (2015). Producción del cultivo de Piña cv. Golden en la selva Central Mazamari – Satipo (Junín). [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://bit.ly/3Rj0DDA>
- Py, C., Lacoevilhe, J., Teisson, C. (1987). *The pineapple: cultivation and uses*. Maisonneuve & Larose. París. <http://hdl.handle.net/10524/55419>
- Rodríguez, R., Lorente, G.Y., Rodríguez, R.C., Pérez, O., García, O., Lobaina, Y., Licor, L., Barrios, F., De Ávila, R. and González-Olmedo, J.L. (2019). Evaluation of three fertilization systems for “MD-2” pineapple plants. *Acta Hortic.* 1239. ISHS 2019. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.4>
- Sandoval, I. I., y Torres, E. E. (2011). Guía técnica del cultivo de la piña. Programa MAG-CENTA FRUTALES. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal: Enrique Álvarez Córdova (El Salvador). <https://es.slideshare.net/lascarro1/guia-tecnica-pina>
- Souza, Renata Patricia Dias de, Pegoraro, R.F., Tavares dos Reis, S., Maia, V.M., Sampaio, R. A. (2019). Partition and macronutrient accumulation in pineapple under nitrogen doses and plant density. *Com. Sci.* 10(3). 384-395. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7884516.pdf>
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Junqueira, L. A., Furlani, P. F., & Monteiro, J. M. (2004). Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a subtropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26(1), 155-159. <https://bit.ly/3bZQ2NY>

- Uriza, D. (2011). Programa *Estratégico para el desarrollo rural sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo .Paquete tecnológico Piña MD2 (Ananas comosus var. comosus)*. Centro de Investigación Regional Golfo centro.
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). (2016). *Piña, perfil de INFOCOMM*. https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf
- Valdés, S. (2015). Diversidad de los recursos fitogenéticos de Piña (*Ananas comosus* L. Merrill) y especies afines de Cuba y Canarias. [Tesis de Doctorado, Universidad Agraria de La Habana" Fructuoso Rodríguez Pérez"].177 p.
- Vargas, E. (2011). *Guía para la identificación y Manejo integrado de plagas en Piña*. Fundación PROAGROIN. <https://bit.ly/3yS1mEJ>

Apéndice A. Trabajo de campo

Foto 1

Acondicionamiento del terreno Nivelación



Foto 2

Acondicionamiento del terreno Limpieza



Foto 3

Excavación de zanjas para tendido de tuberías



Foto 4

Instalación del riego tecnificado



Foto 5
Equipo móvil de fertilización



Foto 6
Instalación llaves identificación tratamiento



Foto 7
Incorporación del compost



Foto 8
Inicio de la siembra



Foto 9
Fertilización



Foto 10
Evaluación de parámetros grado Brix y acidez



Foto 11

Fruto en planta con hijuelo basal

