

NIVELES DE FERTILIZACIÓN N - P -K EN EL RENDIMIENTO DE AJÍ ESCABECHE (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) BAJO CONDICIONES DEL VALLE DE CAÑETE

Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo



Presentado por:
Jonathan Villanueva Chavarry

Patrocinador:
Andrés Virgilio Casas Díaz

Justificación:

- ▶ “Cualquier comida peruana, sea esta costeña, serrana o selvática, del norte, centro o sur, lleva la impronta del ají. Ningún plato puede esquivar su sabrosa presencia, y aunque esta ha pasado desapercibida a lo largo de los años que lleva preparándose la cocina peruana, se trata de su protagonista. Sin ají, no existiría comida peruana....” (Acurio, 2009).
- ▶ Entre el 2001 y 2005 la exportación del ají fresco creció en 88% (siendo el 78 % frutos de ají escabeche) -MINAG-.
- ▶ Entre el 2006 y 2008, la exportación de ají escabeche pasó de 1 millón a 1.8 millones de dólares (MINAG).
- ▶ El precio del Kg. pasó de 1.5 soles (2004-2009) a 3.3 y 2.18 (2010 y 2012, respectivamente). Y hasta los precios en las estaciones de abundancia pasaron de ser 0.6 soles (hasta el año 2009) a ser 0.7 y 0.9 (2010 y 2012, respectivamente).
- ▶ A pesar de la importancia de esta hortaliza, el sistema bajo el que se maneja es de tecnología **media-baja**; por lo que es necesario identificar los parámetros agronómicos más adecuados para volver más eficiente su producción.



Género Capsicum

- ▶ Éste género engloba a todos los ajíes y pimientos (Nuez et al., 1996)
- ▶ Hasta el momento se considera que el centro de origen de éste género comprende la zona entre las montañas del sur de Brasil como límite al este, Bolivia al oeste, y Paraguay y el norte de Argentina al sur; ya que en ésta zona se encuentra la mayor concentración de especies silvestres del mundo y se cultivan todas las taxas domesticados del conjunto genético
- ▶ Son plantas anuales (en zonas templadas) o perennes (en zonas tropicales). Su sistema radicular llega a 0.7 - 1.2 m de profundidad y 1.2 m lateralmente. Presenta flores perfectas, de inserción axilar de color blanco y a veces purpura. Su fruto es una baya.

El ají escabeche

- ▶ Se caracteriza por tener un color anaranjado a la madurez.
- ▶ Presenta frutos entre 5 y 15 cm de largo y de picor es moderado.
- ▶ Es el principal ají cultivado en el Perú, estando el grueso de su producción concentrada en el norte chico de Lima.
- ▶ Presenta pedicelos erectos o pendientes en la antesis, con flores solitarias en cada uno de ellos. Su corola es de color blanco o blanco-verdoso, con manchas amarillas difusas en la base de los pétalos a cada lado de la vena central, con pétalos de la corola ligeramente resolutos



El nitrógeno

- ▶ Las principales formas en que las plantas absorben el nitrógeno son: NH_4^+ y el NO_3^- . La predilección por determinado ion está influenciada por la especie vegetal, edad y tipo de planta, el medio de desarrollo, y otros factores. *En el caso de las solanáceas, se ha observado predilección por el anión NO_3^-*
- ▶ Es constituyente de todas las proteínas, enzimas, la clorofila, ácidos nucleicos, etc., por lo que su déficit influye directamente en el crecimiento vegetativo y la producción de órganos de las plantas (Harper, 1994).
- ▶ Es especialmente importante en las fases de crecimiento vegetativo, ya que en ésta etapa la mayoría de los fotosintatos son transportados hacia las zonas meristemáticas para ser usados en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas.
- ▶ Por los importantes roles desempeñados, es de esperarse que su deficiencia acarree un crecimiento lento en la planta, clorosis general, formación de hojas pequeñas, disminución en la ramificación, ahijamiento, etc. (Harper, 1994).

El fósforo

- ▶ Debido a las complicadas relaciones entre este elemento y la planta, el fosforo presente en el suelo se clasifica en P no disponible, P potencialmente disponible y P disponible.
- ▶ Participa en la síntesis de proteínas. Es constituyente de fosfolípidos (membranas) y nucleótidos (información hereditaria). Hace las veces de tampón al regular el pH celular.
- ▶ Su labor más resaltante es la de ser parte de la molécula de ATP y ADP, por lo que interviene en todas las reacciones que tengan relación con intercambio de energía (Taiz y Zeiger, 2006).
- ▶ Estimula el crecimiento de raíces, acelera la maduración y coloración de frutos y participa en la formación de semillas.
- ▶ La deficiencia de éste elemento: retarda la maduración de frutos, genera malformaciones en las plantas, ocasiona coloraciones verde oscuro o rojo purpúreo en hojas. Además, se generan hojas pequeñas, tallos cortos y delgados Sánchez, 2006.

El potasio

- ▶ El potasio del suelo se encuentra en: solución, en su forma intercambiable, fijado inter-capas y potasio mineral o estructura. La forma disponible para las plantas (intercambiable) representa menos del 1 % de del potasio total en el suelo.
- ▶ El potasio es el catión más abundante en el citoplasma; y sin embargo, no es metabolizado y sólo forma complejos débiles de los que puede ser rápidamente intercambiado.
- ▶ El potasio es fundamental en la regulación del potencial osmótico, del contenido de agua celular, apertura y cierre de estomas, la turgencia celular y el flujo y nivel de transpiración (Taiz y Zeiger, 2006).
- ▶ Gracias a su rol en el aumento de la turgencia celular, se encarga de la expansión celular (crecimiento) posterior a la división celular.
- ▶ Además, es activador de más de 60 enzimas en los organismos vegetales y catalizador indispensable en la formación de almidones y proteínas.

Materiales y Métodos

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. The shapes are primarily triangles and polygons, creating a dynamic, layered effect. The overall composition is clean and modern, with the text centered on a white background.



Materiales y Métodos

- ▶ El presente experimento se realizó en el I.R.D. costa de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Valle de Cañete). La fase de campo se desarrolló entre los meses de setiembre del 2012 y marzo del 2013.
- ▶ Los datos meteorológicos se presentan en el cuadro 1.
- ▶ El análisis de suelo (cuadro 2) fue realizado en los laboratorio de la UNALM.

Cuadro 1. Datos climatológicos de la estación del Fundo Don Germán (Cañete-Lima) en el Periodo Experimental:
Agosto 2012 - Marzo 2013

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)
	Mínima	Máxima	Promedio	
Agosto	12.0	19.8	16.08	86.9
Setiembre	14.8	20.7	16.79	88.3
Octubre	13.6	22.2	17.14	88.4
Noviembre	13.3	22.6	18.04	88.6
Diciembre	15.4	25.8	19.97	89.4
Enero	17.4	26.3	21.37	88.1
Febrero	18.3	29.1	22.89	86.6
Marzo	16.0	28.1	21.53	88.0

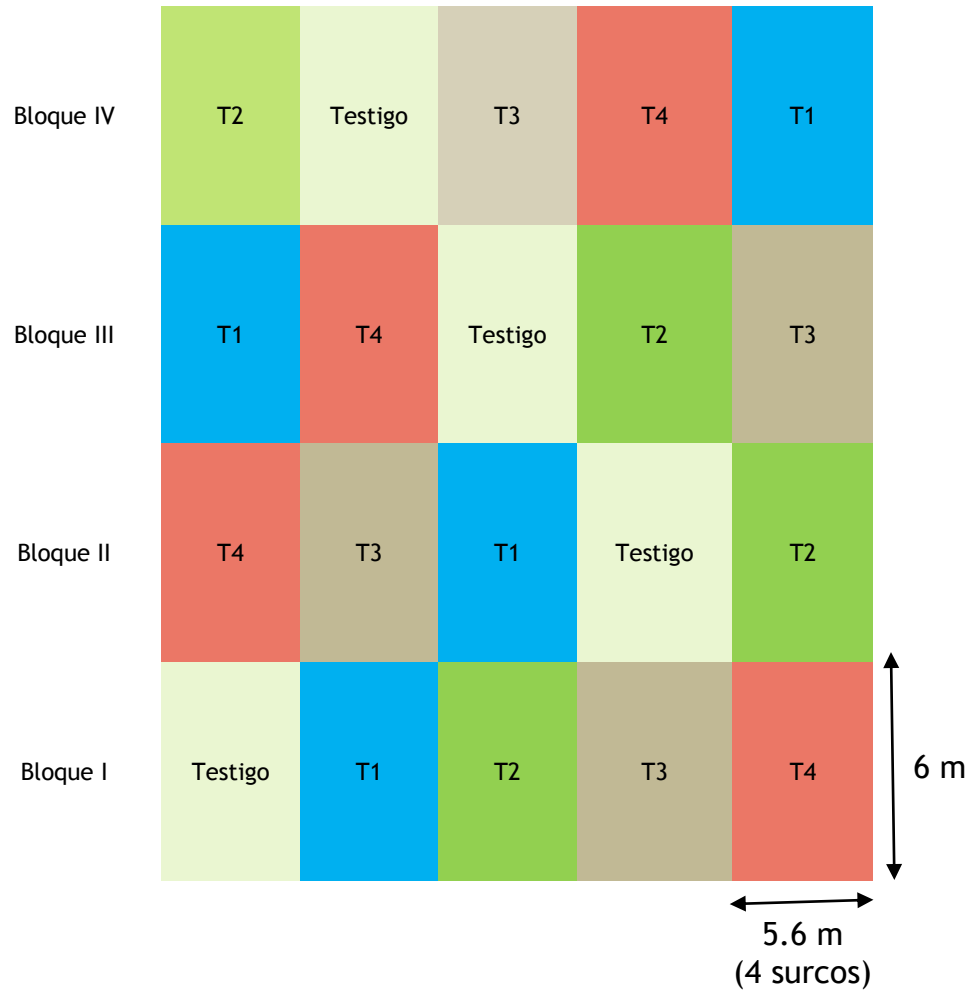
Cuadro 1. Análisis de caracterización del suelo

Determinación	Profundidad	Unidades	Método de Análisis
	0 - 30 cm		
Conductividad Eléctrica	1.71	dS/m	Lectura del extracto de la relación suelo: agua 1:1 y extracto de la pasta saturada
Análisis Mecánico:			
Arena	49.00	%	Textura por el Método del Hidrómetro
Limo	33.00	%	
Arcilla	18.00	%	
Clase Textural	Franco		
pH	7.32		Potenciómetro, relación agua:suelo 1:1
CaCO ₃	0.4	%	Gasovolumétrico
Materia Orgánica	1.21	%	Walkey-Black, %MO = %C x 1.724
Fosforo disponible (P)	6.3	ppm	Olsen Modificado, Extracto NaHCO ₃ , 0.5M, pH 8.5
Potasio disponible (K)	244	ppm	Extracto de Acetato de Amonio 1N pH 7.0
Cationes Cambiables			
C.I.C.	8.89	cmol(+)/Kg	Acetato de Amonio 1N pH 7.0
Ca ⁺²	6.52	cmol(+)/Kg	Espectrofotometría de absorción atómica
Mg ⁺²	1.70	cmol(+)/Kg	
K ⁺	0.46	cmol(+)/Kg	
Na ⁺	0.21	cmol(+)/Kg	

Análisis realizado en el laboratorio de suelos, agua y plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2012)

Materiales y Métodos

Figura 1: Distribución espacial de los tratamientos en el área experimental.



Tratamiento	Descripción (Kg/ha de N – P ₂ O ₅ – K ₂ O)
Testigo	0-0-0
T1	55-50-34
T2	83-100-51
T3	110-150-68
T4	138-150-85





Parámetros evaluados

- ▶ Altura de planta, medido desde el cuello de planta hasta el ápice de la planta.
- ▶ Rendimiento total y por categorías
- ▶ Número de frutos por hectárea,
- ▶ Peso promedio de fruto
- ▶ Largo de fruto
- ▶ Ancho de fruto
- ▶ Materia seca total y su distribución en la planta



RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de planta

Cuadro 5: Altura de planta en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) empleando cinco dosis de fertilización N-P-K. Cañete, 2012.

Tratamiento	Descripción (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	Altura de planta (cm.)				
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt	150 ddt
T0	0-0-0	12.66 ab	24.09 a	68.42 a	92.03 b	105.99 b*
T1	55-50-34	12.27 b	25.85 a	70.62 a	98.38 a	110.90 ab
T2	83-100-51	13.59 a	24.78 a	73.87 a	103.31 a	118.01 a
T3	110-150-68	13.51 ab	25.42 a	71.13 a	101.00 a	115.14 a
T4	138-150-85	13.76 a	26.54 a	74.04 a	103.30 a	117.02 a

*: medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DUNCAN ($\alpha=0.5$)

Análisis de variancia

F. V.	Significación				
Nivel	*	n.s.	n.s.	*	*
C. V.	7.02	7.67	7.14	5.29	9.11

(n.s., *, **; No significativo, significativo y altamente significativo a $\alpha = 0.05$)

Rendimiento comercial:

Cuadro 6: Rendimiento de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) empleando cinco dosis de fertilización N-P-K. Cañete, 2012.

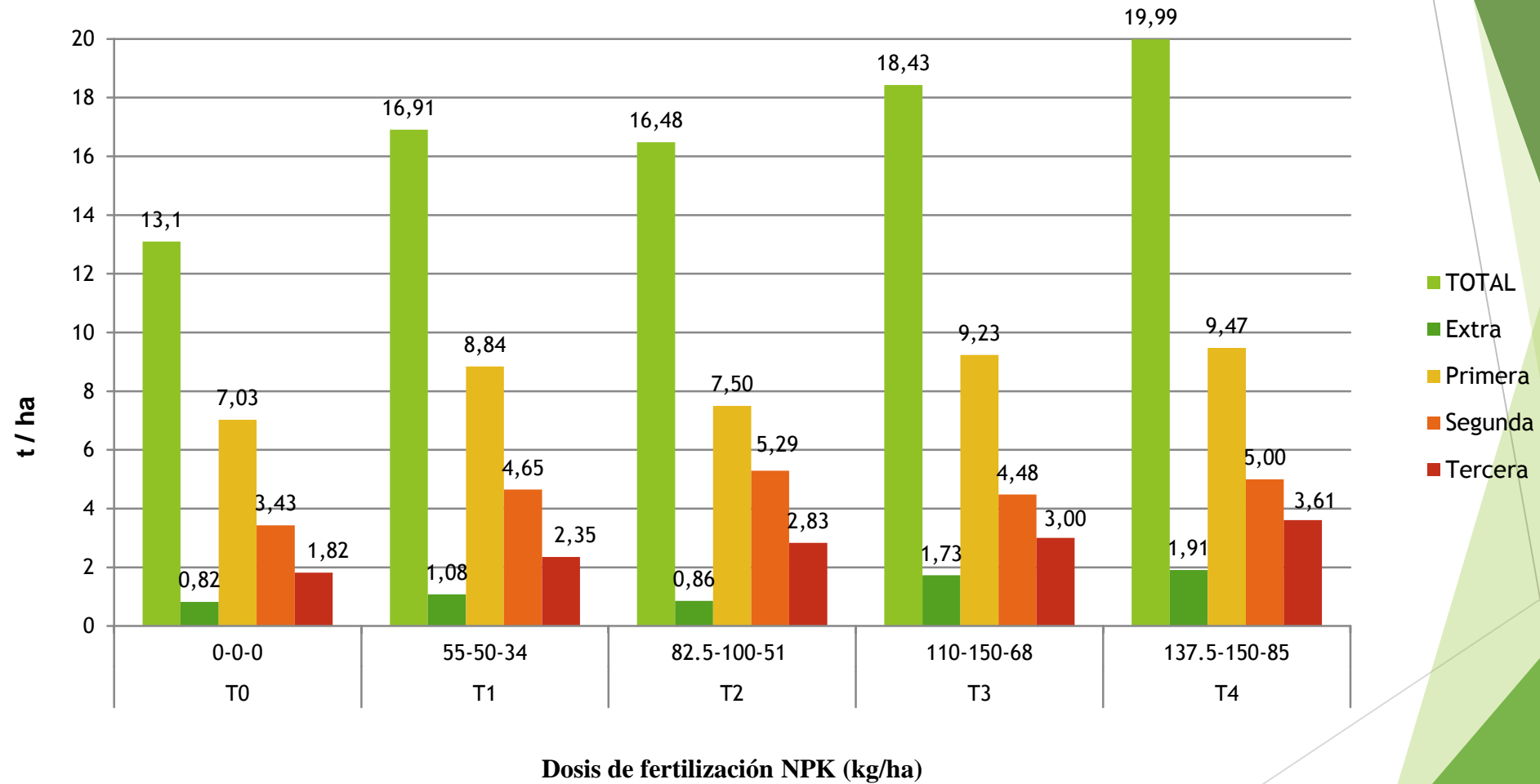
Tratamiento	Descripción (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	Rendimiento Total t/ha	Rendimiento							
			Extra		Primera		Segunda		Tercera	
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
T0	0-0-0	13.10 c	0.82 c	6.26	7.03 c	53.66	3.43 b	26.18	1.82 c*	13.89
T1	55-50-34	16.91 b	1.08 c	6.39	8.84 ab	52.28	4.65 ab	27.50	2.35 bc	13.90
T2	83-100-51	16.48 b	0.86 bc	5.22	7.50 bc	45.51	5.29 a	32.10	2.83 b	17.17
T3	110-150-68	18.43 ab	1.73 ab	9.39	9.23 a	50.08	4.48 ab	24.31	3.00 ab	16.28
T4	138-150-85	19.99 a	1.91 a	9.55	9.47 a	47.37	5.00 a	25.01	3.61 a	18.06

*: medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DUNCAN ($\alpha=0.5$)

Análisis de variancia					
F. V.	Significación				
Nivel	**	**	*	*	**
C. V.	16.03	47.89	16.42	22.24	27.56

(n.s., *, **; No significativo, significativo y altamente significativo a $\alpha = 0.05$)

Gráfico 1: Rendimiento de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) en t/ha empleando cinco dosis de fertilización NPK. Cañete, 2012.



Rendimiento comercial (otras investigaciones)

- ▶ En una investigación realizada por Caro (1988), se encontró diferencias altamente significativas en el rendimiento de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) por efecto de las dosis de fertilización N - P - K que empleó (0, 80, 160 y 240 Kg N/ha, 0, 40, 80, 120 Kg/ha de P₂O₅ y 0, 60, 120 y 180 Kg/ha de K₂O). En general, los diferentes cultivares que empleó mostraron una relación directa entre el rendimiento mostrado y la dosis de fertilización aplicada.
- ▶ Nicho (2004), en un artículo preparado para el Instituto Nacional de Innovación Agraria, asegura que en un suelo apropiado y con un manejo adecuado, se puede esperar un rendimiento de 20 o 30 t /ha de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.).

Número de frutos:

Cuadro 7: Número de frutos de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) empleando cinco dosis de fertilización N-P-K. Cañete, 2012.

Tratamiento	Descripción (N-P ₂ O ₅ - K ₂ O)	Número de frutos (miles/ha)								
		Total	Extra		Primera		Segunda		Tercera	
			#	%	#	%	#	%	#	%
T0	0-0-0	398.36 b*	16.22 a	4.07	176.63 a	44.34	112.94 b	28.35	92.55 c*	23.23
T1	55-50-34	540.17 a	17.55 a	3.25	218.30 a	40.41	177.82 a	32.92	126.48 bc	23.42
T2	83-100-51	566.07 a	20.08 a	3.55	218.75 a	38.64	179.46 a	31.70	147.76 ab	26.10
T3	110-150-68	558.63 a	22.17 a	3.97	226.33 a	40.52	147.17 ab	26.35	162.94 ab	29.17
T4	138-150-85	602.08 a	22.61 a	3.76	229.46 a	38.11	172.02 a	28.57	177.97 a	29.56
*: medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DUNCAN ($\alpha=0.5$)										
Análisis de variancia										
F. V.	Significación									
Nivel	**	N. S.		N.S.		*		*		
C. V.	11.7	11.03		27.09		18.78		27.24		
(n.s., *, **; No significativo, significativo y altamente significativo a $\alpha = 0.05$)										

Largo, ancho y peso promedio de fruto

Cuadro 8: Características de calidad del fruto de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) empleando cinco dosis de fertilización N-P-K. Cañete, 2012.

Tratamiento	Descripción (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	Largo promedio de fruto (cm)				Ancho promedio de fruto (cm)				Peso Promedio de fruto
		Extra	Primera	Segunda	Tercera	Extra	Primera	Segunda	Tercera	
T0	0-0-0	14.05 b	12.28 b	10.11 a	7.46 a	4.69 a	3.58 c	3.08 a	2.51 b	32.88 a*
T1	55-50-34	14.46 a	12.36 ab	10.13 a	7.68 a	4.71 a	3.70 bc	3.13 a	2.56 ab	31.44 ab
T2	83-100-51	14.62 a	12.35 ab	10.30 a	7.74 a	4.75 a	3.76 bc	3.28 a	2.68 ab	29.20 b
T3	110-150-68	14.58 a	12.60 ab	10.30 a	7.76 a	4.74 a	3.86 ab	3.25 a	2.68 ab	33.00 a
T4	138-150-85	14.81 a	12.66 a	10.37 a	7.84 a	4.78 a	3.97 a	3.31 a	2.71 a	33.37 a

*: medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DUNCAN ($\alpha=0.5$)

Análisis de variancia

F. V.	Significación									
Nivel	**	*	N.S.	N.S.	N. S.	*	N.S.	*	*	*
C. V.	1.39	1.89	2.26	4.39	1.23	2.65	5.53	3.14	5.98	

(n.s., *, **; No significativo, significativo y altamente significativo a $\alpha = 0.05$)

Largo, ancho y peso promedio de fruto (otras investigaciones)

- ▶ Caro (1998), en el cultivo de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) obtuvo diferencias significativas en el largo promedio de fruto por efecto de los niveles de fertilización que estudió (0, 80, 160 y 240 Kg N/ha, 0, 40, 80, 120 Kg/ha de P_2O_5 y 0, 60, 120 y 180 Kg/ha de K_2O).
- ▶ En el mismo estudio, Caro (1998) encontró que los niveles de fertilización que empleó en tres cultivares de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) no causaron diferencias significativas para el ancho promedio de frutos.

Materia seca y su distribución en la planta

Cuadro 9: Producción y porcentaje de materia seca en plantas de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* L.) empleando cinco dosis de fertilización N-P-K. Cañete, 2012.

Tratamiento	Nivel (N -P ₂ O ₅ - K ₂ O)	Materia Seca (parte aérea)						
		Total (g/planta)	Hojas		Tallos		Frutos	
			g/planta	%	g/planta	%	g/planta	%
T0	0-0-0	220.62 e	53.60 d	10.18 a	83.55 d	10.91 a	83.47 e	14.14 a*
T1	55-50-34	280.10 d	61.21 cd	9.79 ab	121.19 c	11.60 a	97.71 d	13.95 a
T2	83-100-51	342.52 c	66.26 bc	9.56 b	146.41 b	11.95 a	129.86 c	13.19 a
T3	110-150-68	396.28 b	77.73 b	9.53 b	173.08 a	12.08 a	145.48 b	13.33 a
T4	138-150-85	468.45 a	100.54 a	9.74 b	190.04 a	11.61 a	177.87 a	13.53 a
Promedio		341.6	71.87		142.85		126.88	

*: medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DUNCAN ($\alpha=0.5$)

Análisis de variancia

F. V.	Significación						
Nivel	**	**	n.s.	**	*	**	n.s.
C. V.	5.11	10.57	3.69	9.574	5.24	2.96	2.20

(n.s., *, **; No significativo, significativo y altamente significativo a $\alpha = 0.05$)

Materia seca y su distribución en la planta (otras investigaciones)

- ▶ Caro (1988), en pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) obtuvo diferencias muy significativas en la producción de materia seca total por efecto de las dosis de fertilización empleadas (0, 80, 160 y 240 Kg N/ha, 0, 40, 80, 120 Kg/ha de P_2O_5 y 0, 60, 120 y 180 Kg/ha de K_2O). Para el cultivar 'Amazonia' obtuvo una producción promedio de 87.95 g/planta; mientras que para el cultivar 'Resistant' la producción promedio fue de 95.95 g/planta.
- ▶ Los resultados obtenidos por Caro (1988) en la producción de materia seca de tallos por efecto de niveles de fertilización N-P-K en pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) fueron no significativos. Obteniendo un promedio de producción de 14.11 g/planta. Además, encontró una relación directa, y altamente significativa, entre el aumento de la dosis de fertilización y el aumento en la producción de materia seca de hojas y frutos.

Conclusiones

- ▶ Los tratamientos comparados en el presente trabajo de investigación provocaron diferencias estadísticamente significativas en la altura de planta y altamente significativas para la formación de materia seca total. La dosis que mostró los mejores resultados en la altura de planta fue de 83-100-51 Kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O (T2). Mientras que, para la biosíntesis total de materia seca, y de sus componentes (hojas, tallos y frutos), el tratamiento que mostró los resultados más altos fue la fertilizada con 138-150-85 Kg de N - P₂O₅ - K₂O (T4). Sin embargo, los porcentajes de materia seca no mostraron diferencias significativas.
- ▶ Se observaron diferencias altamente significativas para las comparaciones de medias del rendimiento comercial del cultivo de ají escabeche. El tratamiento que alcanzó los mejores rendimientos (19.99 t/ha.) fue el que se fertilizó con la dosis de 138-150-85 Kg de N - P₂O₅ - K₂O (T4). Del mismo modo, éste tratamiento también alcanzó los mejores rendimientos para las categorías '*extra*' (1.91 t/ha) y '*primera*' (9.47 t/ha).
- ▶ En el tratamiento testigo (no fertilizado) se observó un alto índice de mortandad de plantas; situación que no se observó en ningún otro tratamiento. Partiendo de este dato se puede inferir que la fertilización complementaria tiene algún efecto en la supervivencia, o alargamiento de la vida útil, de las plantas de ají escabeche.

Conclusiones:

- ▶ Se encontraron diferencias significativas en el peso promedio de fruto, diferencias muy significativas para el largo de fruto de la calidad 'extra' y el diámetro de fruto de la categoría 'primera'. En las variables biométricas de las categorías no mencionadas, el análisis de medias no mostró diferencias estadísticas.
- ▶ El peso promedio de fruto alcanzó su mayor valor (33.37 g) con la dosis de 138 Kg de N, 150 Kg de P_2O_5 y 85 Kg de K_2O (T4).
- ▶ El análisis foliar de la concentración de N - P - K (%) en las hojas de ají escabeche no mostró diferencias estadísticamente significativas, al menos en el momento previo al inicio de la cosecha.