

Aplicación de cascarilla de arroz como fuente de silicio y fertilización mineral del cultivo de limonero (*Citrus aurantifolia*) en suelos de textura arenosa - Piura

Application of rice husk as a source of silicon and mineral fertilization of lemon (Citrus aurantifolia) in sandy soils – Piura

¹Ricardo Antonio Peña Castillo, ¹Miguel Ángel Galecio Julca

Recibido, abril 2018
Aceptado, junio 2018

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Valle Cieneguillo Sur; Sector ATEA (Asociación de Técnicos Extensionistas Agropecuarios) a 9 Km del norte de Piura, en una plantación de limonero de 7 años con distanciamiento de 7x7 m², duró 22 meses (enero 2016 - noviembre 2017), bajo suelo arenoso (92 % arena) y 0.13% de materia orgánica. Se empleó el diseño Bloques Completamente al Azar. La unidad experimental fue un árbol en producción.

Los factores en estudio fueron: 110 (N) 50 P2O₅ 120 K₂O 25 Ca (D1), 210 (N) 100 P2O₅ 150 K₂O 80 Ca (D2), 280 (N) 120 P2O₅ 180 K₂O 120 Ca (D3), 50 % Cascarilla de arroz + 50 % materia Orgánica (C1) y 75% Cascarilla de arroz + 25 % materia orgánica (C2); la combinación determinó los tratamientos: T1 (D1C1), T2 (D1C2), T3 (D2C1), T4 (D2C2), T5 (D3C1), T6 (D3C2) y T0 (sin aplicar).

Con los resultados obtenidos se concluyó: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos sobre el número de frutos de primera, segunda y tercera. El peso de frutos primera, segunda y tercera, se comportó estadísticamente similar, sin embargo en la calificación fábrica, el testigo (481.67 g) se comportó estadísticamente igual al T5 (340.00 g) y es superior al resto de los tratamientos.

El T4 reportó el mejor rendimiento para el limón de primera, con 7296.03 kg/ha. El T2 mostró el mayor rendimiento para la calificación segunda con 2564.41 kg/ha. El rendimiento (kg/ha) de frutos de tercera, fue mejor con los tratamientos T5 y T6.

Palabras clave: Silicio, limón de primera, limón de segunda, limón de tercera, limón de fábrica.

¹ Universidad Nacional de Piura
^a Ing. agrónomo

ABSTRACT

The work was carried out in the Valle Cieneguillo Sur; Sector ATEA (Association of Agricultural Extension Technicians) to 9 km of the north of Piura, in a plantation of lemon tree of 7 years with distancing of 7x7 m², lasted 22 months (January 2016 - November 2017), under sandy soil (92% sand) and 0.13% organic matter.

The design Blocks Completely Random was used. The experimental unit was a tree in production.

The factors under study were: 110 (N) 50 P2O5 120 K2O 25 Ca (D1), 210 (N) 100 P2O5 150 K2O 80 Ca (D2), 280 (N) 120 P2O5 180 K2O 120 Ca (D3), 50% Rice husk + 50% Organic matter (C1) and 75% Rice husk + 25% organic matter (C2); the combination determined the treatments: T1 (D1C1), T2 (D1C2), T3 (D2C1), T4 (D2C2), T5 (D3C1), T6 (D3C2) and T0 (without applying).

With the results obtained, it was concluded: There are no statistical differences between the treatments on the number of first, second and third fruits.

The fruit weight first, second and third, behaved statistically similar, however in the factory score, the control (481.67 g) behaved statistically equal to T5 (340.00 g) and is superior to the rest of the treatments.

The T4 reported the best performance for the first lemon, with 7296.03 kg / ha. The T2 showed the highest performance for the second qualification with 2564.41 kg / ha. The yield (kg / ha) of third fruits was better with the treatments T5 and T6.

Key Words: *silicon, lemon first, lemon second, lemon third, lemon factory.*

INTRODUCCION

En la actualidad en la región Piura se siembran aproximadamente 16000 hectáreas de limonero en los Valles de San Lorenzo, Alto Piura, Medio Piura, Cieneguillo y El Chira.

Sin embargo, destaca los suelos de textura arenosa de Cieneguillo con menores condiciones edáficas para una buena productividad.

Con un consumo de fruta fresca del 60 % y la diferencia para la agroindustria en aceites esenciales del limón.

Los requerimientos periódicos de materia orgánica para mejorar los suelos arenosos son altos, respecto a otro tipo de suelo; lo

que contribuye a incrementar los costos de producción.

El silicio; se encuentra presente en los tejidos de la planta en cuatro formas, que son la mineral, orgánica, polimérica y cristalina.

Esta última se encuentra en la superficie de las hojas, proporcionándole brillo y formando parte de la estructura de los tricomas y fitolitos, (Quero, 2008).

La extracción de silicio activo de los suelos agrícolas por cada cosecha es en promedio de 40 a 300 kg/ha.

Además el silicio incrementa la resistencia a la sequía en las plantas.

La fertilización con silicio puede optimizar el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40% y ampliar los intervalos del riego sin efectos negativos sobre las plantas.

Adicionalmente al sistema irrigación-drenaje, la fertilización con minerales de silicio activo, permiten completar la rehabilitación de suelos afectados por sales, compactación y bajos niveles de pH.(Quero, 2008).

El Silicio, una vez aplicado al suelo reacciona con el agua transformándose en ácido monosilícico (H_4SiO_4) moviéndose rápidamente a través del xilema. (AGROMIL, 2006).

A su vez, (Horna, 2007) sostiene que a partir de la cascarilla de arroz, mediante técnicas sencillas se produce silicio orgánico que es un valioso fertilizante para la agricultura puede ser aprovechado ese 65% de silicio que contiene la cascarilla y poder devolver al terreno bien como silicio líquido o como silicio sólido que constituye la ceniza, y es apto para todos los cultivos agrícolas.

El objetivo principal de la investigación fue identificar la mejor dosis de aplicación de cascarilla de arroz y fertilización mineral en la productividad del cultivo de limonero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales, insumos y herramientas:

- Fertilizantes: Fosfato Diamónico, nitrato de calcio, sulfato de amonio y sulfato de potasio
- Abonos foliares: Fertilón combi, Ácido giberélico, Algafol Fe y Citowell
- Herramientas: Palanas, trinchas y machetes, Wincha y Aplicador de alta presión

- Equipos: Phímetro portátil, Conductivímetro y Computadora

Desarrollo del experimento:

- Lugar

La investigación se realizó en el Valle Cieneguillo Sur; Sector ATEA (Asociación de Técnicos Extensionistas Agropecuarios) a 9 Km por el Norte de Piura.

- Duración

Tuvo una duración de 22 meses de Enero del 2016 hasta noviembre del 2017.

Métodos y procedimientos:

- Análisis de suelo

Se tomó una sub muestra representativa de cada uno de los tres bloques que comprendió el experimento, luego se homogeneizó la tierra y se obtuvo una muestra final de 1 kg., el análisis físico – químico se realizó en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura.

- Dosis de fertilizantes

Se pesó cada uno de las fuentes de nutrientes para la planta en una balanza de acuerdo a las unidades necesarias. 110 (N)-50 P2O5-120 K2O-25 Ca; 210 (N)-100 P2O5 -150 K2O -80 Ca; 280 (N)-120 P2O5-180 K2O-120 Ca.

- Dosis de pajilla de arroz incinerada

Se pesó la cascarilla de arroz incinerada para cada tratamiento en las proporciones de 25% y 50% mezclado con la materia orgánica, se descompuso por 30 días y luego se incorporó al experimento de acuerdo a los tratamientos.

Los pesos son equivalentes en 30 Kg de pajilla de arroz (25%) del total de 120 Kg/ Planta y 60 Kg de pajilla de arroz (50%) del total de 120 Kg/planta.

• Mezcla con materia orgánica
Se pesó la materia orgánica de procedencia de caprinos y ovinos, luego se procesó en compostaje conjuntamente con la cascarilla de arroz incinerada para finalmente ser incorporada a cada unidad experimental de acuerdo a cada tratamiento.

Kg de materia orgánica) para cada tratamiento.

Esta incorporación se realizó antes de los 45 días que se incorpora el fertilizante.

Factores en estudio:

Los porcentajes son de 75 % (90 Kg de materia orgánica) y 50 % (60

Los factores en estudio figuran en la tabla siguiente:

TABLA 1: Factores en Estudio

Factor	Niveles	Clave
Dosis de fertilizantes	110 (N) 50 P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 25 Ca	D ₁
	210 (N) 100 P ₂ O ₅ 150 K ₂ O 80 Ca	D ₂
	280 (N) 120 P ₂ O ₅ 180 K ₂ O 120 Ca	D ₃
	50 % Cascarilla de arroz + 50 % materia Orgánica.	C ₁
	75% Cascarilla de arroz + 25 % materia orgánica.	C ₂

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2: Combinación de los Tratamientos

Número	Combinaciones	Clave
1	110 (N) 50 P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 25 Ca x C ₁ + 50 % MO	D ₁ C ₁
2	110 (N) 50 P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 25 Ca x C ₂ + 25 % MO	D ₁ C ₂
3	210 (N) 100 P ₂ O ₅ 150 K ₂ O 80 Ca x C ₁ + 50 % MO	D ₂ C ₁
4	210 (N) 100 P ₂ O ₅ 150 K ₂ O 80 Ca x C ₂ + 25 % MO	D ₂ C ₂
5	280 (N) 120 P ₂ O ₅ 180 K ₂ O 120 Ca x C ₁ + 50 % MO	D ₃ C ₁
6	280 (N) 120 P ₂ O ₅ 180 K ₂ O 120 Ca x C ₂ + 25 % MO	D ₃ C ₂
7	Testigo	T ₀

Diseño estadístico

Se empleó el Diseño Bloques Completamente al Azar – BCA simple, con tres bloques y tres repeticiones por bloque. La unidad experimental fue un árbol de limón en producción.

cosechas, realizándose una cosecha por mes: Peso de fruto de limonero, Número de frutos cosechados por unidad experimental, Selección de frutos, primera, segunda, tercera y fábrica y Rendimiento por hectárea

Observaciones experimentales

Se consideró las siguientes observaciones experimentales en un total de siete

RESULTADOS

Análisis del suelo

TABLA 3: Análisis físico – químico del suelo.

Determinaciones	Unidades	Resultados
Cond. Eléctrica dS.m ⁻¹	dS.m ⁻¹	0.18
pH (1.2:2.5)	-	7.55
Calcáreo (% CaCO ₂)	%	0.66
Materia Orgánica (%)	%	0.13
N Total (%N)	%	0.01
P disponible (ppm P)	ppm	11
K asimilable (ppm K)	ppm	100
Clase textural:		Aro.
% Arena	%	92
% Limo	%	04
% Arcilla	%	04
C.I.C.	Meq.100 g ⁻¹ .	2.12
Ca ⁺⁺ meq.100 g ⁻¹ .	Meq.100 g ⁻¹ .	1.49
Mg ⁺⁺ meq.100 g ⁻¹ .	Meq.100 g ⁻¹ .	2.70
K ⁺ meq.100 g ⁻¹ .	Meq.100 g ⁻¹ .	0.50
Na ⁺ meq.100 g ⁻¹ .	Meq.100 g ⁻¹ .	0.26

Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía - UNP

Número de frutos cosechados. Calificación primera

El ANVA la Tabla 4, nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la observación número de frutos cosechados por planta – calificación primera, el coeficiente de variación fue de 18.13%.

detecta diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, los mismos que se comportan estadísticamente igual. Los valores promedio para el parámetro número de frutos cosechados por planta – calificación primera, fluctúan entre 21.00 y 26.33 frutos cosechados por planta.

Efecto de tratamientos

LaprueradeDuncanal0.05,Tabla5,tampoco

En la figura 1 se muestran los resultados.

TABLA 4: ANVA para número de frutos cosechados. Calificación primera.

F.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	0.3719	0.1859	0.25	NS
Tratamientos	6	0.7656	0.1276	0.17	NS
Error experimental	12	8.8453	0.7371		
Total	20	9.9827			

C.V = 18.13%

TABLA 5: Prueba de Duncan para número de frutos cosechados. Calificación primera

Tratamiento	Frutos cosechados. Calificación primera (frutos por planta)	Duncan 0.05
T4	26.33	a
T2	24.33	a
T5	23.00	a
T0	22.33	a
T1	24.67	a
T6	21.67	a
T3	21.00	a

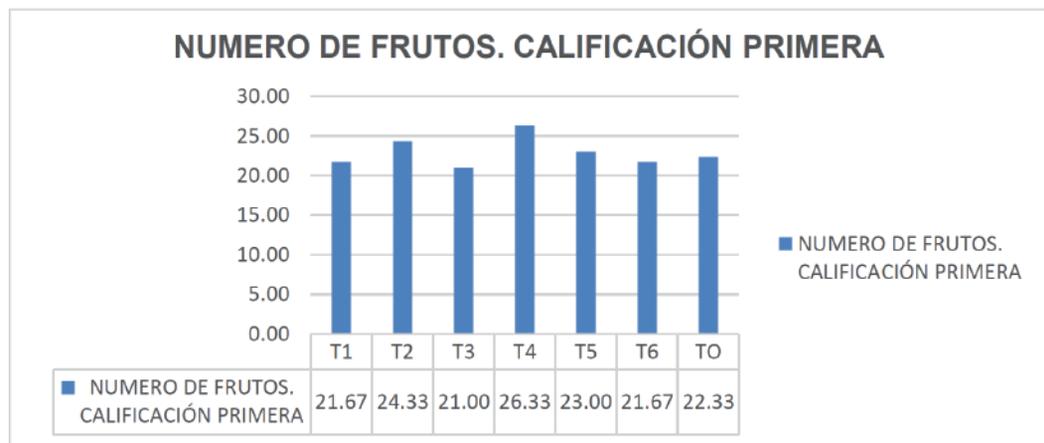


Figura 1. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el número de frutos. Calificación primera.

Número de frutos cosechados. Calificación segunda

El ANVA Tabla 4, nos indica que no existen diferencias significativas entre los

tratamientos para la observación número de frutos cosechados por planta – calificación segunda, el coeficiente de variación fue de 20.34%.

TABLA 6: Prueba de Duncan para número de frutos cosechados. Calificación primera

F.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	0.8569	0.4284	0.69	NS
Tratamientos	6	2.5587	0.4264	0.69	NS
Error experimental	12	7.4034	0.6169		
Total	20	10.8189			

CV= 20.34%

TABLA 7: Prueba de Duncan para número de frutos cosechados. Calificación segunda.

Tratamiento	Frutos cosechados. Calificación segunda (frutos por planta)	Duncan 0.05
T2	20.33	a
T5	17.33	a
T1	17.00	a
T4	14.67	a
T6	14.67	a
T3	12.00	a
T0	12.00	a

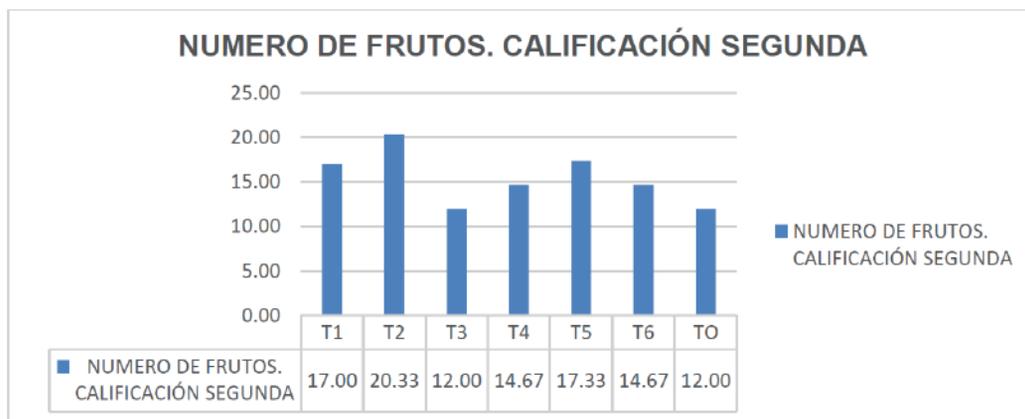


Figura 2. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el número de frutos. Calificación segunda.

Número de frutos cosechados. Calificación tercera

El ANVA Tabla 8, nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la observación número de frutos cosechados por planta – calificación tercera, el coeficiente de variación fue de 28.12%.

Efecto de tratamientos

La prueba de Duncan al 0.05, Tabla 9, tampoco detecta diferencias estadísticas

entre los tratamientos evaluados, los mismos que se comportan estadísticamente igual.

Los valores promedio para el parámetro número de frutos cosechados por planta – calificación tercera, fluctúan entre 3.33 y 6.67 frutos cosechados por planta – calificación tercera.

En la figura 3, se muestran los resultados.

TABLA 8: ANVA para número de frutos cosechados. Calificación tercera

F.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	0.8781	0.4391	1.21	NS
Tratamientos	6	1.1034	0.1839	0.51	NS
Error experimental	12	4.3661	0.3638		
Total	20	6.3476			

CV= 28.12%

TABLA 9: Prueba de Duncan para número de frutos cosechados. Calificación tercera.

Tratamiento	Frutos cosechados. Calificación tercera (Frutos por planta)	Duncan 0.05
T5	6.67	a
T6	6.00	a
T0	5.00	a
T3	4.67	a
T4	4.67	a
T2	4.00	a
T1	3.33	a

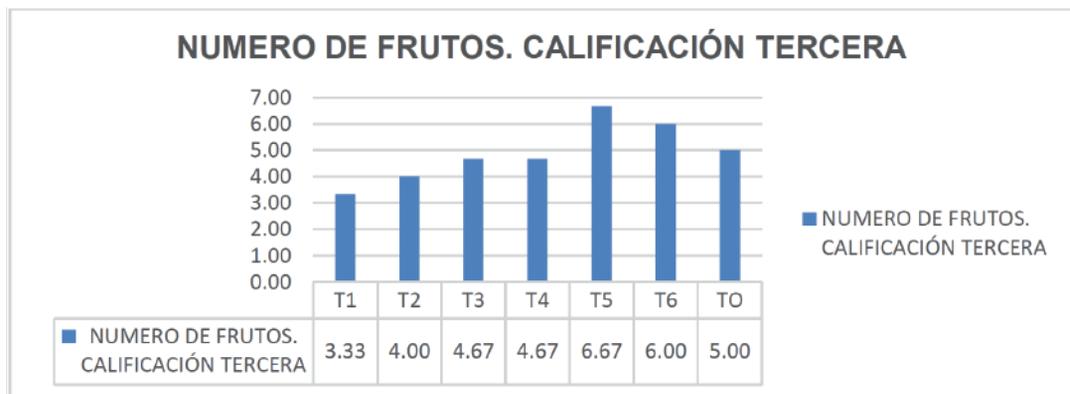


Figura 3. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el número de frutos. Calificación tercera.

Peso de frutos/planta (gr). Calificación primera

El ANVA en la Tabla 10, nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la observación peso de frutos por planta – calificación

primera, el coeficiente de variación fue de 18.28%.

Efecto de tratamientos

La prueba de Duncan al 0.05, Cuadro N° 9, tampoco detecta diferencias estadísticas

entre los tratamientos evaluados, los mismos que se comportan estadísticamente igual. Los valores promedio para el parámetro peso de frutos cosechados por planta – calificación primera, fluctúan entre 1238.00 y 1393.33 Gr. En la figura 4, se muestran los resultados.

TABLA 10: ANVA para peso de frutos/planta (gr). Calificación primera

F.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	14.2102	7.1051	0.17	NS
Tratamientos	6	18.6573	3.1096	0.07	NS
Error experimental	12	510.3756	42.5313		
Total	20	543.2431			

C.V= 18.28%

TABLA 11: Prueba de Duncan para peso de frutos/planta (gr). Calificación primera

Tratamiento	Peso de frutos (gr) Calificación primera	Duncan 0.05
T2	1393.33	a
T4	1358.33	a
T3	1311.67	a
T0	1274.33	a
T5	1266.67	a
T6	1245.00	a
T1	1238.00	a

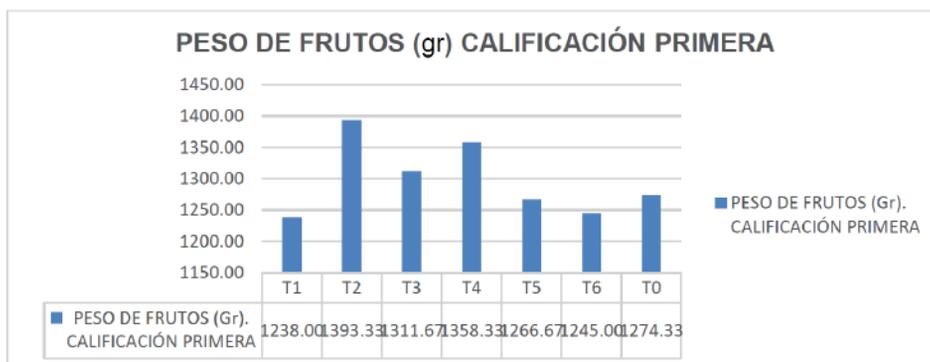


Figura 4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso de frutos (Gr). Calificación primera.

Peso de frutos/planta (gr). Calificación segunda

El ANVA Tabla N° 12, nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la observación peso de frutos por planta – calificación segunda, el coeficiente de variación fue de 20.60%.

Efecto de tratamientos

La prueba de Duncan al 0.05, Tabla 13, tampoco detecta diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, los mismos que se comportan estadísticamente igual. Los valores promedio para el parámetro peso de frutos cosechados por planta –

calificación segunda, fluctúan entre 466.00 y 666.00 Gr. En la figura 5, se muestran los resultados.

El tratamiento T1, supera numéricamente al resto de los tratamientos, indiscutiblemente la adición de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, sílice y materia orgánica en ciertos niveles influyen en los rendimientos del cultivo de limonero, tal como lo demostró Meléndres, A. (2014) quien aplicó 110 N, 50 P205, 120 K20, obteniendo rendimientos de 49,589.00 kg/ha y con 220 N, 100 P205, 240 K20 con lo cual obtuvo 48,729.20 kg/ha.

TABLA 12: ANVA para peso de frutos/planta (gr). Calificación segunda

F.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	18.0927	9.0464	0.38	NS
Tratamientos	6	46.4533	7.7422	0.33	NS
Error experimental	12	285.7174	23.8098		
Total	20	350.2634			

C.V= 20.60 %

TABLA 13: Prueba de Duncan para peso de frutos/planta (gr) Calificación segunda

Tratamiento	Peso de frutos (gr) Calificación segunda	Duncan 0.05
T1	666.00	a
T4	643.33	a
T2	618.33	a
T5	613.00	a
T0	546.67	a
T6	492.67	a
T3	466.00	a

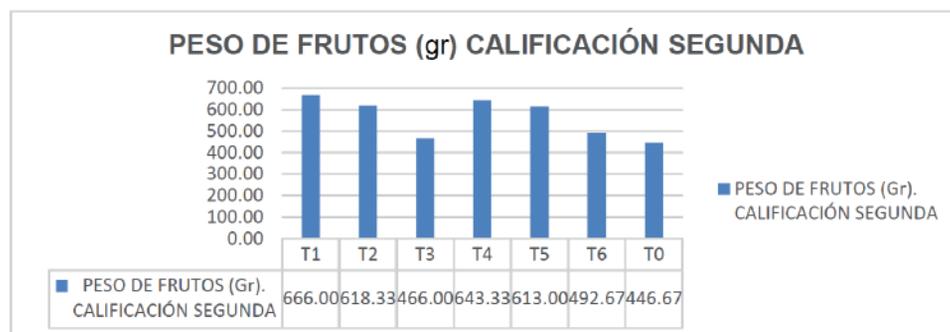


Figura 5. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso de frutos (gr) Calificación segunda.

Peso de frutos/planta (gr). Calificación tercera

El ANVA Tabla 14, nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la observación peso de frutos por planta – calificación tercera, el coeficiente de variación fue de 19.89%.

Efecto de tratamientos

La prueba de Duncan al 0.05, Tabla

N° 15, tampoco detecta diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, los mismos que se comportan estadísticamente igual.

Los valores promedio para el parámetro peso de frutos cosechados por planta – calificación tercera, fluctúan entre 100.00 y 164.00 gr. En la figura 06, se muestran los resultados.

TABLA 14: ANVA para peso de frutos/planta (gr) Calificación tercera

F.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	28.7794	14.3897	2.86	NS
Tratamientos	6	20.4873	3.4145	0.68	NS
Error experimental	12	60.4380	5.0365		
Total	20	109.7047			

C.V= 19.89 %

TABLA 15: Prueba de Duncan para peso de frutos/planta (gr.) Calificación tercera

Tratamiento	Peso de frutos (gr). calificación tercera	Duncan 0.05
T6	164.00	a
T0	151.67	a
T5	142.67	a
T3	132.00	a
T1	121.67	a
T4	116.00	a
T2	100.00	a

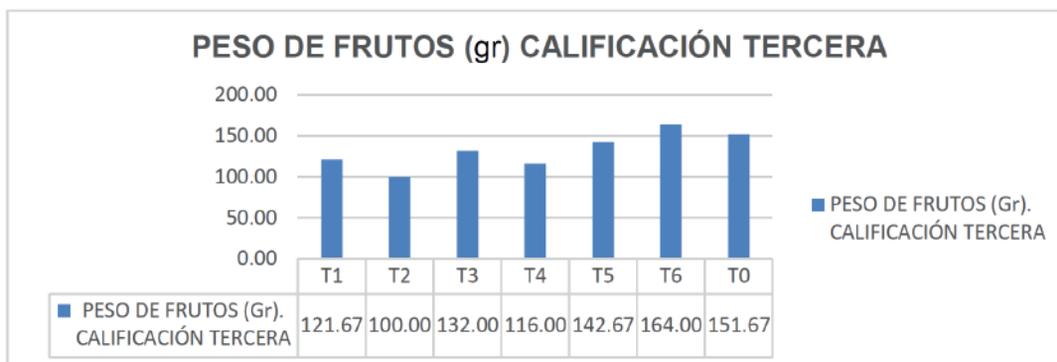


Figura 6. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso de frutos (gr.) Calificación segunda.

Peso de frutos/planta (gr). Calificación fábrica

El ANVA, en la tabla 16 nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la observación peso de frutos por planta – calificación fábrica, el coeficiente de variación fue de 13.93%.

Efecto de tratamientos

La prueba de Duncan al 0.05, en el Tabla 17, se establece que los tratamientos T0 y T5 son iguales estadísticamente, con

los cuales se han obtenido el mayor peso de frutos/planta para la característica frutos- fábrica, pero sólo el tratamiento T0 supera estadísticamente a los tratamientos T2, T4, T3, T6 y T1, los que a su vez son estadísticamente iguales.

Con el tratamiento testigo, se obtuvieron mayor peso de frutos fábrica, debido a que enmarcados en esta característica se encuentran frutos pequeños y amarillentos, cosa que con el resto de tratamientos no se obtiene.

TABLA 16: ANVA para peso de frutos/planta (gr) Calificación fábrica

E.V	GL	SC	CM	Fc	SIGN.
Bloques	2	15.6075	7.8038	1.35	NS
Tratamientos	6	97.9231	16.3205	2.82	NS
Error experimental	12	69.4457	5.7871		
Total	20	182.9763			

C.V= 13.93%

TABLA 17: Prueba de Duncan para peso de frutos/planta (gr).

Calificación fábrica		
Tratamiento	Peso de frutos (gr) Calificación fábrica	Duncan 0.05
T0	481.67	a
T5	340.00	a b
T2	301.67	b
T4	275.00	b
T3	263.33	b
T6	255.00	b
T1	231.67	b

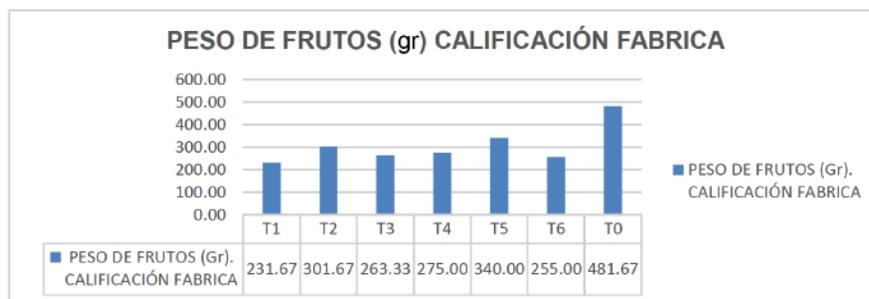


Figura 7. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso de frutos (gr).Calificación fábrica.

Rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos en kg/ha.
Frutos calificación primera

La tabla 18, nos revela que con el tratamiento T4 (210 N, 100 P2O5, 150 K2O y 80 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) se obtiene el mejor rendimiento para la característica limón de

primera, con un rendimiento de 7296.03 kg/ha, seguido del tratamiento T2 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica), con un rendimiento de 6915.54 kg/ha.

Por su parte el tratamiento T6, reporta el menor rendimiento para esta característica con 5503.75 kg/ha.

TABLA 18: Rendimiento (kg/ha) de frutos con calificación primera

Tto	Nº de frutos/planta	Peso de frutos (g.)	Peso frutos/planta (g.)	Peso frutos/planta (kg)	Nº plantas/ha*	Rdto. kg/ha
T1	24.67	1238.00	30541.46	30.54	204	6230.46
T2	24.33	1393.33	33899.72	33.90	204	6915.54
T3	21.00	1311.67	27545.07	27.55	204	5619.19
T4	26.33	1358.33	35764.83	35.76	204	7296.03
T5	23.00	1266.67	29133.41	29.13	204	5943.22
T6	21.67	1245.00	26979.15	26.98	204	5503.75
T0	22.33	1274.33	28455.79	28.46	204	5804.98

*Calculado en base al distanciamiento de la plantación: 7x7 m².

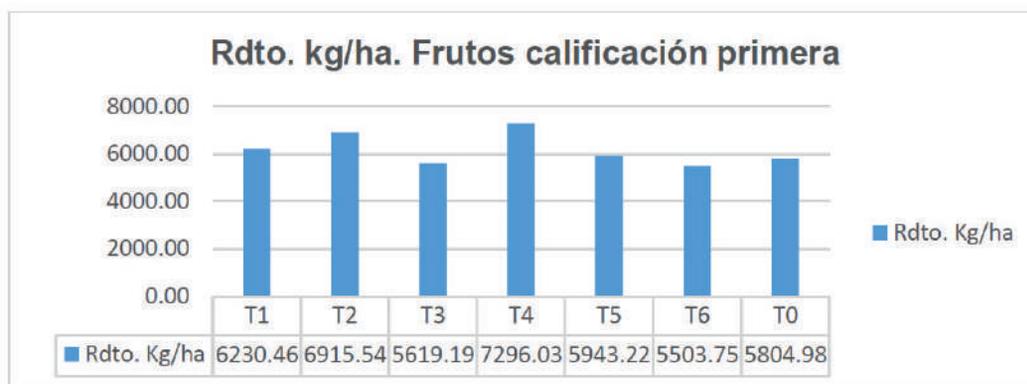


Figura 8. Rendimiento en kg/ha. Frutos calificación primera

Frutos calificación segunda

De acuerdo a los resultados reportados en el cuadro N° 17, el tratamiento T2 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica), muestra el mayor rendimiento en kg/ha para la observación frutos calificación segunda, con un rendimiento de 2564.41 kg/

ha, seguido del tratamiento T1 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) con 2309.69 kg/ha, siendo el T3 (210 N, 100 P2O5, 150 K2O y 80 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) el tratamiento que reporta el menor rendimiento con 1140.77 kg/ha.

De acuerdo a ello deducimos que a pesar que los tratamientos antes indicados tienen en común las mismas dosis de NPK y Ca, los diferencia la concentración del sílice y humus, teniendo el tratamiento T2, 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica, tal como lo asevera Quero (2008) el sílice refuerza a la planta en la capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para la producción de cosechas. Ver resultados en la Figura 7.

TABLA 19: Rendimiento (kg/ha) de frutos con calificación primera

Tto	Nº de frutos/planta	Peso de frutos (g.)	Peso frutos/planta (g.)	Peso frutos/planta (kg)	Nº plantas/Ha*	Rdto. kg/ha
T1	17.00	666.00	11322.00	11.32	204	2309.69
T2	20.33	618.33	12570.65	12.57	204	2564.41
T3	12.00	466.00	5592.00	5.59	204	1140.77
T4	14.67	643.33	9437.65	9.44	204	1925.28
T5	17.33	613.00	10623.29	10.62	204	2167.15
T6	14.67	492.67	7227.47	7.23	204	1474.40
T0	12.00	546.67	6560.04	6.56	204	1338.25

*Calculado en base al distanciamiento de la plantación: 7x7 m².

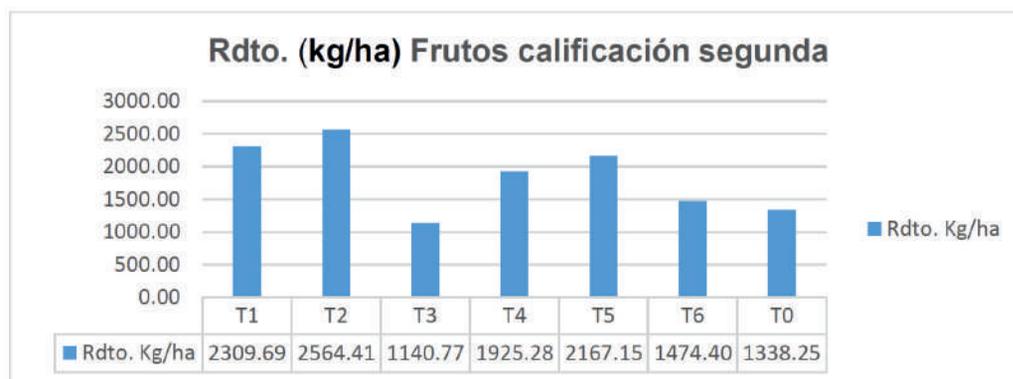


Figura 9. Rendimiento en kg/ha. Frutos calificación segunda

Frutos calificación tercera

En la tabla 20, nos muestra el rendimiento (kg/ha) de frutos con calificación tercera, siendo el tratamientos T5 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) y T6 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) los que reportan los mayores rendimientos y los tratamientos T1 (110 N, 50 P2O5,

120 K2O y 25 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) y T2 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) los que reportan los menores rendimientos para la característica frutos de tercera.

De acuerdo a ello se puede deducir que con las mayores dosis de NPK y Ca (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca) es donde

se obtiene el mayor rendimiento de fruta de tercera al margen de la adición de cascarilla de arroz y humus, probablemente la adición de nitrógeno hace que la fruta sea más pequeña por el exceso de follaje formado.

TABLA 20: Rendimiento (kg/ha) de frutos con calificación tercera

Tto	Nº de frutos/planta	Peso de frutos (g.)	Peso frutos/planta (g.)	Peso frutos/planta (g.)	Nº plantas/Ha*	Rdto. kg/ha
T1	3.33	121.67	405.16	0.41	204	82.65
T2	4.00	100.00	400.00	0.40	204	81.60
T3	4.67	132.00	616.44	0.62	204	125.75
T4	4.67	116.00	541.72	0.54	204	110.51
T5	6.67	142.67	951.61	0.95	204	194.13
T6	6.00	167.00	1002.00	1.00	204	204.41
T0	5.00	151.67	758.35	0.76	204	154.70

*Calculado en base al distanciamiento de la plantación: 7x7 m².

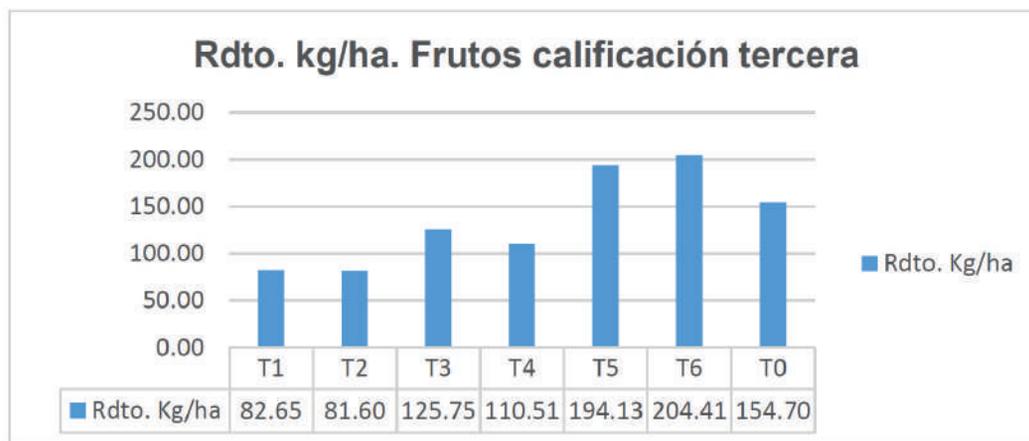


Figura 10. Rendimiento en kg/ha. Frutos calificación tercera

DISCUSIÓN

Según la Tabla 3, se puede apreciar, que la conductividad eléctrica que se obtuvo de 0.18 dS.m⁻¹, califica como normal, luego pH 7.55 considerado como suelo ligeramente alcalino, el contenido de CaCO₃ fue bajo de 0.66 %, la materia orgánica fue 0.13 valor considerado como bajo.

Para el contenido de fósforo disponible fue de 11 ppm y el potasio asimilable fue de 100 ppm ambos elementos como niveles medio.

Entre tanto la clase textural, de suelo arenoso cuyo porcentaje de arena fue 92 %, el cual su manejo del suelo es importante si no se hace incorporación de materia orgánica.

Según esta información es preponderante la aplicación de materia orgánica para disminuir la pérdida de agua por infiltración y nutrientes por percolación y mejorar la disponibilidad y transporte de nutrientes para la planta, Meléndez, V. (2014).

Los resultados obtenidos nos muestran que si bien no existen diferencias significativas entre los tratamientos, ello es un indicativo que el terreno en general tiene un suelo adecuado para el crecimiento y desarrollo del cultivo del limonero; sin embargo el tratamiento T4 (210 N, 100P2O5, 150 K2O y 80 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) nos ha permitido la obtención de la mayor cantidad de frutos - calificación primera, lo que repercute en las proyecciones del número de frutos/ha.

La prueba de Duncan al 0.05, Tabla 7, tampoco detecta diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, los mismos que se comportan estadísticamente igual.

Los valores promedio para el parámetro número de frutos cosechados por planta - calificación segunda, fluctúan entre 12.00 y 20.33 frutos cosechados por planta - calificación segunda.

Los datos reportados en la Tabla 7 de la prueba Duncan, nos muestran que estadísticamente se comportan igual, sin embargo numéricamente todos los tratamientos superan al testigo, obteniéndose mayor cantidad de frutos de calificación segunda, ello se enmarca con lo aseverado por Fernández Rivera (2015) quien manifiesta que el sílice mejora la fertilidad del suelo, favorece el proceso de fotosíntesis y alivia el estrés biótico

y abiótico, lo que repercute en un mayor número de frutos.

El número de frutos de calificación tercera son pocos para todos los tratamientos, en este caso la prueba Duncan indica que el tratamiento T5 (280 N, 120P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) numéricamente supera al resto de los tratamientos, probablemente la adición de N, P, K, Ca, silicio y materia orgánica refuerza a la planta en su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de las cosechas, Quero (2008).

El tratamiento T2 (110 N, 50P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica), es estadísticamente similar que el resto de tratamientos pero numéricamente los supera, con el cual se obtienen mayor peso de frutos cosechados por planta - calificación primera, ello repercute en una mayor cantidad de kilos en fruta por hectárea, probablemente la adición de estiércol influye en esta característica, coincidiendo con Galecio y Adanaqué (2011) quienes adicionaron estiércol, guano de isla y biol incrementando el rendimiento hasta 4800 kg de fruta por hectárea.

Con el tratamiento T6 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica), se obtiene numéricamente el mayor peso de frutos/planta para la característica calificación tercera, probablemente la mayor cantidad de cascarilla de arroz, así como de materia orgánica han influenciado, en coincidencia con Girón (2004) quien determinó que

el compost y humus permiten un mayor desarrollo de frutos de limón.

Como se aprecia en la figura 08, tanto el tratamiento T4, T2 como T6 tienen en común la adición de 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica, sin embargo el tratamiento T6 tiene las dosis más altas de N, P, K y Ca y reporta menor rendimiento que los tratamientos T6 y T2; los resultados coinciden con los obtenidos por Galecio y Adanaqué (2011).

CONCLUSIONES

1. No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados sobre los parámetros número de frutos calificación primera, segunda y tercera.

2. Los parámetros peso de frutos, calificación primera, segunda y tercera, se comportaron estadísticamente similares, sin embargo en la calificación frutos para fábrica, el testigo con 481.67 g. se comportó estadísticamente igual al tratamiento T5 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) con 340.00 g. y es superior al resto de los tratamientos.

3. El tratamiento T4 (210 N, 100 P2O5, 150 K2O y 80 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) reporta el mejor rendimiento para la característica limón de primera, con un rendimiento de 7296.03 kg/ha, seguido del tratamiento T2 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica), con un rendimiento de 6915.54 kg/ha, siendo tratamiento T6 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) quien muestra el menor rendimiento con 5503.75 kg/ha.

4. El tratamiento T2 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica), mostró el mayor rendimiento en kg/ha para la observación frutos calificación segunda, con un rendimiento de 2564.41 kg/ha, seguido del tratamiento T1 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) con 2309.69 kg/ha, siendo el T3 (210 N, 100 P2O5, 150 K2O y 80 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) el tratamiento que reporta el menor rendimiento con 1140.77 kg/ha.

5. El rendimiento (kg/ha) de frutos con calificación tercera, fue mejor con los tratamientos T5 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) y T6 (280 N, 120 P2O5, 180 K2O y 120 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) y los tratamientos T1 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 50% de cascarilla de arroz más 50% de materia orgánica) y T2 (110 N, 50 P2O5, 120 K2O y 25 Ca en mezcla con 75% de cascarilla de arroz más 25% de materia orgánica) los que reportan los menores rendimientos para la característica frutos de tercera con 82.65 y 81.60 kg/ha.

AGRADECIMIENTO

A todos los colaboradores quienes hicieron posible la realización del presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADANAQUÉ, Z. M., & Galecio. (2007). Evaluación de la Producción y Comercialización del Cultivo de Limonero (*Citrus aurantifolia*) en el Valle Cieneguillo Sur Durante las Campañas 2005 - 2006 y

2007. Piura: Universidad Nacional de Piura - Instituto de Investigación y Promoción para el Desarrollo.
- AGROMIL (2006). Beneficio del Silicio para la Agricultura. México.
- DEUMAN, & Ambiente, M. D. (2011). www.deuman.com. Recuperado el 24 de Julio de 2013.
- DIANA Abril, E. N. (2009). La Paja de Arroz Consecuencias de su Manejo y Alternativas de Aprovech. ISSN 0568-3076 Agron 17(2) 69 -79, 2009, 69-79
- DIOGO, R., Wydra, K. (2007). Silicon-induced basal resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* is related to modification of pectic cell wall polysaccharide structure. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 70: 120-129.
- FERNÁNDEZ Rivera Elizabeth, (2015), Uso de silicio e Inductores de Resistencia en Relación a Huanglongbing (HLB) en Limón Persa (*Citrus latifolia*) y limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Tesis que para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas Zapopan -Jalisco Universidad de Guadalajara – México. 93 pp
- GALECIO, M. J., & Adanaque, J. (2011). El Riego con Polimeros Hidrosorb como Alternativa en el Riego de Plantaciones de Limonero *Citrus aurantifolia* en el Valle Cieneguillo Sur. Piura: Instituto Regional de Ciencia Tecnología e Innovación - Universidad Nacional de Piura.
- GIRON (2004). Comportamiento de tres abonos orgánicos y su efecto en la producción de limonero- Huápalas en el Valle del Alto Piura.
- GUEVARA, M. (1995). Caracterización y Evaluación de la Cascarilla de Arroz como Combustible. Bogota - Colombia: Trabajo de Tesis pp 75.
- HORNA, R. (2007). Silicio en la Producción Agrícola. Recuperado el 23 de Julio de 2013, de Silicio en la Producción Agrícola: www.uteq.edu.ec/eventos/2007/congreso_bioteecnologia/832pdf
- JALON, M., & Azcon, M. (2008). Fundamentos de Fisiología vegetal Capítulo 29 Fisiología de las plantas y el estrés. 2da. Edic. Interamericana - Mc Graw - Hill Mdiel pp 577-597.
- MARTIN, R. S. (2010). Agrositio Desecho o Aprovechamos el Silicio. Recuperado el 23 de julio de 2013, de Agrositio.
- MELÉNDRES H. A. (2014). Estudio de los Momentos y Dosis de fertilización Sobre el rendimiento del Cultivo de Limonero (*Citrus aurantifolia* Swingle) en el Valle Cieneguillo Sur. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo Br. Victorio Ariste Meléndres Hererera, 2014. Pp-130.
- MONDRAGON (2004). Comportamiento de tres abonos orgánicos en el rendimiento y calidad del fruto. Alto Piura.
- NILSEN, y. D. (1996). *Physiology of plants under stress* In: Antibiotic factors, John Wiley y bbcons. New York: Eds INC.
- QUERO, E. (14 de mayo de 2008). loquero.com. Recuperado el 24 de julio de 2013.
- SAN MARTIN Z.C. (2008), Manejo Integrado Del Cultivo De Limonero En Cieneguillo Sur- INÍA- Boletín Técnico- Agrobanco.

CORRESPONDENCIA

Dr. Ricardo Antonio Peña Castillo
rpenac@unp.edu.pe