

# **EFFECTO DE NIVELES DE DIATOMITA EN PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELOS, EN LABORATORIO-AYACUCHO. 2019**

**Marhleni Cerda Gómez**

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias  
Programa de Investigación en Pastos y Ganadería-Área de Investigación en Suelos.  
E-mail: Marhleni.cerda@unsch.edu.pe

## **RESUMEN**

Debido a la necesidad de optimizar el agua, se estudia a la diatomita, poco explorado en agricultura. La diatomita, roca sedimentaria de origen orgánico, aporta sílice y posee elevada porosidad y superficie específica. En Ayacucho la diatomita o "Quicato" de elevado contenido de silicio, porosidad superior al 80% y muy poco contaminante, podría emplearse en la actividad agrícola. Se evaluó en condiciones de laboratorio la aplicación de dosis de diatomita (0, 5, 10 y 15% v/v) de 2 mm, en dos suelos, de textura franco arcillo arenosa (Fr.Ar.A.) y franco arenosa (Fr.A.) de Luricocha - Huanta, a fin de valorar sus efectos sobre las propiedades físicas entre ellas la capacidad de campo, densidad aparente, densidad real y porosidad total de los suelos. Luego de incubar conservando a capacidad de campo los suelos durante seis meses, se encontró que incorporar 5, 10 y 15 % (v/v) de diatomita, aumenta significativamente la capacidad de campo en 2.87%, 8.39%, 9.87% (Fr.Ar.A.) y 3.14%, 6.46%, 9.77% (Fr.A.), respecto al testigo. 15% (v/v) de diatomita en suelo Fr. A, disminuye respecto al testigo en 5.20%, la densidad aparente y en 9.66% la porosidad total. En suelo Fr.Ar.A., no influyen significativamente en ambos parámetros, sin embargo, muestra tendencia creciente en poros totales. La densidad real en ambos suelos, disminuye linealmente con las dosis de diatomita, de 2.56 a 2.38 g.cc<sup>-1</sup> en Fr.A. y 2.48 a 2.40 g.cc<sup>-1</sup> en Fr.Ar.A.

Palabras clave: Diatomita, capacidad de campo, densidad aparente y real, porosidad.

## **EFFECT OF DIATOMITE LEVELS IN PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS, IN LABORATORIO-AYACUCHO**

### **ABSTRACT**

Due to the need to optimize the water, the diatomite is studied, little explored in agriculture. Diatomite, sedimentary rock of organic origin, provides silica and has high porosity and specific surface. In Ayacucho, the diatomite or "Quicate" with a high silicon content, porosity greater than 80% and very little contaminating, could be used in agricultural activity. The application of diatomite doses (0, 5, 10 and 15% v / v) of 2 mm was evaluated in laboratory conditions on two soils with a sandy loam (Fr.Ar.A.) and sandy loam ( Fr.A.) of Luricocha - Huanta, in order to assess its effects on physical properties, including field capacity, bulk density, real density and total porosity of the soils. After incubating keeping the soil at field capacity for six months, it was found that incorporating 5, 10 and 15% (v / v) of diatomite, significantly increases field capacity by 2.87%, 8.39%, 9.87% (Fr. Ar.A) and 3.14%, 6.46%, 9.77% (Fr.A.), regarding the witness. 15% (v / v) of diatomite in Fr.A soil, decreases with respect to the control by 5.20%, the apparent density and by 9.66% the total porosity. In Fr.Ar.A. soil, they do not significantly influence both parameters, however it shows an increasing trend in total pores. The real density in both soils decreases linearly with diatomite doses, from 2.56 to 2.38 g.cc<sup>-1</sup> in Fr.A. and 2.48 to 2.40 g.cc<sup>-1</sup> in Fr.Ar.A.

Keywords: Diatomite, field capacity, apparent and real density, porosity.

### **INTRODUCCIÓN**

En todo sistema productivo, el recurso suelo es considerado no renovable o poco renovable y el agua, es escasa, más cuando las condiciones climáticas cambian, por ello la necesidad de tener conocimiento o comprender como funcionan las interrelaciones o procesos básicos al interior del sistema. En este marco se dieron muchas recomendaciones para mejorar y/o acondicionar el suelo de cara a la optimización de sus propiedades químicas, biológicas y físicas. En relación a las características físicas, vinculadas a la optimización del agua, se intenta aumentar la capacidad de retención, simultáneamente la eficiencia de absorción de nutrientes, evitar pérdidas por lixiviación; actividades que conducen a la mejora de la producción y productividad agrícola con la consecuente influencia en la seguridad alimentaria. El material parental y las condiciones fisiográficas, sobre todo en la sierra, influye en las características de los suelos, siendo estos múltiples y no siempre son ideales, tal es el caso de aquellos con partículas gruesas, escasa materia orgánica con mucha facilidad a perder agua, por evapotranspiración o por infiltración, llevándose en este último también a los nutrientes es decir se produce la lixiviación, lo que hace pensar en la necesidad de optimizar en agua de uso agrícola evitando perder y/o aumentar la capacidad de almacenar agua

útil en el suelo. La optimización del agua, depende de las características físicas y biológicas del suelo, influyen la arena, limo, arcilla y materia orgánica de manera directa e indirecta, a través de la formación de agregados. Nuestros diversos suelos, poseen texturas medias, finas y gruesas con agregados que permanentemente se van alterando al igual que el contenido de materia orgánica. Debido a esas particularidades, se sugieren emplear mejoradores de las características físicas de los suelos que contribuya en optimizar el agua, entre los cuales la materia orgánica es la más común, no obstante, es muy perecible. En la búsqueda de otras alternativas, se investiga una fuente natural como la diatomita, que además de aportar sílice a las plantas, podría contribuir con mejorar las condiciones físicas del suelo. Se trata de una roca sedimentaria de origen orgánico, de elevada porosidad, superficie específica y poder de adsorción, por lo cual tendría efecto positivo en aumentar la capacidad retentiva del agua en suelos. Ayacucho, posee una fuente natural de sílice en la diatomita comúnmente denominado “Quicato” en la zona de “Quicapata” y “Tambillo”, que según Verdeja et al. (1992) y Ramírez, (2012), poseen elevado contenido de silicio y muy poco contaminante, baja densidad y alta superficie específica; dichos estudios, no obstante, fueron orientados hacia las posibilidades de emplear como filtros, pintura, etc. Sin embargo, uso del recurso en la actividad agrícola podría ser factible, tal como en otras latitudes del mundo se va comprobando diversas fuentes de sílice natural, con efectos positivos. En tal sentido, se propone investigar las posibilidades de emplear diatomita en agricultura, inicialmente en condiciones de laboratorio con la finalidad de evaluar sus efectos sobre las características físicas de suelos con diferentes texturas, aplicando cuatro niveles; por lo que se plantea los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de niveles crecientes de diatomita, en la capacidad de campo, densidad aparente, real y porosidad total en suelo de textura franco arenosa.
2. Evaluar el efecto de niveles crecientes de diatomita, en la capacidad de campo, densidad aparente, real y porosidad total en suelo de textura franco arcillo arenosa.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Material**

Se recolectó, preparó y analizó dos suelos de los primeros 30 cm de profundidad, procedentes de la zona productora de palto en Luricocha, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho. Los resultados del análisis de caracterización de los suelos se muestran en la tabla 3.1. La diatomita, se obtuvo de la zona de Quicapata, Ayacucho.

### **Métodos**

Se Incubaron niveles crecientes de diatomita (0, 5, 10 y 15% v/v) de 2 mm de diámetro en cada suelo, dispuestos en diseño factorial 3 x 2, con un total de 12 tratamientos dispuestas en macetas de 01 kg de capacidad, manteniendo la humedad a capacidad de campo, durante seis meses. Se evaluó el efecto de diatomita en las características físicas de los suelos, por lo cual se analizó en 24 muestras de suelos el contenido de humedad a capacidad de campo, densidad aparente y densidad real. La evaluación de datos fue basada en análisis de varianza, prueba de contraste de Tukey y análisis de tendencia, haciendo uso del programa Infostat. El análisis de la caracterización de suelos se realizó con protocolos de acuerdo a las normas de levantamiento de suelos. La determinación de la capacidad de campo se realizó por gravimetría. Las determinaciones de densidad aparente y real con los métodos del cilindro y picnómetro, respectivamente.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **➤ DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS**

El análisis de caracterización y coeficientes hídricos de suelos, se muestra en la tabla 3.1. Se observa que son de naturaleza alcalina, valorados como de moderadamente a fuertemente alcalino, ambos no salinos y de contenido medio de carbonatos. La materia orgánica es muy baja en suelo arenoso y alto en el franco arcillo arenoso, el fósforo disponible va desde muy bajo a medio y el potasio es muy alto en ambos suelos. La CIC total por destilación con acetato de amonio es de bajo en suelo arenoso y medio en el Fr-Ar-A, debido al contenido de arena en el primero y materia orgánica ligada a arcilla en el segundo. Los contenidos de calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, son los que saturan completamente el complejo de cambio en ambos suelos, alcanzando el 100% de bases.

**Tabla 1.** Características físicas y químicas de los suelos evaluados.

Característica	Franco arenosa	Franco arcillo arenosa
pH (1:1)	8.48	7.92
C.E (dS.m-1)	1.13	0.56
CO3 (%)	3.7	4.42
Nt (%)	0.05	0.19
MO (%)	0.92	4.02
P (ppm)	25.81	9.76
K (ppm)	287	208
Arena (%)	76	48
Limo (%)	14	22
Arcilla (%)	10	30
CIC (meq/100g)	10.5	20.54
Ca (meq/100g)	6.63	11.97
Mg (meq/100g)	2.43	6.95
K (meq/100g)	1.3	1.01
Na (meq/100g)	0.14	0.61
<b>Coefficientes hídricos</b>		
CC (%)	19.29	22.85
PM (%)	10.41	13.19
Da (g.cc-1)	1.42	1.24

Fuente: Laboratorio de análisis Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes Multiservicios AGROLAB

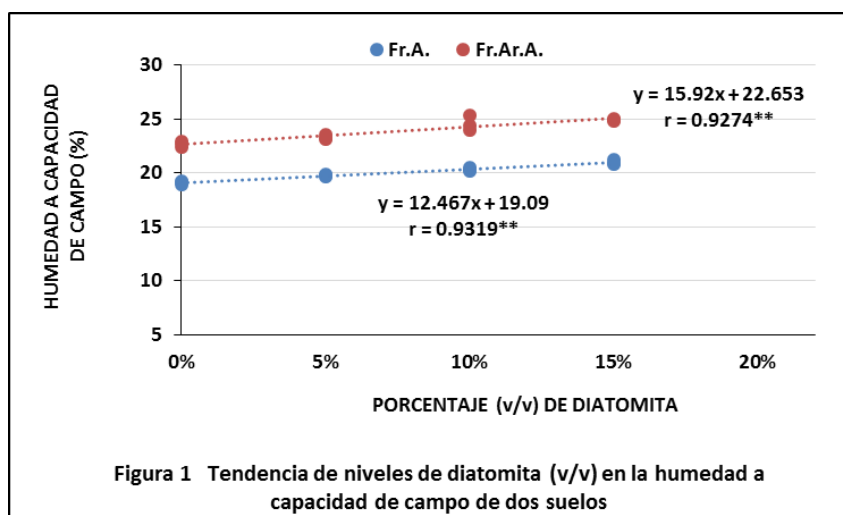
#### ➤ DEL EFECTO EN LA CAPACIDAD DE CAMPO DEL SUELO

El contenido de humedad a capacidad de campo en los suelos franco arenoso (Fr.A.) y franco arcillo arenoso (Fr.Ar.A.) de Luricocha, muestra diferencia altamente significativa para suelos y niveles de diatomita (Tabla 3.2); el mayor contenido de humedad a capacidad de campo se observa en el suelo Fr.Ar.A., respecto del arenoso, en razón al mayor contenido de arcilla, materia orgánica que determinan una porosidad total de mayor capacidad de retención de agua.

**Tabla 2.** Análisis de varianza del contenido de humedad a capacidad de campo, por efecto de aplicar dosis (v/v) de diatomita en suelo Fr.A. y Fr.Ar.A.

FV	GL	SC	CM	Fc
Suelos	1	87.6308	87.6308	1064.2880
Nivel diatomita	3	15.3176	5.1059	62.0115
S * ND	3	0.4330	0.1443	1.7527
Error	16	1.3174	0.0823	
Total	23	104.6988		

CV= 1.308



La figura 1, muestra que la tendencia del efecto de aplicar niveles crecientes de diatomita, aumenta la capacidad de campo, en ambos suelos, ajustándose en a funciones lineales altamente significativas ( $Y= 22.653 + 15.92x$ ;  $r = 0.9274^{**}$ ;  $Y= 19.09 + 12.467x$ ,  $r = 0.9319^{**}$ ) para los suelos Fr.Ar. A y Fr.A., respectivamente. Implica por tanto que a mayor dosis de diatomita mayor es la capacidad de retener agua a capacidad de campo y por ende agua útil para las plantas, de este modo incrementos de 5, 10 y 15% (v/v) de diatomita, acrecienta hasta en 2.87%, 8.39%, 9.87% en Fr.Ar.A. y 3.14%, 6.46%, 9.77% en Fr.A., todos ellos respecto al testigo. Los efectos sobre el contenido de humedad de ambos suelos es producto de la incorporación de una diatomita altamente porosa y de elevada superficie específica como lo afirman Noferesti et al. (2018) y Verdeja et al. (1992), cuyas características especiales aumentan los espacios porosos del suelo, como lo afirman Hu et al. (2017), indicando que los mesoporos en esta roca sedimentaria son de vital importancia para el control de la humedad, comparable a las zeolitas y piedra pómez, con igual eficiencia al aumentar la capacidad de campo, como lo afirman Boyraz y Nalbant (2015). Comparativamente a otros trabajos, nuestros hallazgos son de menor proporción, debido a los niveles empleados, así como al tamaño estándar utilizado (2 mm), pues son menores a los que reportaron Aksakal et al. (2012), que aumentan la capacidad de campo en 30% en suelo franco arenoso y en 43.78% en suelo de textura arenosa, respecto al control; aplicando 30% (v/v) de diatomita. Utilizando el mismo nivel y diatomita de China, Qu y Sun (2016), encuentran que se aumenta el contenido óptimo de humedad (28.7%, 22.4% y 25.3%) de suelos limoso, franco limoso y franco arcilloso limoso, respectivamente. Finalmente Noferesti et al (2018), utilizando diatomita de Birjand (0.65 g.m-3) en dosis crecientes (10-20-40-80 g)/kg y tamaños (0-2, 2.36-4.75, 4.75-12.5, 12.5-19 mm) en suelo arenoso, encontró que la incorporación de 1% de diatomita (10g/kg suelo), aumenta en 0.6 por ciento la capacidad de almacenamiento de agua, siendo las partículas más gruesas de diatomita (4.75-19 mm) de mayor efecto en la retención de humedad. Por lo tanto, el efecto de las diatomitas depende de sus características intrínsecas, del tamaño de enmienda, de la cantidad aplicada y del tipo de suelo, entre otros. Los niveles de diatomita de tamaño de 2 mm utilizados, muestran menor efecto, respecto de los otros investigadores, sin embargo, ese incremento podría ser de gran utilidad para la nutrición de la planta, la resistencia a la escasez de agua y la prolongación de la frecuencia de riego.

#### ➤ DEL EFECTO EN LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO

La densidad aparente del suelo varía en forma altamente significativa en el suelo franco arcillo arenoso (Fr.Ar.A) por efecto de la aplicación de las dosis crecientes de diatomita, como se observa en las tablas 3.3 y 3.4 del análisis de varianza y el de efectos simples, respectivamente. La tendencia del incremento de dosis de diatomita es a disminuir las densidades aparentes hasta alcanzar 1.18 y 1.19 g.cc-1 con 10 y 15% (v/v) de diatomita; ajustándose a una tendencia lineal significativa (Figura 2) con un nivel de disminución promedio de 5.20%, respecto del testigo. Significa que la incorporación de diatomita al suelo, incrementa el volumen total del mismo, debido al incremento de poros totales y es dependiente de la textura, tal como reporta Tanveera (2016), quien encuentra que la densidad aparente del suelo mostró una correlación negativa con la arcilla, el contenido total de materia orgánica y la porosidad, excepto con el contenido de arena, concordando con Easton y Bock, (2016) quienes refieren que la densidad de volumen o aparente es un indicador importante de la porosidad del suelo. Esto último en nuestro caso se demuestra con la correlación altamente significativa hallada entre la densidad aparente y el contenido de poros totales del suelo Fr.Ar. A (Figura 3). La disminución encontrada, de este modo estaría favoreciendo a la aireación y la capacidad de absorción del suelo. Nuestro trabajo es concordante con lo reportado por Aksakal et al. (2013), al emplear 30% de diatomita disminuyen la densidad aparente en niveles de 10.4%, 14.0% y 9.0%, en suelos arenosos, textura franca y franco arcillosa. Qu y Zhao, (2015), con diatomita de China, aumenta macro agregados (partículas mayores a 0.25 mm), en dos tipos de suelos agrícolas y disminuye la densidad aparente. De manera similar Qu y Sun (2016) refieren que (30% v/v) de diatomita disminuyó la densidad aparente en niveles de 8.7%, 10.3% y 13.2% de los suelos limoso, franco limoso y franco arcilloso limoso, respecto al control. Similar reporte lo hacen Angin et al. (2016), aplicando 30% de diatomita al suelo.

**Tabla 3.** Análisis de varianza del contenido de la densidad aparente, por efecto de aplicar dosis (v/v) de diatomita en suelo Fr.A. y Fr.Ar.A.

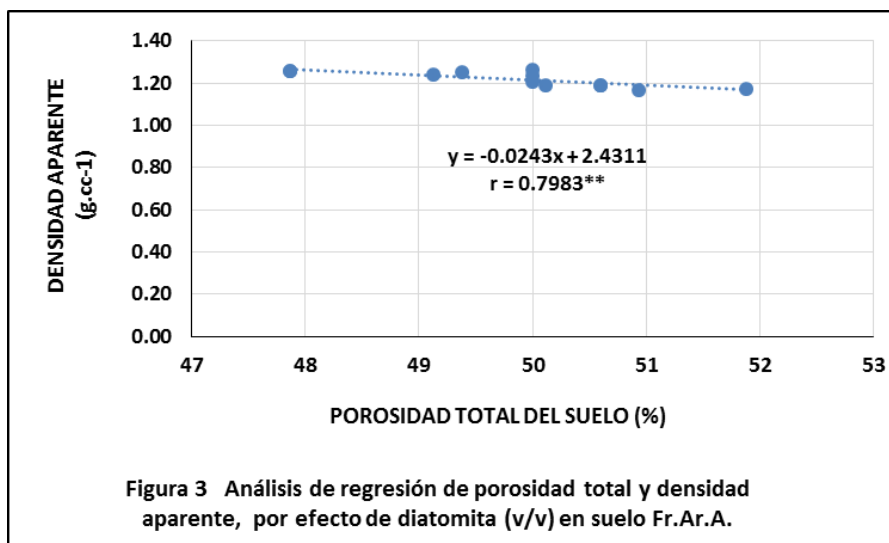
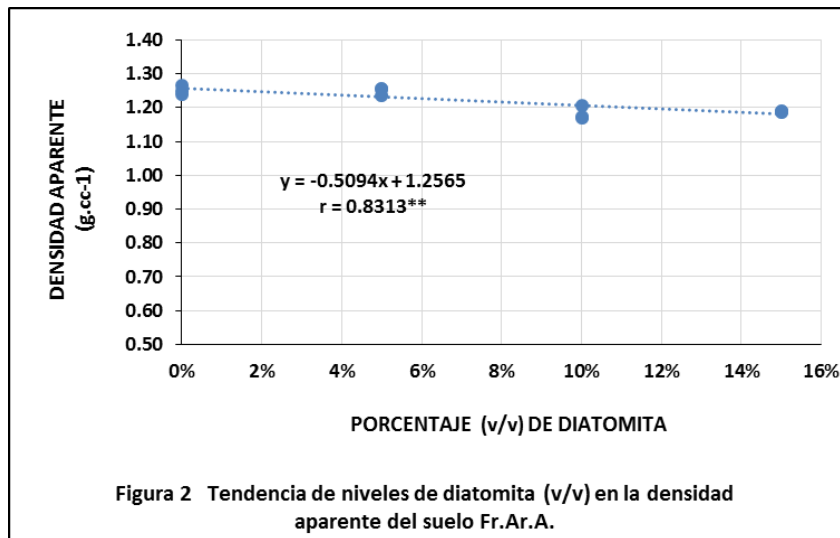
FV	GL	SC	CM	Fc
Suelos	1	0.27246	0.27246	2028.57**
Nivel diatomita	3	0.00602	0.00201	14.95**
S * ND	3	0.00674	0.00225	16.72**
Error	16	0.00215	0.00013	
Total	23	0.28737		

CV= 0.8748

**Tabla 4.** Análisis de varianza de los efectos simples de la densidad aparente, por efecto de aplicar dosis (v/v) de diatomita en suelo Fr.A. y Fr.Ar.A.

FV	GL	SC	CM	Fc
A en B1	1	0.04667	0.04667	347.51**
A en B2	1	0.05063	0.05063	376.97**
A en B3	1	0.09618	0.09618	716.12**
A en B4	1	0.08571	0.08571	638.13**
B en A1	3	0.00010	0.00003	0.25 ns
B en A2	3	0.01266	0.00422	31.42 **
Error	16	0.00215	0.00013	
Total	23	0.28737		

CV= 0.8748



En suelo franco arenoso, las dosis de diatomita de Quicapata, no influye en la variable densidad aparente, este hecho probablemente obedezca al tipo de poros que se incrementan en la diatomita y el tamaño de poros que éste provocaría en el suelo por el tamaño de diatomita aplicada (2mm) que resulta más grande a las fracciones de arena fina del suelo, contrariamente a lo hallado por Noferesti et al. (2018), quienes en suelo arenoso reportan disminución de la densidad aparente, empleando 80 g de diatomita /kg de suelo (8% p/p).

#### ➤ DEL EFECTO EN EL PORCENTAJE DE POROSIDAD DEL SUELO

El contenido de poros totales del suelo varía en forma altamente significativa (ANVA tabla 3.5), siendo mayor (49.5 - 50.44%) en el suelo franco arcillo arenoso, respecto del franco arenoso (44.29 - 40%). Sin embargo, la diferencia altamente significativa del contenido de poros totales, por efecto de la aplicación de dosis crecientes de diatomita, se observa solamente en el suelo Fr.A. (Tabla 3.6); y posee una tendencia lineal significativa (Figura 4), se observa que la relación es inversa dado que la porosidad total disminuye hasta un promedio de 9.66%, respecto al testigo, con la dosis de 15% (v/v) de diatomita, sin diferencia del nivel de 10% (v/v). La

porosidad total, corresponde a la porción del volumen del suelo que no está ocupado por material sólido y el contenido, depende de varios factores como la densidad aparente, el porcentaje de materia orgánica, arcillas, sesquióxidos y carbonatos del suelo, quienes interaccionan formando agregados, contribuyendo así a la porosidad. De otro lado se debe considerar que los poros pueden ser macro, meso y microporos, siendo los últimos los vinculados con el agua y los macroporos con el aire. La sola incorporación de diatomita, por sus características intrínsecas de elevada porosidad (81.54 - 83.76%) y superficie específica (Verdeja et al. 1992) aumentarían los meso y microporos en los suelos (Hu et al., 2017); sin embargo al tratarse de partículas de 2 mm de diámetro, tamaño superior al de las arenas finas del suelo franco arenoso estudiado, simultáneamente estarían incorporando macro poros, al volumen total de ellos en el suelo, por ello la porosidad total del mismo disminuye, con el aumento de diatomita, dado que a mayor tamaño de poros, es menor la porosidad total del suelo (Brady & Weil, 2008). El resultado es análogo con lo hallado por Boyraz y Nalbant (2015) quienes indican reducción de porosidad de suelo de textura moderadamente fino al aumentar diatomita, zeolita o piedra pómez.

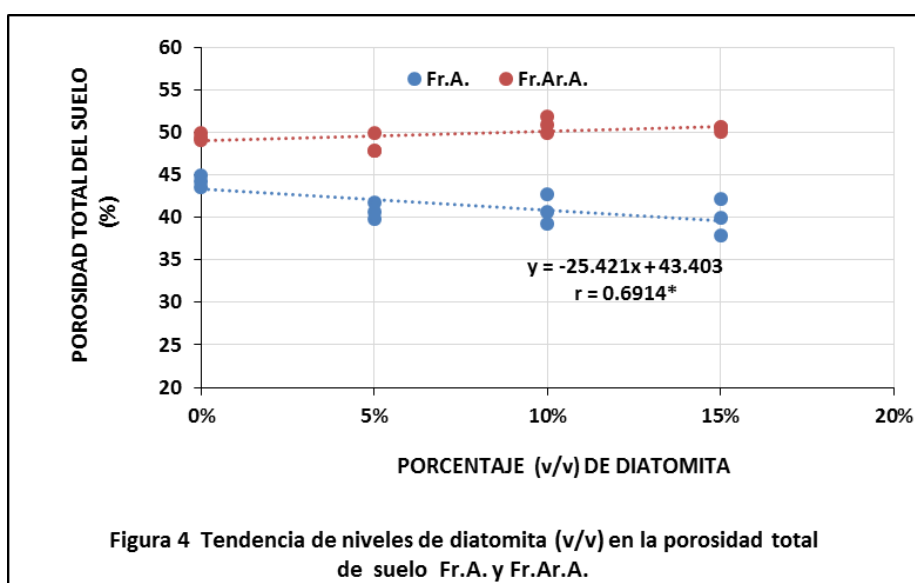
**Tabla 5.** Análisis de varianza del porcentaje de porosidad del suelo, por efecto de aplicar dosis (v/v) de diatomita en suelo Fr.A. y Fr.Ar.A.

FV	GL	SC	CM	Fc
Suelos	1	420.0374	420.0374	286.67**
Nivel diatomita	3	16.5327	5.5109	3.76 ns
S * ND	3	25.8722	8.6241	5.88 *
Error	16	23.4433	1.4652	
Total	23	485.8856		

CV = 2.650

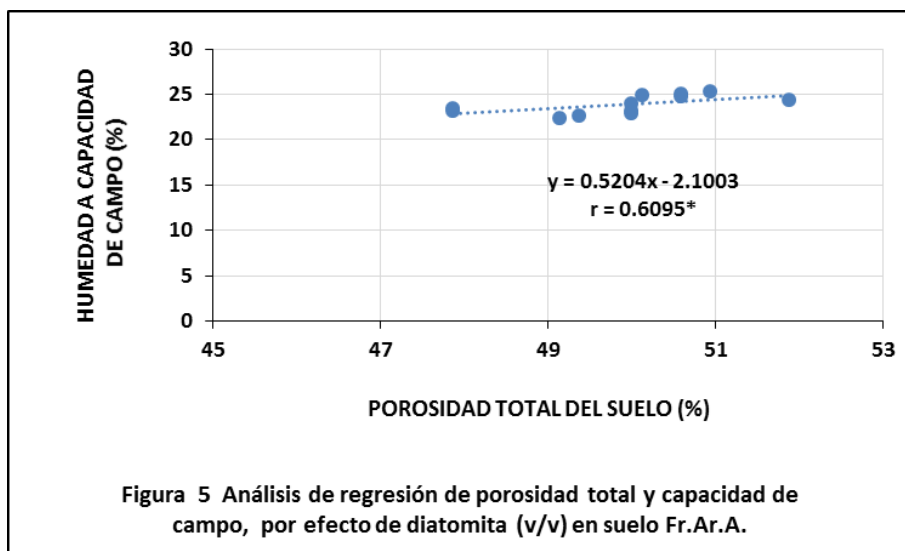
**Tabla 6.** Análisis de varianza de los efectos simples del porcentaje de porosidad del suelo, por efecto de aplicar dosis (v/v) de diatomita en suelo Fr.A. y Fr.Ar.A.

FV	GL	SC	CM	Fc
A en B1	1	40.8171	40.8171	27.85**
A en B2	1	91.2438	91.2438	62.27**
A en B3	1	150.5004	150.5004	102.71**
A en B4	1	163.3483	163.3483	111.48**
B en A1	3	32.5967	10.8656	7.41**
B en A2	3	9.8081	3.2694	2.23 ns
Error	16	23.4433	1.4652	
Total	23	485.8856		



Efecto contrario tiene las dosis de diatomita de Quicapata en el suelo Fr.Ar.A. donde no existe diferencia estadística significativa entre niveles; sin embargo se observa una tendencia creciente (Figura 4), que probablemente obedezca a que la diatomita interactúe con las arcillas del suelo (30%) y la materia orgánica por sus propiedades coloidales y

favorezcan al contenido de agregados con microporos internos, de este modo aumentarían los micro y mesoporos como lo reporta Qu y Zhao (2015); a diferencia del efecto sobre el suelo franco arenoso. De este modo, en la figura 5, se observa correlación lineal significativa entre el porcentaje total de poros en el suelo con la capacidad de campo del mismo, que aumenta con el incremento de poros totales del suelo Fr.Ar.A. Esta variable es de vital importancia, por su influencia no solo en el crecimiento de raíces y otros microorganismos, contribuye con servicios ambientales hidrológicos, como la captación, transporte y almacenamiento del agua en cualquier cuenca.

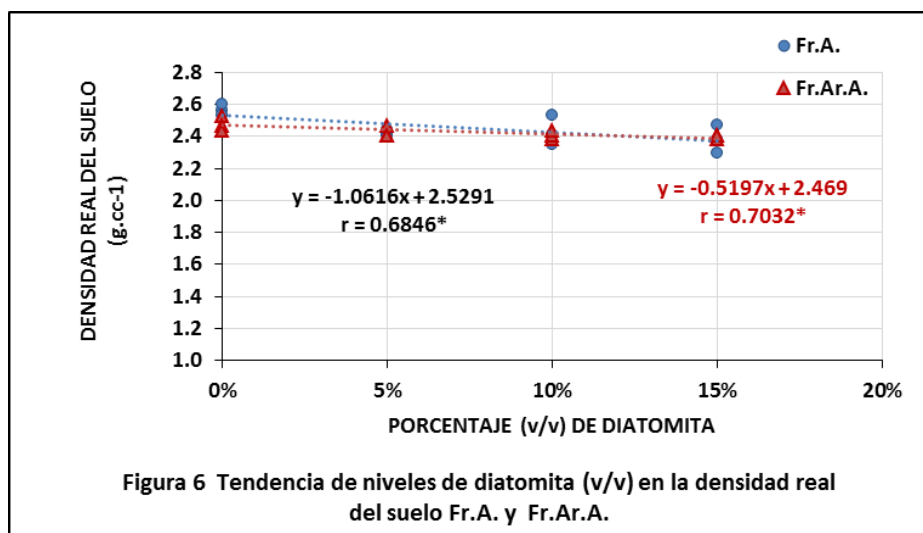


#### ➤ DEL EFECTO EN LA DENSIDAD REAL DEL SUELO

La densidad real o densidad de partículas de ambos suelos evaluados, no muestran diferencia significativa, salvo una ligera variación entre suelos cuando no se aporta diatomita, lo cual es propio de la naturaleza mineralógica del Fr.A. que resulta ligeramente mayor que el Fr.Ar.A. (ANVA tabla 3.7 - figura 6). La diferencia matemáticamente detectada es cuando se aplican los niveles de diatomita, que permite una disminución de la densidad real, con tendencia lineal y significativa (Figura 6), en ambos suelos. La densidad real, es un parámetro dependiente de la composición mineralógica, el contenido de materia orgánica e influenciado por el tamaño de partículas debido al cambio gradual de la composición mineralógica (Brogowski et al. 2014). Así en el suelo Fr.A., con fracciones dominantes de arena (70%), compuesto eminentemente de cuarzo de densidad de 2,65 g.cc<sup>-1</sup> y menor contenido de materia orgánica, tendrá una densidad real ligeramente mayor respecto del Fr.Ar.A. que poseen menor arena y mayor material fino como arcilla y materia orgánica, en razón a que la densidad real, representa el promedio compuesto de la densidad de todas las partículas que componen el suelo (Hao et al. 2019). Los resultados son comparables a los hallados por Schojoning 2017, quienes demuestran que hay una clara disminución de la densidad de partículas, con el aumento del contenido de materia orgánica, es decir un compuesto de baja densidad real (1.3 a 1.5 g.cc<sup>-1</sup>). Por su parte Brogowski et al., 2014, refiere que la densidad de partículas de las fracciones disminuye a partir de granos con un diámetro de 1.0 a 0.1 mm a <0.002 mm (arcilla); por ello Schojoning (2017), refiere que la densidad real de arcillas es de 2.86 g.cc<sup>-1</sup> y la combinación de contenido de arcilla y materia orgánica del suelo podría explicar aproximadamente un 92% de la variación en la densidad real evaluado. Nosotros empleamos diatomita de 2 mm de diámetro, material sedimentario muy poroso y ligero, que posee una densidad real entre 2.24 - 2.25 g.cc<sup>-1</sup> (Verdeja et al. 1991; Ramírez, 2012). Por cuanto, debido al tamaño (2 mm) y menor masa, aumentaría el volumen de los sólidos, disminuyendo así la densidad real, siendo más observable en los suelos Fr.A. cuyas densidades cambian de 2.56 a 2.38 g.cc<sup>-1</sup> con la dosis alta de diatomita (15% v/v). En tanto en el suelo Fr.Ar.A. no existe variación significativa (2.48 a 2.40 g.cc<sup>-1</sup>); debido a que el suelo posee arcilla -dominadas por minerales secundarios de aluminosilicato- y materia orgánica, que influyen en el peso y las reacciones de agregación.

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la densidad real del suelo, por efecto de aplicar dosis (v/v) de diatomita en suelo Fr.A. y Fr.Ar.A.

FV	GL	SC	CM	Fc
Suelos	1	0.00228722	0.00228722	0.84 ns
Nivel diatomita	3	0.0581044	0.01936813	7.19 *
S * ND	3	0.00945237	0.00315079	1.16 ns
Error	16	0.04309119	0.0026932	
Total	23	0.11293517		



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aksakal, E.L.; Angin, I. y Oztas, T. 2012. Effects of diatomite on soil physical properties. *Catena* 88. 1-5.
- Aksakal, E.L.; Angin, I.; Oztas, T. 2013. Effects of diatomite on soil consistency limits and soil compactibility. *CATENA*, 101: 157-163.
- Angin, I. Saib, S. y Aksakalb, E.L. 2016. Effect of diatomite on physical properties of soils subjected to freeze-traw cycles. *Soil and Tillage Research*, 160: 34-41
- Artyszak, A., 2018. Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality—A Literature Review in Europe. *Plants* 2018, 7, 54.
- Boyras, D. y Nalbant, H. 2015. Comparison of zeolite (Clinoptilolite) with diatomite and pumice as soil conditioners in agricultural soils. *Pak. J. Agri. Sci.*, vol. 52(4), 923-929.
- Brady, N y Weil, R. 2008. *The nature and properties of soils*. 14 ed. Columbus, Ohio. Pearson Prentice hall. 990p.
- Brogowski, Z.; Kwasowski, W. y Madyniak, R. 2014. Calculating particle density, bulk density, and total porosity of soil based on its texture. *Soil Science Annual*. Vol. 65 N° 4: 139-149
- Buckman, H. y Brady, N. 1993. *Naturaleza y Propiedades de los Suelos*. 5ª Edición. México. U.T.E.H.A. Pp. 590.
- Cerda, M., 2019. Niveles y finura de diatomita en propiedades químicas de suelo ácido altoandino en invernadero-Ayacucho. Universidad Nacional De San Cristobal de Huamanga. Perú.
- Easton, A. M. y Bock, E. 2016. *Soil and Soil Water Relationships*. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Tech.
- Hao, X.; Ball, B.C.; Culley, J.L.B.; Carter, M.R. y Parkin, G.W. 2019. Chapter 57 Soil density and porosity. In MR. Carter, & EG. Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis* (pp. 743 - 759). Boca Raton, USA: Canadian Society of Soil Science.
- Heathera, C. y Carolec, P. 2007. Silica in plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies. *Annals of Botany* 100:1383-1389.
- Henk-Maarten, L., 2018. The Effects of Foliar Sprays with Different Silicon Compounds. *Plants*, 7, 45.
- Hu, Z.; Zheng, S.; Zhao, Ch.; Yan, Y.; Sun, Z.; Yin, S., 2017. Effect of Pore Structure on the Humidity Controlling Performance of Diatomite. *Journal Science and Technology for the Built Environment*. Volume 23 - Issue 8
- Khraisheh, M.A.M.; Al-degs, Y.S. y McMinn, W.A.M., 2004. Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite. *Chemical Engineering Journal* 99, 177-184.
- Lobet, G.; Couvreur, V.; Meunier, F.; Javaux, M.; y Draye, X. 2014. Plant Water Uptake in Drying Soils. *Plant Physiology*, Vol. 164, pp. 1619-1627.



- Minasny, B. y Mcbratney, A.B. 2018. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European Journal of Soil Science*. 69, 39–47.
- Noferesti, H.; Sayyari-Zahan; M.; Basirani, H., 2018. Investigating the role of diatomite admixing on the water absorption and retention capacity of the soil. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 8(3): 183-193
- Porta, J.; López, M. y Roquero, C. 2003. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.
- Qu, J. L. y Zhao, D., 2015. Experiment on improvement of farming property of Shanghai calcareous soil and yellow soil by diatomite. *Journal of Water Resources and Water Engineering*. 6; 202-206.
- Qu, J.L. y Sun, Z., 2016. Role of diatomite in modifying tillable properties of soils. *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 7:2.
- Ramírez, J. F. 2012. *Evaluación geológica de diatomitas en la Cuenca Ayacucho y sus implicancias económicas*. Tesis Ingeniero geólogo. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú.
- Rogers, D.H.; Aguilar, J.; Kisekka, I.; Barnes, Ph.L.; Lamm, F.R., 2014. *Irrigation Management*. Series Soil, water, and plant relationships. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Round, F.E; Crawford, R.M. y Mann, D.G. 1990. *Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, p- 747.
- Sahebi, M.; Hanafi, M.M.; Akmar, A.S.N.; Rafii, M.Y.; Azizi, P.; Tengoua, F.F.; Azwa, J.N.M. y Shabanimofrad, M., 2015. Importance of Silicon and Mechanisms of Biosilica Formation in Plants. *BioMed Research International*, Article ID 396010, 16 p.
- Schjonning, P.; McBride, R.A.; Keller, T. y Obour, P.B. 2017. Predicting soil particle density from clay and soil organic matter contents. *Geoderma* 286. 83–87
- Tanveera, A.; Tasawoor, A. K.; Parvaiz, A. T. y Mehrajuddin, N. 2016. Relation of Soil bulk Density with Texture, Total organic matter content and Porosity in the Soils of Kandi Area of Kashmir valley, India. *International Research Journal of Earth Sciences*. Vol. 4(1), 1-6
- Tripathi, D.K.; Singh, V.P.; Ahmad, P.; Chauhan, D.K.; Prasad, S.M. 2016. *Silicon in Plants: Advances and Future Prospects*. 1st. Edition .CRC Press. India.
- Verdeja, L.; Vásquez, E.; Barranzuela, J. 1993. *Materias primas minerales no metálicas: las diatomitas en el Perú*. *Minería*, N° 220-221, Febrero 1993, p. 8-17.
- Williams, A.; Hunter, M.C.; Kammerer, M.; Kane, D.A.; Jordan, N.R.; Mortensen, D.A.; Smith, R.G.; Snapp, S. y Davis, A.S., 2016. Soil Water Holding Capacity Mitigates Downside Risk and Volatility in US Rainfed Maize: Time to Invest in Soil Organic Matter? *PLOS ONE* 11(8): e0160974.
- Wu, J., Yang, Y.S. y Lin, J., 2005. Advanced tertiary treatment of municipal wastewater using raw and modified diatomite. *Journal of Hazardous Materials B* 127, 196–203.