

Producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac 2025

Tomato (*Solanum lycopersicum*) production under hydroponic system in Tamburco Apurímac 2025



Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac – Perú
 Riqchary, revista de investigación en ciencia y tecnología
 ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x
 Vol. 8 Núm. 1 (2026) - Publicado: 29/04/2026
doi.org/10.57166/riqchary/v8.n1.2026
 Páginas: 11-20
 Recibido 01/12/2025 ; Aceptado 01/02/2026
<https://doi.org/10.57166/riqchary/v8.n1.2026.2>

Wilner Chirinos-Guzman

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
<https://orcid.org/0000-0002-3319-7095>
112293@unamba.edu.pe

Niki Franklin Flores-Pacheco

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
<https://orcid.org/0000-0002-2772-0951>
nflores@unamba.edu.pe

Manuel Jesus Ibarra-Cabrera

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
<https://orcid.org/0000-0001-6711-4916>
mibarra@unamba.edu.pe

Resumen— Este trabajo de investigación, da a conocer el efecto de la aplicación de tres niveles de solución nutritiva en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo el sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú. La investigación se realizó con un enfoque cuantitativo – experimental, se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), además se tuvo tres tratamientos T1, T2 y T3 de solución nutritiva con 12 repeticiones respectivamente el sistema hidropónico utilizado fue goteo recirculante con sustrato de fibra de coco; las variables a evaluar fueron: rendimiento, calibre y características fisicoquímicas de tomate variedad Rio grande. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos, el T1 mostró superioridad, en la variable rendimiento con una media de 1,792 g y 26,830 unidades en sus indicadores peso y número de frutos respectivamente, del mismo modo en la variable calibre con una media de 60,777 mm y 44,762 mm en los indicadores diámetro ecuatorial y polar en el orden dado, finalmente la variable características fisicoquímicas con una media de 8,04 °Brix y 4,824 pH. Estos resultados experimentales proporcionan información valiosa y detallada que puede ser de gran utilidad y beneficio para los productores de tomate cultivado en sistemas hidropónicos y productores que desean iniciar en este sistema de cultivo.

Palabras clave: Tomate, Hidroponía, Solución nutritiva

Abstract— This research work reveals the effect of applying three levels of nutrient solution on the production of tomato (*Solanum lycopersicum*) un-der the hydroponic system in Tamburco Apurímac, Peru. The research was conducted with a quantitative-experimental approach, using a Completely Randomized Design (CRD). Additionally, three treatments T1, T2, and T3 of nutrient solution with 12 repetitions each were used. The hydroponic system employed was a recirculating drip system with coconut fiber substrate. The variables to be evaluated were: yield, size, and physicochemical characteristics of the Rio Grande tomato variety. The results show that there are significant differences between the treatments, with T1 demonstrating superiority in the yield variable with an average of 1,792 g and 26,830 units in its weight and number of fruits indicators, respectively. Similarly, in the caliber variable, with an average of 60,777 mm and 44,762 mm in the equatorial and polar diameter indicators, respectively. Finally, in the physicochemical characteristics variable, with an average of 8,04 °Brix and 4,824 pH. These experimental results provide valuable and detailed information that can be of great use and benefit to tomato producers cultivat-ed in hydroponic systems and producers who wish to start in this cultivation system.

Keywords: Tomato, Hydroponics, Nutrient solution

1 INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas de mayor relevancia global debido a su versatilidad en la industria gastronómica [1], [2], [3], [4]. Aunque su producción tradicional aún predomina en suelos agrícolas de diversos países, aquellas naciones con mayor desarrollo tecnológico han optado por sistemas de invernadero e hidroponía. Estas técnicas permiten garantizar la inocuidad alimentaria, optimizar el uso del recurso hídrico y ofrecer una alternativa resiliente frente a los desafíos impuestos por el cambio climático actual [5], [6], [7].

En la agricultura convencional, el uso de plaguicidas y herbicidas persiste como una práctica común, a pesar de los esfuerzos globales por implementar técnicas sostenibles. Ante esta problemática, la producción hidropónica y el uso de soluciones nutritivas diseñadas a medida emergen como tácticas de alto impacto, no solo minimizan el daño ambiental, sino que optimizan la eficiencia en la absorción de nutrientes, logrando rendimientos superiores y productos de mayor calidad comercial.

La solución nutritiva “La Molina” es un producto estandarizado para diferentes tipos de hortalizas, desarrollado por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) de Perú. En la producción de tomate, [8] en zonas altoandinas del Perú existe poco desarrollo de investigaciones aplicando diferentes dosis de solución nutritiva, por esta razón este experimento tuvo el objetivo de conocer el efecto de la aplicación de tres niveles de solución nutritiva en la producción de tomate bajo sistema de hidropónico en Tamburco Apurímac. Con la aplicación y evaluación de este fertilizante se demuestra cómo puede afectar en la producción de frutos de tomate [9], [10].

La solución nutritiva consiste en un grupo de sales minerales disueltas en el agua, cuya proporción puede fluctuar en función de la especie y la fase fenológica de la planta [11], [12]. Las plantas necesitan minerales para su crecimiento y producción, los cuales se categorizan en nutrientes de mayor y menor importancia. La planta asimila estos nutrientes minerales disueltos en el agua mediante las raíces y posteriormente los reparte a las hojas, tallos y frutos. El exceso o carencia de cualquier mineral incide en el crecimiento y la producción de los cultivos [13], [14].

En el mundo la producción de tomate fresco oscila entre los 186,2 y 189 millones de toneladas en estos últimos años, con ligeros incrementos por año [15], siendo la segunda hortaliza más cultivada en el mundo. Por otro lado, China e India son los países con mayor producción ocupando un 37% y 11% respectivamente, seguido por: Bélgica, Suecia, Dinamarca, Reino Unido, Irlanda, Noruega y otros países.

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el Perú se desarrolla mayormente en el departamento de Ica ocupa el primer lugar con el 23% de la producción nacional, seguido de Lima con el 14%, Arequipa con el 15%, Loreto con 8%, Ancash con 6% y La Libertad con 5% [16]; esta producción se realiza de manera convencional en vista que

el Ministerio de la Producción del Perú no promueve alternativas de producción sostenible como es el caso de la hidroponía en el Perú.

Al comprender el comportamiento de tres diferentes niveles de la solución nutritiva “La Molina” en la producción de tomate hidropónico, se contribuye en mejorar la producción con el uso de este nutriente, de la misma forma proporciona información oportuna a los agricultores locales, con el propósito de incrementar su producción agrícola y promover la sostenibilidad.

2 MÉTODO

El procedimiento utilizado en el estudio, fue un enfoque cuantitativo – experimental, debido a que se llevó a cabo la observación del fenómeno descrito en la hipótesis, manipulando las variables independientes con 3 niveles de solución nutritiva (La Molina) [17], [18] para analizar su impacto en el rendimiento, tamaño y propiedades físico-químicas del tomate. El experimento se realizó en el centro experimental Tamburco de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA) a una altitud de 2770 MSNM con las coordenadas latitud: 13°36'50,99" S, longitud: 72°52'23,78" O, en un periodo de 8 meses.

2.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo aplicativo, en vista que se busca dar solución a los problemas prácticos de los agricultores [19], en tal sentido la producción hidropónica es una alternativa frente a la producción convencional. Así mismo, es de nivel experimental por que se manipula las variables independientes con fines de obtener una respuesta en la variable dependiente [17]. Por el tiempo, es de tipo transversal, porque los datos se midieron en un solo tiempo en la campaña agrícola 2025.

2.2 diseño de la investigación

En la investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), se dio respuesta a los cuestionarios enunciados en la investigación validando la hipótesis, se consideró los tratamientos como se describen a continuación.

T1= Solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L

T2= Solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L

T3= Solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L

Los niveles de solución nutritiva fueron diluidos en un contenedor de 200 litros para el riego continuo de las plantas [8].

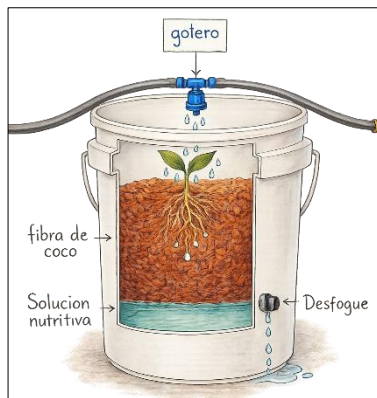
2.3 Población y muestra

El invernadero cuenta con una capacidad de 36 plantas en total, del mismo modo se utilizó 3 módulos con capacidad de 12 plantas, el estudio tuvo una población de 36 unidades experimentales, por la cantidad se determinó adoptar un muestreo no probabilístico por conveniencia, tomando datos de la totalidad de la población para mayor precisión en la investigación.

2.4 Procedimiento

a) Adecuación y trasplante. Para el experimento se adecuaron contenedores de 18 litros (balde), con un agujero de 2 mm a 5 cm de la base del contenedor con la finalidad de recircular la solución nutritiva, seguidamente se añadió fibra de coco para la sujeción de la raíz y reten temporáneo de la solución nutritiva, hasta una altura de 25 cm de la base del contenedor, como se detalla en la figura 1. El trasplante se realizó a los 35 días después del almacigado en los contenedores, con un a distanciamiento de 10 x 30 cm de contenedor a contenedor por modulo, la variedad de tomate que se utilizó fue rio grande.

Figura 1
Contenedor del experimento



b) Preparación y aplicación de Solución nutritiva la Molina. Con las indicaciones de la Molina se precedió a preparar la solución nutritiva, Solución A en 5 lt, que contiene Nitrato de Potasio 13,5% N y 46% K₂O, Nitrato de Amonio 31% N y Sulfato triple de calcio 45% P₂O₅, 20% CaO, Solución B en 2 litro que contiene Sulfato de Magnesio 16% MgO, 13% S, Quelato de Hierro 6% Fe y micronutrientes (Mn, B, Zn, Cu, Mo) y Solución C en 5 lt con 15,5% N, 26% CaO, los cuales se combina con 1000 lt de agua. Para el experimento las combinaciones fueron para el T1 solución A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L, T2 A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L y T3 A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L cada uno de los tratamientos fueron diluidos en 200 L de agua con el cual se realizo el riego por goteo durante 10 minutos cada 3 horas durante el día y cada 5 horas por la noche. El pH de la solución nutritiva se mantuvo en un rango de 5,5 a 6,5 mientras que la conductividad eléctrica varía entre los tratamientos por la cantidad de solución nutritiva incorporado en el T1: 3,1, T2: 2,7 y T3 1,7 como se visualiza en la figura 2.

Figura 2
Incorporación de solución nutritiva



c) Sistema de hidroponía recirculante de riego por goteo.

En el sistema hidropónico recirculante de riego, la solución nutritiva se distribuye de manera uniforme a lo largo de las raíces de las plantas mediante un sistema de goteo automatizado [6]. Este método de riego garantiza que las plantas reciban la cantidad adecuada de nutrientes y agua, promoviendo así un crecimiento saludable y óptimo. Además, al recircular la solución nutritiva, se reduce el desperdicio de agua y nutrientes, lo que lo convierte en una opción eficiente y sostenible.

d) Recolección de datos. Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron según la necesidad de cada variable para: número de frutos el conteo, peso balanza de 0,02 a 3,00 g diámetro polar y ecuatorial calibre vernier digital, pH potenciómetro digital y °Brix refractómetro manual, como se muestra en la figura 3.

Figura 3
Toma de datos de tomate



3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico, los datos se recolectaron mediante fichas de evaluación técnica. Previo a la contrastación de hipótesis, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey para determinar diferencias entre los tratamientos. Finalmente, los resultados se organizaron mediante estadística descriptiva, empleando tablas y gráficos para facilitar la interpretación de los resultados en función a los objetivos planteados.

3.1 Prueba de Normalidad

Se aplicó la prueba de normalidad con el objetivo de seleccionar el procedimiento estadístico pertinente. Dado que el tamaño de la muestra fue inferior a 50 unidades experimentales, se empleó el estadístico de Shapiro-Wilk. El procesamiento de los datos se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics v.27 (Trial), cuyos resultados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1
Prueba de normalidad

Variable	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso	T1	,896	12	,143
	T2	,930	12	,376
	T3	,900	12	,157
N°_frutos	T1	,977	12	,969
	T2	,954	12	,691
	T3	,884	12	,099
D_polar	T1	,864	12	,055
	T2	,901	12	,162
	T3	,907	12	,196
D_Ecuatorial	T1	,895	12	,138
	T2	,934	12	,423
	T3	,949	12	,624
°Brix	T1	,910	12	,213
	T2	,864	12	,055
	T3	,874	12	,074
pH	T1	,902	12	,171
	T2	,886	12	,104
	T3	,923	12	,313

Se evidencia en la Tabla 1, los resultados de la evaluación de la normalidad en el residuo estandarizado en: peso, número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, °Brix y pH del tomate, con una confianza del 95% se afirma la normalidad de datos, permitiendo adoptar la hipótesis nula con la afirmación de p-valor > 0,05.

3.2 Prueba de Homogeneidad

La evaluación de la homogeneidad de varianza se realizó, empleando el estadístico de Levene como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2
Prueba de homogeneidad de varianza

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso	2,001	2	33	,151
N°_frutos	,870	2	33	,428
D_polar	,685	2	33	,511
D_Ecuatorial	,095	2	33	,910
°Brix	2,349	2	33	,111
pH	1,197	2	33	,315

Con esta prueba se evidencia la homogeneidad de varianza, lo que nos permite aceptar la hipótesis nula, confirmando que las variables son homogéneas, dado que la significancia es >0,05, para todas las variables en estudio.

4 RESULTADOS

Para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo sistema hidropónico, las evaluaciones en campo se realizaron en las variables: rendimiento, calibre y características fisicoquímicas.

4.1 Rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*)

En la variable de rendimiento se estudió el peso del tomate y número de frutos de la planta, para dar respuesta a la hipótesis planteada, existen efectos significativos al

menos en un nivel de solución nutritiva en el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú. Los datos se recolectaron a través de la evaluación en campo, del peso y número de frutos del tomate como respuesta a los niveles de la solución nutritiva "La Molina" como se evidencia en la Tabla 3 y Tabla 4 respectivamente.

Indicador peso. El peso del tomate, para los tres niveles. El T1= solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L con un peso de 1,782 g, siendo superior frente a los demás tratamientos, seguido por el T2= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L, con un peso de 0,754 g, finalmente el T3= solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con un peso de 0,322 g como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Estadística descriptiva del peso

	N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	
Peso	T1	12	1,792	,538	,155	1,045	2,760
	T2	12	,754	,527	,152	,040	1,657
	T3	12	,323	,244	,070	,050	,888
	Total	36	,956	,767	,128	,040	2,760

Indicador número de frutos. El número de frutos de tomate en tres niveles de solución nutritiva, el T1= solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L con una media de 26,83 unidades, posicionándose superior respecto a los demás tratamientos, seguido por el T2= solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con una media 15,50 unidades, del mismo modo el T3= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L con una media 14,17 unidades, posicionándose con la menor cantidad de frutos de tomate como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4
Estadística descriptiva del número de frutos

	N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	
N°_frutos	T1	12	26,83	5,670	1,637	17	37
	T2	12	14,17	6,478	1,870	2	23
	T3	12	15,50	9,130	2,636	6	35
	Total	36	18,83	9,095	1,516	2	37

Con la ayuda de la estadística descriptiva, en la Tabla 3 y 4, se determinó que el T1 muestra una posición superior al resto de los tratamientos en ambos indicadores, seguido por el T2, con una diferencia en el indicador número de frutos, donde la posición del T2 es inferior al T3, por una cantidad mínima de diferencia.

Prueba de ANOVA para rendimiento de tomate

La prueba de ANOVA se realizó con una confianza del 95%.

Indicador peso. El análisis de varianza para el indicador peso indica, el p-valor = 0,000 es menor que la significancia 0,05, en este sentido, se afirma que hay diferencias entre los tratamientos dando lugar a la hipótesis de la investigación como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5
Análisis de varianza del peso

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,690	2	6,845	32,776	,000
Dentro de grupos	6,892	33	,209		
Total	20,582	35			

Indicador número de frutos. El análisis de varianza muestra, en el número de frutos de tomate se visualiza p-valor = 0,000 encontrándose por debajo de la significancia 0,05, así mismo, se afirma la existencia de efectos significativos, finalmente dando lugar a la hipótesis de la investigación como se visualiza en la Tabla 6

Tabla 6
Análisis de varianza del número de frutos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1162,667	2	581,333	11,074	,000
Dentro de grupos	1732,333	33	52,495		
Total	2895,000	35			

Estos dos resultados, nos permitió afirmar la existencia de diferencias significativas en los indicadores peso y número de frutos de tomate, permitiendo la aceptación de la hipótesis, existe efectos significativos al menos en un nivel de solución nutritiva en el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú.

Prueba de Tukey para rendimiento de tomate

Con la prueba de Tukey se realizó las comparaciones múltiples al 95%, con la finalidad de tener respuestas exactas sobre las diferencias entre tratamientos, que se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8.

Indicador peso. Se determinó bajo las comparaciones múltiples que: T1 frente a T2 existe diferencias significativas por el p-valor = 0,000, siendo inferior a 0,05 de la significancia, el T1 frente al T3 se aprecia la existencia de diferencias significativas por el p-valor = 0,000 menor que 0,05 de la significancia, así mismo T2 frente a T3 no existe diferencias por el p-valor = 0,068 mayor que la significancia 0,05, en este sentido se afirma que el T1 es diferente a T2 y T3, mientras que T2 y T3 son iguales como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7
Prueba de Tukey del peso

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Peso	T1	T2	1,037833*	,186569	,000
		T3	1,469417*	,186569	,000
	T2	T1	-1,037833*	,186569	,000
		T3	,431583	,186569	,068
	T3	T1	-1,469417*	,186569	,000
		T2	-,431583	,186569	,068

Indicador número de frutos. A partir de las compara-

ciones múltiples se determinó: T1 frente a T2 existe diferencias significativas por el p-valor = 0,000 siendo menor que 0,05 de la significancia, el T1 frente al T3 se encuentra la existencia de diferencias significativas por el p-valor = 0,002 menor que 0,05 de la significancia, mientras que en el T2 frente al T3 no existe diferencias por el p-valor = 0,894 mayor que 0,05 frente a estos hallazgos se determina que solo el T1 es diferente que el resto de los tratamientos como se visualiza en la Tabla 8.

Tabla 8
Prueba de Tukey del número de frutos

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Nº Frutos	T1	T2	12,667*	2,958	,000
		T3	11,333*	2,958	,002
	T2	T1	-12,667*	2,958	,000
		T3	-1,333	2,958	,894
	T3	T1	-11,333*	2,958	,002
		T2	1,333	2,958	,894

Mediante los resultados obtenidos de la prueba de Tukey en la Tabla 7 y Tabla 8, permitió determinar con mayor precisión la diferencia entre los tratamientos, en ambos indicadores el T1 es diferentes que los T2 y T3, mientras que los T2 y T3 no presentan diferencias estadísticas, de esta forma se confirmó la hipótesis, existe efectos significativos al menos en un nivel de solución nutritiva en el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú.

4.2 Calibre de tomate (*Solanum lycopersicum*)

En la variable de calibre de tomate, se estudió los indicadores, diámetro polar y diámetro ecuatorial en milímetros, con la finalidad de dar respuesta a la hipótesis de la investigación, existe efectos significativos al menos en un nivel de solución nutritiva en el calibre de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú. Con este fin se recolectaron datos en campo de los diámetros polar y ecuatorial, con la ayuda del instrumento vernier, dando respuesta contundente a la hipótesis planteada.

Indicador diámetro polar. En el diámetro polar se afirma según la Tabla 9, para los 3 niveles. El T1= solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L con una media 60,777 mm de diámetro polar, demostró superioridad frente al resto del tratamiento, seguidos por el T2= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L con una media 54,575 mm de diámetro polar, finalmente el T3= solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con una media 52,339 mm de diámetro polar como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9
Estadística descriptiva del diámetro polar

	N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	
T1	12	60,777	6,028	1,740	54,34	72,05	
D. Polar	T2	12	54,575	8,635	2,492	34,49	64,32
	T3	12	41,665	7,020	2,026	32,44	51,51
	Total	36	52,339	10,746	1,791	32,44	72,05

Indicador diámetro ecuatorial. En el diámetro ecuatorial la afirmación se realizó según la Tabla 10. El T1= solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L con una media 44,762 mm de diámetro ecuatorial, superando al resto de los tratamientos, mientras que el T2= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L con una media 39,438 mm de diámetro ecuatorial, finalmente el T3= solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con una media 29,850 mm de diámetro ecuatorial como se muestra en la Tabla 10

Tabla 10
Estadística descriptiva del diámetro ecuatorial

	N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	
D. Ecuatorial	T1	12	44,762	4,278	1,234	39,62	52,82
	T2	12	39,438	4,830	1,394	31,34	45,51
	T3	12	29,850	4,920	1,420	21,97	37,44
	Total	36	38,017	7,736	1,289	21,97	52,82

En la Tabla 9 y 10, se muestra la estadística descriptiva, el cual permitió determinar en el diámetro polar el T1 tiene superioridad frente a los T2 y T3 respectivamente, del mismo modo en el diámetro ecuatorial, se determinó que el T1, tiene mejores puntuaciones frente al resto de los tratamientos.

Prueba de ANOVA para calibre de tomate

La prueba de ANOVA se realizó con una confianza del 95% como se presenta en la Tabla 11 y Tabla 12.

Indicador diámetro polar. El análisis de varianza, muestra el p-valor = 0,000, menor que 0,05 al nivel de significancia, permitiendo determinar que existe diferencias significativas entre grupos de tratamientos, afirmando la hipótesis de la investigación como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11
Análisis de varianza del diámetro polar

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
D. polar	Entre grupos	2281,409	2	1140,705	21,361	,000
	Dentro de grupos	1762,258	33	53,402		
	Total	4043,667	35			

Indicador diámetro ecuatorial. El análisis de varianza, muestra el p-valor = 0,000, menor que al nivel de significancia 0,05, se determinó que existe diferencias significativas, por tal motivo se rechaza la hipótesis nula dando favor a la hipótesis de la investigación como se detalla en la

Tabla 12.

Tabla 12
Análisis de varianza del diámetro ecuatorial

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
D. Ecuatorial	Entre grupos	1370,431	2	685,216	31,219	,000
	Dentro de grupos	724,312	33	21,949		
	Total	2094,743	35			

Con los aportes de la Tabla 11 y 12, se determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, para diámetro polar y ecuatorial, así mismo, se afirma la hipótesis, existe efectos significativos al menos en un nivel de solución nutritiva en el calibre de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú.

Prueba de Tukey para calibre de tomate

Con la prueba de Tukey se realizó las comparaciones múltiples al 95%, con la finalidad de tener respuestas exactas sobre las diferencias entre tratamientos como se visualiza en la Tabla 13 y Tabla 14.

Indicador diámetro polar. Según las comparaciones múltiples se determinó que: el T1, frente al T2 no presenta diferencias estadísticas por el p-valor = 0,110 es mayor que 0,05 a nivel de la significancia, mientras que el T1 frente al T3 muestra la existencia de diferencias significativas por el p-valor = 0,000 menor a la significancia 0,05, por otro lado, el T2 frente al T3 presentan diferencias significativas por el p-valor = 0,000 < 0,05 de significancia como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13
Prueba de Tukey del diámetro polar

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
D. Polar	T1	T2	6,20208	2,98334	,110
		T3	19,11125*	2,98334	,000
	T2	T1	-6,20208	2,98334	,110
		T3	12,90917*	2,98334	,000
	T3	T1	-19,11125*	2,98334	,000
		T2	-12,90917*	2,98334	,000

Indicador diámetro ecuatorial. Mediante las comparaciones múltiples de la prueba de Tukey se determinó que: el T1 frente al T2 presenta diferencias significativas por el p-valor = 0,023 menor que la significancia 0,00 mientras que el T1 con el T3 presentan diferencias significativas por el p-valor = 0,000 inferior que la significancia 0,05, finalmente T2 frente al T3 muestra diferencias significativas por el p-valor = 0,000 menor que la significancia 0,05 como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14
Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
D. Ecuatorial	T1	T2	5,32375*	1,91263	,023
		T3	14,91125*	1,91263	,000
	T2	T1	-5,32375*	1,91263	,023
		T3	9,58750*	1,91263	,000
	T3	T1	-14,91125*	1,91263	,000
		T2	-9,58750*	1,91263	,000

Con los resultados de la Tabla 13 y 14, se determinó detalladamente la existencia de las diferencias significativas en los indicadores de diámetro polar y ecuatorial, en el indicador diámetro polar se probó que solo en el T1 y T2 no se hallan diferencias, mientras que en T3 se prueba la existencia de oposiciones significativas, por otro lado, en el indicador diámetro ecuatorial todos los tratamientos presentan diferencias significativas, por tanto se acepta la hipótesis, existe efectos significativos al menos en un nivel de solución nutritiva en el calibre de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú.

4.3 Características fisicoquímicas del tomate (*Solanum lycopersicum*).

En la variable Características fisicoquímicas, se realizaron estudios con los indicadores, sólidos solubles totales y el potencial de hidrogeniones de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*), para el indicador sólidos solubles totales, se utilizó el porcentaje de los grados Brix y para el potencial de hidrogeniones la escala de 1 - 14, con el propósito de dar respuesta a la hipótesis, existe efectos significativos al menos en 1 nivel de solución nutritiva en las características fisicoquímicas de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú. Para esta finalidad se recolectaron datos de los parámetros propuestos con equipos de brixómetro y pHmetro, dando respuesta contundente a la hipótesis planteada.

Indicador °Brix. El indicador muestra que el T1= solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L siendo superior con una media de 8,04 °Brix, seguido por el T3= solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con una media 7,79 °Brix, finalmente el T2= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L con una media 5.92 °Brix como se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15
Estadística descriptiva de °Brix

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	
°Brix	T1	12	8,04	,689	,199	7	10
	T2	12	5,92	,764	,220	5	7
	T3	12	7,79	1,033	,298	6	9
	Total	36	7,25	1,262	,210	5	10

Indicador pH del tomate. El pH del tomate, mostró superioridad en el T1= solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L

+ C: 1,2 L con una media 4,824 de pH, seguido por el T3= solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con una media 4,810 de pH, finalmente el T2= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L con una media 4,573 de pH como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16
Estadística descriptiva del pH

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	
pH	T1	12	4,824	,125	,03618	4,61	4,97
	T2	12	4,573	,172	,04994	4,37	4,83
	T3	12	4,810	,120	,03477	4,53	4,99
	Total	36	4,736	,180	,03007	4,37	4,99

Mediante los resultados obtenidos de la estadística descriptiva de la variable características fisicoquímicas, se determinó que, el T1 mostró superioridades frente a los demás tratamientos en ambos indicadores °Brix y pH, seguido por el T3 del mismo modo en ambos indicadores, finalmente el T2, mostró inferioridad frente al resto de tratamiento.

Prueba ANOVA para Características fisicoquímicas del tomate

La prueba de ANOVA se realizó con una confianza del 95% como se presenta en la siguiente tabla.

Indicador °Brix. El análisis de varianza mostró, que el p-valor = 0,000 inferior que el nivel de significancia 0,05, por lo que se determinó la existencia de diferencias significativas entre grupos de tratamientos, dando lugar a la hipótesis de la investigación como se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17
Análisis de varianza de °Brix

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
°Brix	Entre grupos	32,375	2	16,187	22,853	,000
	Dentro de grupos	23,375	33	,708		
	Total	55,750	35			

Indicador pH. El análisis de varianza mostró, el p-valor = 0,00 menor que el nivel de significancia 0,05, por lo que se determinó que existe diferencias significativas entre grupos de tratamientos, por ende, se da lugar a la hipótesis de la investigación como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18
Análisis de varianza del pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
pH	Entre grupos	,477	2	,239	11,907	,000
	Dentro de grupos	1732,333	33	52,495		
	Total	2895,000	35			

Mediante los resultados de la Tabla 17 y 18, se determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, para °Brix y pH indicadores de la variable características fisicoquímicas del tomate, así mismo se afirma la hipótesis, existe efectos significativos al menos en un nivel

de solución nutritiva en las características fisicoquímicas de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú.

micas de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo sistema hidropónico en Tamburco Apurímac, Perú.

5 DISCUSIONES

Los hallazgos obtenidos se presentan en forma de promedios, lo cual permite tener una visión más amplia y detallada del estudio realizado, T1 = solución nutritiva A: 1,2 L + B: 0,6 L + C: 1,2 L, con 1,792 g de peso y 26,83 unidades de tomate, demostrando superioridad, seguido por el T2= solución nutritiva A: 1,0 L + B: 0,4 L + C: 1,0 L con una media de, 0,754 g y 14,17 unidades de tomate, finalmente el T3= Solución nutritiva A: 0,8 L + B: 0,2 L + C: 0,8 L con una media de 0,323 g y 15,50 unidades de tomate, este último superando al T2 en la cantidad de tomate, por una cantidad mínima de diferencia.

Los resultados de la investigación tienen relación con los resultados de [20], [21] en cuanto a la variable de rendimiento, la aplicación de la solución nutritiva Howard Resh dio como resultado un rendimiento mejorado de 2,6 kg/m², en comparación con la solución La Molina, que alcanzó un rendimiento de 2,1 kg/m². En cuanto a las variedades de tomate, se encontró que la variedad Redondo alcanzó un rendimiento de 2,9 kg/m², mientras que la variedad Río Grande alcanzó un rendimiento promedio de 1,9 kg/m², lo que indica una producción menor. En esta misma línea la investigación tiene relación con [22], Se determinó que el T3, al utilizar el sistema tradicional de PVC, arrojó resultados superiores; sin embargo, el T1 y el T2 mostraron resultados más bajos y mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La producción total de los tres tratamientos sometidos a la técnica de película nutritiva (NFT) con la variedad de tomate Daniela registró un total de 504,40 kg.

Del mismo modo los resultados tienen relación con [23], los resultados indicaron que el T2 mejoró significativamente los parámetros de crecimiento, incluida la altura (139,13 cm), el diámetro del tallo (10,95 mm), la cantidad de tomates de alta calidad (15,25) y el rendimiento general (3,03 kg/planta); por el contrario, el T3 y el T1 demostraron un impacto mínimo en estas variables.

Finalmente existe relación con [24], el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre los tratamientos, y el T1 (Control) (solución nutritiva Steiner al 100%) y el T2 (solución nutritiva Steiner al 60% más té de vermicompost) mostraron resultados comparables de 67,79 y 63,36 toneladas ha⁻¹, respectivamente. En cuanto a las variables como los sólidos solubles totales, el grosor de la pulpa, los diámetros ecuatorial y polar, así como los pesos frescos (raíz, hoja) y secos (raíz, tallo y hoja), no se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos.

6 CONCLUSIONES

Los hallazgos presentados en esta investigación muestran la existencia de efectos significativos en la aplicación de los diferentes niveles de solución nutritiva La Molina, el T1 mostró superioridad en los indicadores estudiados frente al resto de los tratamientos. Este hallazgo nos

Prueba de Tukey para Características fisicoquímicas del tomate

Con la prueba de Tukey se realizó las comparaciones múltiples al 95%, con la finalidad de tener respuestas exactas sobre las diferencias entre tratamientos.

Indicador °Brix. Según las comparaciones múltiples se determinó lo siguiente: el T1 frente al T2 presenta diferencias por el p-valor = 0,000 < 0,05 de la significancia, el T1 frente al T3, no presenta diferencias por el p-valor = 0,749, mientras el T2 frente al T3 presenta diferencias significativas por el p-valor = 0,000 inferior a la significancia 0,05 como se visualiza en la Tabla 19.

Tabla 19
Prueba de Tukey de °Brix

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
°Brix	T1	T2	2,125*	,344	,000
		T3	,250	,344	,749
	T2	T1	-2,125*	,344	,000
		T3	-1,875*	,344	,000
	T3	T1	-,250	,344	,749
		T2	1,875*	,344	,000

Indicador pH. Mediante las comparaciones múltiples se determinó, el T1 frente al T2 presenta diferencias significativas por el p-valor = 0,000 inferior a la significancia 0,05, mientras que el T1 frente al T3, no presenta diferencias por el p-valor = 0,966 mayor que la significancia 0,05, finalmente el T2 frente al T3 presentó diferencias por el p-valor = 0,001 inferior a la significancia 0,05 como se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20
Prueba de Tukey del pH

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
pH	T1	T2	,25125*	,05780	,000
		T3	,01458	,05780	,966
	T2	T1	-,25125*	,05780	,000
		T3	-,23667*	,05780	,001
	T3	T1	-,01458	,05780	,966
		T2	,23667*	,05780	,001

Con los resultados de la Tabla 19 y 20 se determinó con mayor detalle la existencia de las diferencias entre tratamientos en los indicadores °Brix y pH del tomate, demostrando que el T1 es diferente al T2, mientras que el T1 y T3 no hay diferencias, en este mismo sentido T2 y T3 son diferentes, en ambos indicadores, permitiendo la aceptación de la hipótesis, existe efectos significativos al menos en un nivel de solución nutritiva en las características fisicoquí-

conduce a concluir, la importancia de seleccionar adecuadamente el nivel de la solución nutritiva que se utilizará en la producción de tomate en hidroponía. De la misma forma, se demuestra la viabilidad de la producción de tomate en sistemas hidropónicos en las regiones altoandinas del Perú con es el caso de la región de Apurímac.

En este mismo sentido se concluye que, en la variable rendimiento, el T1 mostró los mejores resultados con una media de, 1,782 g, en el peso de tomate, mientras que en el número de frutos alcanza a una media de, 26,83 unidades de tomate, esto refleja que a mayor cantidad de nutrientes incrementa las mejoras de producción de tomate en sistemas de hidroponía por goteo con sustrato de fibra de coco.

Del mismo modo se concluye que, en la variable Calibre de tomate, el T1 reveló superioridad frente a los demás tratamientos con una media de, 60,777 mm de diámetro polar y con una media de, 44,762 mm de diámetro ecuatorial, manifestando tamaños considerables para el mercado internacional, nacional y local, con una producción libre de insecticidas químicas, permitiendo una alimentación sana y de calidad.

Finalmente se concluye que, en la variable características fisicoquímicas del tomate, el T1 manifestó superioridad con una media de, 8,04 °Brix y 4,824 de pH de tomate con estos resultados podemos afirmar que los tomates obtenidos mediante la producción hidropónica por goteo con fibra de coco también pueden ser utilizados en salsa de tomate por su gran bondad en °Brix y pH adecuados para este tipo de transformaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo desean expresar su más sincero agradecimiento, por formar parte del Segundo Concurso de Proyectos de Investigación en Centros Experimentales de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), iniciativa promovida por el Vicerrectorado de Investigación y financiada con recursos provenientes del canon minero y las regalías mineras.

REFERENCIAS

- [1] FAO, "El periplo del tomate: de ser una curiosidad venenosa a un ingrediente universal," Reportajes de la FAO. [Online]. Available: <https://www.fao.org/newsroom/story/The-journey-from-poisonous-curious-to-popular-ingredient/es>
- [2] M. Allende C *et al.*, *Manual de cultivo de tomate en invernadero*. Santiago - Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2017. [Online]. Available: <https://web.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12ManualdeTomateInvernadero.pdf>
- [3] A. Baudoin, *Manual Técnico de Producción de tomate con enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas*. La Paz: Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario, 2017.
- [4] G. Saavedra Del Real, *Tomato (Solanum lycopersicum L.)*. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2020. [Online]. Available: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/61a4bc74-540a-461f-9165-56dd05387ffd/content>
- [5] S. Quirós Campos, *Cultivo de Tomate (Solanum lycopersicum) Guía Técnica*. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 2022. [Online]. Available: https://platicar.go.cr/images/buscador/documentos/pdf/2021/Tomate_Edit.pdf
- [6] J. de la Cruz Bartolón, M. A. Yáñez Kernke, E. Venegas Reyes, and U. Dehesa Carrasco, *¿Cómo construir un sistema de hidroponía para tener un huerto en mi escuela?* Jiotepec, Morales: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2022. doi: 10.24850/b-inta-2022-05.
- [7] L. Perin *et al.*, "Clasificación de frutos de tomates Cereza y Grape bajo diferentes sistemas de cultivo e intensidades de deshojado," *Idesia (Arica)*, no. ahead, pp. 0-0, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000603>.
- [8] UNALM, "SOLUCIÓN HIDROPÓNICA LA MOLINA," 2024, *Centro de Investigación de Hidroponía, Lima-Perú*. [Online]. Available: www.lamolina.edu.pe/hidroponia
- [9] J. C. Mejía Olivas, "PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL CULTIVO DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.) EN EL PERÚ," Universidad Nacional Agraria La Molina, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [10] R. A. Rentería Ayquipa, W. Chirinos-Guzman, I. Estrada Torres, M. J. Ibarra-Cabrera, and E. Gomez Aiquipa, "Capítulo 7, IoT en la evaluación del rendimiento de la producción de tomate con la técnica hidropónica en ambiente abierto y cerrado en Abancay," in *COINCITEC 2025*, Volumen 1., Apurímac - Perú: Apu Sci-Tech, 2025, pp. 75-85. doi: <https://doi.org/10.57166/apusci-tech.v1.n1.2025>.
- [11] FÓR-MATE, "Manual de Formación Hidropónica," 2020. [Online]. Available: https://academia-formacion.com/wp-content/uploads/2022/12/MANUAL-DE-FORMACIÓN-HIDROPONÍA_.pdf
- [12] J. Beltrano and D. Gimenez, *Cultivo en hidroponía*, 1a edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), 2015.

