

EFFECTO DEL SILICIO EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE AGUACATE NATIVO

EFFECT OF SILICON ON THE DEVELOPMENT OF NATIVE AVOCADO
SEEDLINGS

FRANCISCO RESTREPO



WAC

IX WORLD AVOCADO CONGRESS
- C O L O M B I A -



EFECTO DEL SILICIO EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE AGUACATE NATIVO

¹Francisco E. Restrepo Higueta.

Francisco.restrepo@agrosilicium.com

EFECTO DEL SILICIO EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE AGUACATE NATIVO

¹Restrepo, FE, Cristancho, JA.



francisco.restrepo@agrosilicium.com

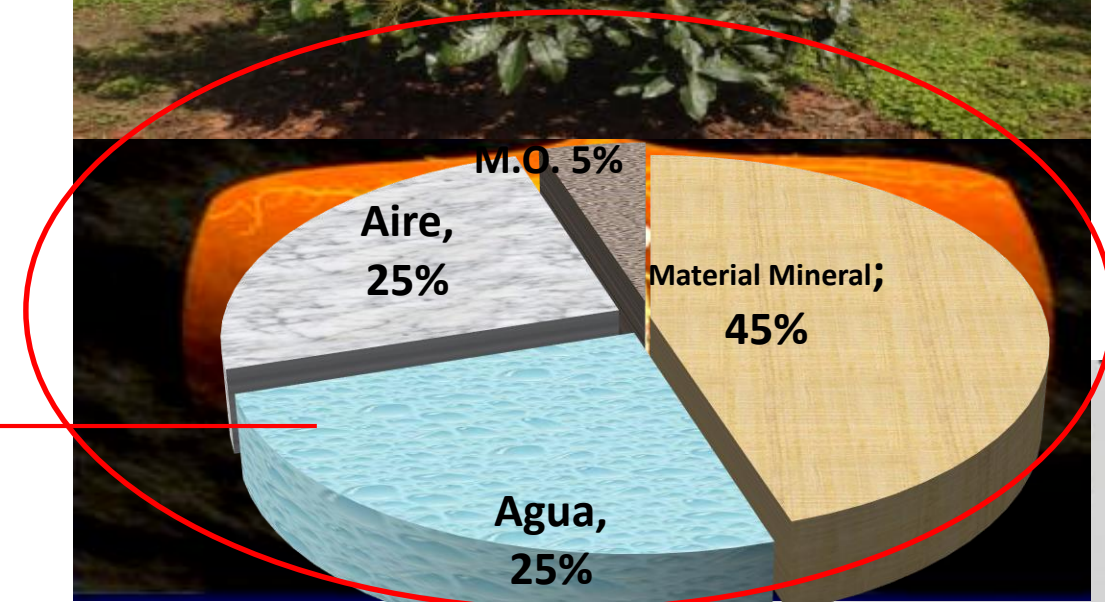
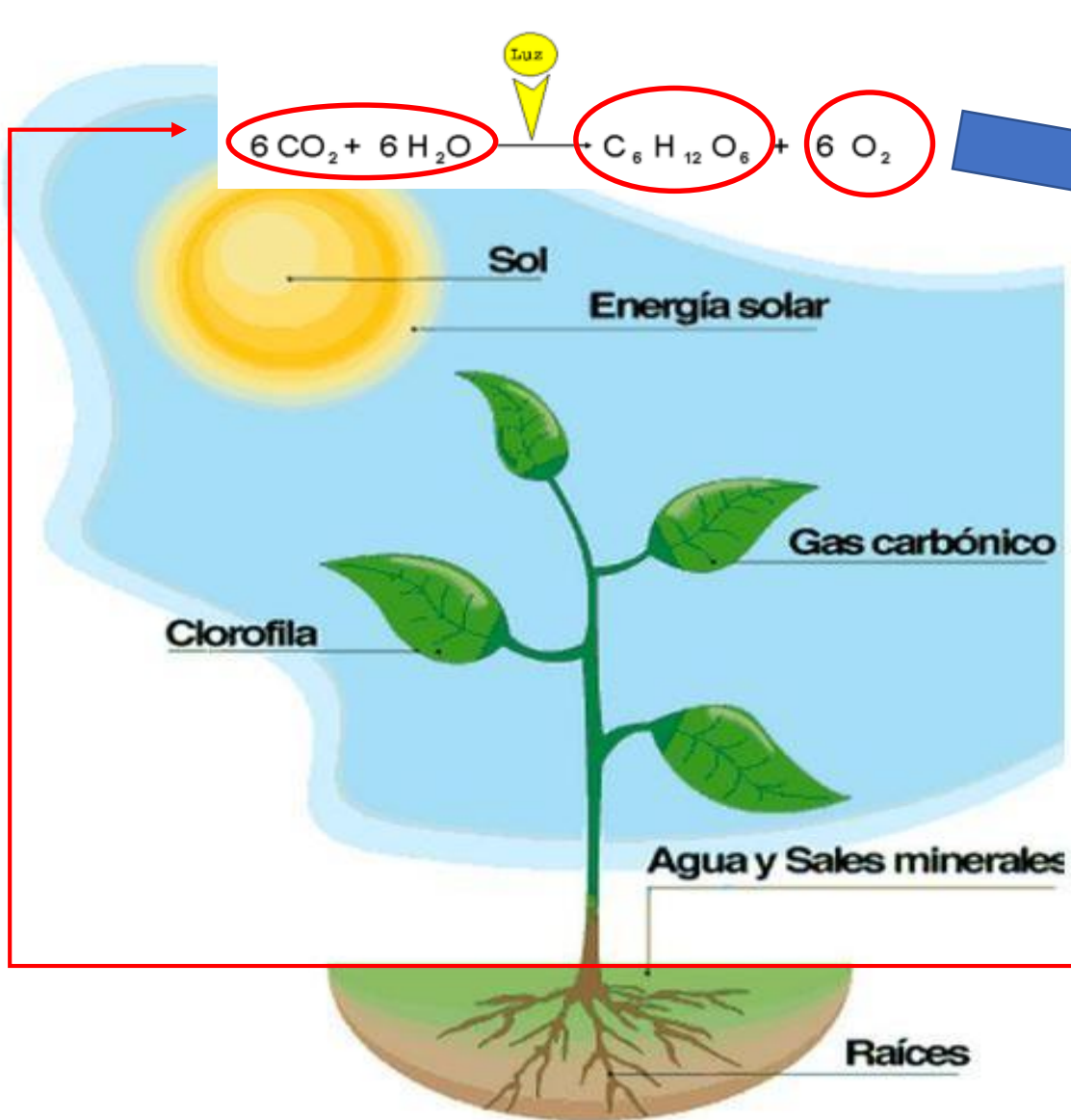
Contenido

1. Introducción,
2. Objetivos,
3. Materiales y métodos
4. Resultados y Discusión,
5. Conclusiones
6. Preguntas y comentarios



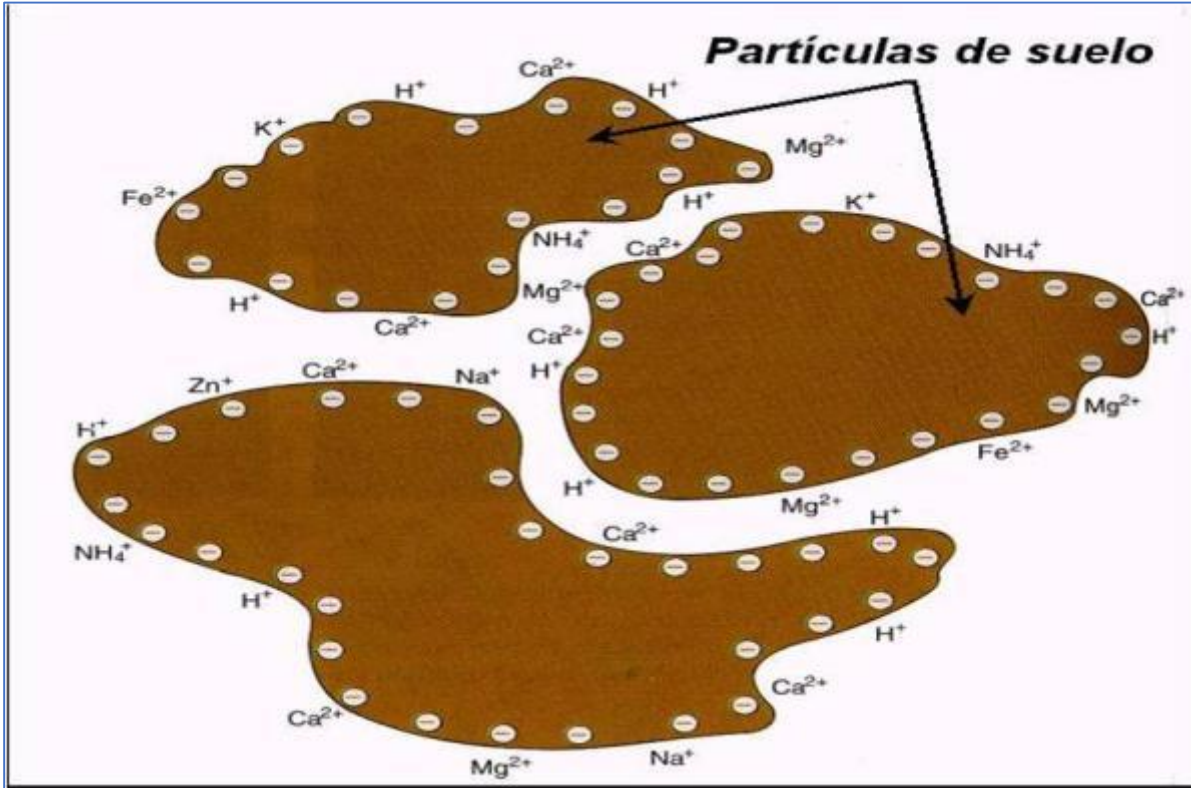
INTRODUCCIÓN

La Nutrición de las plantas



Silicio en el suelo

Formación de Coloides



El Si en la tabla periódica... Afinidades ...

5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999
13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064
31 Ga 69.72	32 Ge 72.60	33 As 74.922	34 Se 78.96

Los coloides del suelo son los responsables de la **RETENCIÓN DE HUMEDAD**, **FORMACIÓN DE ESTRUCTURA** y la **CIC** del suelo. Por tanto, definen su **PRODUCTIVIDAD**, por las condiciones físicas ...

La **CIC** es la **FERTILIDAD DEL SUELO**, por la capacidad de retener e intercambiar cationes.

Silicio en el suelo y la nutrición Vegetal

Nutrientes Requeridos				
No minerales	Primarios	Secundarios	Micronutrientes	Benéficos
<ul style="list-style-type: none">• Carbono• Hidrógeno• Oxígeno <p>• Aportados por CO₂ y H₂O, dependen de equilibrio físico del suelo, mejorado por el Silicio.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Nitrógeno• Potasio• Fósforo	<ul style="list-style-type: none">• Magnesio• Azufre• Calcio	<ul style="list-style-type: none">• Zinc• Boro• Molibdeno• Cloro• Hierro• Manganeso• Cobre• Níquel	<ul style="list-style-type: none">• Silicio• Sodio• Cobalto

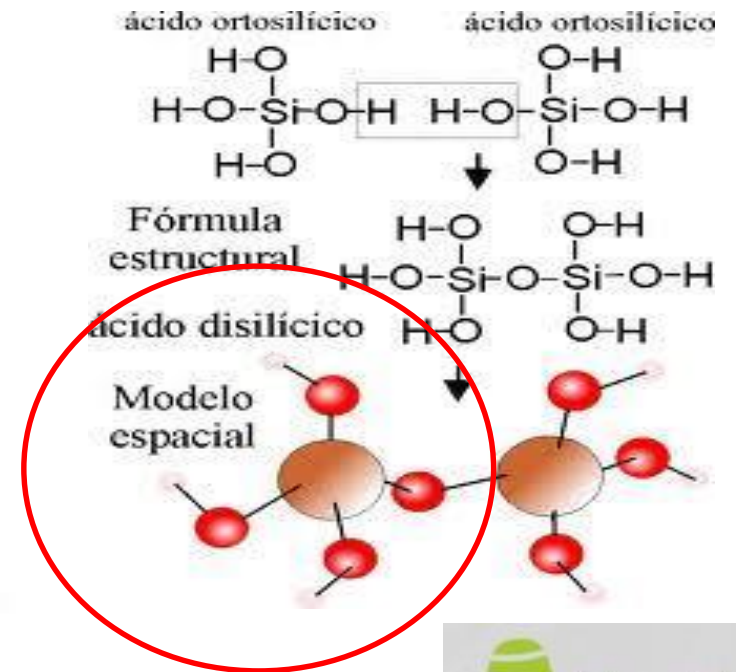
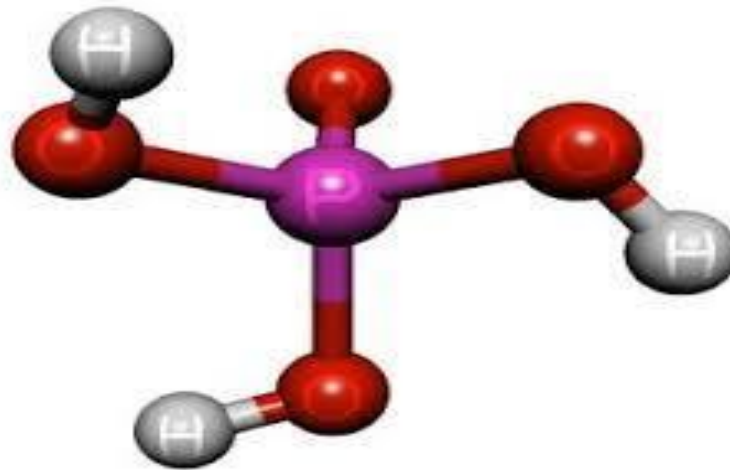
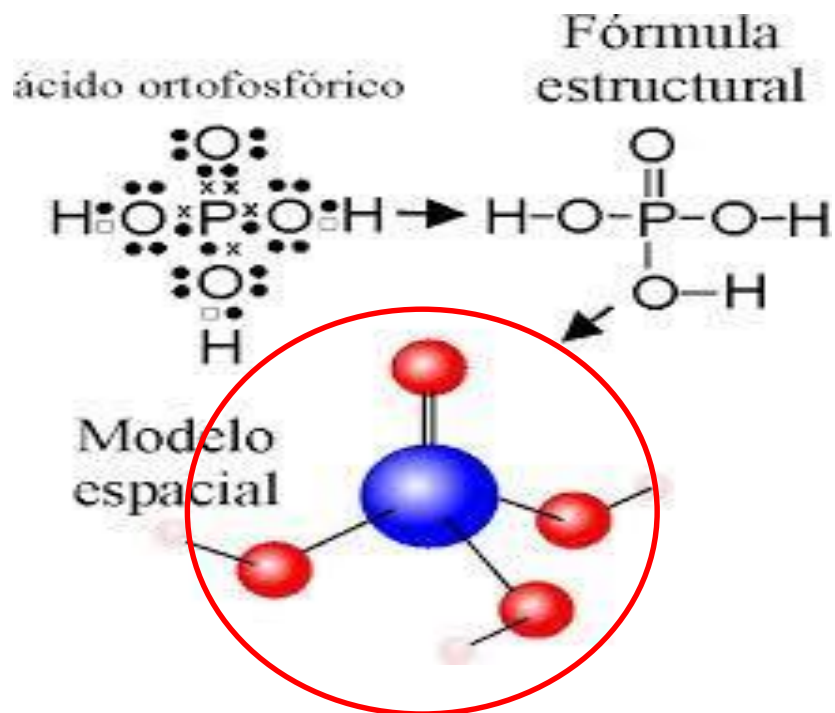
El Silicio no es simplemente un nutriente. Es un acondicionador del suelo que, conjuntamente con la M.O.S definen la capacidad productiva de un suelo, ya que promueve la absorción de C, H y O.

C–H–O representan el 95% de la biomasa vegetal, y su suministro depende del equilibrio entre macro y microporos, para la toma de CO₂ y H₂O por las raíces.

Silicio en el suelo

Interacción entre silicio y fósforo

- **Sustitución Isomorfica** del ion H_2PO_4^- por el H_4SiO_4 en los **sitios de adsorción** sobre la superficies de arcillas y óxido e hidróxidos de Fe y Al.

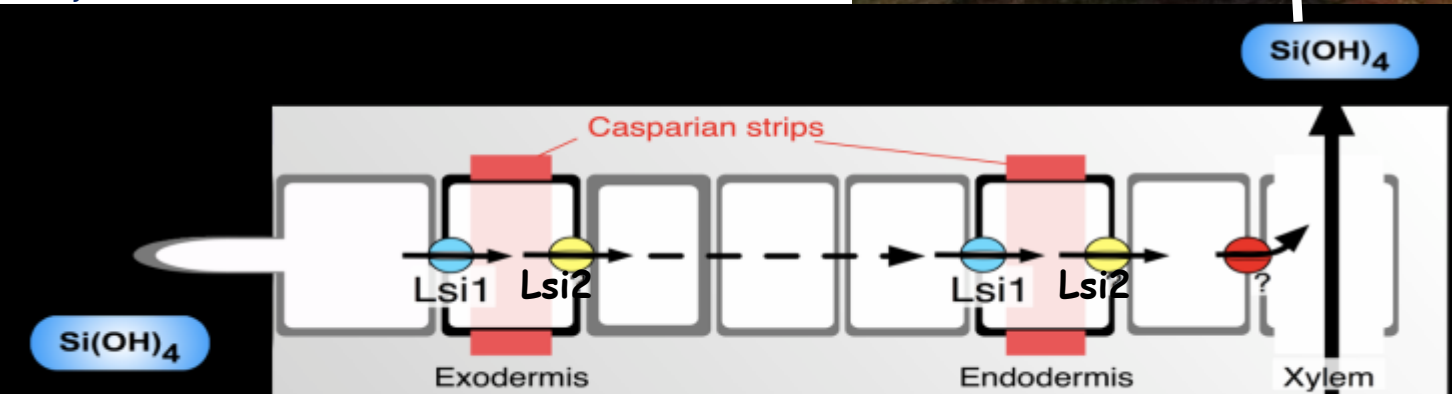


Silicio en la planta

Absorción y translocación

El Si es absorbido como ácido ortosilícico (H_4SiO_4) por las plantas desde la solución del suelo, se transporta desde la solución externa a las células corticales y se libera hacia el interior del xilema

Allí se deposita en las paredes celulares de los vasos del xilema y evita la compresión de los vasos bajo condiciones de alta transpiración causado por sequía o stress por calor. (Ma et al, 2014; Mitani y Ma 2005; Matichenkov y Bocharnikova 2001).



Adaptado de Ma et al, 2014 y Datnoff, 2014

Importancia del silicio para contrarrestar plagas y enfermedades

✓ HIPÓTESIS I - Resistencia Mecánica de la Pared Celular (Japón) – Plagas & Enfermedades



✓ HIPÓTESIS II - Se induce la formación de Fenoles (fitoalexinas) – Enfermedades fungosas



BARRERA MECÁNICA

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



Silicio en Aguacate



Los estudios que se realizan a nivel mundial en diferentes cultivos, tipos de suelos y con diferentes fuentes que aportan ácido mono-silícico, cada vez muestran más la necesidad de incorporar este nutrimento para un manejo integrado de la nutrición.

En el cultivo de aguacate hay pocos estudios sobre la importancia del silicio. Sin embargo, Bekker (2007) reportó que la aplicación de silicato de potasio en condiciones de vivero y de campo fue efectiva para controlar la pudrición de las raíces causada por *Phytophthora cinamomi*, debido a la estimulación de un mayor volumen de raíces y protección de éstas ante el ataque de patógenos.

Objetivos

General:

Evaluar el impacto del silicato de magnesio en el desarrollo y sanidad de plántulas de aguacate.

Específicos:

1. Determinar el efecto del silicio en el desarrollo radicular de plántulas de vivero,
2. Identificar el efecto del silicio en el mejoramiento de la absorción de nutrimentos,
3. Evaluar el impacto del silicio en el desarrollo del aguacate en las primeras etapas del cultivo.

Materiales y métodos



Ubicación: Finca Aguacatales, Municipio Carmen de Viboral – Antioquia (Colombia).

Suelos: Textura Franco Arenosa, pH de 5.02,

Saturación de bases: 90%, contenidos de Ca, Mg, K y Na de $5.5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $1.6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $0.5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ y $0.5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, y Al de $0.35 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ en el horizonte A, pero niveles entre 1.5 y $8.0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ en el horizonte B.

Materiales y métodos

Se registró como co-variable el peso de la semilla al inicio del experimento



Materiales y métodos

- Tratamiento: 300 kg de silicato de Mg acidulado– SULFASIL
- Unidad experimental: 20 plántulas,
- Diseño: Bloques completos al azar,
- Cuatro Bloques,



Variables de respuesta

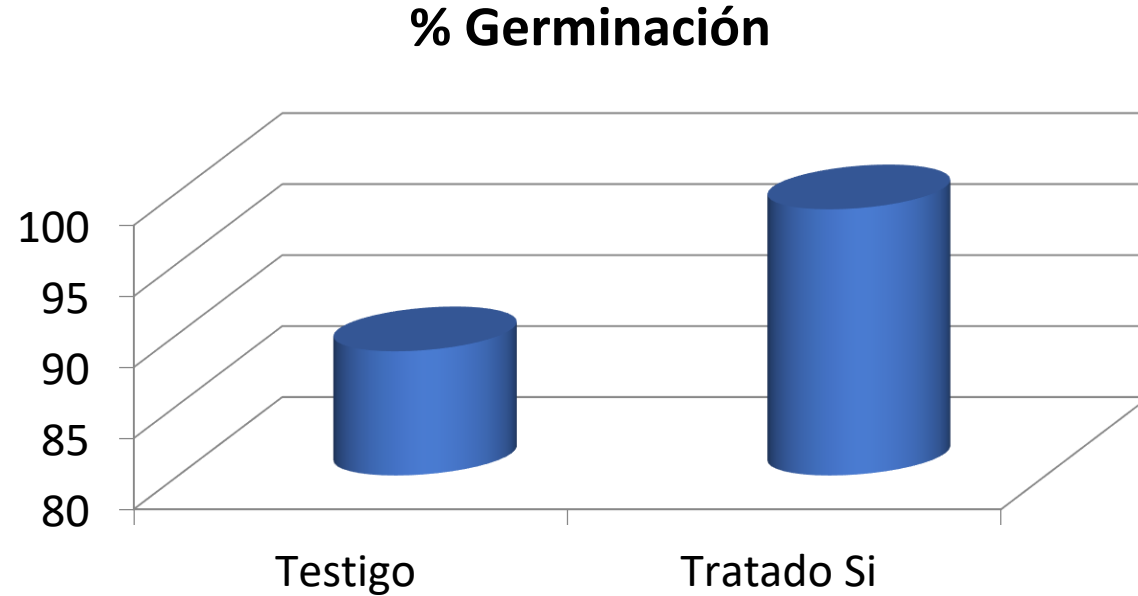
- ✓ Altura,
- ✓ Diámetro del tallo,
- ✓ Peso fresco y seco de las raíces y
- ✓ Peso fresco y seco de la parte aérea.

Al final del experimento se tomaron muestras del suelo de la parte superior e inferior de la bolsa y se determinó el pH del suelo, las bases (Ca, Mg y K), el aluminio intercambiable y el Si disponible (0,01 M CaCl_2). Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Resultados y discusión



98.75% VS 88.75%, marca una diferencia significativa, muy valiosa a la hora de realizar un vivero y programar una siembra en campo.

Resultados y discusión

Tabla 1. Efecto del Silicio en variables de suelo

Tratamientos	pH del suelo	Ca	K	Mg	Al	Si
		----- cmol _c kg ⁻¹ -----				
						mg kg ⁻¹
Control	4,93 b	5,48 a	0,54 b	1,63 b	0,34 a	35,80 b
Silicato de Mg acidulado	5,20 a	5,09 a	1,00 a	2,43 a	0,19 a	52,33 a
<i>Valor-P</i>	0,0034	0,8867	0,0561	0,0074	0,2539	0,0100
Horizonte B						
Control	4,66 a	3,92 a	0,76 a	1,17 a	2,09 a	50,22 a
Silicato de Mg acidulado	4,77 a	3,68 a	0,84 a	1,18 a	0,92 b	53,27 a
<i>Valor-P</i>	0,2897	0,6567	0,6037	0,7595	0,0500	0,2928

* Los valores marcados con letras diferentes en cada columna, presentan diferencia significativa.

Resultados y discusión

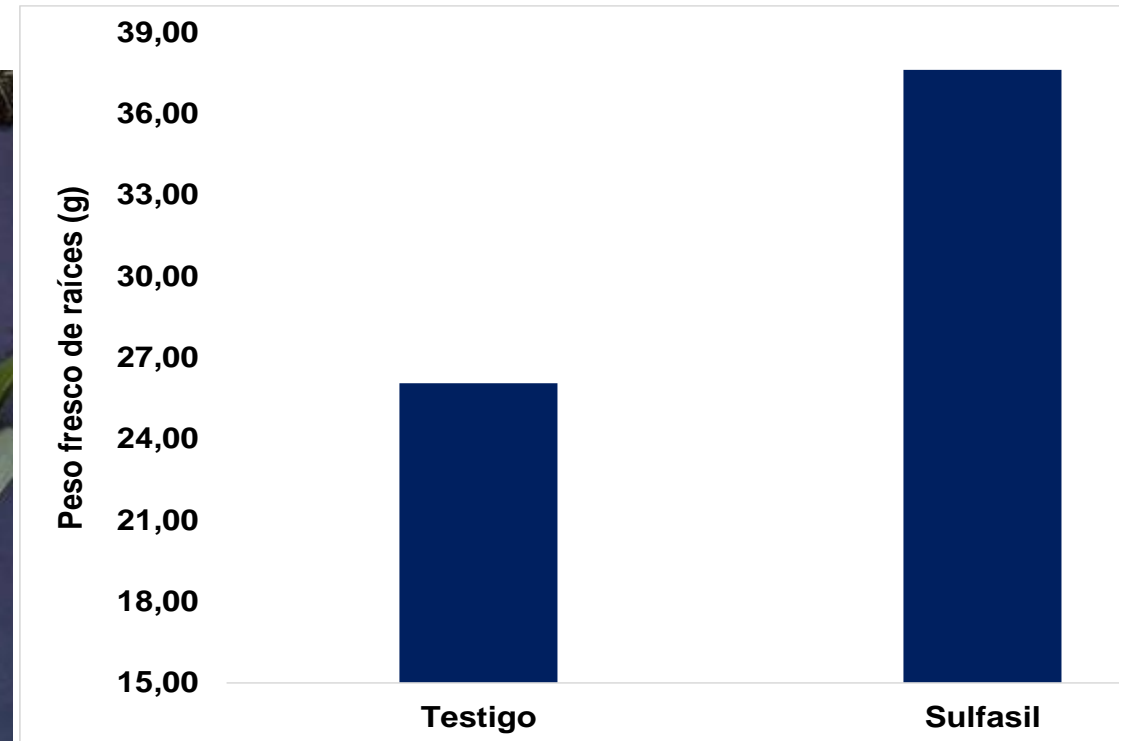
Tabla 2. Efecto del Silicio en variables de crecimiento

VARIABLES	Control	Tratado	Valor-P
Altura (cm)	17,63 b	19,35 a	0,1007
Diámetro (cm)	0,65 a	0,69 a	0,1422
No. Hojas	8,25 a	8,57 a	0,3994
Peso fresco parte aérea (g)	14,32 a	15,84 a	0,2271
Peso fresco de Raíces (g)	26,06 b	37,62 a	0,0009
Peso seco aéreo (g)	5,14 a	5,59 a	0,4497
Peso seco raíces (g)	0,48 b	0,58 a	0,0769
Peso seco total (g)	5,70 a	6,17 a	0,3443

* Los valores marcados con letras diferentes en cada fila, presentan diferencia significativa.

Resultados y discusión

Efecto del Silicio en el peso de raíces



Diferencia significativa para peso fresco y peso seco de raíces.

Otros resultados en aguacate

Corrección de acidez del suelo

Otros Resultados en Aguacate

Efecto del Silicato de Magnesio en el desarrollo de plántulas de vivero –
Michoacán – Mexico – 2017



Diferencias significativas en:

- 🌱 Peso fresco de raíces.
- 🌱 Peso seco de raíces.
- 🌱 Altura de la planta.
- 🌱 Peso fresco aéreo,
- 🌱 Peso seco aéreo.
- 🌱 Biomasa Total.

(Michoacán – México.
Granada, N. 2017)

Evolución de los suelos Lote 1 – 3

Andisol – El Retiro (Antioquia)

<i>PARAMETRO</i>	<i>ANTES</i>	<i>1 AÑO dda</i>	<i>2 AÑOS dda</i>	<i>3 AÑOS dda</i>	<i>Diferencia</i>
pH	4,8	5.2	5,3	5,59	+0,79
P (mg/kg)	11 ppm	19 ppm	28	35	+24
K (cmol/kg)	0,26	0,43 cmol	0,73	0,32	+0,06
Ca (cmol/kg)	0,4	1,4	6,7	2,80	+2,40
Mg (cmol/kg)	0,2	0,5	1,2	0,64	+0,44
Fe (mg/kg)	120	155	54.1	8,0	-112 ppm
Zn (mg/kg)	1,1	3.35	4.9	6,2	+5,1
Mn (mg/kg)	56	180	107	18	-38
Cu (mg/kg)	1,1	2.7	1.40	1,2	+0,1
B (mg/kg)	0,01	0.4	0.67	0,03	+0,02
Al (cmol/kg)	6,7	8.7 cmol/kg	0.01	0.0	-6,7
S (mg/kg)	5,6	22.0	40,1	43,7	+38,1
C.I.C. total	7,5	8.2	11.8	12,6	+5.1 cmol

Otros resultados en aguacate

Corrección de acidez del suelo

Mejoramiento del pH en un Andisol sembrado con aguacate, después de aplicaciones de SiliCorrector DP (El Retiro – Antioquia)

3 kg/árbol
612 kg/ha



2.5 kg/árbol
510 kg/ha



2 kg/árbol
408 kg/ha



3 kg/árbol
612 kg/ha



10,5 kg/árbol
2.142 kg/ha

LOTE	2014	2015	2016	2017	Incremento
1-3	4.8	5.2	5.3	5.59	0.79
5-6	4.6	5.1	5.2	5.49	0.89
9	4.8	5.3	5.4	5.54	0.74
10-11	5.2	5.4	5.5	5.57	0.37
Promedio	4.8	5.3	5.4	5.55	0.75

Impacto de la corrección de acidez sobre la productividad del aguacate

Impacto en la producción por el mejoramiento del pH del suelo con la aplicación de Silicorrector. Ton/ha promedio. El Retiro – Ant.



LOTE	2014	2015	2016	2017	Incremento
1-3	4,1	9,9	12,8	18,1	14,0
5-6	4,0	8,9	10,3	14,4	10,4
9	4,7	11,3	13,9	18,5	13,8
10	4,5	11,9	13,4	18,2	13,7
Promedio	4,3	10,5	12,6	17,3	12,98 (+301,7%)

10,5 kg/árbol
2.142 kg/ha

Otros resultados en Aguacate

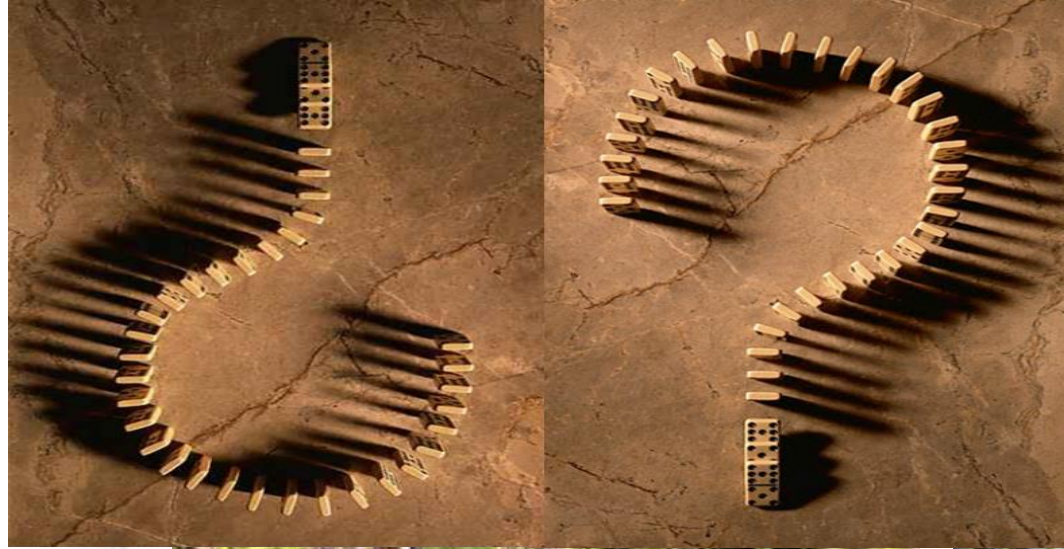
Aplicaciones comerciales

**Silicorrector 5
kg/árbol**



Conclusiones

- 1) Con la aplicación de silicio en forma de silicato de magnesio, se obtuvieron cambios significativos en variables de suelos como pH, contenidos de magnesio, potasio y silicio en el horizonte A, mientras que en el horizonte B, estos cambios se aprecian fundamentalmente en la reducción de los niveles de aluminio del suelo.
- 2) La neutralización del aluminio tóxico en los horizontes más profundos del suelo, provocada por la adición de silicio soluble, induce una mayor elongación de las raíces, lo cual se refleja en un mayor peso fresco y peso seco de raíces, aspecto fundamental para el adecuado desarrollo del cultivo en sus etapas posteriores.
- 3) La aplicación de Silicio mejoró significativamente la germinación de plántulas de aguacate.
- 4) La adición del silicato de magnesio como fuente de silicio, permitió un mayor desarrollo del sistema de raíces y crecimiento en plántulas de aguacate.
- 5) Corregir la acidez del suelo es el primer requisito indispensable para aumentar la eficiencia de los fertilizantes y aumentar la productividad.
- 6) La corrección es más efectiva si se hace con correctivos compuestos con Silicio.



GRACIAS!!!



Agradecemos sus comentarios y sugerencias...

francisco.restrepo@agrosilicium.com

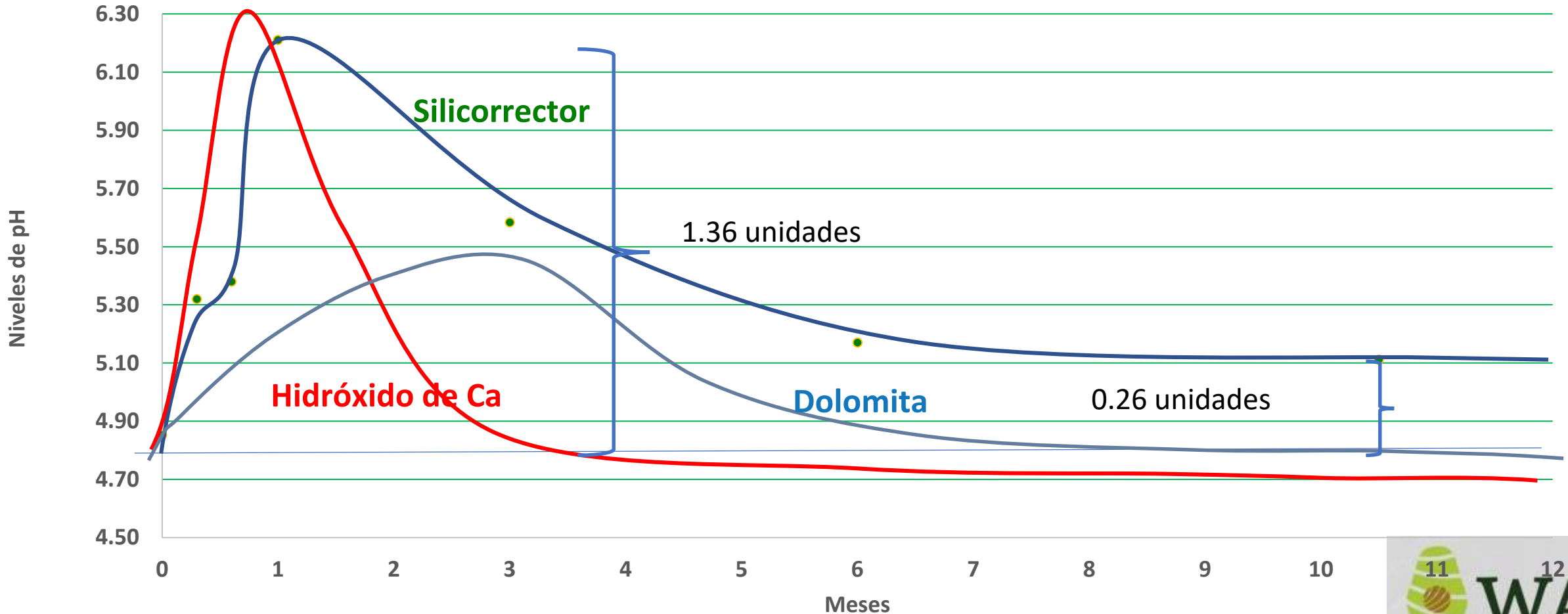
Yefer Alexander Avellaneda

Cel: +57 320 788 0409



Acción del Silicorrector en el pH del suelo VS Dolomita e Hidróxido de Calcio

Cambios en el pH a través del tiempo



Contraste de los Análisis del suelo inicial y final. (Andisol – Rionegro)

Tabla 1. análisis de suelos inicial

Muestra	pH	P	Si	Mg	Ca	K	Na	Al	Zn	Cu	Fe	Mn
Lote 4A	4.8	mg/kg		cmol _c /kg					mg/kg			
		15.35	19.35	0,66	1.21	0,39	0,74	1,17	1.31	0.8	226.6	10,96

Tabla 2. Análisis de suelos 12 meses después de aplicar SiliCorrector

Muestra	pH	P	Si	Mg	Ca	K	Na	Al	Zn	Cu	Fe	Mn
Lote 4A	5.11	mg/kg		cmol _c /kg					mg/kg			
		99	18,51	1,35	6,62	1,73	1,31	0,38	2,24	0.8	141,3	14,86

Comparativo del SiliCorrector Vs Dolomita (Aguadas – Caldas)

Análisis de suelos 3 mda **6 kg** Dolomita (2017)

Análisis suelos 3 mda **3 kg** SiliCorrector DP



CERTIFICADO DE ANALISIS FERTILIDAD DEL SUELO

Propietario: Sr(a) AGROVERDUM S.A.S

Remitente: AGROVERDUM S.A.S

Número de Certificado:	ASU 170290		
Cultivo / Variedad	NO ESPECIFICADO / NO ESPECIFICADO		
Municipio /Departamento / Finca	ANTIOQUIA / MEDELLIN / AGROVERDUM		
Identificación	PALMAS 1 <i>Cal</i>		
Parámetro	Valor	Calificación	
pH	5		
C.E (dS/m)	0,70		
Densidad aparente (g/cc)	1,03		
%Carbono Orgánico	3,98		
%Materia Orgánica	6,86		
Textura	FRANCO-ARCILLOSO		
	% Arena	% Limo	% Arcilla
	34	36	30

Parámetro	Resultados Obtenidos		Calificación
	mg/100g	mg/Kg (p.p.m)	
Potasio intercambiable	0,5	195	
Calcio intercambiable	3,85	770	
Magnesio intercambiable	1,86	223	
Sodio intercambiable	0,16	36,8	
Acidez intercambiable	0,74	66,6	
Hierro		16,0	
Manganeso		74	
Cobre		2,2	
Zinc		49,0	
Boro		0,56	
Fósforo		5,4	
Azufre		165	



CERTIFICADO DE ANALISIS FERTILIDAD DEL SUELO

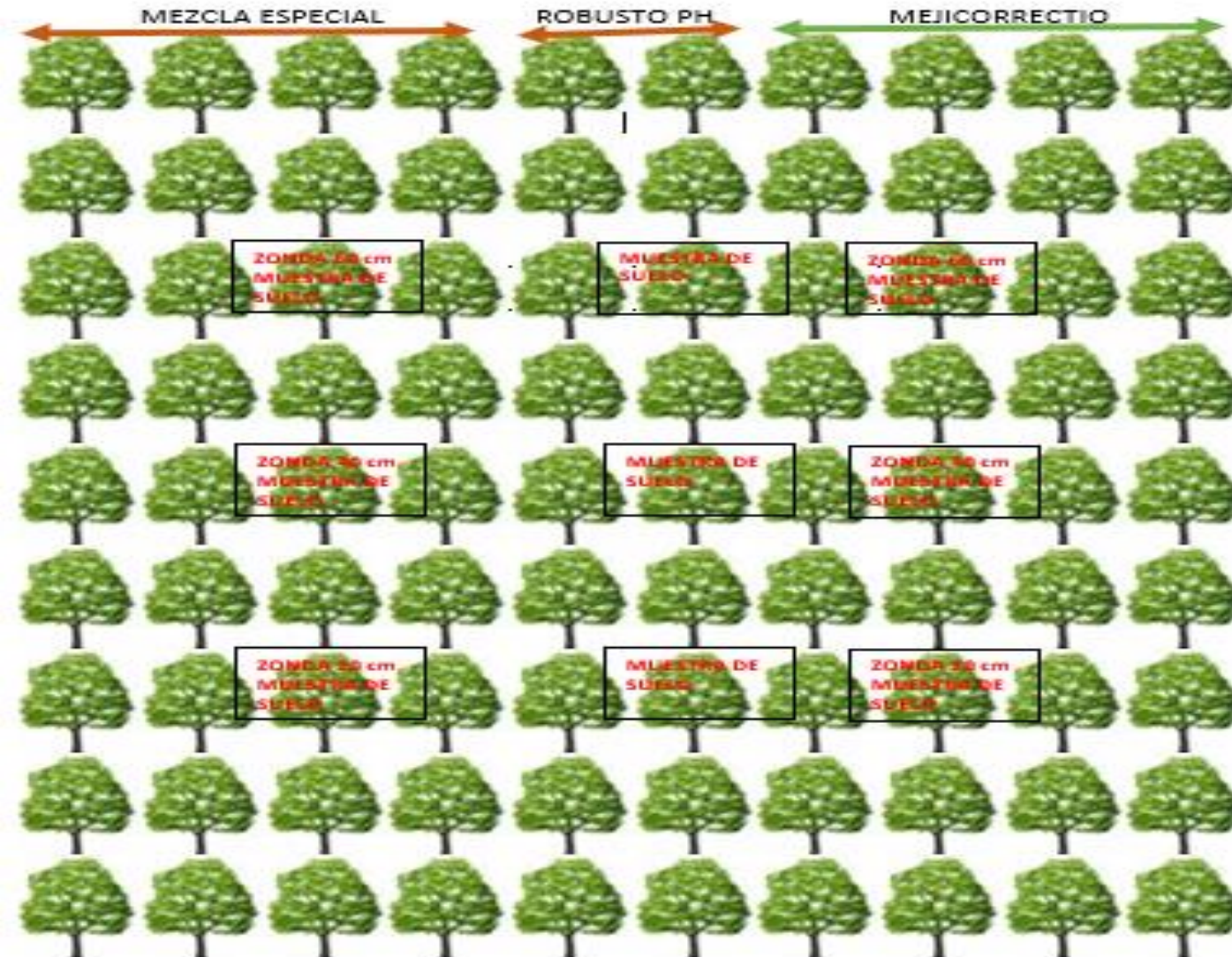
Propietario: Sr(a) AGROVERDUM S.A.S

Remitente: AGROVERDUM S.A.S

Número de Certificado:	ASU 170291		
Cultivo / Variedad	NO ESPECIFICADO / NO ESPECIFICADO		
Municipio /Departamento / Finca	ANTIOQUIA / MEDELLIN / AGROVERDUM		
Identificación	PALMAS 2 <i>SiliCorrector</i>		
Parámetro	Valor	Calificación	
pH	5,20		
C.E (dS/m)	0,40		
Densidad aparente (g/cc)	1,29		
%Carbono Orgánico	1,64		
%Materia Orgánica	2,82		
Textura	ARCILLOSO		
	% Arena	% Limo	% Arcilla
	40	20	40

Parámetro	Resultados Obtenidos		Calificación
	mg/100g	mg/Kg (p.p.m)	
Potasio intercambiable	0,24	93,6	
Calcio intercambiable	6,40	1280	
Magnesio intercambiable	2,85	342	
Sodio intercambiable	0,17	39,1	
Acidez intercambiable	0,48	43,2	
Hierro		213,0	
Manganeso		58	
Cobre		14	
Zinc		118,0	
Boro		0,2	
Fósforo		515	
Azufre		24	

Ensayo con Sondas – Finca La Estrella – Guática (Risaralda)



Prueba comparativa de
SiliCorrector DP Vs
«Robusto Ph» y «Mezcla
Especial» de la finca.

Finca: La Estrella – Guática –
Risaralda.

2018 – 2019

Convenio Frutty Green

Ensayo con Sondas – Finca La Estrella – Guática (Risaralda)

TRATAMIENTOS	Valores de pH inicial Ubicación de la sonda en el lote, parte:				Valores de pH 20 dias dda.			
	Baja	Media	Alta	Prom	Baja	Media	Alta	Prom
SiliCorrector DP	4,32	4,94	5,21	4,82	5,73	5,21	5,84	5,59
Robusto pH	4,44	4,88	5,05	4,79	5,51	5,21	5,23	5,32
Mezcla Especial	4,50	4,57	5,33	4,80	4,80	5,11	4,88	4,93

TRATAMIENTOS	Cambios de pH			Pro- medio
	Baja	Media	Alta	X
SiliCorrector DP	1,41	0,27	0,63	0,77
Robusto pH	1,07	0,33	0,18	0,53
Mezcla Especial	0,30	0,54	-0,45	0,13

Ensayo con Sondas – Finca La Estrella – Guática (Risaralda)

TRATAMIENTOS	Valores de pH inicial Ubicación de la sonda en el lote, parte:				Valores de pH 30 dias dda.			
	Baja	Media	Alta	Prom	Baja	Media	Alta	Prom
SiliCorrector DP	4,32	4,94	5,21	4,82	5,50	5,29	5,73	5,51
Robusto pH	4,44	4,88	5,05	4,79	5,47	4,95	4,97	5,13
Mezcla Especial	4,50	4,57	5,33	4,80	4,79	5,11	4,80	4,90

TRATAMIENTOS	pH en sondas 30 dda		
	20 cm	40 cm	60 cm
SiliCorrector DP	6,41	N.A. *	N.A. *
Robusto pH			
Mezcla Especial	5,31	N.A.	N.A.
	4,79**		

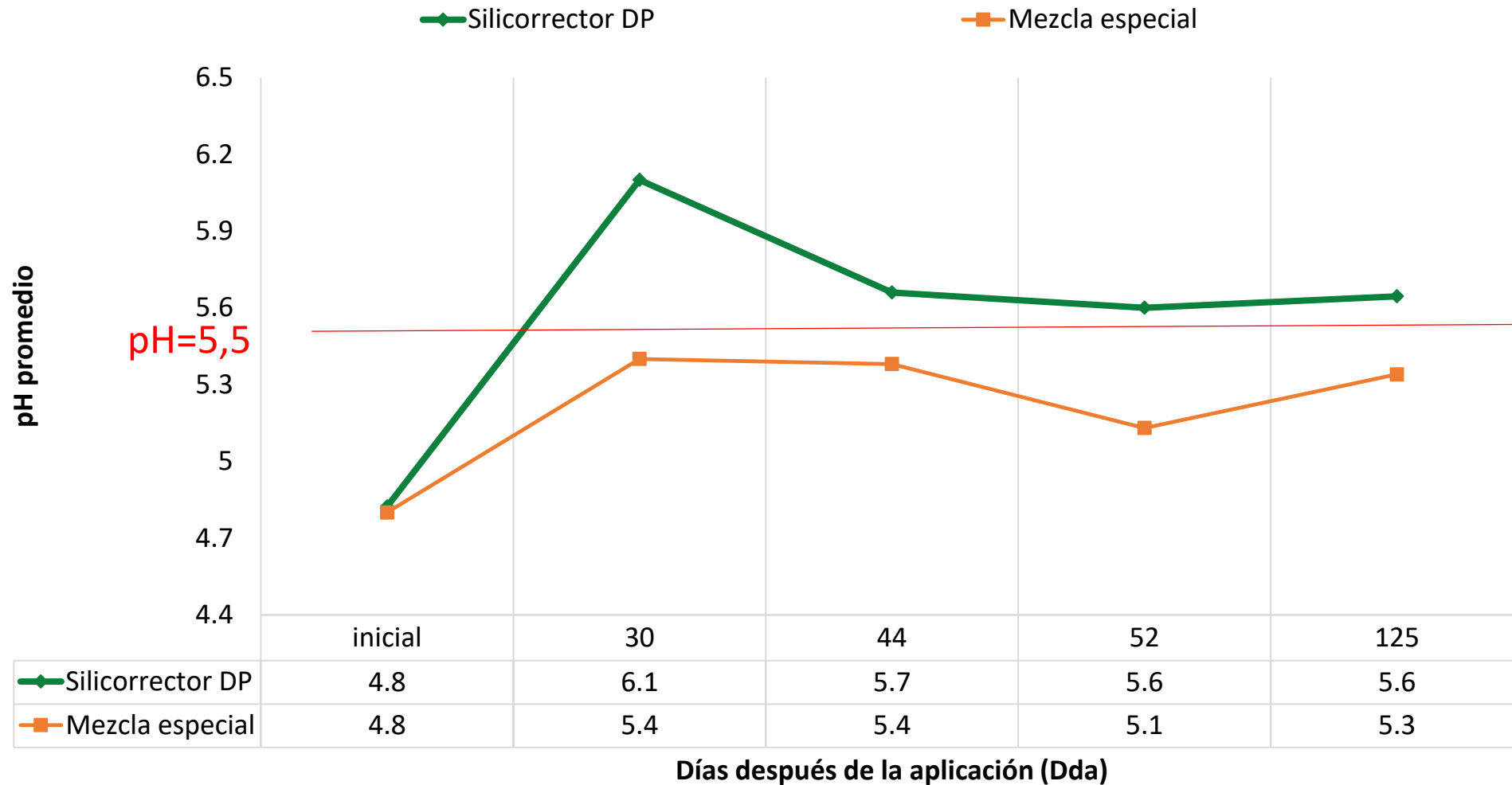
N.A. *	No se obtuvo muestra
Robusto No tiene sondas	
4,79**	20 cm Al dia 31 dda.

Ensayo con Sondas – Finca La Estrella – Guática (Risaralda)

TRATAMIENTOS	Valores de pH inicial Ubicación de la sonda en el lote, parte:				Valores de pH 60 dias dda.			
	Baja	Media	Alta	Prom	Baja	Media	Alta	Prom
SiliCorrector DP	4,32	4,94	5,21	4,82	5,76	5,44	5,99	5,73
Robusto pH	4,44	4,88	5,05	4,79	5,13	4,68	5,19	5,00
Mezcla Especial	4,50	4,57	5,33	4,80	5,11	5,22	5,65	5,33

TRATAMIENTOS	Cambios de pH			Pro- medio
	Baja	Media	Alta	X
SiliCorrector DP	1,44	0,50	0,78	0,91
Robusto pH	0,69	-0,20	0,14	0,21
Mezcla Especial	0,61	0,65	-0,32	0,13

pH en el perfil del suelo. Ensayo con Sondas – Guática (Rda.)



Efecto de los productos SiliCorrector y Mezcla de óxidos en el pH de la solución del suelo a través del tiempo, **promedio a 20, 40 y 60 cm de profundidad en el perfil.**

Eficacia en la reducción del Aluminio del suelo

Contenido inicial de **Al = 1,7 cmol(+)/Kg**, de acuerdo con el análisis de suelo

FECHA	Producto	Al cmol(+) /kg			
		BAJA	MEDIA	ALTA	promedio
Febrero	SiliCorrector DP	0,34	0	0	0,11 a
	Mezcla Óxidos	0,53	0	0	0,18 b
	Otros hidróxidos	-	1,49	-	1,49 b
Mayo	SiliCorrector DP	0,2	0,4	0,2	0,27 a
	Mezcla Óxidos	1,7	2,1	0,4	1,42 b
	Otros hidróxidos	1,6	0,9	0,7	1,08 b

} Valor P 0,0211*

		Reduccion aluminio Cmol(+).Kg	% de aluminio menos
Febrero	SiliCorrector DP	1,59	93,3
	Mezcla Óxidos	1,52	89,6
	Otros hidróxidos	0,21	12,5
Mayo	SiliCorrector DP	1,11	65,4
	Mezcla Óxidos	0,28	16,4
	Otros hidróxidos	0,62	36,7



Efecto en los contenidos de Calcio y Magnesio en el suelo

Fecha	Tratamiento	Mg $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	Ca $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
Inicial		0,16	0,66
Febrero	SiliCorrector DP	0,46	2,76
	Mezcla Óxidos	0,38	1,94
	Otros hidróxidos	0,63	1,90
Mayo	SiliCorrector DP	0,52	3,19
	Mezcla Óxidos	0,39	1,45
	Otros hidróxidos	0,61	1,45
Junio	SiliCorrector DP	0,62	3,13
	Mezcla Óxidos	0,55	1,76
	Otros hidróxidos	0,60	2,67

CONCLUSIONES

✓ **Corregir los problemas de ACIDEZ DEL SUELO como parte integral del Plan de Manejo Nutricional,**

- ✓ **Es** el primer requisito indispensable para aumentar la eficiencia de los fertilizantes.
- ✓ **Debe** usarse Enmiendas Complejas o Correctivos compuestos con Silicio.
- ✓ **Debe** contener Silicio y acomplejar los excesos de Al, Fe y otros metales.
- ✓ **Se** traduce en mejor nutrición, Satisfacción y
- ✓ **Mayor** rentabilidad del cultivo.



¡Gracias!