



Evaluación de la variabilidad de cuatro propiedades del suelo al incorporar dos fuentes de compost a tres dosis

Evaluation of the variability of four soil properties by incorporating two compost sources at three doses

Avaliação da variabilidade de quatro propriedades do solo, incorporando duas fontes de composto em três doses

Wilma Alexandra Farinango-Guzmán ^I
alexitaafaguzw@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5113-7256>

Darío Armando Reinoso-Quishpe ^{II}
dario.ostonier@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6855-4788>

Brayan Fabián Ulcuango-Echeverría ^{III}
brayanulcuango@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3171-989X>

Gonzalo Espinosa-Cuzco ^{IV}
goes_ark123@hotmail.com
[https:// orcid.org/0000-0002-7055-7782](https://orcid.org/0000-0002-7055-7782)

Orlando Marcelo Gualavisi-Cachiguango ^V
ogualavisi@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2447-5740>

Luís Bernardo Andrade-Muñoz ^{VI}
andradebluis@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3429-074X>

Correspondencia: alexitaafaguzw@gmail.com

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 05 de diciembre de 2019 ***Aceptado:** 28 de enero de 2020 * **Publicado:** 03 de febrero de 2020

- I. Ingeniera Agrónoma, Docente en la Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola del Instituto Superior Tecnológico "Proyecto 2000", Cayambe, Ecuador.
- II. Tecnólogo en Agropecuaria, Instituto Superior Tecnológico "Proyecto 2000", Cayambe, Ecuador.
- III. Ingeniero Agropecuario, Técnico del Consorcio de Desarrollo de Manejo Integral de Agua y Ambiente para Cayambe y Pedro Moncayo, Docente en la Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola del Instituto Superior Tecnológico "Proyecto 2000", Cayambe, Ecuador.
- IV. Ingeniero Agrónomo, Magister en Agricultura Sostenible, Técnico de Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Politécnica Salesiana, Docente en la Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola del Instituto Superior Tecnológico "Proyecto 2000", Cayambe, Ecuador.
- V. Ingeniero Agrónomo, Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental, Investigador Auxiliar 1, Docente en la Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola del Instituto Tecnológico Superior "Proyecto 2000", Cayambe, Ecuador.
- VI. Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental, Ingeniero Agrónomo, Docente en la Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola del Instituto Tecnológico Superior "Proyecto 2000", Cayambe, Ecuador.

Resumen

El estudio se realizó en el cantón Cayambe con el fin de evidenciar la variabilidad que ocurre en el pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica del suelo al incorporar compost, el cultivo establecido para el estudio fue brócoli. Se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizados con arreglo factorial de $2 \times 3 + 1$; el factor fuente conformada por compost y compost enriquecida con estiércol de cuy y el factor dosis comprendía 50 t/ha, 100 t/ha y 150 t/ha, se añadió además un testigo absoluto. Se estableció un total de 21 tratamientos distribuidas en tres bloques, la distribución de cultivo fue a 0,50 m entre planta y 0,50 m entre hileras para un total de 168 plantas. Las muestras de suelo se tomaron con un barreno; las variables pH y conductividad eléctrica se determinaron in situ mediante un maletín portátil con rango de exactitud de 0,03 ms en 20 °C y 0,01 pH, se utilizó muestras de relación 1:2 agua destilada y suelo respectivamente; la capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica fueron analizados en laboratorio, el peso se determinó con una balanza digital. El análisis de varianza determinó que existe diferencia significativa en la dosis para el pH, CE, para la interacción fuentes por dosis para la variable peso y existe diferencia altamente significativa para el factor fuente variable pH así como también en la dosis para las variables CIC y materia orgánica; la prueba de Tukey al 5 % sugiere que la mejor dosis fue 150 t/ha.

Palabras claves: pH; conductividad eléctrica; capacidad de intercambio catiónico; materia orgánica.

Abstract

The study was carried out in the Cayambe canton in order to demonstrate the variability that occurs in pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, organic matter of the soil when incorporating compost, the crop established for the study was broccoli. A completely randomized block design with a factorial arrangement of $2 \times 3 + 1$ was used; the source factor consisting of compost and compost enriched with guinea pig manure and the dose factor comprised 50 t/ha, 100 t/ha and 150 t/ha, an absolute control was also added. A total of 21 treatments distributed in three blocks were established, the crop distribution was at 0.50 m between plants and 0.50 m between rows for a total of 168 plants. The soil samples were taken with a auger; the variables pH and electrical conductivity were determined in situ by means of a portable case with an accuracy range of 0.03 mS at 20 °C and 0.01 pH, samples of 1: 2 distilled water and soil ratio

were used respectively; The cation exchange capacity and organic matter were analyzed in the laboratory, the weight was determined with a digital scale. The analysis of variance determined that there is a significant difference in the dose for the pH, EC, for the interaction sources by dose for the variable weight and there is a highly significant difference for the variable source factor pH as well as in the dose for the CIC variables and Organic material; the 5 % Tukey test suggests that the best dose was 150 t/ha.

Keywords: pH, electrical conductivity; cation exchange capacity; organic matter.

Resumo

O estudo foi realizado no cantão de Cayambe, com o objetivo de demonstrar a variabilidade que ocorre em pH, condutividade elétrica, capacidade de troca catiônica, matéria orgânica do solo ao incorporar composto, a cultura estabelecida para o estudo foi brócolis. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com esquema fatorial $2 \times 3 + 1$; o fator fonte constituído por composto e composto enriquecido com esterco de porquinho da índia e o fator dose compreendido 50 t / ha, 100 t / ha e 150 t / ha, também foi adicionado um controle absoluto. Um total de 21 tratamentos distribuídos em três blocos foi estabelecido, a distribuição das culturas foi de 0,50 m entre plantas e 0,50 m entre linhas para um total de 168 plantas. As amostras de solo foram colhidas com um orifício; as variáveis pH e condutividade elétrica foram determinadas in situ por meio de um estojo portátil com uma faixa de precisão de 0,03 ms a 20 ° C e 0,01 pH, amostras de água destilada 1: 2 e proporção de solo foram utilizadas respectivamente; A capacidade de troca catiônica e a matéria orgânica foram analisadas em laboratório, o peso foi determinado em balança digital. A análise de variância determinou que há uma diferença significativa na dose para o pH, CE, para as fontes de interação por dose para a variável peso e existe uma diferença altamente significativa para o fator de fonte variável pH, bem como na dose para as variáveis CIC e matéria orgânica; O teste de Tukey a 5% sugere que a melhor dose foi de 150 t / ha.

Palavras-chave: pH; condutividade elétrica; capacidade de troca de catiões; matéria orgânica.

Introducción

Ecuador tiene una diversidad de suelos que se han formado por la presencia de diferente material parental y por la influencia sobre ellos de la edad de meteorización y las condiciones ambientales imperantes. (Espinosa, 2008).

El conocimiento de los niveles de nutrientes del suelo, la composición físico química del mismo, los niveles de extracción de los distintos cultivos y el estado nutricional de estos es la fase inicial de una mejora cuantitativa y cualitativa de la producción, así como el elemento básico para lograr un uso racional y equilibrado de los fertilizantes, que permitirá evitar tanto el despilfarro económico como la posible consecuencia respecto a la contaminación de suelos y agua. (Andrade y Martínez, 2014).

Según Ibáñez (2007) un suelo con valores de pH entre los 5.0 - 6.5, permite una condición donde la mayor parte de los nutrientes suelen estar en forma de compuestos químicos directamente asimilables para la mayor parte de los vegetales. Sin embargo, cuando se exceden los valores de pH 6.5, la formación de precipitados puede causar importantes problemas de nutrición vegetal, mientras que para pH inferiores a 5 el sistema radicular corre graves riesgos de ser dañado.

Además, otra característica importante según lo menciona Toledo (2016) y denota el nivel de fertilidad de los suelos es la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la misma indica la capacidad de un suelo de almacenar en sus coloides nutrientes de carga positiva o cationes, o, dicho de otro modo, nos da la cantidad de cargas negativas del suelo. Suelos con una alta CIC son más fértiles que los de baja CIC. Si la CIC de un suelo es baja, se deben tomar medidas para incrementarla, como alternativa la aplicación de materia orgánica.

La materia orgánica según Rodríguez (2015) es otra característica del suelo y menciona que el contenido de ésta en el suelo es un indicador de fertilidad. Además, en consecuencia, todas las características anteriores están relacionadas entre sí, a estas también se suma la CE, que es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que, a mayor CE, mayor es la concentración de sales. (Barbaro, Karlanian y Mata, 2019).

Por otro lado, la horticultura en el Ecuador ha crecido paulatinamente a partir de la década de los años 90, debido a que los hábitos alimenticios de la población han cambiado positivamente hacia un mayor consumo de hortalizas en su dieta diaria y a las exportaciones de algunas hortalizas como el brócoli, el espárrago, la alcachofa; adicionalmente se está desarrollando la industrialización de algunos productos hortícolas, orientados al mercado externo. (FAO, 2004).

En este contexto la presente investigación busca mediante la utilización de compost y estiércol de cuy determinar si hay un cambio en las propiedades del suelo con la implementación de una unidad experimental en la parroquia Juan Montalvo del cantón Cayambe.

Metodología

Área de estudio

El estudio se fue realizado en la granja experimental del Instituto Superior Tecnológico “Proyecto 2000” ubicado en la provincia de Pichincha cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo en un área rural, Granja “La Maresca”.

Ubicación

La ubicación geográfica del área donde se desarrolló la investigación tiene las siguientes coordenadas Latitud: 0°0'37.09" N, Longitud: 78°9'10.45" O y una Altura: 2 750 m s.n.m. (Alphabet Inc., 2019) (Figura 1).



Figura 1: Ubicación de lugar de la implementación de la investigación

Fuente: (Alphabet Inc., 2019)

Factores en estudio

Los factores en estudio fueron: fuentes y dosis las mismas que serán aplicadas en el cultivo de brócoli.

Factor A:

Fuente (f)

Compost de origen vegetal.

Compost de origen vegetal enriquecida con estiércol de cuy al 50/50 del recomendado en la dosis.

Factor B:

Para objeto de estudio se ha tomado la decisión de aplicar dosis de compost de acuerdo a los diversos estudios tomando un rango adecuado en cantidades simétricas escaladas proporcionalmente y las dosis están a continuación descritas.

Dosis (d)

- 50 t/ha (5 kg/m²)
- 100 t/ha (10 kg/m²)
- 150 t/ha (15 kg/m²)

Tratamientos

Se utilizó dos tratamientos, utilizando tres dosis de compost (Tabla 1).

Tabla 1: Tratamientos aplicados en la investigación

Tratamiento	Interacciones	Nomenclatura
T1	F1D1	Compost origen vegetal x 50 t/ha
T2	F1D2	Compost origen vegetal x 100 t/ha
T3	F1D3	Compost origen vegetal x 150 t/ha
T4	F2D1	Compost origen vegetal enriquecida con abono de cuy x 50 t/ha
T5	F2D2	Compost origen vegetal enriquecida con abono de cuy x 100 t/ha
T6	F2D3	Compost origen vegetal enriquecida con abono de cuy x 150 t/ha
T7	Control	Testigo absoluto sin fuente de compost

Fuente: Elaboración propia

Estos niveles fueron reducidos proporcionalmente a la superficie utilizada.

Características de la Unidad Experimental

La unidad experimental fue diseñada de la siguiente manera:

Número de bloques: tres

Área de tratamiento: 2 m²

Número de tratamientos por bloque: seis + un testigo

Área total neta: 42 m²

La siembra de cultivo de brócoli se lo realizó a 50 cm entre planta y a 50 cm entre hilera sembrando un total de ochos plantas por cada unidad experimental, en un total de 168 plantas para todo el estudio (Figura 2).

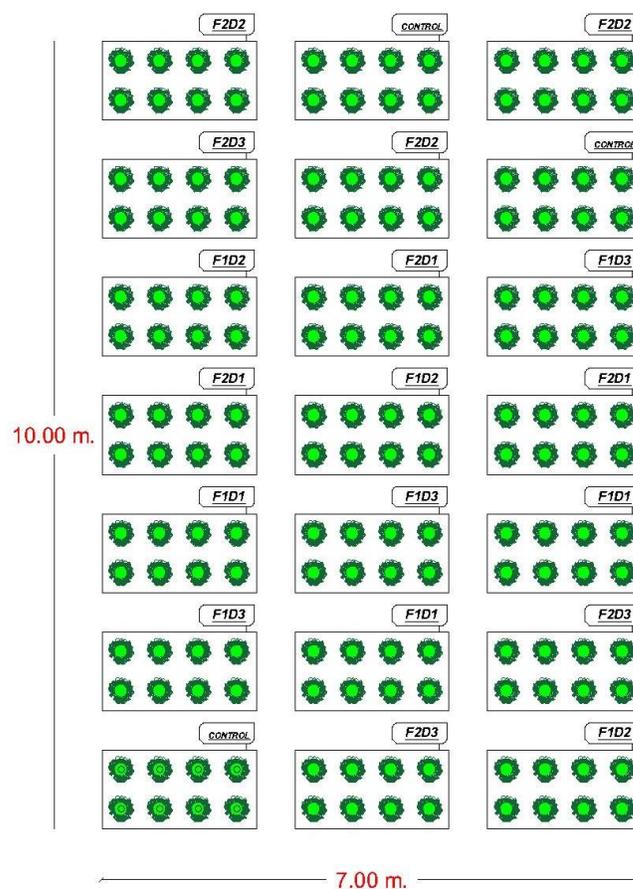


Figura 2: Esquema de tratamientos en campo

Fuente: Elaboración propia

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar DBCA con arreglo factorial de $3 \times 2 + 1$, en un total de seis tratamientos más un testigo y tres repeticiones por tratamiento para un total de 21 unidades experimentales.

Pruebas estadísticas

Se realizó un análisis de varianza para determinar la independencia entre factores de estudio y las diferencias entre tratamientos.

Se realizó una regresión lineal para determinar la correlación entre los factores de estudio y las variables analizadas. Pruebas de significancia

Posteriormente, se realizó pruebas de significación de Tukey al 5 % para fuentes y dosis de aplicación (Tabla 2).

Tabla 2: Pruebas estadísticas

F de V	GL
Total	20
Tratamientos	6
Fuente	1
Dosis	2
Lineal	1
Cuadrático	1
F x D	2
Factorial vs ad.	1
Repeticiones	2
Error exp.	12

Fuente: Elaboración propia

Definición de las variables

Se determinaron las características iniciales del área de estudio mediante el análisis, fisicoquímico del suelo. Las variables que se tomaron en cuenta fueron: el pH, la Capacidad de Intercambio Catiónico, Conductividad Eléctrica, el contenido de materia orgánica. El muestreo se realizó en zig-zag del área total y se tomará una muestra compuesta por cinco sub muestras, de cada tratamiento.

Muestreo por variable

Variable pH

En el caso de pH, se tomó muestras de cada unidad experimental tomando en cuenta la característica inicial (zig-zag x 5), estas muestras fueron medidas en una balanza en una relación de una parte de suelo por dos partes de agua destilada, las muestras tomadas al mezclarles con agua fueron agitadas y dejadas en reposos, finalmente se tomaron las medias con equipo portátil de pH, las medidas se realizaron una vez por semana.

Variable Conductividad Eléctrica (CE)

En el caso de CE, se tomó muestras de cada unidad experimental tomando en cuenta la característica inicial (zig-zag x cinco), estas muestras fueron medidas en una balanza en una relación de una parte de suelo por dos partes de agua destilada, las muestras tomadas al mezclarles con agua fueron agitadas y dejadas en reposos, finalmente se tomaron las medias con equipo portátil de CE, las medidas se la realizaron una vez por semana.

Variable CIC, MO

La capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica, su muestra fue enviada a laboratorio el mismo que después de un lapso de dos semanas se recibía los datos para posterior almacenamiento. Esto se realizó una muestra inicial, una muestra intermedia a los dos meses después de la implementación del experimento y una al final a los cinco meses al culminar el proceso de muestreo.

Una vez cosechado el cultivo de brócoli se verificó lo siguiente:

Peso de la pella de brócoli

Se pesaron las pellas de cada planta en una balanza digital CAMRY, el proceso se lo realizo extrayendo una a una las pellas de las unidades experimentales, el cultivo se lo realizo por observación de madurez fisiológica por el tiempo de establecimiento del cultivo y estado físico de planta.

Métodos de medición de pH

A medida que se diluye la suspensión del suelo el pH aumenta, fenómeno conocido como dilución, el aumento de pH producido por la dilución de un suelo saturado y en relación suelo: agua de 1:5, y puede ser superior a una unidad de pH. Las relaciones más usadas para determinar el pH son 1:5, 1:2,5 y 1:5 en peso a peso; peso a volumen o volumen a volumen, respectivamente. (Rodríguez, 2015), pero según menciona (Plaster, 2000) también se puede

tomar una parte de muestra de suelo y se mezcla con dos partes de agua, realizando la medida de pH dentro de media hora de reposo.

Una muestra de pH puede tener un valor particular al momento de tomarse en el campo, valor que cambia cuando la muestra se seca y prepara para el análisis. (Rodríguez, 2015).

Resultados y Discusión

Potencial hidrogeno (pH)

Para interpretar los resultados del variable pH, se hizo el análisis de la varianza (ANOVA) con el objetivo de probar diferencias entre los tratamientos implementados.

Tabla 3: Análisis de la varianza respecto al pH del suelo

F de V	GL	SC	CM	F Cal		F tabulado	
						5%	1%
Total	20						
Tratamientos	6	0,05	0,04723	9,86264	**	3,00	4,82
Fuente	1	0,20	0,20448	42,69502	**	4,75	9,33
Dosis	2	0,06	0,03226	6,73757	*	3,89	6,93
Lineal	1	0,054	0,05407	11,29039	**	4,75	9,33
Cuadrático	1	0,010	0,01046	2,18475	ns	4,75	9,33
F x D	2	0,01	0,00719	1,50272	ns	3,89	6,93
Factorial vs ad.	1	0,000001	0,00000	0,00021	ns	4,75	9,33
Repeticiones	2	0,000001004	0,00000	0,00010	ns	3,89	6,93
Error exp.	12	0,06	0,004789				
Promedio:	7,36	und					
CV:	0,94	%					

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se demuestra que hay diferencia altamente significativa para el factor fuente y significativo para dosis, es decir que los factores si influyen en la variable pH y existe una diferencia estadística entre los resultados obtenidos de los tratamientos con compost y los tratamientos con compost enriquecido con estiércol de cuy (compost + cuy) y en las dosis que se aplicaron, sin embargo, no existe diferencia significativa en la interacción de los dos factores (fuente x dosis). Por otra parte, el valor del pH resultante es efecto de la estabilización de la materia orgánica aplicada (compost) que en el final de sus procesos de transformación sus valores de pH se estabilizan en rangos cercanos al valor neutro de pH (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

en su manual de compostaje, siendo el compost el que induce al valor final alcanzado en los tratamientos.

El coeficiente de variación es de 0,94 con lo cual se refleja que existe una alta confiabilidad en los resultados alcanzados en el pH.

Para identificar cuál de los tratamientos empleados fue el mejor, se realizó una prueba de Tukey al 5 % donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4: Prueba de TUKEY para pH

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11824				
<i>Error: 0,0058 gl: 18</i>				
Fuente	Medias	N	E.E.	
Compost + cuy	7,47	9	0,03	A
Compost	7,26	9	0,03	B
Solo suelo	7,11	3	0,04	C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)</i>				

La prueba de comparaciones de medias de Tukey para los factores fuente y su influencia en el pH, da como resultado un valor mayor en los tratamientos que se aplicaron el compost más estiércol de cuy en comparación con los tratamientos alternativos paralelos efectuados en la investigación que tuvieron valores menores (Tabla 4).

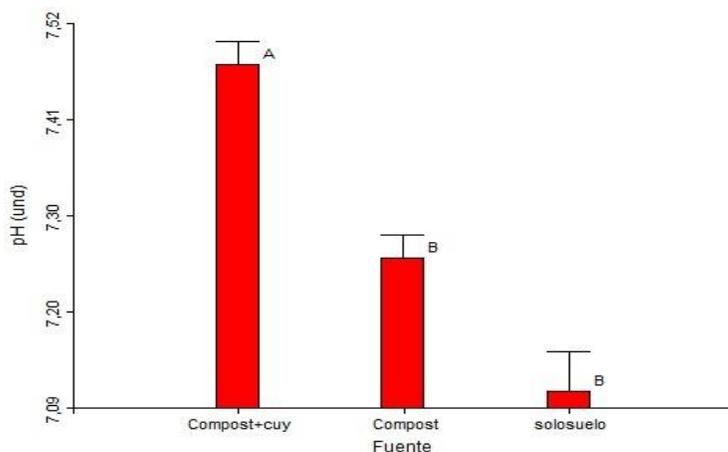


Figura 3: Promedio entre los tratamientos variable pH

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los promedios entre los tratamientos se obtuvo que el control alcanzó un valor de 7,11 pH, con compost un valor de 7,26 pH, con compost más estiércol de cuy 7,47 pH (Figura 3); estos valores se cuenta en un rango superior al rango citado por Báscones (2016) quién menciona que la mayoría de las plantas se desarrollan bien en suelos minerales en un pH de rango entre 6,0 - 7,0. Para suelos orgánicos la mayoría de cultivos prefieren pH de 5,5 a 6,0. Plaster (2000), indica que valores que favorecen a la mayoría de los nutrientes y estos estén disponibles para las plantas. Para el desarrollo de los cultivos son los valores entre pH de 6,5 a 7,5, valores que al ser comparados con los resultados se encuentran dentro del rango adecuado.

El pH es muy importante en las propiedades del suelo porque regula las propiedades químicas de este y determina la disponibilidad de los cationes para las plantas e influye sobre la CIC, que es menor en suelos ácidos que en los básicos según el manifiesto del mismo autor.

Al realizar las comparaciones ortogonales, se obtuvo que el modelo estadístico tiene una diferencian altamente significativa y se ajusta a un modelo lineal por lo que se realizó una regresión lineal que se presenta a continuación.

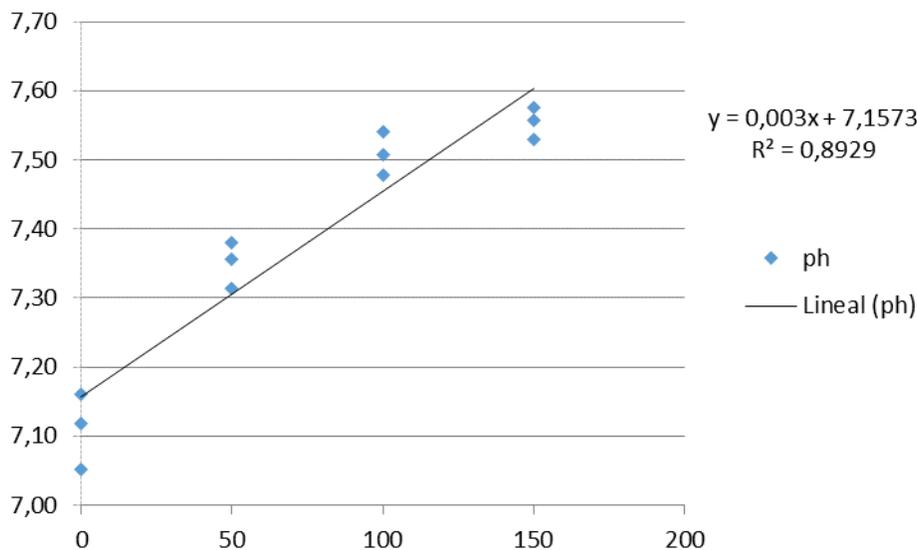


Figura 4: Relación cantidad de kg compost + cuy con el pH del suelo.

Fuente: Elaboración propia

Al observa la Figura 4, se puede inferir que el nivel del pH es directamente proporcional a la cantidad de compost enriquecido con estiércol de cuy, este resultado tiene un coeficiente de determinación (R2) de 0,89, es decir que el modelo de regresión tiene una buena confiabilidad,

con este valor se puede aseverar que si se aplica más compost con estiércol de cuy al suelo este seguirá su tendencia a aumentar su pH, Cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar. De forma inversa, cuanto más cerca de cero, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será (López, 2019).

Por lo tanto y de acuerdo los autores citados se concluyen que la aplicación de fuentes de materia orgánica compost más materia orgánica de enriquecimiento (estiércol de cuy), modifican los valores de pH en el suelo, se acepta la hipótesis de investigación.

Conductividad Eléctrica

Los valores resultantes del muestreo de conductividad eléctrica también fueron usados para analizar su variación en relación a cada uno de los distintos tratamientos y dosis aplicadas en la investigación (Tabla 5).

Tabla 5: Análisis de varianza para la variable conductividad eléctrica

F de V	GL	SC	CM	F Cal		F tabulado	
						5%	1%
Total	20						
Tratamientos	6	0,13	0,13	2,884	ns	3,00	4,82
Fuente	1	0,14	0,14	3,079	ns	4,75	9,33
Dosis	2	0,56	0,28	6,308	*	3,89	6,93
Lineal	1	0,540	0,54	12,230	**	4,75	9,33
Cuadrático	1	0,017	0,02	0,386	ns	4,75	9,33
C x D	2	0,03	0,01	0,291	ns	3,89	6,93
Factorial vs ad.	1	0,05	0,05	1,024	ns	4,75	9,33
Repeticiones	2	0,05	0,02	0,512	ns	3,89	6,93
Error exp.	12	0,53	0,04				
Promedio:		0,75	ms				
CV:		28,12	%				

Fuente: Elaboración propia

La prueba estadística mostró que no existe diferencia significativa para la fuente ya sea de compost o compost más estiércol de cuy. Al contrario de la dosis, que muestra diferencia significativa entre tratamientos para la variable conductividad eléctrica, esto quiere decir que hay que tomar en cuenta la dosificación de las diferentes fuentes (Tabla 5).

De acuerdo a lo observado los niveles de salinidad del suelo en los tratamientos en promedio da un resultado de 0,75 ds/m lo que indica que el suelo no es salino de acuerdo a lo descrito por Andrades y Martínez (2014) que señalan que niveles de salinidad de suelo menores a 2 ds/m son suelos no salinos. A su vez Castellanos (2000) menciona que suelos con conductividad eléctrica menores a 1 ds/m no presenta restricción para ningún cultivo, no obstante, niveles mayores a 1 ds/m algunos cultivos muy sensibles pueden verse restringido sus rendimientos.

El coeficiente de variación es de 28,12 %, con lo cual se refleja una baja confiabilidad en los resultados alcanzados en conductividad eléctrica.

Al hacer una comparación de medias entre los tratamientos se obtuvo los siguientes resultados; el control mantuvo un promedio de 0,46 ds/m que se puede aducir a las características propias del suelo, compost con un promedio de 0,64 ds/m y el compost más estiércol de cuy con un promedio de 0,81 ds/m, lo cual afirma que los tratamientos aplicados generan una variabilidad en el nivel de conductividad de los suelos (Figura 5).

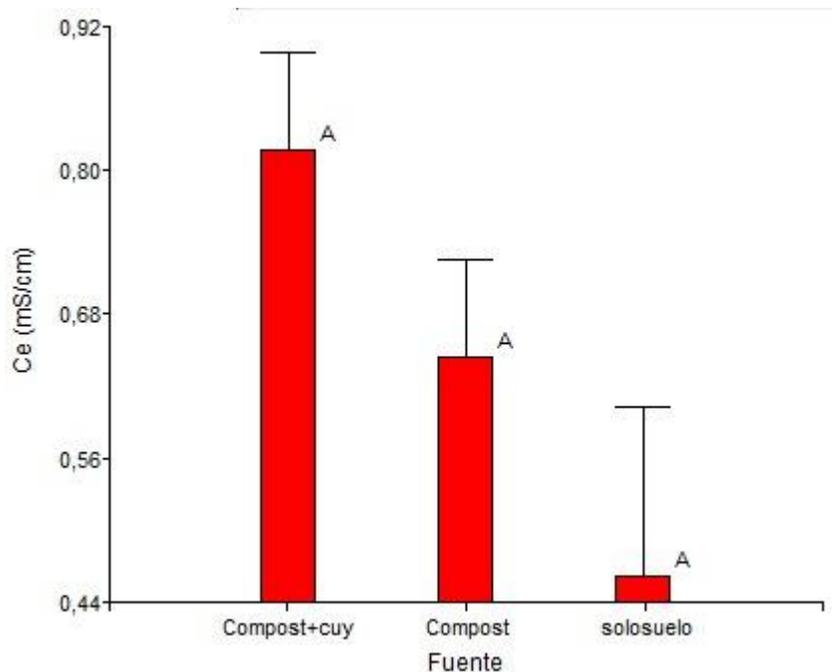


Figura 5: Medias entre los tratamientos para la variable CE

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, la aplicación de materia orgánica no afecta la característica de conductividad eléctrica en el suelo, se deben tomar que la materia orgánica se puede liberar lentamente los minerales en proceso de mineralización, (Plaster, 2000).

Capacidad de Intercambio Catiónico

Los resultados de laboratorio fueron organizados y ubicados en una tabla para realizar el ANOVA de estos, en la tabla 6 se muestran los resultados de análisis realizado.

Tabla 6: Análisis de varianza para Capacidad de Intercambio Catiónico

F de V	GL	SC	CM	F Cal	F tabulado	
					5%	1%
Total	20					
Tratamientos	6	7,18	7,18	6,078	**	3,00 4,82
Fuentes	1	4,23	4,23	3,586	ns	4,75 9,33
Dosis	2	28,89	14,45	12,235	**	3,89 6,93
Lineal	1	28,41	28,41	24,063	**	4,75 9,33
Cuadrático	1	0,48	0,48	0,406	ns	4,75 9,33
C x D	2	3,03	1,52	1,283	ns	3,89 6,93
Factorial vs ad.	1	6,90	6,90	5,844	*	4,75 9,33
Repeticiones	2	6,90	3,45	2,922	ns	3,89 6,93
Error exp.	12	14,17	1,18			
Promedio:	15,45 meq/100g					
CV:	7,03 %					

Fuente: Elaboración propia

La prueba estadística de CIC mostró que no existe diferencia significativa para la fuente ya sea de compost o compost más estiércol de cuy, no obstante, la dosis muestra diferencia significativa de esta característica.

Tabla 7: Test TUKEY para CIC

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,68144				
Error:		1,2571 gl:		15
Dosis	Medias	n	E.E.	
150	16,87	6	0,46	A
100	14,98	6	0,46	B
50	13,80	6	0,46	B
Medias con una letra común no son significativas ($p > 0,05$)				

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de la tabla 7 se puede decir que la cantidad de compost aplicado si modifica la capacidad de intercambio catiónico coincidiendo con Toledo (2016) que indica que al aumentar la materia orgánica (compost) mejora la capacidad de intercambio catiónico.

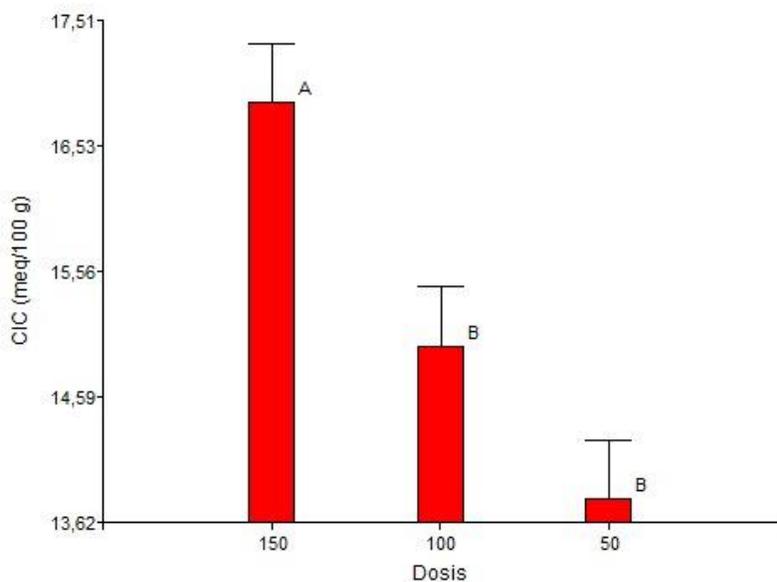


Figura 6: Valores de CIC por las distintas dosis

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de intercambio de los cationes de los coloides, cuya carga negativa depende en gran medida de los grupos (OH-) por lo tanto pH dependiente según lo menciona Plaster (2000), además se puede decir que el resultado tiene relación con el ANOVA de pH coincidiendo lo que menciona en la cita.

El coeficiente de variación es de 7,03 proporcionando un nivel de confianza aceptable en los resultados que se reportan en la capacidad de intercambio catiónico.

Materia orgánica

En la tabla 8 se observa que la materia orgánica es altamente significativa con tendencia lineal, sin embargo, al realizar una regresión lineal para obtener la ecuación de la recta respecto a esta variable, el coeficiente de determinación fue de 0,53, misma que es poco confiable como para hacer predicciones es base al modelo obtenido con estos resultados.

El análisis de varianza ANOVA demostró que no existe diferencia significativa para la fuente ya sea de compost o compost más estiércol de cuy. Mientras que la dosis muestra diferencia significativa, esto se relaciona a la cantidad aplicada en los tratamientos. El coeficiente de variación es de 4,89 nivel que otorga una buena confiabilidad en los resultados alcanzados en la materia orgánica.

Tabla 8: Análisis de varianza para la variable Materia orgánica

F de V	GL	SC	CM	F Cal		F tabulado	
						5%	1%
Total	20						
Tratamientos	6	0,20	0,20	4,328	*	3,00	4,82
Fuentes	1	0,00	0,00	0,013	ns	4,75	9,33
Dosis	2	1,05	0,52	11,085	**	3,89	6,93
Lineal	1	0,996	1,00	21,081	**	4,75	9,33
Cuadrático	1	0,051	0,05	1,088	ns	4,75	9,33
C x D	2	0,02	0,01	0,224	ns	3,89	6,93
Factorial vs ad.	1	0,16	0,16	3,340	ns	4,75	9,33
Repeticiones	2	0,16	0,08	1,670	ns	3,89	6,93
Error exp.	12	0,57	0,05				
Promedio:		4,44 %					
CV:		4,89 %					

Fuente: Elaboración propia

Los resultados coinciden con lo que menciona Plaster (2000) la acumulación de materia orgánica se debe a la lenta liberación, pero también se puede indicar que el suelo al cual se realizó el tratamiento se volvió fértil para futuros cultivos ya que la presencia de materia orgánica representa fertilidad en el suelo (Rodríguez, 2015).

Como se verifica en la tabla 8 existe buena cantidad de materia orgánica concluyendo que en el suelo de investigación es rico en materia orgánica (Agrinova Science, 2017).

Peso de la pella

Los resultados estadísticos concluyen que no es significativo el valor del peso y por otra parte varios autores difieren en las medidas promedio del peso de la pella de brócoli de los citados según Zamora (2016) indica 16 t/ha, Cendes (1992) 6 – 7 t/ha y por ultimo Andina Seed (2019) indica que una pella de Brócoli F1 Zafiro puede estar hasta 1 000 g, y que el rendimiento por ha es de 20 a 30 t/ha.

Tabla 9: Análisis de varianza de la variable del peso

F de V	GL	SC	CM	F Cal	F tabulado	
					5%	1%

Total	20						
Tratamientos	6	0,052	0,052	1,99	ns	3,00	4,82
Fuentes	1	0,038	0,038	1,45	ns	4,75	9,33
Dosis	2	0,064	0,032	1,21	ns	3,89	6,93
Lineal	1	0,057	0,057	2,19	ns	4,75	9,33
Cuadrático	1	0,006	0,006	0,23	ns	4,75	9,33
F x D	2	0,207	0,104	3,96	*	3,89	6,93
Factorial vs ad.	1	0,003	0,003	0,12	ns	4,75	9,33
Repeticiones	2	0,003	0,002	0,06	ns	3,89	6,93
Error exp.	12	0,314	0,026				
Promedio:		0,91 Kg					
CV:		17,69 %					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza ANOVA muestra que hay una diferencia entre tratamientos en la interacción entre fuente y dosis, esto nos indica que la diferencia encontrada en la ganancia de peso en los diferentes tratamientos se debe a la interacción de los factores en estudio (Tabla 9).

El coeficiente de variación es de 17,69 con lo cual se refleja una aceptable confiabilidad en los resultados alcanzados del peso de la pella.

La aplicación de compost ayudo a regular el pH del suelo de forma similar existió mayor significancia con la utilización de compost más estiércol de cuyo obteniendo mayor valor en la escala de los valores del pH analizado, este valor esta fuera de los requeridos por el cultivo, el cual indica que es ligeramente tolerante a suelos ácidos (6 a 6.8 de pH) según lo que recomienda (Zamora, 2016).

Tabla 10: Correlación entre peso y las características del suelo

Correlación de Pearson: Coeficientes\ probabilidades

	Peso (kg)	pH (und)	Ce (ms/m)	CIC (meq/100 g)	MO (%)
Peso (kg)	1,00	0,25	0,06	0,01	0,13
pH (und)	0,26	1,00	0,0023	0,0016	0,04
Ce (ms/m)	0,42	0,63	1,00	0,00000021	0,00046
CIC (meq/100)	0,58	0,65	0,90	1,00	0,000008
MO (%)	0,34	0,45	0,70	0,81	1,00

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del brócoli es óptimo en pH comprendidos entre 5,8 y 7,5; CE de 2,8mS/cm y 5,5mS/cm; y no existe valores específicos de CIC y MO, pero de acuerdo al análisis de correlación efectuado en la tabla 10 indica que existe una relación positiva fuerte entre peso y

CE, CIC por otro lado los valores disminuyen en el caso de pH y MO, por lo tanto, los valores en los que desarrolló en brócoli no fueron los óptimos por tal razón se puede inferir que el cultivo no desarrollo todo su potencial genético por lo tanto el peso de las pellas fueron inferiores a los característicos de su variedad a la que corresponde y al rendimiento a nivel del Ecuador que según Le Gall (2009) alcanza los 23, 5 t/ha, no cumpliendo con la expectativa.

Conclusiones

- Existe variación en la medida de pH en las distintas dosis y tratamientos, además de todas las comparaciones realizadas con análisis de regresión indican que las muestras de compost + enriquecimiento con estiércol de cuy tiene alta confiabilidad.
- Los datos de conductividad eléctrica difieren ya que los resultados no tienen significancia y lo único representativo es el valor de dosis, resumiendo que al aplicar mayor o menor cantidad de fuente provoca una variación mínima en el resultado de conductividad
- La capacidad de intercambio catiónico se relaciona a los valores de pH y como se citan, la CIC depende del pH, existe variación si la medida de pH cambia.
- Los resultados estadísticos indican que solo el tratamiento (compost más estiércol de cuy) en poca relevancia y la dosis pueden provocar un cambio en la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, además esta materia orgánica al ser descompuesta va a formar parte de los nutrientes que el cultivo disponga para su desarrollo disminuyendo su porcentaje de presencia.
- El peso de la pella no es significativo y no tuvo dependencia de las características analizadas en esta investigación.

Referencias

1. Agrinova Science. (2017). La Utopía del 5 % de la materia orgánica. Obtenido de <https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>
2. Alphabet Inc. (2019). Google earth Pro. 2019 Digital Globe. Mountain View, California, Estados Unidos.
3. Andina Seed. (23 de enero de 2019). Ficha técnica de Brócoli F1 Zafiro. Obtenido de Sitio web Andina Seed: <http://andinaseed.com/index.php/noticias/40-brocoli-zafiro>

4. Andrade, M., y Martínez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Logroño: Universidad de Rioja.
5. Barbaro, L., Karlanian, M., y Mata, D. (2019). Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas. Argentina: Ministerio de agricultura; Ganadería y Pesca.
6. Báscones, E. (2016). Análisis de suelo y consejos de abonado. INEA.
7. Castellanos, R. (2000). Manual de Interpretacion de Suelo y Agua. Mexico: Intagri.
8. Cendes. (1992). Manual del Brócoli. Quito: Proexant.
9. Espinosa. (2008). Distribución, uso y manejo de los suelos de la Región Andina. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador.
10. Le Gall, J. (2009). El brócoli en Ecuador: la fiebre del oro verde. Cultivos no tradicionales, estrategias campesinas y globalización. Anuario Americanista Europeo
11. López, F. (2019). Coeficiente de determinación (R cuadrado). Obtenido de Sitio web de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>
12. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2004). Obtenido de www.fao.org/ag/agn/pfl_report.../Ecuador/Importancereport.doc.
13. Ibáñez, J. (10 de abril de 2007). Fundación para el conocimiento Madrid. Obtenido de madri+d: www.madrimasd.or
14. Plaster, E. (2000). La ciencia del suelo y su manejo. España: Paraninfo.
15. Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación oficina regional para America Latina y el Caribe.
16. Rodríguez, H. (2015). Métodos de análisis de suelos y plantas. México: Trillas
17. Toledo, M. (2016). Manejo de los suelos ácidos en las zonas altas de Honduras. Tegucigalpa.
18. Zamora, E. (2016). El cultivo de brócoli. Mexico: Universidad de Sonora. Obtenido de Sitio web de la Universidad de Sonora: dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf

References

1. Agrinova Science. (2017). The Utopia of 5% of the organic matter. Obtained from <https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>
2. Alphabet Inc. (2019). Google earth Pro. 2019 Digital Globe. Mountain View, California, United States.
3. Andean Seed. (January 23, 2019). Broccoli F1 Sapphire datasheet. Obtained from Andina Seed Website: <http://andinaseed.com/index.php/noticias/40-brocoli-zafiro>
4. Andrade, M., and Martínez, E. (2014). Soil fertility and its defining parameters. Logroño: University of Rioja.
5. Barbaro, L., Karlanian, M., and Mata, D. (2019). Importance of pH and electrical conductivity in substrates for plants. Argentina: Ministry of Agriculture; Livestock and Fishing.
6. Báscones, E. (2016). Soil analysis and subscriber advice. INEA
7. Castellanos, R. (2000). Manual of Interpretation of Soil and Water. Mexico: Intagri.
8. Cendes. (1992). Broccoli Manual. Quito: Proexant.
9. Spiny. (2008). Distribution, use and management of soils in the Andean Region. XI Ecuadorian Congress of Soil Science. Ecuadorian Society of Soil Science, Quito, Ecuador.
10. Le Gall, J. (2009). Broccoli in Ecuador: the green gold rush. Non-traditional crops, peasant strategies and globalization. European Americanist Yearbook.
11. López, F. (2019). Determination coefficient (R square). Obtained from Economipedia Website: <https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>
12. United Nations Food and Agriculture Organization - FAO. (2004). Retrieved from www.fao.org/ag/agn/pfl_report.../Ecuador/Importancereport.doc.
13. Ibáñez, J. (April 10, 2007). Foundation for knowledge Madrid. Obtained from www.madrimasd.or
14. Plaster, E. (2000). Soil science and its management. Spain: Paraninfo.
15. Román, P., Martínez, M., and Pantoja, A. (2013). Manual of the composting of the farmer. Santiago, Chile: Food and Agriculture Organization of the United Nations regional office for Latin America and the Caribbean

16. Rodríguez, H. (2015). *Methods of soil and plant analysis*. Mexico: Threshing
17. Toledo, M. (2016). *Management of acid soils in the highlands of Honduras*. Tegucigalpa
18. Zamora, E. (2016). *The broccoli crop*. Mexico: University of Sonora. Obtained from the Website of the University of Sonora: dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf

Referências

1. Ciência Agrinova. (2017). A utopia de 5% da matéria orgânica. Obtido em <https://agrinova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>
2. Alphabet Inc. (2019). *Globo digital do Google earth Pro*. 2019. Mountain View, Califórnia, Estados Unidos.
3. Semente andina. (23 de janeiro de 2019). Broccoli F1 Sapphire datasheet. Obtido no site da Andina Seed: <http://andinaseed.com/index.php/noticias/40-brocoli-zafiro>
4. Andrade, M. e Martínez, E. (2014). *Fertilidade do solo e parâmetros que o definem*. Logroño: Universidade de Rioja.
5. Barbaro, L., Karlanian, M. e Mata, D. (2019). *Importância do pH e condutividade elétrica em substratos para plantas*. Argentina: Ministério da Agricultura; Pecuária e Pesca.
6. Báscones, E. (2016). *Análise do solo e aconselhamento do assinante*. INE
7. Castellanos, R. (2000). *Manual de Interpretação de Solo e Água*. México: Intagri.
8. Cendes. (1992). *Manual de brócolis*. Quito: Proexante.
9. Espinhoso. (2008). *Distribuição, uso e manejo de solos na região andina*. XI Congresso Equatoriano de Ciência do Solo. Sociedade Equatoriana de Ciência do Solo, Quito, Equador.
10. Le Gall, J. (2009). *Brócolis no Equador: a corrida do ouro verde. Culturas não tradicionais, estratégias camponesas e globalização*. Anuário Americanista Europeu.
11. López, F. (2019). *Coeficiente de determinação (quadrado R)*. Obtido no site da Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>
12. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO. (2004). Recuperado em www.fao.org/ag/agn/pfl_report.../Ecuador/Importancereport.doc.

13. Ibáñez, J. (10 de abril de 2007). Fundação para o conhecimento Madrid. Obtido em madri + d: www.madrimasd.or
14. Plaster, E. (2000). Ciência do solo e sua gestão. Espanha: Paraninfo.
15. Román, P., Martínez, M. e Pantoja, A. (2013). Manual de compostagem do agricultor. Santiago, Chile: Organização para Alimentação e Agricultura do escritório regional das Nações Unidas para a América Latina e o Caribe.
16. Rodríguez, H. (2015). Métodos de análise de solo e planta. México: debulha
17. Toledo, M. (2016). Manejo de solos ácidos nas terras altas de Honduras. Tegucigalp
18. Zamora, E. (2016). A colheita de brócolis. México: Universidade de Sonora. Obtido no site da Universidade de Sonora: dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf

©2019 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).