

SEMINARIO AGRÍCOLA

Sanidad y nutrición, claves para la mejora de la producción



Beneficios de la integración de silicio en el plan nutricional en palma de aceite

Agosto, 2,022

Jorge Mario Corzo

NaturAceites

Agenda

- Introducción
- Justificación
- Experiencias
- Conclusiones



Introducción

Características

- El silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la litosfera. 28% de la corteza sólida. El Oxígeno constituye el 47% del total.
- El silicio se encuentra normalmente en forma de óxido: el cuarzo, comúnmente llamado sílice (SiO_2).
- Presente en casi todos los minerales en forma no biodisponible.
- El silicio es absorbido por las plantas como ácido monosilícico Si(OH)_4 , es transportado por el Xilema y su distribución dentro de la planta depende de la velocidad de transpiración de sus diferentes partes.



Características

- Usos del Silicio: Hormigón, ladrillos, esmaltes, cerámica, acero y vidrio, siendo uno de los elementos más útiles y económicos
- El uso de este elemento en la agricultura no era muy común, pero se ha investigado por más de 100 años.
- Antes de 1,994 se hicieron aproximadamente 200 investigaciones relacionadas al Silicio en la agricultura.
- De 1,994 a la fecha se han realizado un poco mas de 800 investigaciones relacionadas en la agricultura

**In the early 1900's,
Si was recognized
as one of the 15
elements needed
for plant life
(Halligan, 1912).**

A Review of Silicon in Soils and Plants
and Its Role in US Agriculture: History
and Future Perspectives

Características

- La adición de Silicio se encuentra en el límite ente la nutrición, la bioestimulación y la protección vegetal; en contraposición de la creencia general de que el silicio no es un elemento esencial. (<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>)
- Muchos autores no consideran al silicio un elemento esencial para las plantas, sin embargo, se ha demostrado que sí es un elemento benéfico para los cultivos, al proveer una mayor resistencia y protección contra diversos factores bióticos y abióticos.
- Las plantas que mayormente acumulan silicio son las monocotiledóneas y en dicotiledóneas se reporta nula absorción con algunas excepciones.



Figura 1. Clasificación de los elementos químicos en función de su total o parcial esenciabilidad para las plantas (Navarro García y Navarro Blaya, 2000).

Importancia del Silicio

- Según Primavesi 1984, Bernal 2,012 y Caicedo y Chavarriaga 2,008 al Silicio se le ha relacionado con las siguientes características en la agricultura:
 - Resistencia de la planta a enfermedades fungosas
 - Disminución de ataque de insectos
 - Mantenimiento de hojas y tallos erectos (resistencia al vuelco)
 - Eficiencia en el uso del agua
 - Incremento en los rendimientos del cultivo
 - Translocación del fósforo
- Cambios de la química de suelo:
 - Incremento en la cantidad de fosforo disponible
 - Incremento de Potasio intercambiable
 - Reducción en la toxicidad de Aluminio

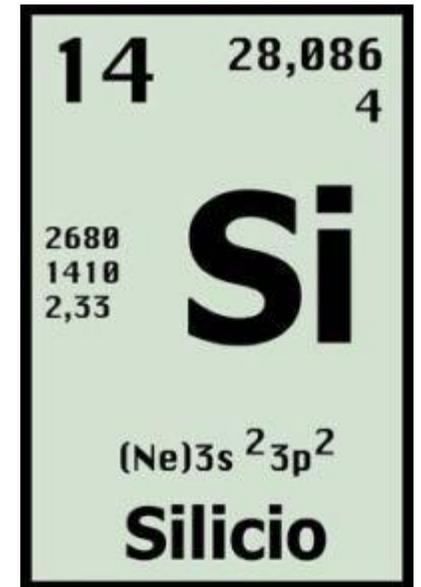


Figura 1. Silicio formando parte de células epidérmicas externas. Créditos: Productores de hortalizas.com

Importancia del Silicio

- El silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas
 - Arroz (15-100%)
 - Maíz (15-35%)
 - Trigo (10-30%)
 - Cebada (10-40%)
 - Caña de Azúcar (55-150%)
 - Aguacate, Mango, (40-70 %)
 - Zarzamora, Guayaba, hortalizas, Jitomate, Chile (50-150%) y otros, como el Fríjol,

(Quero, G. 2007)



Importancia del Silicio

- En Palma de Aceite
 - Su deficiencia puede inducir efectos adversos
 - Se acumula en la pared celular de las plantas
 - Mejora la tolerancia de las plantas a enfermedades e insectos fitófagos
 - Reduce la toxicidad por metales (Al, Fe, Mn, Cd, Pb)
 - Incrementa la eficiencia de uso del Fósforo y Potasio
 - Disminuye el estrés por sequía y salinidad
 - Promueve la formación de nódulos en leguminosas, entre otros
 - En viveros el uso de silicio ha mostrado efectos evidentes en mejoramiento del desarrollo de las plantas y reducción de problemas fitosanitarios
 - La sustitución de un 10% del fertilizante por silicio ha permitido mantener por tres años consecutivos la concentración foliar de Potasio por encima de las parcelas con 100% de fórmula



Justificación

Justificación Cenipalma, Colombia.

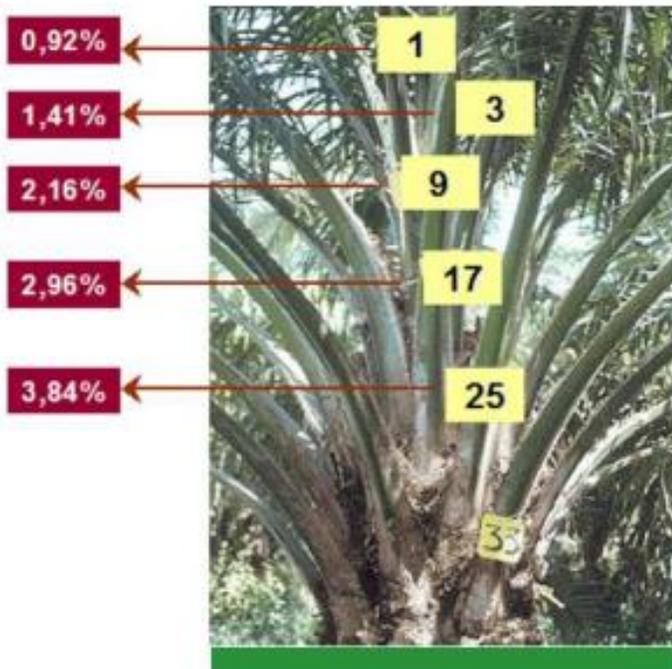
1. Prácticamente todas las especies vegetales contienen silicio, pero difieren en los niveles de concentración que alcanza el elemento en sus tejidos.
2. No es un elemento esencial, pero se considera “elemento benéfico” en varios cultivos, entre los cuales sobresalen el arroz y la caña de azúcar
3. Los beneficios se expresan como resistencia a enfermedades y plagas y/o como un mayor rendimiento del cultivo
4. No existe información a nivel mundial sobre el silicio en palma de aceite, por lo cual el conocimiento existente sobre este elemento en otras especies no es aún extrapolable a la palma

Química de la Palma de Aceite

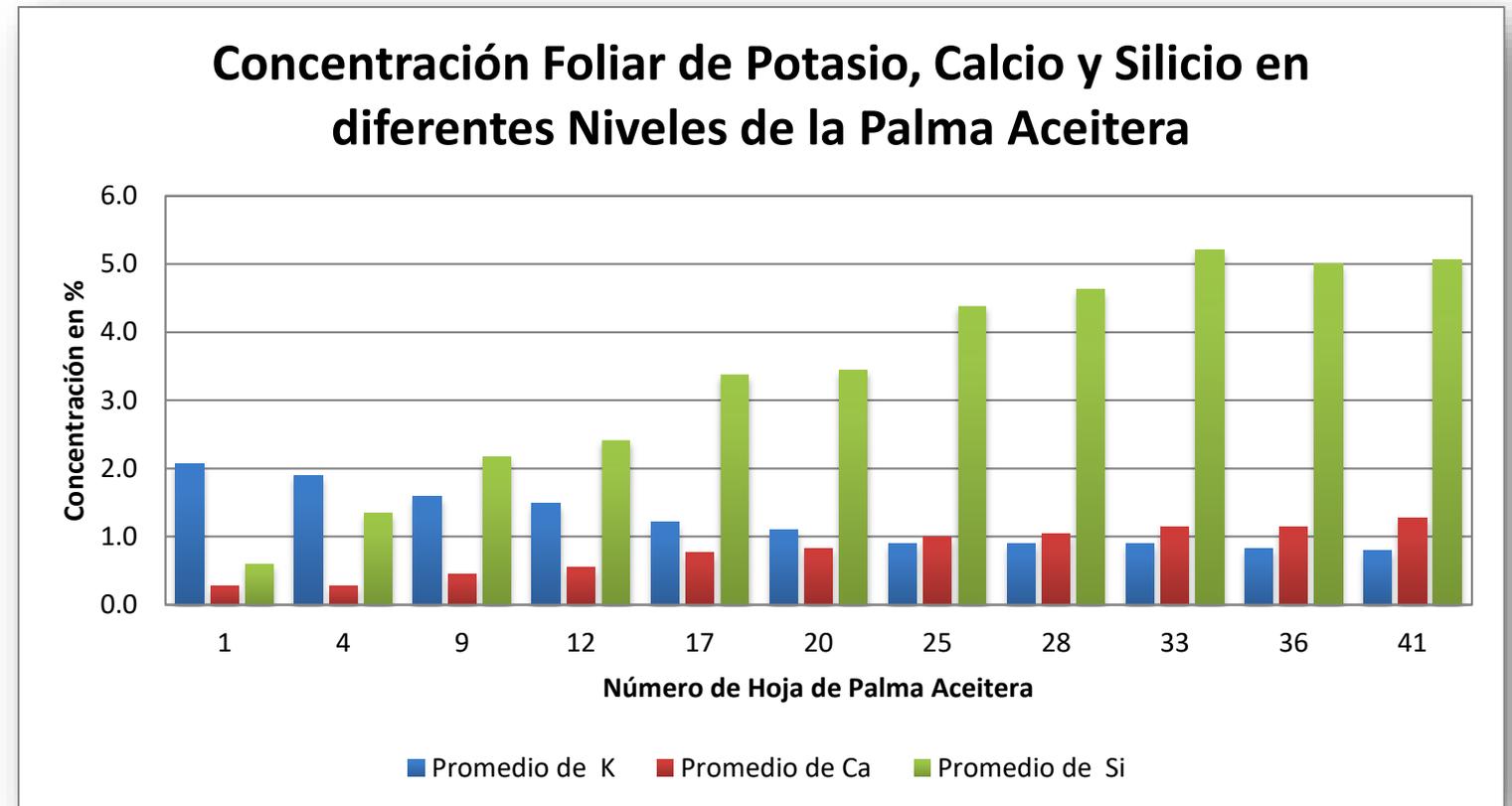
Tabla 1a. Extracción, inmovilización y reciclado de nutrientes en palmas de aceite adultas en Malasia (según Ng y Thamboo, 1967 y Ng et al., 1968).

Malasia (24 t RFF ha ⁻¹)	N	P	K	Mg
	kg palma ⁻¹ año ⁻¹			
Extracción con fruto cosechado	0.49	0.082	0.63	0.14
Inmovilización en el tejido de la palma	0.27	0.022	0.47	0.072
Nutriente reciclado	0.53	0.076	0.69	0.19
Absorción total	1.29	0.18	1.79	0.40
Extracción (% de la absorción total)	38	46	35	35
Absorción total (148 palmas ha ⁻¹)	191	27	265	59
Absorción (kg t ⁻¹ RFF)	8.0	1.1	11.0	2.5

Química de la Palma de Aceite



Acumulado de silicio foliar por número de hoja. Romero y Munevar 2004



Importancia Del Silicio En Palma De Aceite Y Otros Cultivos. Santacruz, 2016

A. Acosta, 2,007

Química de la Palma de Aceite

- La palma de aceite es acumuladora de Silicio

Variables	Media	Mínimo	Máximo
Si (%)	2,26	0,91	5,41
Ca (%)	0,67	0,36	1,30
Si / Ca	3,53	1,20	10,01

Cumple el requisito de Ma y Takahashi (2002) de una relación Si/Ca > 1. En algunos casos se supero el 10 y el promedio fue 3,5

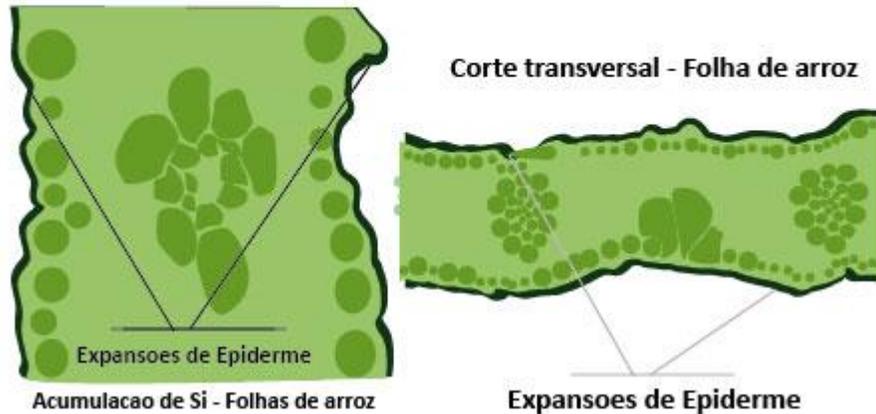
Beneficios en Sanidad Vegetal

- El silicio se acumula en los tejidos de todas las plantas, representando entre el 0,1% y el 10% de la materia seca (Cruiscol, 2,008)
- Hojas más fuertes (Bernal, 2,012)
- Menor incidencia de enfermedades (Bernal, 2,012)
- Tolerancia a estrés hídrico y temperaturas extremas (Quero, 2,008)
- Mayor resistencia a las plagas y enfermedades (Quero, 2,008)
- Aumentar la resistencia a estrés biótico y abiótico, esto por la acumulación de silicio en la epidermis de las hojas lo cual le confiere a las hojas mayor resistencia para poder tolerar la infección por patógenos o al ataque de insectos (Santacruz, 2,016)

Beneficios en Sanidad Vegetal

ACUMULACIÓN SI - ARROZ

Capa doble de silicio - cutícula (Yoshida et al., 1966)



Bernal E. Mexico, 2,008

BARRERA MECÁNICA

Capa doble de silicio - cutícula (Yoshida et al., 1966)



Santacruz, L. Guatemala, 2,016

Beneficios en Nutrición Vegetal

- Mayor crecimiento y desarrollo de las plantas (Caicedo y Chavarriaga, 2,008)
- Mayor tasa de emisión de hojas (Caicedo y Chavarriaga, 2,008)
- Liberación de fósforo y potasio en el suelo (Acosta, 2,013)
- Eficiencia en fertilización (NaturAceites, 2,013)
- Reducción de la contaminación del suelo por productos químicos (Bernal, 2,008)
- Ayuda a superar desajustes nutricionales excesos de N y deficiencias de P (Santacruz, 2,016)

Beneficios en Nutrición Vegetal

- Ayuda a superar la toxicidad por metales Al, Cs, As, Mn y Fe (Santacruz, 2,016)
- Ayuda a superar estrés por sales (Santacruz, 2,016)
- Estimular y promover el desarrollo de raíces secundarias, mejorando la capacidad de la planta de explorar el suelo y absorber agua y nutrientes.
- Mejorar la eficiencia del uso de nutrientes, pues estimula el crecimiento de raíces que aumenta la cantidad de nutrientes recuperados por el cultivo.
- Aumentar el uso eficiente de agua, la acumulación de Silicio en la epidermis de la hoja permite que exista una menor pérdida de agua en los momentos de estrés hídrico.

Beneficios del uso del Silicio en suelo

- Aumenta la nutrición de P en las plantas de un 40 a 60% sin la aplicación de fuentes fosfatadas, e incrementa la eficiencia de la aplicación de roca fosfórica de un 100 a 200%, previniendo la transformación del P en compuestos insolubles
- El silicio, como mejorador del suelo, puede reducir la lixiviación de los nutrientes en los suelos arenosos, especialmente N y K, guardándolos en una forma disponible para la planta
- El silicio se hidroliza transformándose en ácido monosilícico, siendo absorbido por las plantas y moviéndose rápidamente dentro de ellas a través del xilema
- Cuando la planta transpira, pierde el agua que ha absorbido el silicio en el suelo y se inmoviliza en cristales de silicio, formando una barrera protectora que presenta “resistencia mecánica” al ataque de enfermedades e insectos

Beneficios del uso del Silicio en suelo

- La aplicación de SILICIO ACTIVADO (Silicato Térmico), incrementa la resistencia de la planta a las condiciones adversas del clima (estrés y heladas), incrementando el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40%. Boletín LA PALMA / No.8 10
- Un buen contenido de silicio en las plantas hace que de las hojas y tallos se incremente la cantidad de oxígeno que expulsan las plantas hacia la raíz, llegando al parénquima y logrando que el Fe y Mn reducido (forma en que lo toma la planta) se oxide, evitando una excesiva toma de éstos elementos que pueden llegar a ser tóxicos para la planta. Boletín LA PALMA / No.8 10
- El silicio refuerza en la planta su capacidad de distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha
- El silicio tiene acción sinérgica con el calcio, el magnesio y el potasio

Experiencias

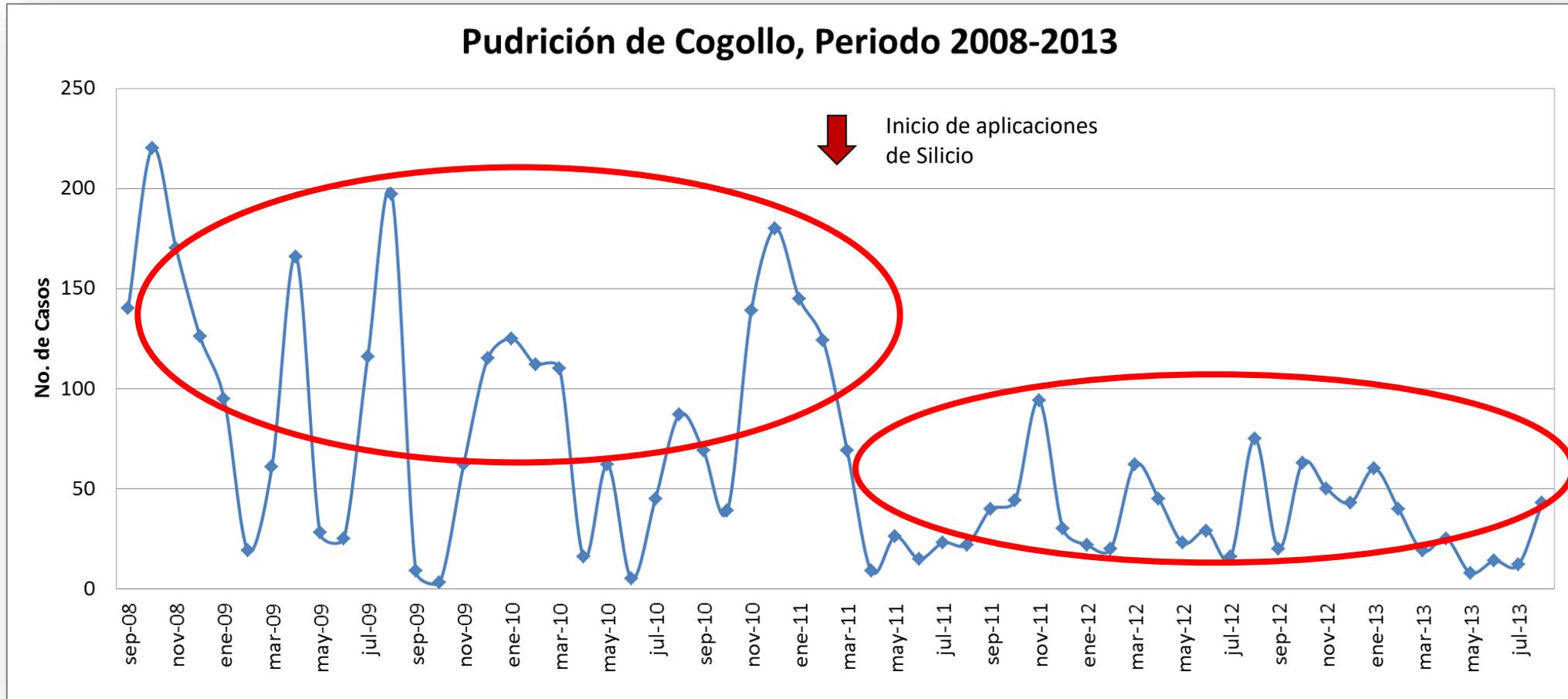
Prevención de Enfermedades

- Disminución de los casos de los síntomas asociados al Síndrome de Pudrición de Cogollo (Pudrición de Cogollo y Pudrición de Flecha)
 - Plantación: NaturAceites, Valle del Polochic
 - Siembras: 1,998 – 2,000
 - Variedades: Deli * Avros, Deli * Ekona, Deli * LaMe
 - Precipitaciones: 3,500 a 4,000 mm por año
 - Producción: 26 – 30 TM/Ha
 - Dosis de Silicio: 1 a 1.2 Kg/Palma

Prevención de enfermedades

NaturAceites, Guatemala

Pudrición de Cogollo, Periodo 2008-2013



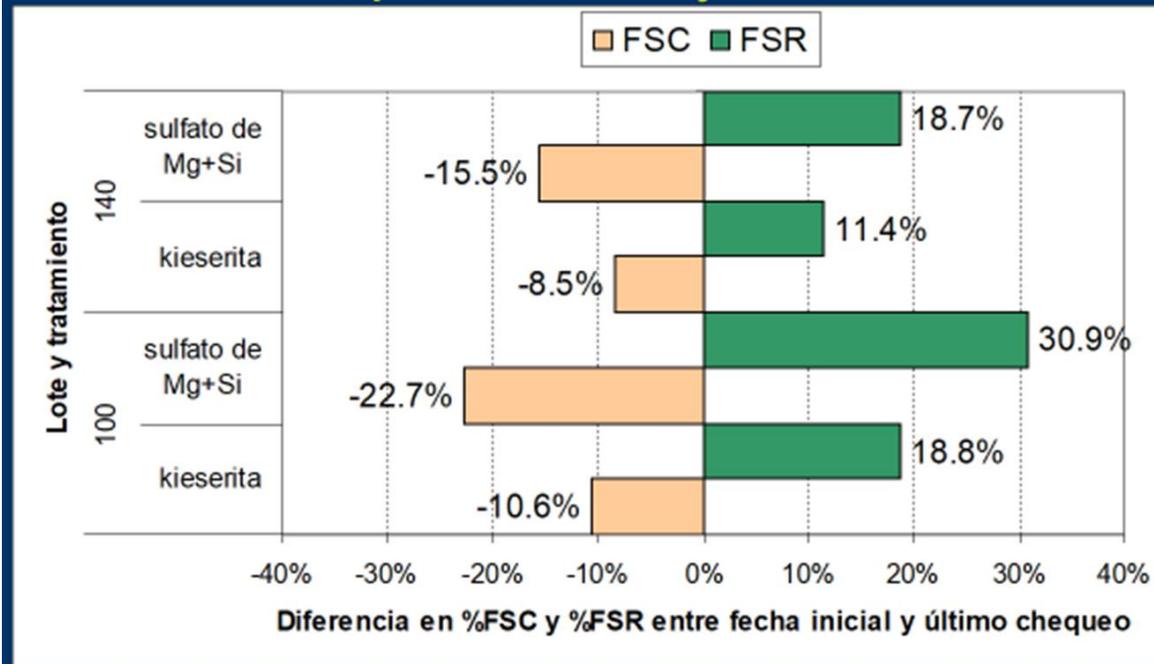
Prevención de Enfermedades

Palma Tica, Costa Rica

SEMINARIO AGRÍCOLA

**Sanidad y nutrición,
claves para la mejora
de la producción**

Porcentaje de palmas afectadas por Flecha seca y recuperadas para los tratamientos con y sin Si entre Septiembre 2004 a junio 2005



Unidad de investigación Palma Tica

Prevención de Enfermedades

Conteo de tricomas y porcentaje de fitolitos en tejido vegetal en cultivo de Palma de aceite tratadas y no tratadas con silicio, Universidad Nacional de Colombia.

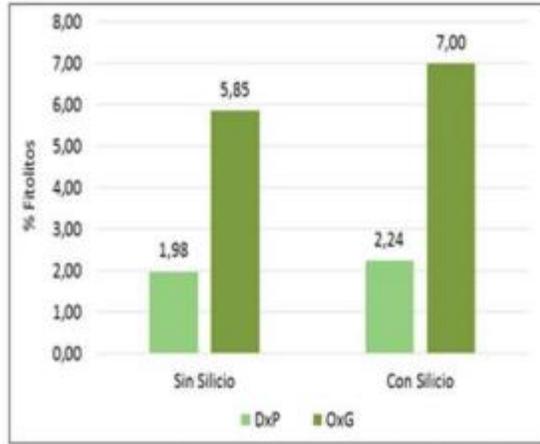


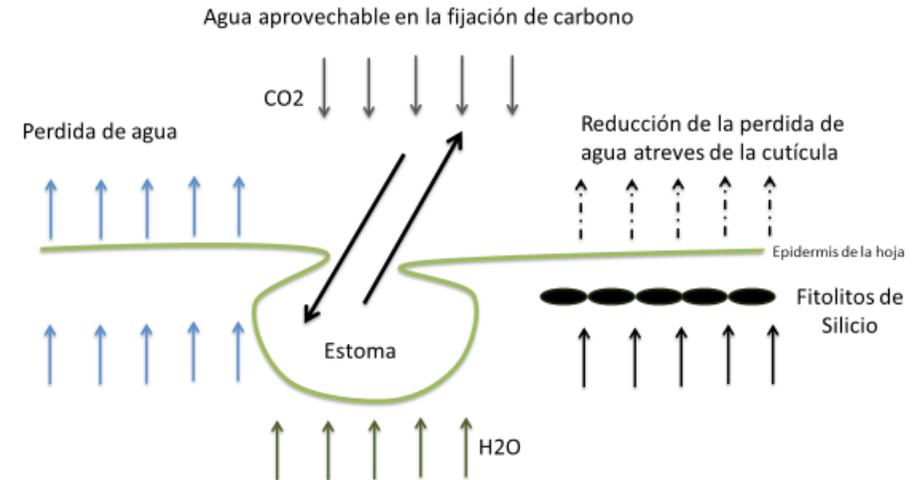
Figura 2. % Fitolitos en dos materiales de palma de aceite.

Tratamiento	Material	Peso inicial	Peso final	%Fitolitos
Sin Silicio	DxP	8,973	0,170	1,98
	OxG	9,878	0,578	5,85
Con Silicio	DxP	9,941	0,223	2,24
	OxG	8,376	0,586	7,00

Tabla 4. % de fitolitos con y sin Silicio Térmico.

Santacruz, 2,016.

Efecto del silicio en la resistencia de los tejidos y eficiencia en el uso de agua



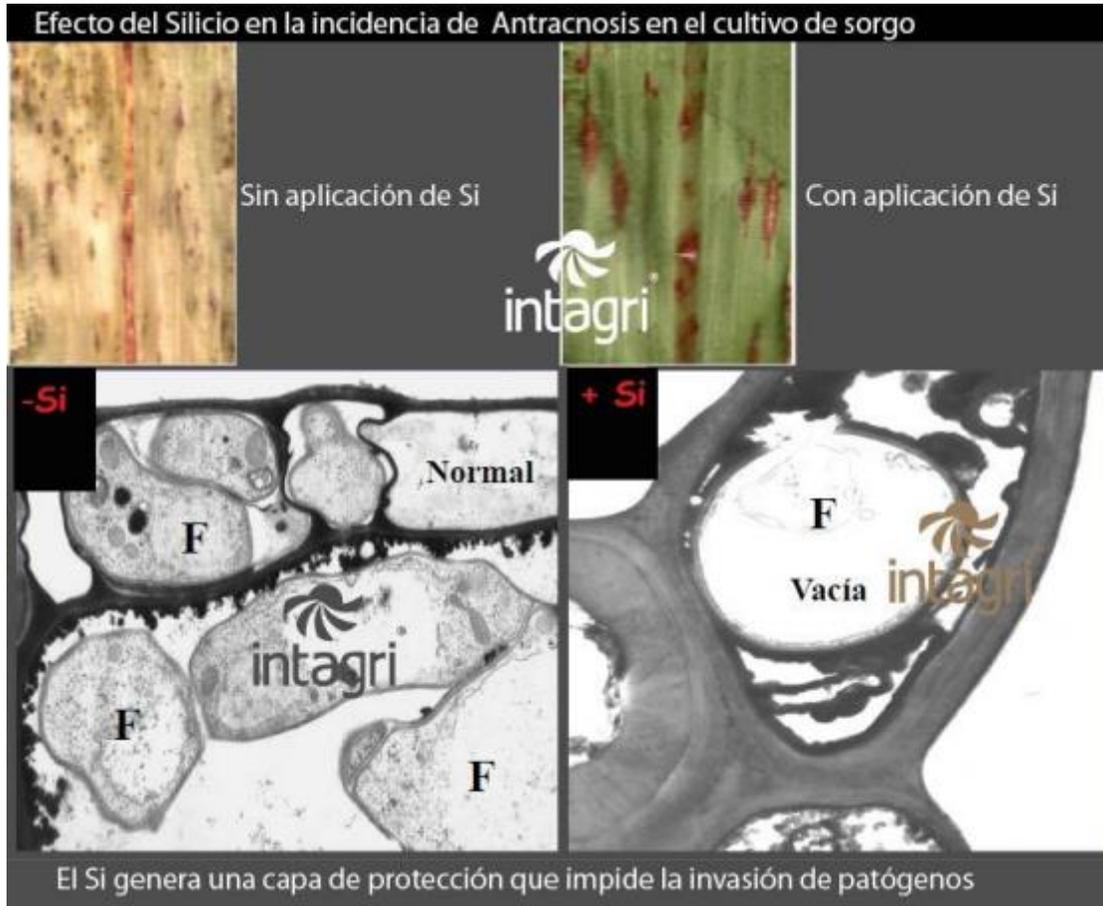
Adaptado de J. F. Ma a, Y. Miyake b, and E. Takahashi c 2001

Adaptación A.
Acosta 2,015

Mayor cantidad de Fitolitos en la hoja

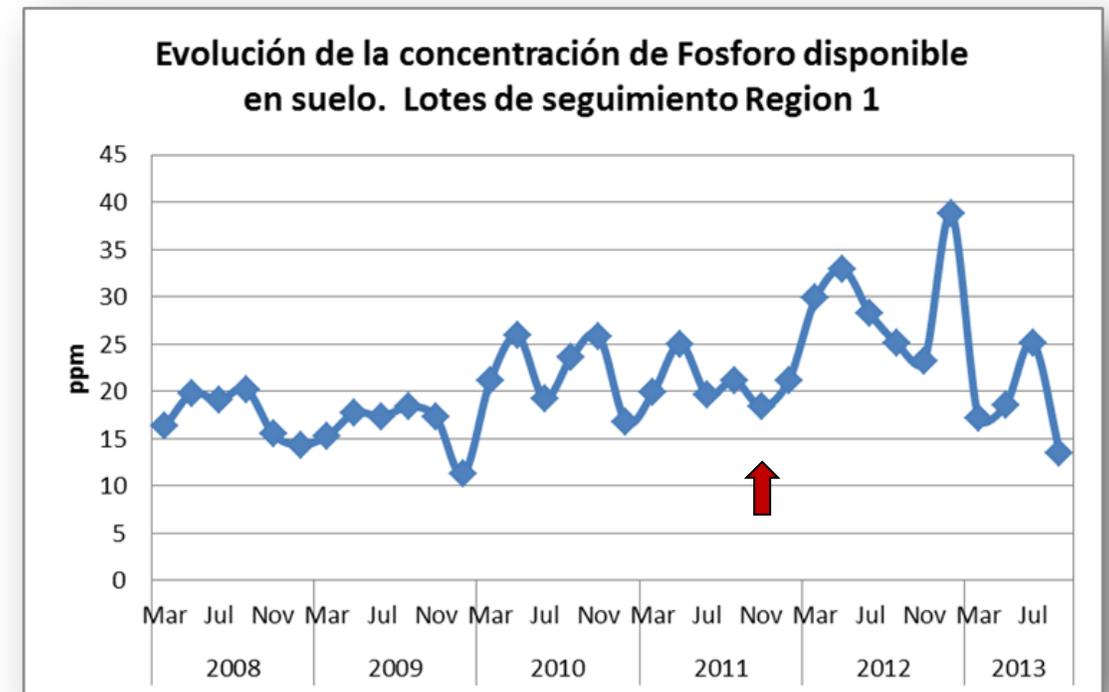
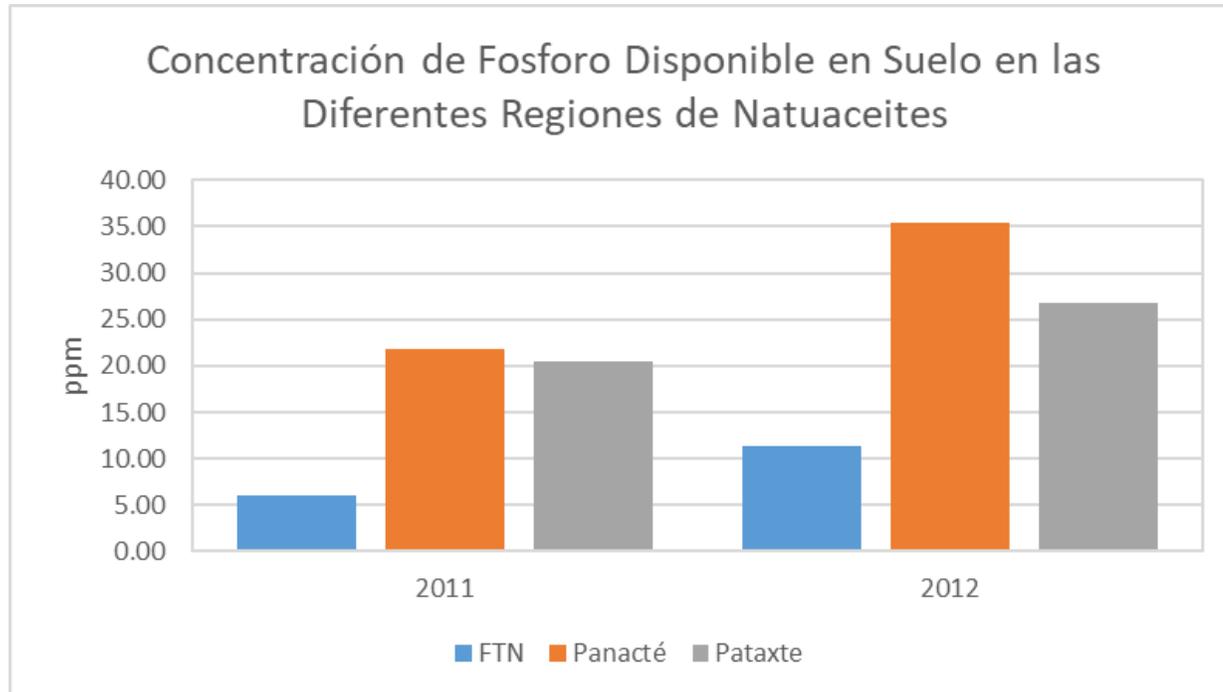
Los fitolitos son cristales de sílice que se forman en la epidermis de las plantas, esto es células vegetales que se han mineralizado. Se forman por la precipitación del silicio disuelto en agua que las plantas absorben del suelo, que se deposita principalmente en los espacios intercelulares del tejido epidérmico de hojas, tallos y raíces. Al depositarse esta sustancia toma la forma de las células que recubre y encapsula y por ende le brinda una mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades.

Prevención de Enfermedades



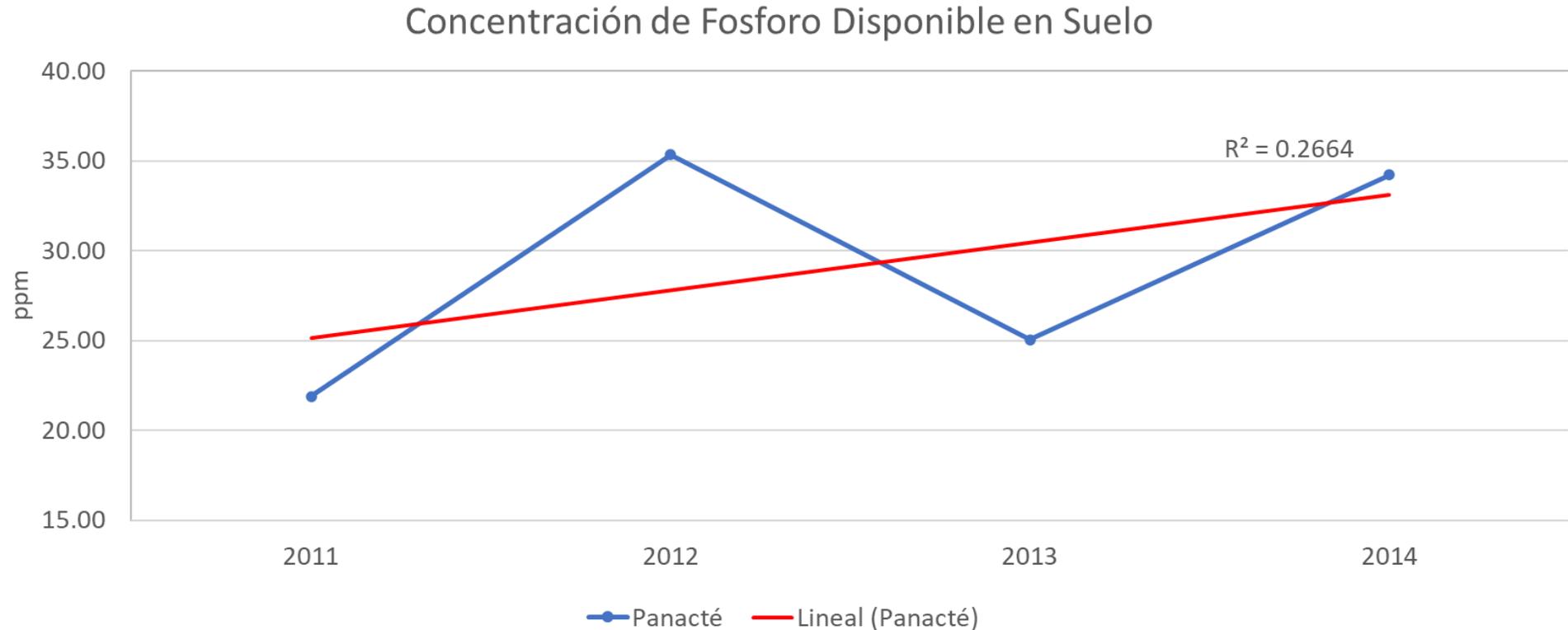
El Si actúa formando una barrera física en las células epidérmicas de las hojas que impide la penetración de las hifas de los hongos o estiletes de insectos chupadores

Cambio en la Química del Suelo



Inicio de aplicación de Silicio en las plantaciones de NaturAceites. Año 2,011 (Dosis 1.0 a 1.2 Kg/Palma)

Cambio en la Química del Suelo



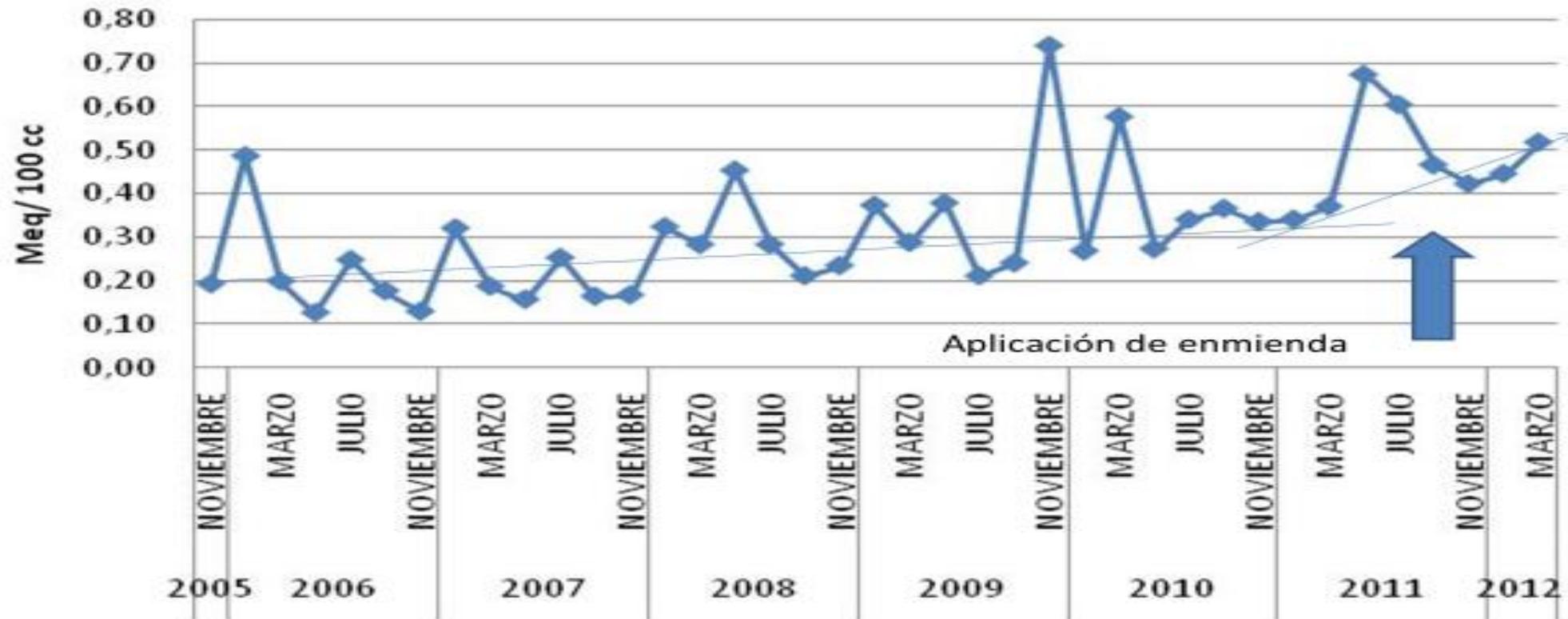
A menor concentración de Fosforo disponible en suelo al inicio de las aplicaciones de Silicio, se logro observar que el aumento de este en el suelo se mantiene por mayor tiempo, que suelos con mayor concentración inicial de Fosforo al momento de iniciar con las aplicaciones de Silicio.

Cambio en la Química del Suelo

SEMINARIO AGRÍCOLA

**Sanidad y nutrición,
claves para la mejora
de la producción**

Evolución de la concentración de Potasio en suelo. Lotes de seguimiento. Polochic.



Viveros

- Comparación entre diferentes clases de tecnologías de nutrición vegetal en viveros de NaturAceites
 - Tratamientos:
 - Fertilización Granulada (Testigo Comercial) (FG 100%)
 - 100% Silicio, 0% Fertilización (Si 100%)
 - Testigo Absoluto (Testigo)
- Vivero: Panacte 2,011 – 2,012

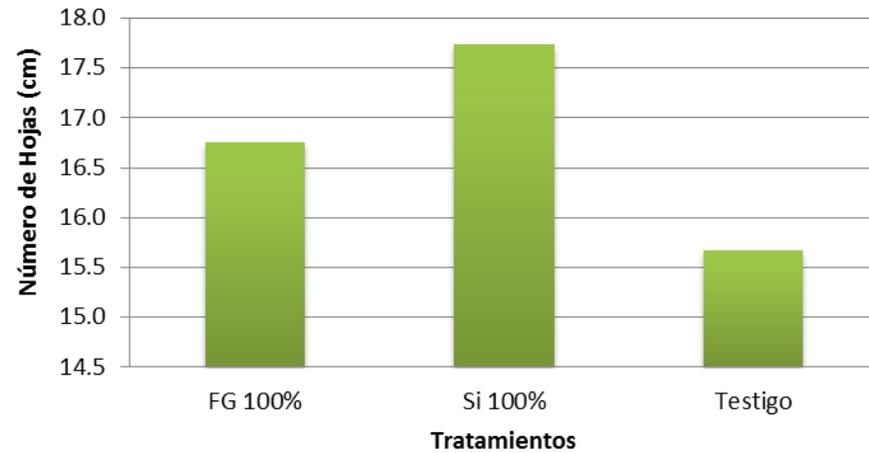
Viveros

- Se justifico darle seguimiento a las aplicaciones de Silicio en viveros por la experiencia que se tuvo en Palmatica (Costa Rica) y Agrocaribe (Guatemala).

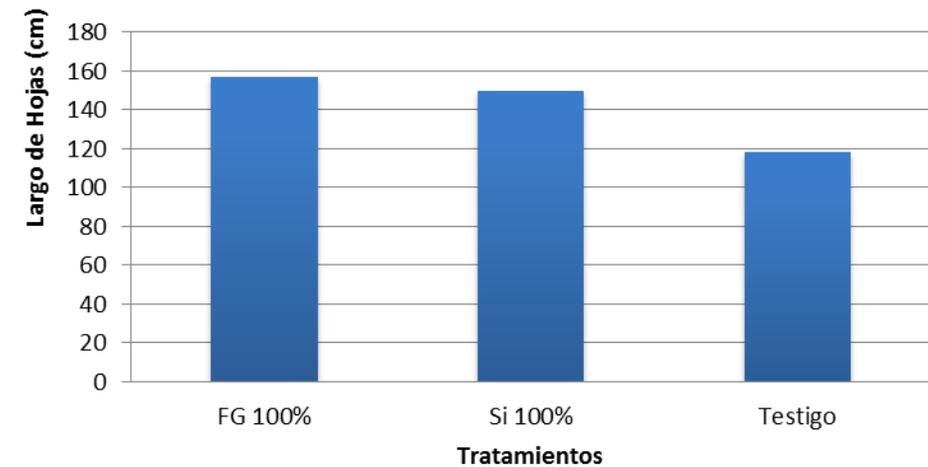


Viveros

**Promedio de Número de Hojas Emitidas a los 12 meses de edad.
Septiembre 2012**

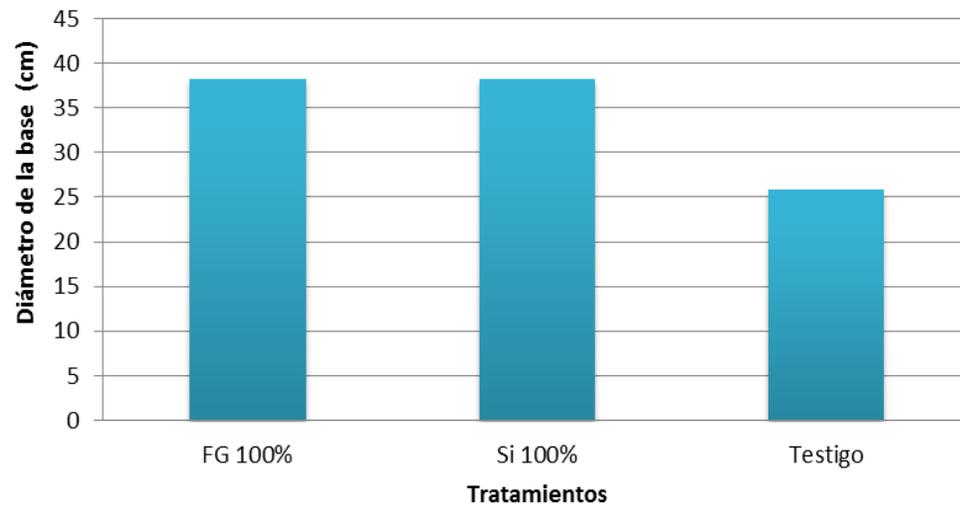


**Promedio de Largo de Hojas de Viveros a los
12 meses de edad.
Septiembre 2012**

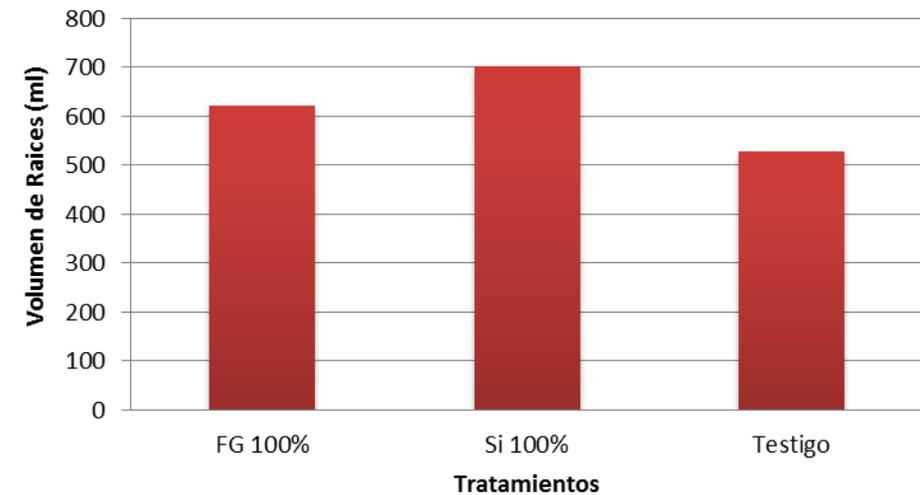


Viveros

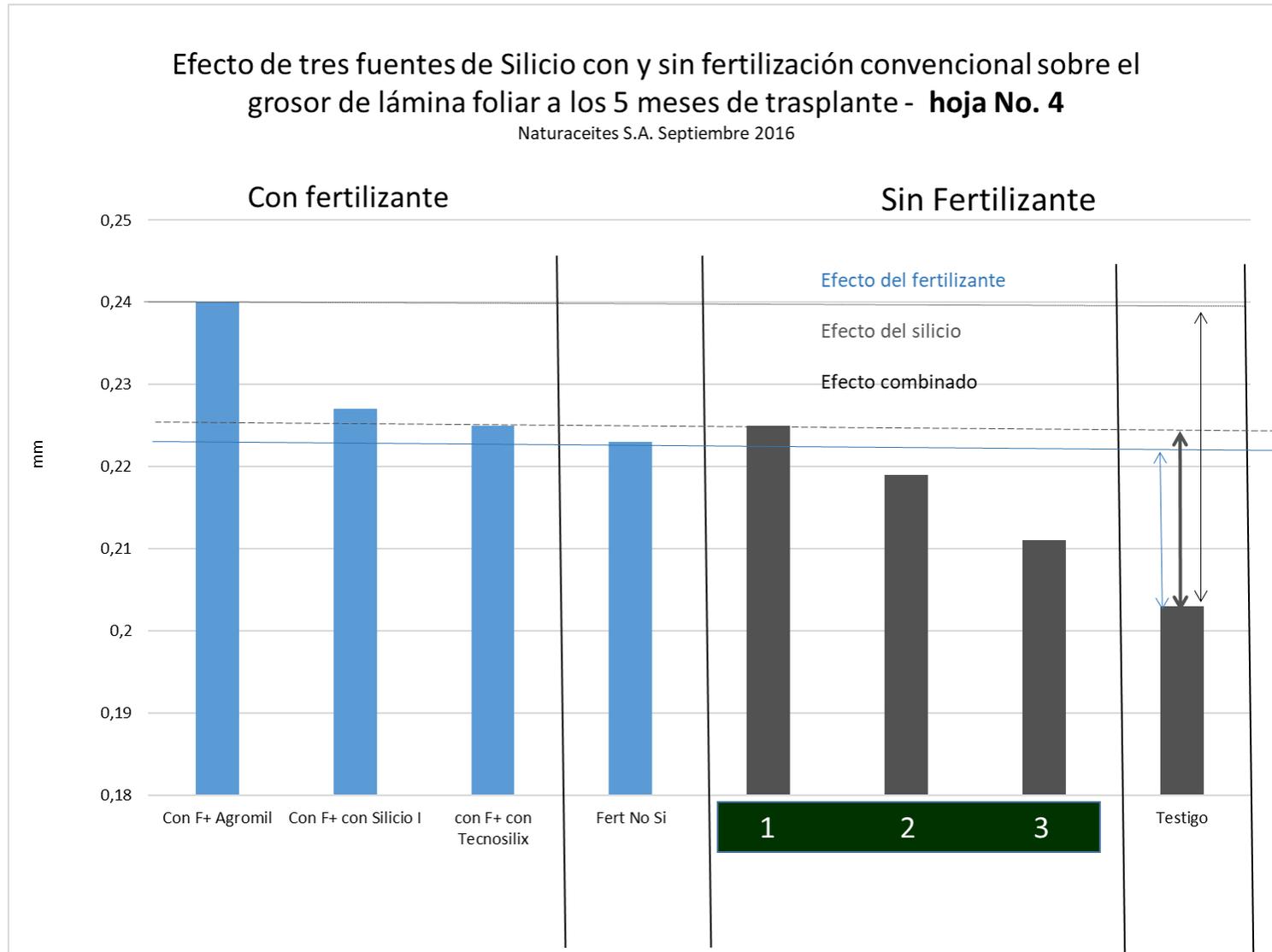
Promedio de Diámetro de la Base a los 12 meses de edad. Septiembre 2012



Volumen de Raíces a los 12 meses de edad. Septiembre 2012



Viveros

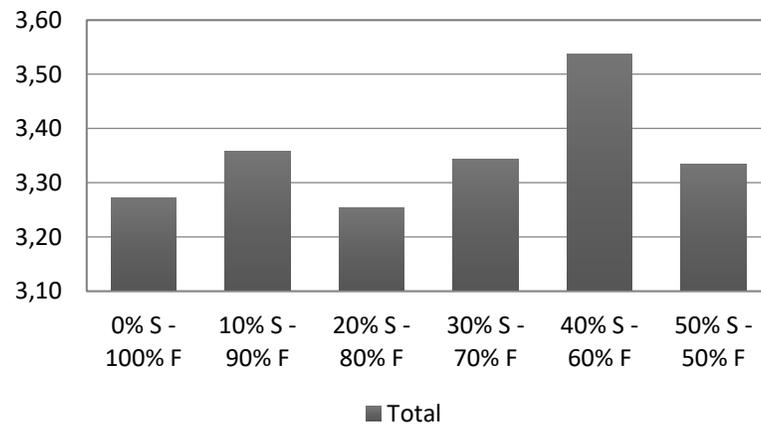


Sustitución de Fertilizante por Silicio

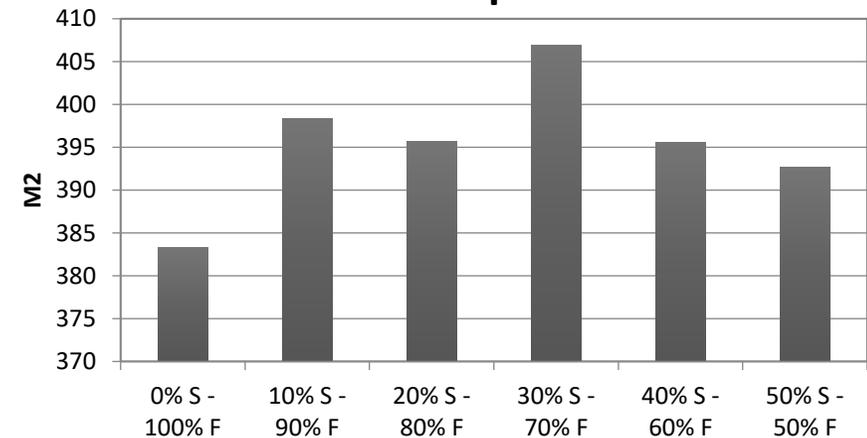
- Comparación entre diferentes combinaciones de Silicio y Fertilizante Granulado en plantaciones adultas de NaturAceites
- Objetivo: Búsqueda de mayor eficiencia de fertilizantes químicos y reducción de costos por esta actividad
- Inicio: 2,011
- Tratamientos:
 - 0% Silicio, 100% Fertilización Granulada
 - 10% Silicio, 90% Fertilización Granulada
 - 20% Silicio, 80% Fertilización Granulada
 - 30% Silicio, 70% Fertilización Granulada
 - 40% Silicio, 60% Fertilización Granulada
 - 50% Silicio, 50% Fertilización Granulada

Sustitución de Fertilizante por Silicio

**Promedio de Tasa de Emisión
de Hojas
Análisis Comparativo 2013**

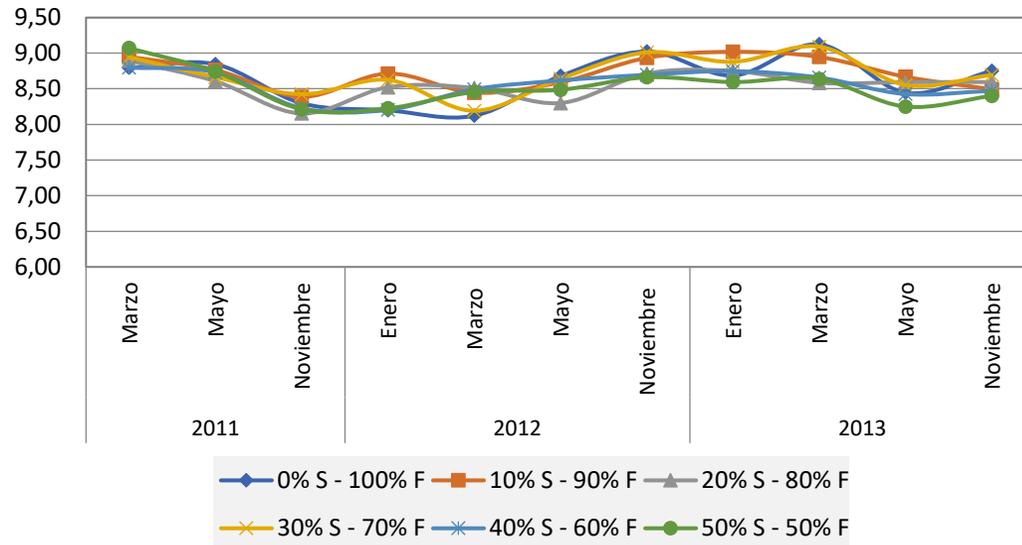


**Promedio Area Foliar/Palma
Análisis Comparativo 2013**

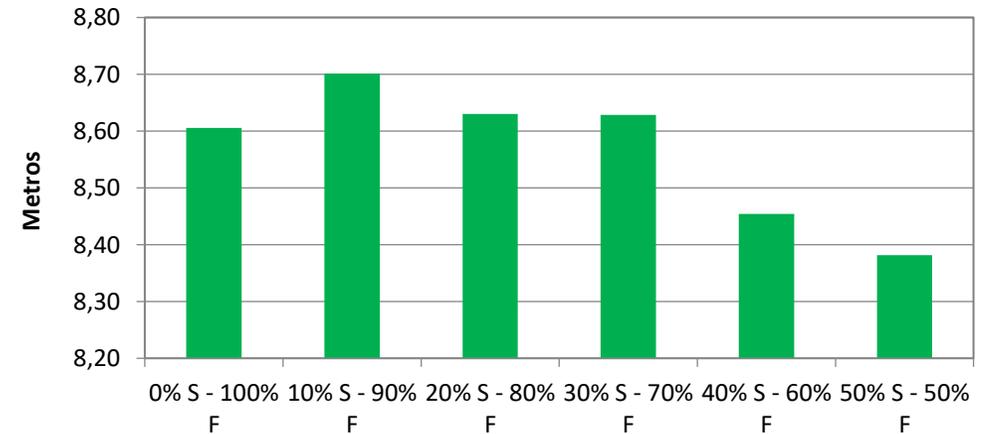


Sustitución de Fertilizante por Silicio

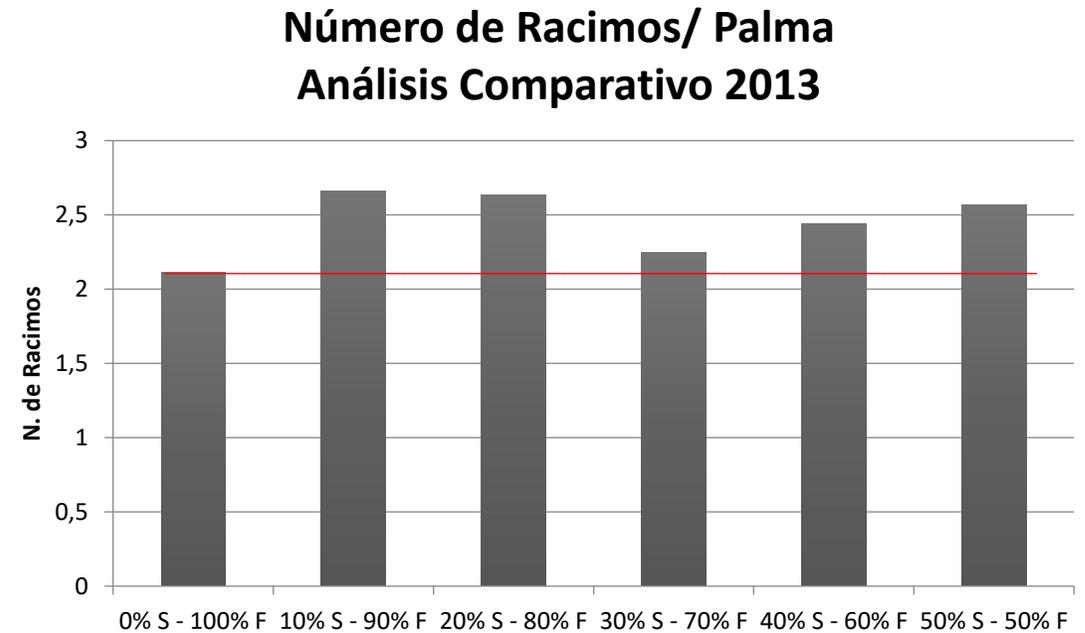
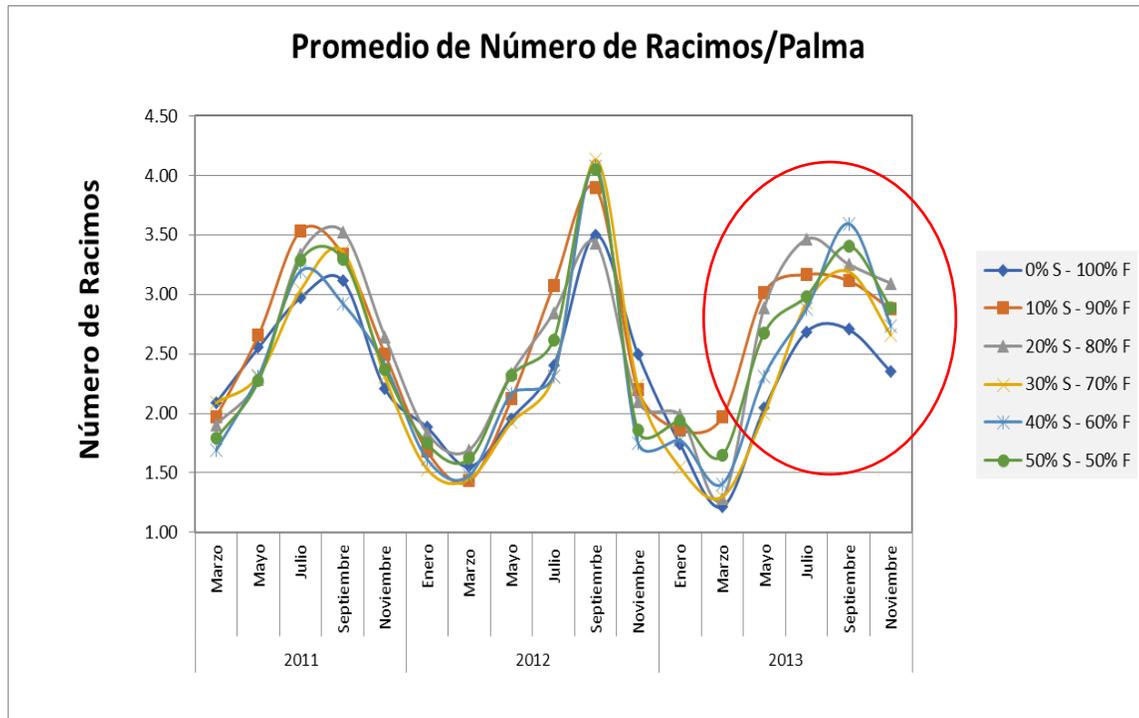
Promedio de Largo de Hoja



**Promedio de Largo de Hoja
Análisis Comparativo 2013**



Sustitución de Fertilizante por Silicio



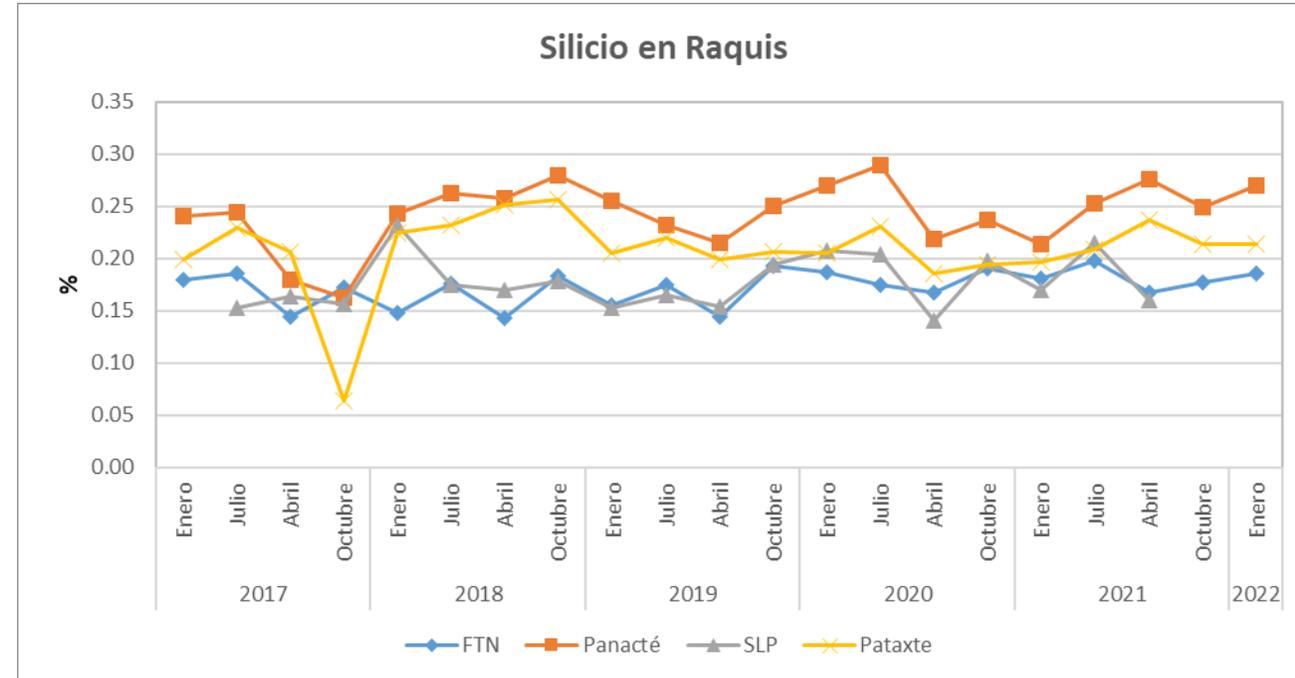
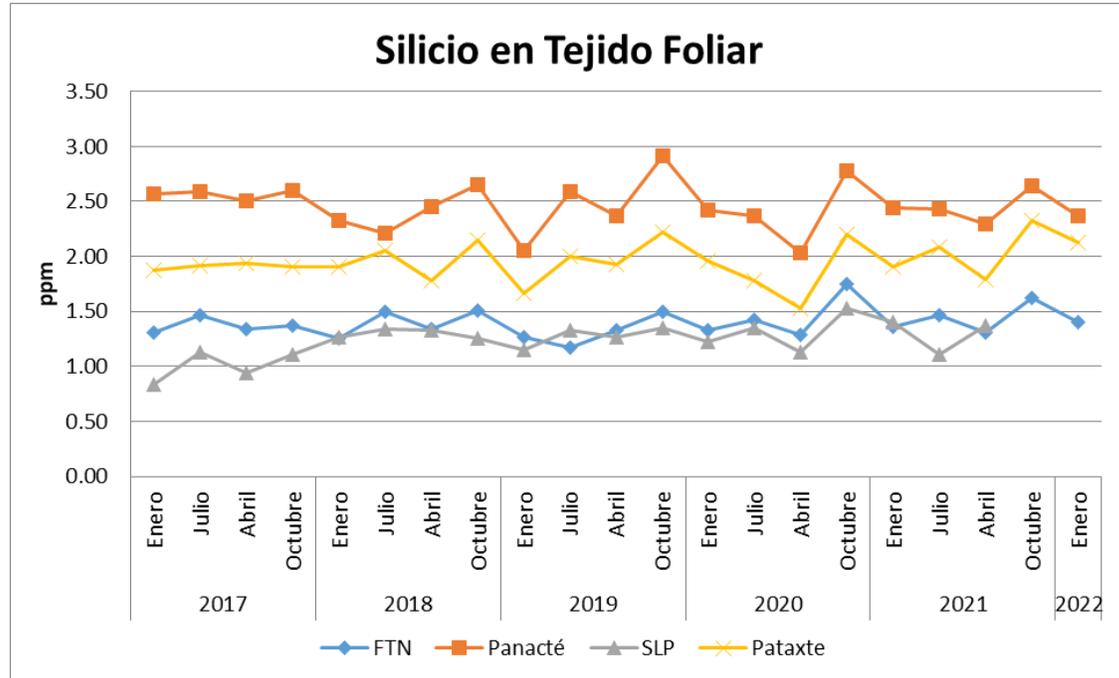
Adición de Silicio al programa de fertilización

- Efecto del silicio en la longitud de raíces y superficie radicular de palma de aceite

Tipo de Raíz	Tratamiento	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	Volumen radical (cm ³)	Sup. Área (cm ²)
Primarias	Aplicaciones de Si	661	23.16	10.73	7337
	Sin Si	485	22.84	12.87	6784
Secundarias	Aplicaciones de Si	2148	12.21	4.51	19238
	Sin Si	1655	12.07	3.84	12777
Terciarias y Cuaternarias	Aplicaciones de Si	1154	10.43	4.36	10157
	Sin Si	974	6.88	3.07	6462

Comparación de raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias en parcelas con la adición de silicio frente a un testigo comercial . Palma Tica

Silicio en plantaciones comerciales



Conclusiones

Conclusiones

- El uso del Silicio en plantaciones de Palma Aceitera muestran resultados positivos en la química del suelo y concentraciones foliares de los nutrientes Fosforo y Potasio, lo cual resulta en un mejor desarrollo del cultivo de la palma aceitera
- Aunado con Buenas Practicas Agrícolas, el uso del Silicio ayuda a un mejor desarrollo de las plantaciones, mantener una plantación sana, con menores niveles incidencia de síntomas del Síndrome de la Pudrición de Cogollo
- El uso del Silicio como complemento del programa de fertilización, permite reducir en cantidades significativas de Fosforo y Potasio, sin que esto signifique un decremento de la concentración de estos en el suelo y el follaje



SEMINARIO AGRÍCOLA

**Sanidad y nutrición,
claves para la mejora
de la producción**

Muchas gracias
por su atención!!!

jmcorzo@naturaceites.com

SEMINARIO AGRÍCOLA

Sanidad y nutrición, claves para la mejora de la producción

