



Impacto del abonamiento integral en el rendimiento y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva bajo sistema de riego por goteo y cobertura plástica

Impact of the integral fertilizer on strawberry yield and quality (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva under a drip irrigation system and plastic

Laydy Mitsu Mena Chacón*; Guido Juan Sarmiento Sarmiento; Patricia Camargo Salcedo

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Urb. Aurora s/n, Cercado. Arequipa, Peru.

Received June 16, 2017. Accepted November 28, 2017.

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del abonamiento integral en la calidad y rendimiento de fresa cv. Selva, su incidencia en la tasa de respiración y fertilidad del suelo; se realizó en el fundo Santa Teresa de Cayma, Arequipa - Perú. Los tratamientos resultaron de integrar 3 niveles de abonamiento químico: 0%; 50% y 100% de la formulación: 200 N, 60 K₂O y 60 P₂O₅ y 3 niveles de abonamiento orgánico: 0%; 50% y 100% de la formulación: 100 L de Humega, 12 L de Bioflora Phos y 60 L de Bioflora Potash; evaluándose 9 tratamientos con 3 repeticiones, en diseño de bloques completos al azar; con arreglo factorial 3 x 3. No hubo efecto estadístico significativo sobre la calidad de frutos. El tratamiento con 50% de abonamiento químico y 50% orgánico logró el mayor rendimiento de frutos de fresa (17114,63 kg·ha⁻¹) siendo 13,25% de categoría extra; 57,62% de primera; 25,18% de segunda; 2,06% de tercera y 1,90% de descarte. La tasa de respiración y la fertilidad del suelo no mostraron diferencia estadística significativa; excepto a 80 días del trasplante, donde el abonamiento orgánico al 100% incrementó la tasa de respiración.

Palabras clave: Abonamiento integral; *Fragaria x ananassa*; calidad; rendimiento; fertilidad del suelo.

Abstract

The objective of the research was to determine the effect of integral fertilization on fruit quality and yield of strawberry cv. Selva, its incidence in the respiration rate and soil fertility; it was carried out in the Santa Teresa farm of Cayma, Arequipa - Peru. The treatments resulted from integrating 3 levels of chemical fertilization: 0%; 50% and 100% of the formulation: 200 N, 60 K₂O and 60 P₂O₅ and 3 levels of organic fertilization: 0%; 50% and 100% of the formulation: 100 L of Humega, 12 L of Bioflora Phos and 60 L of Bioflora Potash; evaluating 9 treatments with 3 repetitions, in randomized complete block design with factorial arrangement 3 x 3. There was no significant statistical effect on fruit quality. The treatment with 50% of chemical fertilization and 50% of organic fertilization achieved the highest yield of strawberry fruits (17 114.63 kg · ha⁻¹) being 13.25% of extra category; 57.62% of first; 25.18% of second; 2.06% of third and 1.90% of waste. The respiration rate and soil fertility showed no significant statistical difference; except at 80 days after the transplant, where 100% organic fertilization increased the respiration rate.

Keywords: Integral fertilization; *Fragaria x ananassa*; quality; yield; soil fertility.

1. Introducción

Las fresas cultivadas (*Fragaria x ananassa* Duch.) tienen un origen relativamente reciente (siglo XIX), pero la constante

investigación y desarrollo de variedades con distintas formas de adaptación ecológica y niveles tecnológicos impulsó su expansión y su comercialización a nivel

* Corresponding author

E-mail: kayro.mitsi@gmail.com (L. Mena).

© 2017 All rights reserved.

DOI: 10.17268/sci.agropecu.2017.04.07

mundial (Pefaur, 2014; Ávila, 2015). La producción mundial pasó de 4,5 millones de toneladas en el año 2000 a 8,1 millones de toneladas en el 2014 (FAOSTAT, 2017), confirmando la intensificación de su producción.

La calidad del fruto de fresa de acuerdo a Kader (1991), Nestby *et al.* (2006), Pérez y Sanz (2008), Reganold *et al.* (2010) y Pérez *et al.* (2016) depende de la apariencia, sabor, aroma y valor nutricional. La Dirección General de Información Agraria del Perú (2008) indica que la fresa es un cultivo rentable que permite su producción en áreas pequeñas, convirtiéndose en una actividad productiva relevante en el ámbito social y económico; con rendimiento promedio nacional de 21693 kg·ha⁻¹ y producción nacional de 35023 toneladas en el 2014 (Oficina de Información Agraria, 2014; Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos, 2017; FAOSTAT, 2017).

La respiración del suelo, considerado uno de los factores más importantes del ecosistema (Moreira y Siqueira, 2006), varía en función al uso del suelo, mineralogía, cobertura vegetal, prácticas de manejo, abonamiento, calidad de los residuos y factores ambientales, entre otros (Ramos y Zúñiga, 2008); este proceso es un indicador de la sostenibilidad de los agroecosistemas, debido a que la actividad microbiana está relacionada con la capacidad productiva del suelo, uso eficiente de agua y nutrientes (Di Ciocco *et al.*, 2014; Cueva *et al.*, 2016). Este cultivo ha adquirido gran importancia en el Perú, tanto para consumo interno como para exportación; sin embargo, la demanda exige el uso de tecnologías limpias y sostenibles a fin de producir alimentos inocuos (Aguirre, 2016). Así, la aplicación de abonos orgánicos como sustitutos de los químicos representa una alternativa sostenible para mejorar la calidad de frutos ofertados (Espinoza, 2014); no obstante, consideramos que esta sustitución debe ser progresiva, sustentada y validada por investigaciones específicas sobre el tema, aunque existe escasa información relacionada al tema.

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del abonamiento integral en la calidad de frutos y rendimiento del cultivo de fresa cv. Selva, así como su incidencia en la tasa de respiración y fertilidad del suelo, bajo sistema de riego por goteo y cobertura plástica.

2. Materiales y métodos

El experimento se realizó en el fundo Santa Teresa, distrito de Cayma, provincia y región Arequipa – Perú en el periodo de abril a diciembre del 2016. Previo a la instalación se realizó el análisis de caracterización del suelo en una muestra representativa obtenida a 20 cm de profundidad; con los siguientes resultados: textura franco arenoso; pH: 7,16; MO: 4,45%; P: 378 ppm; K: 500 ppm y CE: 1,5 dS·m⁻¹. La textura, pH y CE son referentes adecuados para el cultivo (López-Aranda, 2008; Undurraga y Vargas, 2013); mientras que la MO (como fuente de N), P y K son deficientes (Avitia-García *et al.*, 2014). Se empleó el diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial de 3x3 y 3 repeticiones en unidades experimentales de 4 m²; los tratamientos resultaron de integrar 3 niveles de abonamiento químico: 0%; 50% y 100% de la formulación: 200 N, 60 K₂O y 60 P₂O₅; y 3 niveles de abonamiento orgánico: 0%; 50% y 100% de la formulación: 100 L de Humega (8% ácido húmico y 13% complejo fúlvico-mineral), 12 L de Bioflora Phos (5% N; 17% P y 4%K) y 60 L de Bioflora Potash (9% K; 3% S; 0,1% Ca; 0,08 Mn; 0,02% Fe y 0,08% Na); evaluándose 9 tratamientos:

T1 (100% químico – 100% orgánico); T2 (100% químico – 50% orgánico); T3 (100% químico – 0% orgánico); T4 (50% químico – 100% orgánico); T5 (50% químico – 50% orgánico); T6 (50% químico – 0% orgánico); T7 (00% químico – 100% orgánico); T8 (0% químico – 50% orgánico); T9 (0% químico – 0% orgánico).

La aplicación de los tratamientos se inició a los 45 días después del trasplante (ddt) con una frecuencia quincenal y con un plan de abonamiento integral (Tabla 1).

Se utilizaron plantines de fresa cv. Selva de 12 cm de altura propagadas localmente, la plantación se realizó el 20-04-2016 en camas con cobertura plástica (Litec®) de 0,80 m de base; 0,30 m de alto y 0,50 m de distancia entre camas; la densidad de plantación fue de 26 plantas por unidad experimental (65 mil plantas·ha⁻¹) en sistema tipo tresbolillo con distancia entre plantas de 0,30 m. En la formación de camas se aplicó Fudaran® 5%G (carbofuran); previo al trasplante las plantas fueron sumergidas en una solución de Tifon® 4E (clorpirifos) por 20 minutos.

Al inicio los riegos fueron diarios, a partir de los 15 ddt en intervalo de 2 días. Las labores culturales de poda sanitaria y eliminación de botones florales prematuros fueron constantes durante el cultivo en especial durante los primeros 4 meses debido al ataque inicial de araña roja (*Tetranychus urticae*), que provocó un retraso en el desarrollo foliar. Para su control se utilizó Acare 1,8% E.C. (abamectina). La cosecha fue manual dos veces por semana, los frutos se clasificaron en categoría extra, primera, segunda y tercera (NTP, 2014).

Las características evaluadas se agruparon en parámetros de calidad física y química del fruto, determinación de rendimiento (kg·ha⁻¹), respiración y fertilidad del suelo.

Calidad física y química del fruto

La calidad física de los frutos se evaluó del 22-09-16 al 17-11-16; se determinó el diámetro ecuatorial (cm), largo (cm) y peso unitario (g) de los frutos cosechados según su clasificación en la NTP 011.011.1975 (revisada el 2014), evaluándose 20 frutos por unidad experimental. El diámetro y largo se midieron con vernier; el peso unitario se obtuvo dividiendo el peso de la cosecha por tratamiento con el número de frutos contenidos. Se evaluó la calidad química quincenalmente del 07-10-16 al 16-12-2016: sólidos solubles totales - SST (°Brix), pH, ácido cítrico (%) y vitamina C (mg·100 / g de fruto), tres repeticiones por tratamiento. El contenido de SST, parámetro considerado un atributo de calidad desde el punto de vista de consumidores y productores (Moor, *et al.*, 2004), se determinó mediante refractómetro digital (Hanna, HI96801, USA) y El pH con potenciómetro (Hanna, HI99161, USA).

El contenido de ácido cítrico (AC) se obtuvo mediante titulación de 1 mL de jugo de fresa (cosechada el mismo día), 19 mL de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína; la solución base utilizada fue NaOH 0,1 N, y utilizando la siguiente fórmula:

$$AC(\%) = \frac{ml\ NaOH \times N\ NaOH \times meq.\ ácido}{ml\ de\ muestra\ titulada} \times 100$$

Tabla 1

Plan de abonamiento integral en el cultivo de fresa cv. Selva

Mes	Abonamiento orgánico			Abonamiento químico*		
	Humega®	BioFlora Potash®	BioFlora Phos®	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	-	-	-	-	-	-
2	35%	5%	10%	30%	25%	5%
3	15%	8%	15%	15%	18%	8%
4	10%	15%	15%	15%	15%	18%
5	10%	18%	15%	10%	12%	18%
6	10%	20%	15%	10%	10%	18%
7	12%	20%	15%	10%	10%	18%
8	8%	14%	15%	10%	10%	15%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(*) Fuentes utilizadas: nitrato de amonio (33% N), nitrato de potasio (46% K₂O, 13,2% N) y ácido fosfórico (61% P₂O₅).

Determinación de rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Corresponde a la suma de las cosechas realizadas del 20-09 al 24-12 del 2016, las mismas que fueron clasificadas en extra, primera, segunda, tercera y descarte, según NTP 011.011 1975 (revisada el 2014).

Evaluaciones de tasa de respiración y fertilidad del suelo

La tasa de respiración del suelo (mg de $\text{C} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$) se evaluó a los 30, 80, 160 y 240 ddt, con tres repeticiones por cada unidad experimental; se utilizó el método de absorción estática descrita por Alef y Nannipieri (1995), que se fundamenta en la absorción en solución alcalina del CO_2 liberado durante la respiración aeróbica en suelos, la cantidad de CO_2 adsorbido se precipita el carbonato (CO_3^{2-}) con BaCl_2 y se titula el remanente NaOH con HCl 1N. La cantidad de NaOH inicial y el remanente permite obtener la cantidad de gas producido por respiración:

$$C - \text{CO}_2 \text{ desprendido} = \frac{(B - S) \times M \times 6}{\text{Área}}$$

Donde B: volumen promedio (mL) de HCl empleado en la valoración de la disolución de NaOH control; S: Volumen (mL) de HCl empleado en la valoración de la disolución de NaOH problema; M: Molaridad exacta de HCl utilizado en la valoración; 6: Factor de conversión, considerando que 1 mL de NaOH 1 N equivale a 6 mg de $\text{C} \cdot \text{CO}_2$; A: Superficie (m^2) abarcada por el cilindro metálico instalado en el campo.

Las variables de fertilidad del suelo se analizaron a 240 ddt en muestras de suelo representativas de 1 kg, obtenidas a 20 cm de profundidad con tres repeticiones por tratamiento. Se determinó la conductividad eléctrica (CE: $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$) mediante conductímetro (Hanna, HI993310, USA) en extracto de suelo saturado; pH usando potenciómetro (Hanna, HI9126, UE) en relación suelo/agua 1:1, materia orgánica (MO: %) por el método Walkley - Black, fósforo (ppm) por el método Olsen y potasio (ppm) mediante extracción con ácido sulfúrico.

Estadística

El análisis estadístico se realizó con el *software* SPSS versión 21, empleando el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto estadístico de los tratamientos y prueba de significación de Tuckey ($\alpha = 0,05\%$) para identificar subconjuntos homogéneos de tratamientos.

3. Resultados y discusión

Parámetros de calidad física y química del fruto

Los resultados del análisis de varianza para el diámetro ecuatorial, largo y peso unitario de frutos por categoría extra, primera, segunda y tercera demuestran que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, conforme se aprecia en las Figuras 1, 2 y 3.

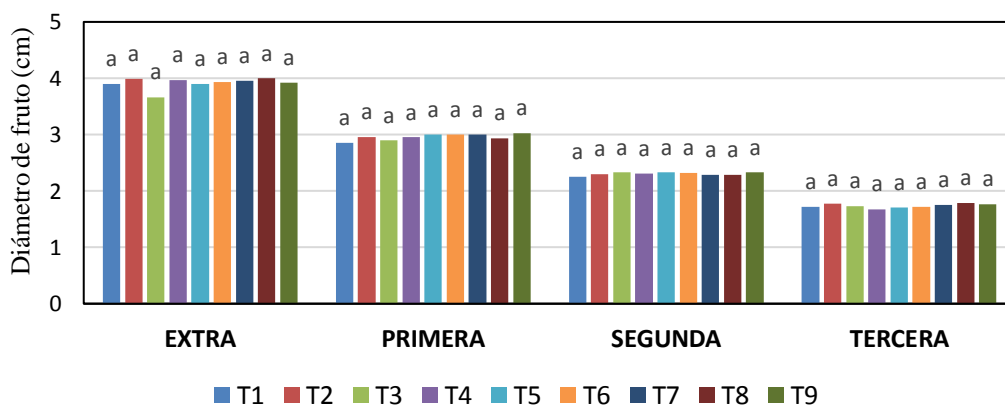


Figura 1. Efecto de los tratamientos en el diámetro ecuatorial de frutos de fresa cv. Selva por categorías extra, primera, segunda y tercera. En letras iguales no existe diferencia estadística significativa (Tuckey $\alpha = 0,05\%$).

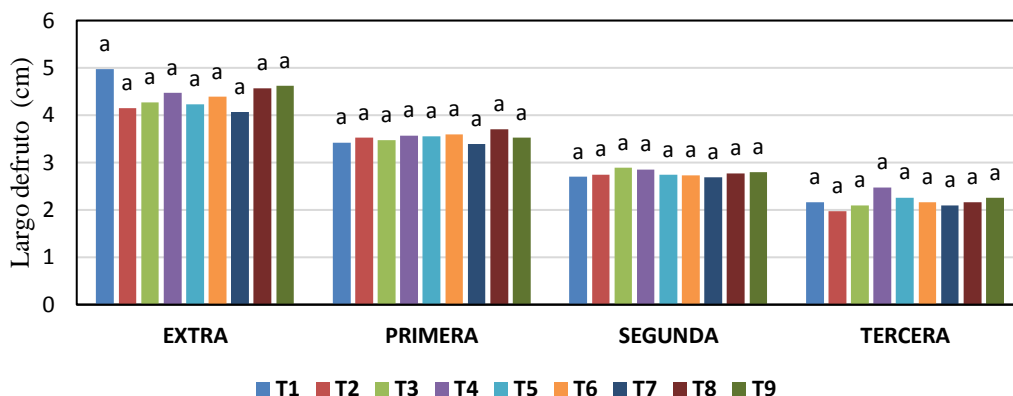


Figura 2. Efecto de los tratamientos en el largo de frutos de fresa cv. Selva por categorías extra, primera, segunda y tercera. En letras iguales no existe diferencia estadística significativa (Tuckey $\alpha = 0,05\%$).

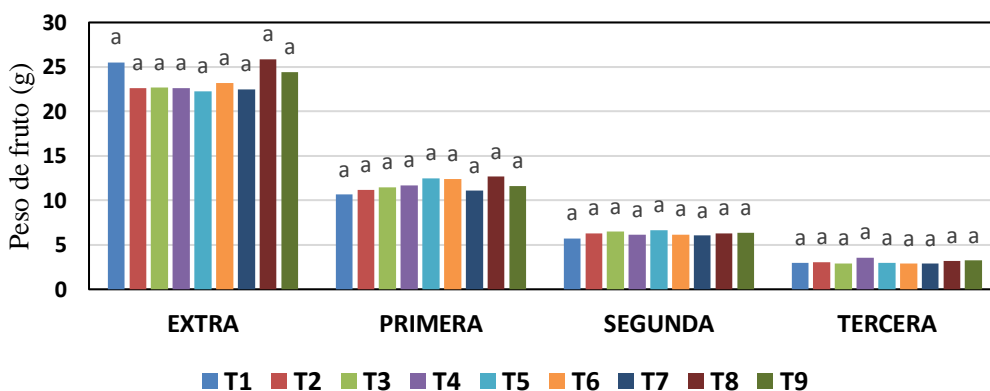


Figura 3. Efecto de los tratamientos en el peso unitario de frutos de fresa cv. Selva por categorías extra, primera, segunda y tercera. En letras iguales no existe diferencia estadística significativa (Tuckey $\alpha = 0,05\%$).

Tabla 2

Efecto del abonamiento orgánico y abonamiento químico en los SST, pH, ácido cítrico y vitamina C en jugo de frutos de fresa cv. Selva

Tratamiento	SST (°Brix)	pH	Ácido cítrico (%)	Vitamina C mg.100 g de fruto ⁻¹
T1 _{100%Q-100%O}	7,36 a	3,76 a	0,74 a	40,87 a
T2 _{100%Q-50%O}	6,95 a	3,69 a	0,71 a	43,87 a
T3 _{100%Q-00%O}	7,45 a	3,72 a	0,67 a	41,30 a
T4 _{50%Q-100%O}	7,23 a	3,76 a	0,69 a	41,73 a
T5 _{50%Q-50%O}	7,07 a	3,71 a	0,67 a	42,09 a
T6 _{50%Q-00%O}	7,77 a	3,69 a	0,70 a	43,34 a
T7 _{00%Q-100%O}	7,57 a	3,76 a	0,71 a	36,42 a
T8 _{00%Q-50%O}	7,73 a	3,69 a	0,69 a	37,56 a
T9 _{00%Q-00%O}	7,00 a	3,74 a	0,70 a	45,87 a
CV (%)	4,14	1,26	5,07	15,17

(*) En letras iguales no existe diferencia estadística significativa. Tuckey $\alpha = 0,05\%$.

Estos resultados difieren de los publicados por otros autores, Ojeda-Real *et al.* (2009) concluyeron que los niveles excesivamente bajos de nitrógeno afectan el tamaño del fruto; Yasseen (2009) reporta que todos los tratamientos que recibieron abonos orgánicos registraron mayor peso unitario de frutos en comparación con parcelas no tratadas con abonos orgánicos; Romero-Romano *et al.* (2012), encontraron que los tratamientos con abonos orgánico – mineral presentaron valores más altos de peso unitario de fruto y fueron estadísticamente diferentes del resto.

Al respecto, López-Aranda (2008) explica que el exceso de aportaciones de fósforo, al aumentar el número de escapos florales, produce una irregularidad en el tamaño del fruto de fresa. Mientras, Nestby *et al.* (2006) mencionan que en plantas de fresa cultivadas con excesos de nitrógeno, el tamaño del fruto de fresa se incrementa y que en condiciones de deficiencia estos son pequeños.

Los promedios de peso unitario de frutos obtenidos por Yasseen (2009) fueron mayores que los obtenidos en nuestro trabajo; mientras que los obtenidos por Romero-Romano *et al.* (2012) fueron menores. Esta variabilidad podría corresponder a la diversidad de programas de abonamiento en fresa, ya que la cantidad de nutrientes a aportar por abonamiento depende de factores como el tipo y estado de suelo, contenido de MO, sistema de riego, calidad del agua, clima, entre otros (López-Aranda, 2008).

No existieron diferencias significativas para los parámetros de calidad química de los frutos (Tabla 2).

Los resultados de este trabajo concuerdan con los obtenidos por Yasseen (2009) y Moor *et al.* (2004), concluyendo que ninguno de los factores experimentales tuvo un efecto significativo en el contenido de SST. Otros trabajos locales reportan contenidos de SST hasta 10,86% en frutos del cv. Chandler con aplicaciones de biol y bioestimulantes (Benavides, 2001); y 11,10% en frutos del cv. Oso Grande con diferentes niveles de abonamiento potásico

(Puma, 2005), valores superiores a los obtenidos en nuestro trabajo, esta variabilidad puede atribuirse a que el contenido de SST depende fuertemente del genotipo y las condiciones climáticas (Kader, 1991).

Los promedios de pH en frutos de fresa obtenidos son diferentes a los reportados por Kader (1991): 3,60 en plantaciones de invierno y 3,51 en plantaciones de verano de fresa cv. Selva. Otros trabajos locales reportan valores entre 3,79 y 5,42 de pH (Benavides, 2001); probablemente relacionado a que muchos factores pre y poscosecha influyen en la composición y calidad de fresas, incluidos factores genéticos, ambientales y prácticas culturales (Kader, 1991). Asimismo, Nestby *et al.* (2006) afirma que el pH de los frutos no es afectado por el abonamiento nitrogenado. Respecto al contenido de ácido cítrico, nuestros resultados son diferentes a los reportados por Pop *et al.* (2013), quienes refieren que el contenido de ácido cítrico depende del tipo de cultivo, cobertura plástica y método de abonamiento, asimismo un abonamiento orgánico asegura un alto porcentaje de ácido cítrico (0,85%) en comparación al abonamiento químico. Kader (1991) indica valores de 0,76% y 0,87% de ácido cítrico en frutos de fresa del cv. Selva para plantaciones de invierno y verano. Estas diferencias pueden atribuirse a que la cantidad de ácidos orgánicos está fuertemente influenciada por factores extrínsecos como temperatura, condiciones climáticas y tiempo de cosecha (Pop *et al.*, 2013). Los valores de vitamina C obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango descrito por Pérez y Sanz (2008) los que reportan entre 25-120 mg de vitamina C·100 g⁻¹ de fresa; estos datos son diferentes a los publicados por Moor *et al.* (2004), cuyos resultados varían entre 7,1 y 20,0 mg·100 g⁻¹; además Koyuncu y Dilmaçunal (2010) registraron valores entre 24,70 y 15,25 mg·100 g⁻¹. Los resultados obtenidos no concuerdan con los reportados por Pop *et al.* (2013), Carvajal de Pabón *et al.* (2012), Reganold

et al. (2010) y Yaseen (2009), quienes encontraron que el contenido de vitamina C en frutos de fresa cultivados con abonamiento orgánico es significativamente mayor en comparación al de fresas cultivadas convencionalmente.

Las diferencias mencionadas podrían corresponder a que las condiciones climáticas, en especial la intensidad de la luz y la temperatura, afectan en gran medida el contenido final de vitamina C; no obstante, la selección del genotipo con el contenido más alto de vitamina C para un producto dado es un factor mucho más importante que las condiciones climáticas y las prácticas culturales (Lee y Kader, 2000).

Determinación de rendimiento (kg·ha⁻¹)

Los rendimientos acumulados de los tratamientos, con excepción de T1 (100% Q – 100% O), superaron el rendimiento regional (9763 kg·ha⁻¹), pero ninguno superó el rendimiento nacional (21693 kg·ha⁻¹) (Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos, 2017). El T5 (50% Q – 50% O) logró el mejor rendimiento acumulado total (17114,63 kg·ha⁻¹) con diferencia estadística significativa con el T1 (7579,44 kg·ha⁻¹). Los resultados concuerdan con los obtenidos por Yaseen (2009), Romero-Romano *et al.* (2012) y Pazmiño y Llumiquinga (2017), quienes refieren que el abonamiento químico en combinación con el orgánico eleva el rendimiento

comercial de fresa en comparación con la aplicación de cada uno de ellos.

La Tabla 3 evidencia que el T5 (50% Q – 50% O) consiguió los mejores rendimientos de frutos de categorías extra y el menor rendimiento de categoría tercera. El rendimiento del T5 estuvo compuesto por el 13,25% de frutos de categoría extra; 57,62% de primera; 25,18% de segunda; 2,06% de tercera y 1,90% de descarte. Estos resultados difieren con los reportados por Moor *et al.* (2004), quienes observaron que en el tratamiento con mayor rendimiento acumulado sólo el 25% de la producción fue frutos de primera, el 44% fue de segunda y el 31% descarte; igualmente, Rubio *et al.* (2014), encontraron que en campo abierto el 42,1% de la producción correspondió a frutos de primera y segunda calidad; resaltando que ambos trabajos se condujeron bajo sistema de riego a goteo y cobertura plástica.

Evaluaciones de tasa de respiración y fertilidad del suelo

Se encontraron diferencias significativas en la tasa de respiración a los 80 ddt con el abonamiento orgánico al 100%, presentando mayor tasa respecto al tratamiento sin abonamiento. Los resultados son similares a los publicados por Reganold *et al.* (2010), quienes indican que la actividad microbiana fue significativamente superior en suelos cultivados orgánicamente.

Tabla 3

Efecto de interacción sobre el rendimiento de fresa cv. Selva por categoría extra, primera, segunda, tercera y descarte

Tratamiento	Rendimiento por categorías (kg·ha ⁻¹)				
	Extra*	Primera*	Segunda*	Tercera*	Descarte*
T1 _{100%Q-100%O}	897,18 b	4151,65 a	1778,87 c	491,94 ab	259,81 d
T2 _{100%Q-50%O}	1293,47 b	6388,94 a	2884,89 bc	399,700 ab	406,29 c
T3 _{100%Q-00%O}	895,91 b	6666,59 a	5493,97 a	496,31 ab	406,92 c
T4 _{50%Q-100%O}	1300,01 b	8161,00 a	4536,41 ab	537,78 ab	349,88 cd
T5 _{50%Q-50%O}	2266,87 a	9861,59 a	4309,13 ab	352,13 b	324,91 cd
T6 _{50%Q-00%O}	1044,57 b	8680,82 a	3545,77 abc	482,82 ab	347,06 cd
T7 _{00%Q-100%O}	866,68 b	6355,56 a	4243,06 ab	638,67 ab	376,71 c
T8 _{00%Q-50%O}	1445,90 ab	6500,11 a	3163,23 bc	488,98 ab	541,09 a
T9 _{00%Q-00%O}	1388,59 ab	8596,29 a	3756,94 abc	452,88 ab	490,33 ab
CV (%)	29,94	22,10	17,70	18,38	13,13

(*) En letras iguales no existe diferencia estadística significativa. Tuckey $\alpha = 0,05\%$.

En la Figura 4 se observa que el desprendimiento de CO₂ incrementó conforme el cultivo fue desarrollándose; esto podría atribuirse a que los abonos aumentaron la comunidad biológica del suelo debido a la mayor disponibilidad de nutrientes y fuentes de carbono (Moreira y Siqueira, 2006).

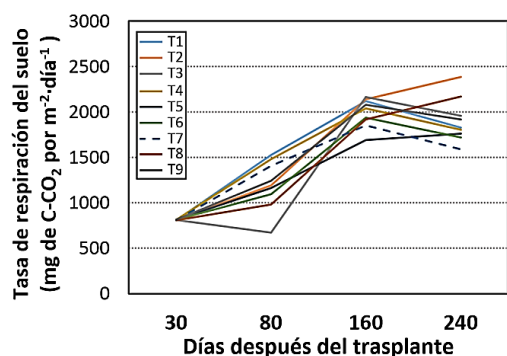


Figura 4. Respiración del suelo con cultivo de fresa cv. Selva a los 30, 80, 160 y 240 ddt por tratamiento.

Los análisis de varianza para las variables CE, pH, MO, fósforo y potasio en el suelo a los 240 ddt muestran que no existen diferencias estadísticas significativas entre los niveles del abonamiento químico y abonamiento orgánico, así como en sus interacciones (Tabla 4).

La tendencia de los resultados sobre la CE establece que hubo una disminución con respecto al valor inicial (1,5 dS.m⁻¹), este

comportamiento se debe a que los nutrientes del suelo al formar parte de las sales totales del suelo fueron utilizados (extraídos) durante el periodo de desarrollo del cultivo (Navarro y Navarro, 2014); todos tratamientos refieren bajos niveles de salinidad no afectando el desarrollo del cultivo. En relación al pH del suelo se observa una disminución en relación al valor inicial (pH: 7,11); esta condición se atribuye a que la aplicación de abonos orgánicos y químicos tienden a acidificar los suelos debido a las reacciones que suceden con la liberación de materias acidificantes (Di Ciocco *et al.*, 2014). Los niveles de MO, P y K también registraron una disminución respecto al contenido inicial, debido al proceso de mineralización de la MO y la absorción de elementos nutritivos por el cultivo (Navarro y Navarro, 2014).

El comportamiento de CE no concuerda con el reportado por Yasseen (2009), quien publicó que la CE incrementa con la aplicación de abonos orgánicos; sin embargo, este autor refiere que el pH no se ve influenciado por la aplicación de abonos orgánicos y químicos. Los niveles de P y K obtenidos difieren de los publicados por Melero *et al.* (2007), quienes afirman que concentraciones medias de ambos nutrientes fueron estadísticamente superiores en los suelos abonados orgánicamente.

Tabla 4

Efectos del abonamiento químico y abonamiento orgánico en las variables CE, pH, MO, fósforo y potasio en el suelo a los 240 ddt del cultivo de fresa cv. Selva

Tratamiento	Parámetros de fertilidad del suelo				
	CE (dS.m ⁻¹)*	pH*	MO (%)*	P (ppm)*	K (ppm)*
T1 _{100%Q-100%O}	0,85 a	6,76 a	2,88 a	42,80 a	446,00 a
T2 _{100%Q-50%O}	0,98 a	6,41 a	3,77 a	39,88 a	292,67 a
T3 _{100%Q-00%O}	0,69 a	6,29 a	3,01 a	21,30 a	231,13 a
T4 _{50%Q-100%O}	1,08 a	6,65 a	4,19 a	72,06 a	249,33 a
T5 _{50%Q-50%O}	0,80 a	6,62 a	3,49 a	41,64 a	239,73 a
T6 _{50%Q-00%O}	0,96 a	6,42 a	3,79 a	33,90 a	266,00 a
T7 _{00%Q-100%O}	1,11 a	6,79 a	5,00 a	69,43 a	276,00 a
T8 _{00%Q-50%O}	0,80 a	6,93 a	3,74 a	49,22 a	301,33 a
T9 _{00%Q-00%O}	0,66 a	6,68 a	2,84 a	18,17 a	249,33 a

(*) En letras iguales no existe diferencia estadística significativa. Tuckey $\alpha = 0,05\%$.

El impacto de la presente investigación se sustenta en la tendencia de los resultados que evidencia un efecto positivo en el rendimiento de frutos de fresa cv. Selva bajo condiciones edafoclimáticas locales; siendo de gran utilidad para los productores de este cultivo debido a que podrán plantear planes de abonamiento integral como una estrategia inicial hacia la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos; asimismo los resultados aportan de manera importante en el conocimiento y consolidación de tecnologías sustentables para la producción de frutos de fresa cosechados de sistemas de producción limpia y donde se priorice la conservación de los recursos productivos.

4. Conclusiones

El abonamiento integral tuvo efecto estadístico significativo sobre el rendimiento de fresa cv. Selva; demostrando que el uso racional y equilibrado de abonos químicos y orgánicos impacta de manera positiva en el cultivo; además permite inferir que la sustitución progresiva de fertilizantes químicos por abonos orgánicos en este cultivo ofrece buenas perspectivas. Los resultados determinan que el tratamiento con 50% de abonamiento químico y 50% de abonamiento orgánico logró el mayor rendimiento acumulado de frutos (17 114,63 kg·ha⁻¹) siendo 13,25% frutos de categoría extra; 57,62% de primera; 25,18% de segunda; 2,06% de tercera y 1,90% de descarte. No se observaron diferencias estadísticas en la calidad física y química de frutos. La tasa de respiración y la fertilidad del suelo (CE; pH; M.O.; fósforo y potasio) no mostraron diferencia estadística significativa; excepto a 80 días del trasplante, donde el abonamiento orgánico al 100% incrementó la tasa de respiración del suelo. Se recomienda investigar en planes de abonamiento orgánico para el cultivo de fresa comparado con planes de fertilización química en condiciones locales tomando como referencia el desempeño del mejor de los tratamientos de la presente inves-

tigación; asimismo se sugiere ampliar el periodo de evaluación de la tasa de respiración y fertilidad del suelo a fin de analizar la sostenibilidad del abonamiento integral.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el soporte financiero. A CIENCIACTIVA y al Consejo Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica CONCYTEC por el apoyo en la gestión del proyecto.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, B. 2016. Sostenibilidad ambiental. El mercado de los alimentos ecológicos desde la perspectiva del consumidor en Castilla y León. Tesis de licenciatura, Universidad de León, León. España. 317 pp.
- Alef, K.; Nannipieri, P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. 1ra edición. Editorial Academic Press, Londres. 608 pp.
- Ávila, E. 2015. *Manual de Fresa*. 1ra Edición. Cámara de Comercio de Bogotá, Bogotá. Colombia. 62pp.
- Avitia-García, E.; Pineda-Pineda, J.; Castillo, A.; Trejo, L.; Corona-Torres, T.; Cervantes-Urbán, E. 2014. Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 532: 519-524.
- Benavides, H. 2001. Efecto del biol y bioestimulantes en la producción de fresa (*Fragaria ananassa* Duch) en zona semiárida. Tesis de título profesional, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Perú.
- Carvajal de Pabón, L.; Yahia, E.; Cartagena, R.; Peláez, C.; Gaviria, C.; Rojano, B. 2012. Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchense (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 114: 37-53.
- Cueva, A.; Robles, C.; Garatza, J.; Yépez, E. 2016. Soil respiration in Mexico: Advances and future directions. *Terra Latinoamericana* 398: 253:269.
- Di Ciocco, C.; Sandler, R.; Falco, L.; Coviella, C. 2014. Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico-químicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo* 246: 73-85.
- Dirección General de Información Agraria. 2008. Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú - MINAGRI. Disponible en: http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_fresa.pdf
- Espinoza, B. 2014. Evaluación de compost como fuente de fertilización sobre el rendimiento y calidad de melón (*Cucumis melo* L.). Tesis de título profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila. México. 57 pp.
- FAOSTAT. Rendimiento y producción de fresa en Perú para el año 2014. 2017. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- Kader, A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. En: Dale, A. y Luby, J. (Ed.). The strawberry into the 21st. Timber Press. Estados Unidos. Pp. 145-152.
- Koyuncu, M.; Dilmacinal, T. 2010. Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 307: 95-98.
- Lee, S.; Kader, A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 312: 207-220.
- López-Aranda, J. 2008. El cultivo de la fresa en Huelva. En: Junta de Andalucía. Consultoría de Agricultura y Pesca de España. La fresa en Huelva. España. Pp. 103-177.
- Melero, S.; Herencia, J.; Ruíz, J.; Madejón, E. 2007. Efecto a largo plazo del manejo orgánico sobre la fertilidad química del suelo y la producción de los cultivos. *Agricultura Revista Agropecuaria* 642: 610-614.
- Moor, U.; Karp, K.; Poldma, P. 2004. Effect of mulching and fertilization on the quality of strawberries. *Agricultural and Food Science* 325: 256-267.
- Moreira, F.; Siqueira, J. 2006. Microbiología e bioquímica do solo. 2da Edición. Editorial UFLA. Brazil. 744 pp.
- Navarro, G.; Navarro, S. 2014. Fertilizantes: Química y Acción. 1ra Edición. Editorial Mundi Prensa, España. 229 pp.
- Nestby, R.; Lieten, F.; Pivot, D.; Raynal Lacroix, C.; Tagliabini, M. 2006. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in Plant Organs: A Review. *International Journal of Fruit Science* 156: 139-156.
- NTP - Norma Técnica Peruana. 2014. Frutas: Fresas. NTP 011.011 1975. 1ra Edición (revisada el 2014). Lima, Perú. 6 pp.
- Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. Serie de Estadísticas de Producción Agrícola. 2017. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Disponible en: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- Oficina de Información Agraria. Nota informativa: Análisis y Perspectivas. Octubre 2014 del Producto Fresa. 2014. Gerencia Regional de Agricultura La Libertad. Disponible en: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Nota%20Informativa_%20FRESA%20EN%20LA%20LIBERTAD_2014.pdf
- Ojeda-Real, L.; Lobit, P.; Cárdenas, R.; Cabrera, O.; Fariás, R.; Valencia-Cantero, E.; Macías, L. 2009. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Aromas). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1106: 935-939.
- Pazmiño, J.; Lluquiñga, P. 2017. Evaluación de fertilización mineral y órgano / mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad Albión. Tesis de título profesional, Universidad Central del Ecuador, Quito. Ecuador. 69 pp.
- Pefaur, J. El mercado de las frutillas. 2014. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Disponible en: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/140873433Frutillas2014.pdf
- Pérez, A.; Sanz, C. 2008. Técnicas de pos-cosecha, manejo, almacenamiento y transporte de frutos. En: Junta de Andalucía. Consultoría de Agricultura y Pesca (España). La fresa en Huelva. España. Pp. 103-177.
- Pérez, M.; Ojeda, M.; Mogollón, N.; Giménez, A. 2016. Calidad y actividad antioxidante en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivar Chandler en dos localidades del estado Lara. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 82: 6-18.
- Pop, F.; Mitre, V.; Balcau, L.; Gocan, M.; Tripon, A. 2013. Mulch and fertilizer effect on vitamin C concentration and acidity in strawberries. *Journal of Horticulturae, Forestry and Biotechnology* 395: 26-30.
- Puma, C. 2005. La fertilización potásica en el rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa* D.) cv. Oso Grande bajo condiciones de invernadero 2003 – 2004. Tesis de título profesional, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Perú. 135 pp.
- Ramos, E. y Zúñiga, D. 2008. Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada* 190: 123-130.
- Reganold, J.; Andrews, P.; Reeve, J.; Carpenter-Boggs, L.; Schadt, C.; Alldredge, R.; Ross, C.; Davies, N.; Zhou, J. 2010. Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. *PLoS one* 14: 1-14.
- Romero-Romano, C.; Ocampo-Mendoza, J.; Sandoval-Castro, E.; Tobar-Reyes, R. 2012. Abonamiento orgánico – mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. *Ran Ximhai* 157: 41-49.
- Rubio, S.; Alfonso, A.; Grijalba, C.; Pérez, M. 2014. Determinación de los costos de producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 168: 67-79.
- Undurraga, P.; Vargas, S. 2013. Manual de frutilla. Boletín INIA N° 262. 2da Edición. Editorial Trama Impresores S.A. Chillán, Chile. 112 pp.
- Yasseen, A. 2009. Influence of organic and chemical fertilization on fruit yield and quality of plastic-house grown strawberry. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 236: 167-177.