



## Condiciones edáficas y microbiológicas del suelo donde se desarrolla la especie *Prunus serotina* en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo – Ecuador

Edaphic and microbiological conditions of the soil where the species *Prunus serotina* develops in the provinces of Cotopaxi, Tungurahua and Chimborazo - Ecuador

Condições edáficas e microbiológicas do solo onde se desenvolve a espécie *Prunus serotina* nas províncias de Cotopaxi, Tungurahua e Chimborazo – Equador

Juan Carlos Carrasco Baquero<sup>i</sup>  
[juancarlos.carrasco@esPOCH.edu.ec](mailto:juancarlos.carrasco@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8412-0549>

Luis Felipe Lema Palaquibay<sup>ii</sup>  
[luisf.lemma@esPOCH.edu.ec](mailto:luisf.lemma@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1898-0954>

Carlos Renato Chávez Velásquez<sup>III</sup>  
[renato.chavez@esPOCH.edu.ec](mailto:renato.chavez@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0470-3072>

Blanca Elizabeth Pachacama Choca<sup>IV</sup>  
[blanca.pachacama@hotmail.com](mailto:blanca.pachacama@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0000-6647-643X>

Verónica Lucía Caballero Serrano<sup>V</sup>  
[veronica.caballero@esPOCH.edu.ec](mailto:veronica.caballero@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-3434-1877>

**Correspondencia:** [e.jbcedeno@sangregorio.edu.ec](mailto:e.jbcedeno@sangregorio.edu.ec)

Ciencias Naturales  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de enero de 2023 \* **Aceptado:** 12 de febrero de 2023 \* **Publicado:** 16 de marzo de 2023

- I. Magister en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural. Docente Investigador, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero en Ecoturismo. Técnico de Investigación. Instituto de Investigaciones. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- III. Master en gerencia de proyectos en ecoturismo. Docente Investigador, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniera Agrónoma. Técnico docente laboratorio de Suelos. Facultad Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- V. PhD en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural. Docente Investigador. Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

## **Resumen**

El conocimiento de la calidad del suelo juega un papel fundamental para el desarrollo óptimo de las plantas, particularmente en suelos infértiles o con propiedades desfavorables que no permitan optimizar eficientemente los nutrientes presentes. Para alcanzar un buen funcionamiento sostenible a través del mejoramiento y mantenimiento de la calidad del suelo, se ve la necesidad de evaluar y medir un pequeño grupo de datos que representan a las propiedades físico - químicas y microbiológicas; por lo que el desarrollo de la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar las condiciones edáficas y microbiológicas de los suelos donde se desarrolla la especie *Prunus serotina* en tres provincias de los andes centrales ecuatorianos, para lo cual se tomó 10 muestras en cada provincia, prepararlas para el análisis en laboratorio y posteriormente someter los resultados a un proceso estadístico y analítico para finalmente conocer sus características y tomar decisiones futuras en la producción de capulí. Los suelos analizados muestran una textura franco arenosa con una estructura suelta, un pH ligeramente alcalino (7,59 – 7,86) y el potasio “K” en una concentración media y alta en la provincia de Cotopaxi, característicos de suelos provenientes de cenizas volcánicas. Se observó una baja concentración de materia orgánica y de microorganismos, importantes para las actividades biológicas del suelo. En la prueba de regresión lineal la materia orgánica y el potasio presentan una mayor correlación ya que esta permite un mejor aprovechamiento por retener el agua y evitar que se derive a formas que no sean asimilables.

**Palabras clave:** edáficas; microbiológicas; *Prunus serótina*; suelo; andes ecuatorianos.

## **Abstract**

Knowledge of soil quality plays a fundamental role for the optimal development of plants, particularly in infertile soils or with unfavorable properties that do not allow efficient optimization of the nutrients present. In order to achieve a good sustainable functioning through the improvement and maintenance of soil quality, there is a need to evaluate and measure a small group of data that represents the physical, chemical and microbiological properties; Therefore, the development of the present investigation was carried out with the objective of determining the edaphic and microbiological conditions of the soils where the species *Prunus serotina* develops in three provinces of the Ecuadorian central Andes, for which 10 samples were taken in each province. , prepare them for laboratory analysis and later submit the results to a statistical and analytical

process to finally know their characteristics and make future decisions in the production of capulí. The analyzed soils show a sandy loam texture with a loose structure, a slightly alkaline pH (7.59 - 7.86) and potassium "K" in a medium and high concentration in the Cotopaxi province, characteristic of soils from ash. volcanic. A low concentration of organic matter and microorganisms, important for the biological activities of the soil, was observed. In the linear regression test, organic matter and potassium present a greater correlation since this allows a better use by retaining water and preventing it from being derived to forms that are not assimilable.

**Keywords:** edaphic; microbiological; Prunus serotina; floor; Ecuadorian Andes.

### **Resumo**

O conhecimento da qualidade do solo tem papel fundamental para o ótimo desenvolvimento das plantas, principalmente em solos inférteis ou com propriedades desfavoráveis que não permitem uma otimização eficiente dos nutrientes presentes. Para um bom funcionamento sustentável através da melhoria e manutenção da qualidade do solo, é necessário avaliar e medir um pequeno conjunto de dados que representam as propriedades físicas, químicas e microbiológicas; Portanto, o desenvolvimento da presente investigação foi realizado com o objetivo de determinar as condições edáficas e microbiológicas dos solos onde a espécie Prunus serotina se desenvolve em três províncias dos Andes centrais equatorianos, para as quais foram coletadas 10 amostras em cada província. , prepará-los para análises laboratoriais e posteriormente submeter os resultados a um processo estatístico e analítico para finalmente conhecer suas características e tomar decisões futuras na produção de capulí. Os solos analisados apresentam textura franco-arenosa com estrutura frouxa, pH levemente alcalino (7,59 - 7,86) e potássio "K" em média e alta concentração na província de Cotopaxi, característico de solos de cinzas. vulcânico. Observou-se baixa concentração de matéria orgânica e microrganismos, importantes para as atividades biológicas do solo. No teste de regressão linear, a matéria orgânica e o potássio apresentam maior correlação, pois permite um melhor aproveitamento retendo a água e evitando que ela seja derivada para formas não assimiláveis.

**Palavras-chave:** edáfico; microbiología; *Prunus serotina*; chão; Andes equatorianos.

## Introducción

La superficie terrestre se estima en 13.340 millones de hectáreas, correspondiendo solamente a la parte sólida de la corteza terrestre y separando el espacio que cubre los mares y océanos ( De la Rosa, 2008), es un recurso que genera una variedad de servicios y bienes importantes al ecosistema, siendo uno de los más importantes la producción de alimentos, asimilación de desechos y diferentes subproductos (Arrouays, et al. 2012), está estrechamente relacionado con la seguridad alimentaria, la salud humana, sostenibilidad social y desarrollo económico (Lu et al., 2015), por lo que un buen manejo, recuperación y conservación de los suelos y la promoción sostenible de la agricultura contribuye al hambre cero, a la conservación de tierra y la protección de los océanos de la acidificación (Beerling et al., 2018).

El suelo al ser la capa más superficial de la corteza terrestre y posibilitar la vida, constituye uno de los principales componentes de todo el ecosistema y el más básico de los recursos naturales (Fuente, 2007), la calidad del mismo empezó con el reconocimiento de las funciones que desempeña, con atributos como fertilidad, productividad potencia, sostenibilidad y calidad ambiental, sin embargo a pesar de su importancia, la ciencia del suelo no ha avanzado lo suficiente para definir con claridad lo que se entiende por calidad (Cruz et al., 2004).

El desarrollo y formación es un proceso complejo donde interviene elementos físicos, químicos y biológicos de la roca originaria (García et al., 2012), en los Andes del Ecuador posee suelos particulares mediante deposiciones recientes de ceniza volcánica (Espinosa, 2008), volviéndolos muy productivos y posibilitando la producción de alimentos a un gran segmento de la población (García & Vollman, 2015).

El suelo además de proporcionar el sustrato físico para la mayoría de actividades humanas, contiene una gran proporción de biodiversidad (Labrador, 2008), en las últimas décadas las prácticas agrícolas mediante el uso de insumos químicos, fertilizantes y pesticidas ha dado lugar a la disminución de la biodiversidad microbiológica del suelo ( Hernández & Salas, 2009), por lo que la influencia agrícola en las transformaciones de las propiedades de los suelos se considera hoy en día como una de las causas principales de los cambios que ocurren en estos (Hernández et al., 2017).

Los índices de las características estructurales del suelo y los atributos microbianos exhiben las propiedades edáficas que proporcionan evidencia del estado y las tendencias en la condición de este ecosistema (Cohen et al., 2006). Por ejemplo las relaciones entre los diferentes grupos tróficos y funcionales antagónicos de la mesofauna del suelo se deben considerar como un índice y no un valor fijo (Socarrás, 2013), que en conjunto con las propiedades químicas y físicas generan evidencia de perturbación ambiental y puede enmascarar diferencias significativas en la condición ecológica (Hargreaves et al., 2003).

Muchos organismos reciben beneficios de los árboles en especial los que habitan en el suelo y el hombre (Villarreyna et al., 2016), además que poseen un fuerte efecto regulador sobre el clima, modificando la temperatura, radiación solar, humedad y la evapotranspiración (Corzo, 2013). En el Ecuador la familia Rosácea presenta una distribución cosmopolita se presentan con plantas comúnmente ornamentales y gran diversidad de árboles frutales, se ha registrado 12 géneros y alrededor de 50 especies nativas, además de varios frutales cultivados (Ulloa & Jorgensen, 2016). El género *Prunus* L. pertenece a la sub-familia Amygdaloidae (=Prunoideae) de la familia de las Rosáceas. Este género se encuentra distribuido globalmente con aproximadamente 200 especies. Las especies comestibles están mayormente distribuidas en el hemisferio Norte (Bortiri et al., 2016). El género *Prunus* contiene especies que son importantes en la producción de frutas, nueces, y madera. Los ciruelos, cerezos, almendras, albaricoques y duraznos son las frutas más comúnmente reconocidas en este género. La producción neta mundial de almendras, albaricoques, cerezas, duraznos, nectarinos, y ciruelos en 2010 fue de aproximadamente 40,8 millones de toneladas según datos de FAOSTAT, por lo cual se la considera una de los importantes géneros desde el punto de vista alimenticio a nivel global, en el Ecuador el género presenta una especie muy conocida en los Andes centrales cuyo nombre común es capulí (*Prunus serotina*).

*Prunus serotina* es una especie nativa de América del Norte (Segura et al., 2018), de bosque secundario común con una amplia distribución endémica desde Nueva Escocia al sur hasta México, Ecuador y Perú, (Downey & Iezzoni, 2000), en América del Sur es una especie que está distribuida alrededor de los pueblos de la región montañosa de Venezuela hasta el sur del Perú caracterizando a la región andina (Chisaguano, 2012), vista como una especie ornamental típica en las provincias del callejón interandino ( Sanchez & Viteri, 1981).

En Ecuador se distribuye a lo largo de la región andina desde la provincia de Carchi en el norte, hasta la provincia de Loja ubicada en el extremo sur del país (Intriago et al., 2013), se desarrolla con facilidad, especialmente en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo (Gavilanes & Flor, 1990).

Es un árbol o arbusto con crecimiento monopódico, presentando un follaje caducifolio con una altura que varía de 5 a 15m. Una copa que produce una sombra densa por su anchura y forma ovoide, hojas simples, alternas, cortamente pecioladas en forma oblonda-lanceoladas de 5 a 16 cm de largo. Posee un tronco generalmente cilíndrico de color gris pardusco con presencia de muchas lenticelas esparcidas lo que le da un aspecto escabroso (Conabio, 1951), presentan numerosas flores blancas de 2 a 2.2 cm de diámetro de 7 a 10 mm de largo agrupadas en racimos con peciolo largos de los cuales se desprende una fragancia peculiar; la flor posee un ovario unilocular y sésil, con dos óvulos y un estilo simple, el cual presenta un estigma peltado (Contreras, 2017).

Presentan pequeños frutos de 6 a 10 mm de diámetro a diferencia en México y Ecuador donde han sido domesticados y presentan frutos más grandes 2 a 2,5 cm de diámetro (Downey & Iezzoni, 2000), con gran capacidad antioxidante (Vasco, 2008), y un alto contenido de minerales y proteínas, compuestos como el hiperosido y el ácido clorogénico que generan efectos antioxidantes vasodilatadores y antihipertensivos, lo que podría ser potencialmente útil en la prevención y tratamiento de la hipertensión. (Vázquez et al., 2013), la capacidad de producción de frutas está relacionado con el tamaño del árbol y su volumen, a mayor número de racimos por brote mayor número de drupas por racimo. (Deckers et al., 2008).

En ambientes perturbados actúa como una especie pionera para la recuperación de espacios estériles desprovistos de vegetación (Fresnedo et al., 2011), en Estados Unidos hay una mayor demanda de madera de cerezo negro de alta calidad y el interés de establecer plantaciones con genotipos mejorados (Liu & Pijut, 2008), la madera es valorada por finos gabinetes, muebles, carpintería arquitectónica (productos hechos a base de madera), veneer (finas láminas de madera) (Downey & Iezzoni, 2000).

Los productores de maíz de la zona de Pa'tzcuaro en México utilizan el árbol de capulí como cortaviento, y como consecuencia de esta acción deliberada las aves prefieren consumir frutos de capulí en lugar de granos de maíz, por lo tanto la pérdida del rendimiento de maíz son mínimas ya que el capulí actúa como distractor para posibles plagas (Fresnedo, 2011b), en Ecuador, cantón Guano se teje alfombras con un tinturado de la lana de forma natural con capulí (*Prunus serotina*)

obteniendo de este fruto un tono de café más fuerte hasta el amarillo verdoso (Carretero & Campaña, 2016).

Para la cosmovisión andina, esta es una planta sagrada y augurio de la fertilidad de la tierra ya que los yachaks pueden saber la productividad del año contando el número de frutos de un racimo, la tierra será fértil y no faltará el agua cuando un racimo tenga 7 o más capulíes ( Márquez, 2017).

Se puede comer de forma directa o preparando el popular “jucho” a base de capulíes y duraznos enteros para luego agregarle harina de maíz (Cevallos, 2017), además en algunas comunidades indígenas o mestizas utilizan para preparar dulces con panela y coladas, aunque pueden también ser cocinados y convertidos en mermelada, jalea o vino, antiguamente se consumía el capulí con chochos (*Lupinus mutabilis*) ( Ministerio de Patrimonio y Cultura, 2016).

*Prunus serotina* es común en áreas urbanas, parques y jardines, en particular en situaciones de manejo menos intensivo ( Uwe & Julius, 2010), es un árbol frutal que desde hace muchos años se ha consumido sus frutos, utilizado su madera, sin embargo, ha sido marginado entre los cultivos andinos (Chisaguano, 2012). De ahí la necesidad de investigar las condiciones edáficas y microbiológicas del suelo donde se desarrolla la especie, ya que este requiere una mejor comprensión y análisis para evaluar las condiciones de fertilidad (Barrezueta & Paz, 2017).

Es común observar especímenes de capulí en el patio trasero de casas siendo parte integral de la cultura y tradiciones gastronómicas de la gente local. Estos árboles pueden ser encontrados ya sea uno a la vez o en compañía de otros árboles de la misma especie. El capulí, tiene una alta variación fenotípica en cuanto a su crecimiento, arquitectura, sabor de la fruta, tamaño de la fruta, tamaño de la semilla, etc. La fruta es cultivada y vendida en los mercados locales de fruta fresca para uso en bebidas típicas y para el consumo humano directo.

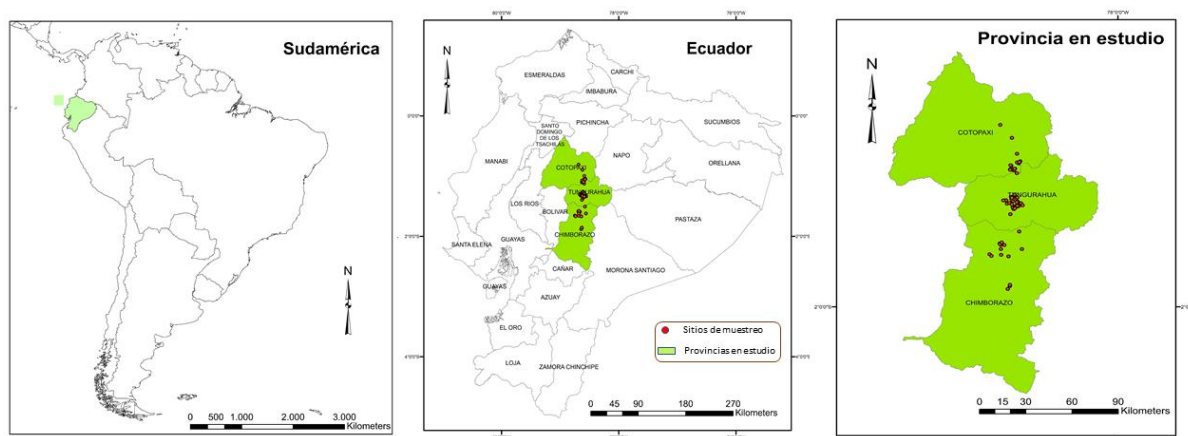
El objetivo de la presente investigación fue realizar una evaluación de las condiciones edáficas y microbiológicas de los suelos donde se desarrolla la especie *Prunus serotina* en las provincias de Cotopaxi Tungurahua y Chimborazo y conocer si existe variación en los mismos dependiendo del lugar donde se realizó el muestreo, considerar la existencia y el nivel de correlación que existe entre los componentes y/o parámetros analizados.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La especie *Prunus serotina* presenta una mejor distribución y presencia en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, pertenecientes a la zona 3 del Ecuador. Esta zona está integrada por 4 provincias las cuales representan en el 18% del territorio ecuatoriano con un área de 44.899 km<sup>2</sup>, se caracteriza por su ubicación geográfica estratégica, ya que constituye una conexión importante entre la Sierra y la Amazonía.

La zona 3 está localizada entre los 0°19'40'' y 2°35'50'' de latitud Sur y 79°19'50'' y 75°33'30'' de longitud Oeste. El relieve se caracteriza por la presencia de la cordillera de los Andes. El territorio de la zonal 3 representa el 16% de la superficie total de áreas protegidas. La unidad de páramos ocupa 4.858 km<sup>2</sup> y equivale al 10,82% de la superficie total, siendo esta unidad la segunda con mayor importancia por su superficie, situándose en las partes altas del corredor central (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015).



**Figura 1.** Localización del área de estudio en Sudamérica – Ecuador – provincias en estudio (Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo)

### Recolección de muestras.

En las tres provincias de estudio: Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, se tomaron 30 muestras de suelo de 10 árboles de la especie *Prunus serotina*, las mismas que fueron utilizadas para el análisis de los parámetros físico – químico, en la recolección de muestras se adaptó la metodología



propuesta por Lizcano, Olivera, et al., en el año 2017 en su libro denominado "Muestreo de Suelos, Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Análisis de Suelos" (Lizcano et al., 2017), donde se realizó el respectivo diagnóstico o consideraciones previas, mediante georreferenciación con la utilización de un GPS GARMIN 650t y el reconocimiento del territorio donde posteriormente se procedió a realizar la toma de muestras, todo esto con la finalidad de separar (cada 15 Km aproximadamente) los sitios de muestreo, con la finalidad que los resultados sean representativos y que no exista intervención de elementos que puedan alterar los resultados así como; cercas, bordes, postes, caminos ya que se debe considerar la importancia de la homogeneidad de la muestra que se lleva a analizar.

Se realizó el tipo de muestreo al azar que consiste en tomar sub-muestras en todo el área delimitada (sombra del árbol) y mezclarlas muy bien para obtener finalmente una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg, este procedimiento fue seleccionado por que incrementa la precisión en los resultados, sin demasiados costos; para la toma de muestras el equipo de trabajo perforó y recolectó 4 sub-muestras de cada árbol, para posteriormente colocar en un recipiente plástico como un balde; esto con el propósito de desmenuzar los terrones, separar material orgánico, raíces grandes y piedras para posteriormente mezclar y homogenizar, se tomó en consideración que todas las sub-muestras tengan un volumen parecido para la mezcla.

Las sub-muestras fueron tomadas a una misma profundidad, en casos de frutales o forestales la metodología propone dos profundidades de muestreo por la profundidad de sus raíces de 0-20 cm y de 20-40 cm esto dependiendo del tamaño de los árboles.

Se consideró las respectivas recomendaciones en el manejo del equipo con la finalidad de mantener la asepsia de las herramientas de muestreo (en nuestro caso el barreno, pala de mano y pala cava hoyos), además que se encuentren libre de óxido o cualquier contaminante químico, por tal motivo se desinfectó las herramientas de perforación del suelo antes y después de proceder a la siguiente muestra. Cada muestra compuesta se colocó en una tarrina plástica limpia y resistente, con la precaución de no contaminar ni mezclar muestras de diferentes sitios, a continuación, se procedió a etiquetar adecuadamente el número de muestra mediante la utilización de un marcador permanente con el fin de evitar confusiones, además se colocó las muestras en un sitio fresco (en una hielera) para evitar pérdida de humedad y modificaciones de temperatura.

Para las muestras de microbiología se tomó 500 gr de suelo en fundas ziploc y se procedió a guardar en cajas cooler con hielo esto con la finalidad de mantener las muestras frescas y que no exceda los 25 grados centígrados, de esta manera minimizar cambios a fin de mantener la estructura original durante el transporte (Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Gobierno de España, 2018), además se evitó la contaminación de la muestra por factores externos, con la finalidad de reducir cualquier cambio físico, químico o biológico por lo que una vez finalizada la toma, las muestras fueron debidamente selladas para evitar cualquier tipo de alteraciones tales como la desecación, calor o radiación solar.

Finalmente se llevó las muestras al laboratorio de Ciencias Biológicas y de suelos de la Facultad de Recursos Naturales para el respectivo análisis en un lapso no mayor a 24 horas en el caso de análisis microbiológico y 72 horas en caso de análisis de parámetros físicos y químicos

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Con los datos obtenidos en laboratorio se analizó la variabilidad en las propiedades del suelo con un análisis de varianza (ANOVA) esto nos permitió comparar grupos de las variables cuantitativas, importante para determinar si las medias son diferentes, permitiendo conocer si existe o no grupos que son parte de una población grande o separada con características diferentes.

Además con los resultados de los suelos analizados se realizó un análisis de regresión lineal o ajuste lineal para aproximar la relación de dependencia entre dos variables, mediante el uso del programa InfoStat, ( InfoStat—Software estadístico, 2018).

### **Resultados y discusión**

#### **Condiciones edáficas**

La calidad del sustrato conjuntamente con el pH permite la descomposición de residuos orgánicos y la producción de biomasa microbiana porque crean una influencia crítica, para ejercer impactos abrumadores en el tamaño, la actividad y la estructura comunitaria de los microbios del suelo (Kuyper, 2005).

El pH de las tres provincias fue moderadamente básico o ligeramente alcalina, oscilando entre 7,59 y 7,86; los suelos de la región sierra son ligeramente ácidos ya que está relacionada con una menor concentración de bases (García & Vollmann, 2015), además a medida que aumenta el gradiente

altitudinal la acidez es ligeramente mayor (Benavides, 2000), pero la acumulación de materia orgánica tiende a acidificar el suelo (Raymond & Nyle, 2017), esto sustenta los resultados expuestos en cuanto a acumulación de materia orgánica baja y un pH ligeramente alcalino. Cabe destacar que si bien el pH tiene un efecto directo sobre la comunidad microbiana por motivo de su restricción fisiológica en el crecientito microbiano no todos los grupos responden a los cambios de los controles ambientales (Fernández et al., 201). También se podría esperar que sean las sales orgánicas provenientes de los residuos vegetales las que aumentan el pH del suelo como resultado de la incorporación de desechos vegetales en el suelo (Li et al., 2011).

El pH del suelo cumple un factor dominante para la composición de la comunidad fúngica, mientras que la variación de la composición de la comunidad bacteriana es una consecuencia del efecto interactivo del pH del suelo y la calidad del sustrato (Zhang et al., 2020), así pues un alto rendimiento de cultivo puede lograrse mediante el uso exclusivo de fertilizantes inorgánicos en suelos alcalinos, pero la productividad ácida del suelo debe mantenerse mediante una enmienda orgánica para contrarrestar la acidificación por fertilización inorgánica (Ning et al., 2020).

La materia orgánica es una de las propiedades importantes ya que sirve como fuente de energía para los microorganismos del suelo, además que actúa como amortiguador frente a cambios químicos y físicos del mismo (Wolf et al., 2016), su formación consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varias etapas de descomposición, sustancias sintetizadas a través de reacciones microbianas y químicas, junto con la biomasa de microorganismos vivos del suelo y otra fauna que realiza los procesos bioquímicos relevantes (Lal, 2007).

En las tres provincias se presentaron niveles bajos de materia orgánica siendo la provincia de Chimborazo la que presentó el nivel más bajo con una media de 0,55%, lo cual es característico en suelos con textura árida o semiárida, siendo la precipitación uno de los factores fundamentales que condicionan de manera natural en el porcentaje de MO de estos suelos (Hagin et al., 1983). La presencia de MO en el suelo constituye la función de controlar el suministro y reserva de nitrógeno y de nutrientes lo que se relaciona con la fertilidad edáfica dentro de los indicadores biológicos llamada también biomasa microbiana (Vallejo, 2013). El cultivo juega un factor en el declive de esta, ya que establece un nuevo equilibrio como respuesta a las operaciones de labranza e incremento de la erosión (Leon & Etchevers, 1999), además las prácticas ganaderas y agrícolas inapropiadas afectan los suelos ya que muchas tierras no están en consonancia con su capacidad

agroecológica de producción (Vivar et al., 2008), por ello, comprender los mecanismos que controlan la formación y la persistencia de la materia orgánica del suelo es importante para gestionar la salud del mismo y la producción sostenible de alimentos (Haddix et al., 2020).

Todas las muestras analizadas presentan suelos no salinos, ya que naturalmente los suelos analizados no se encuentran en las costas marítimas, existe lluvia o una buena capacidad de riego de agua, los suelos arenosos se ven favorecidos ya que permiten que las sales se lixivien a capas inferiores impidiendo su acumulación en la zona radicular (López et al., 2003), además el volumen de riego de agua debe ser suficiente para satisfacer las necesidades de los cultivos sin ocasionar acumulación de sales (Endo et al., 2000b). Cabe destacar también que la conducción a través de arena se realiza a través de canales de agua entre granos de arena ya que estos desempeñan poca o ninguna parte en el mecanismo de conducción (Sophocleous et al., 2020),

Los suelos provenientes de cenizas volcánicas contienen minerales y fragmentos de estos con elementos químicos, varios de los cuales son nutrientes para las plantas (Wolf & Ovalle, 2016). En cuanto a los niveles micronutrientes el N-NH<sub>4</sub> presenta niveles bajos en las tres provincias, en suelos áridos es común la pérdida de nitrógeno por la volatilización, erosión nitrificación y desnitrificación (Peterjohn & Schlesinger, 1991), donde el incremento del pH juega un factor de la volatilización del amonio, respaldando los resultados de laboratorio al presentar suelos alcalinos con bajos niveles de N. Cabe mencionar que el N es uno de los elementos importantes en los cultivos pero el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados también provoca desnitrificación (Vivar et al., 2008).

Por el contrario el fósforo fue anormalmente alto en todos los suelos de las tres provincias. Se ha presentado estudios en los cuales se indica que existe la importancia de los andisoles y su capacidad para inmovilizar el fósforo (Apcarian & Irisarri, 2011), por lo que los agricultores añaden grandes cantidades de abono fosfatados para sustituir esta deficiencia (Ulloa & Jorgensen, 2016).

El fósforo es un elemento proveniente de las apatitas de fosfato natural de donde es liberado a través de procesos de meteorización, lixiviación, erosión y extracción industrial como fertilizantes (Fernandez, 2017), la mayoría del P de los ecosistemas terrestres se encuentra localizado en el suelo en un 15 y 80% (Rincón, & Gutiérrez, 2012), esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, su deficiencia produce plantas enanas, retardo en la maduración, mala calidad y elevada humedad en el grano (Fernandez, 2017).

En la mayoría de los suelos está en un estado que no puede ser asimilable, formando elementos complejos orgánicos o inorgánicos; por lo tanto se convierte en una deficiencia para el reino vegetal, restringiendo de manera importante la producción (Parra et al., 2004); sin embargo, todos los organismos presentes en el sustrato cumplen funciones para mantener un equilibrio ecológico en este ecosistema y apoyan en el crecimiento de las plantas mediante diversos mecanismos; entre ellos encontramos la solubilización del fosfato en donde el género *Bacillus* se ha destacado como un potencial solubilizador de este elemento (Ramírez et al., 2014).

La concentración de potasio fue media en Tungurahua y Chimborazo y alta en Cotopaxi. Los suelos derivados de cenizas volcánicas no sufren de deficiencia de K ya que poseen otra composición mineralógica en fracción de arcilla (Henaó & Hernández, 2002), además en suelos con textura arenosa es posible elevar los niveles de K más rápido que en suelos con alto contenidos de arcilla (Montoya et al., 2007).

Todos los suelos analizados tuvieron una estructura suelta debido a que no existe agregados visibles o no muestran tendencia a agruparse, presentan una textura Franco-arenoso en su gran mayoría; ya que son suelos formados por depósitos volcánicos de arena y limo con muy baja concentración de arcilla (Zúñiga, 2018). En espacios con pendientes estos suelos pierden fuerza progresivamente, comúnmente en muchos años debido a las variaciones estacionales de la propia naturaleza (Smethurst et al., 2011), cuando el suelo se satura durante un evento de fuertes lluvias las tensiones de agua se reducen o pierden, por la formación de meniscos en los contactos entre partículas resultando en un colapso de humectación (Merritt et al., 2016).

Tabla 1. Propiedades edáficas de los suelos analizados. Medias con una letra común (a,b) no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). DMS: diferencia mínima significativa; E.E.: error estándar.

Provincia	H	M.O	Cond. eléctrica	C-NH <sub>4</sub> F (mg/L)	(mg/L)	K (Meq/100g)	Textura	Estructura
-----------	---	-----	-----------------	----------------------------	--------	--------------	---------	------------

**Condiciones edáficas y microbiológicas del suelo donde se desarrolla la especie *Prunus serotina* en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo – Ecuador**

Cotopaxi	,86a	,71a	76,8a	,78a	8,69a	0,63b	Francoso arenoso - arena franca	Suelta
Tungurahua	,59a	,75a	52,8a	,88a	9,38a	0,41a	Francoso arenoso (a)	Suelta
Chimborazo	,77a	,55a	41,25a	,54a	3,14a	0,35a	Francoso arenoso - arena franca	Suelta
DMS	,55	,44	36,54	,27	,73	0,14		
E.E.	,16	,13	5,98	,36	,64	0,04		
Valor P	,46	,53	,54	,78	,13	1	0,000	0,35 > 0,9999

**Condiciones microbiológicas**

Tabla 2. Unidades formadoras de colonias/gramo de suelo de bacterias, hongos y actinomicetos

Provincia	D	FC/g bacterias	ango referencia) 1,00E+08 / 1,00E+09	FC/g hongos	ango de referencia 1,00E+05/1,00E+06	FC/g actinos	ango de referencia 1,00E+06/1,00E+07	Ne matodos/50g de suelo	ímite de tolerancia en frutales y huesos	Géneros predominantes
Cotopaxi	serCO1	,39E+04	ajo	,00E+02	ajo	,00E+02	ajo	35	0	<i>Meloidogyne</i> , <i>Tylenchorhynchus</i>

	serCO 8	,83E+ 03	ajo	,65E+ 03	ajo	,50E+ 02	ajo	30 0		<i>Para tylenchus, Pratylenchus</i>
	serCO 9	,90E+ 32	ajo	,57E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	40 Y 10		<i>Dityl enchus, Paratylenchu s</i>
	serCO 13	,75E+ 0,5	ajo	,20E+ 03	ajo	,25E+ 02	ajo	10 Y		<i>Dityl enchus, Paratylenchu s</i>
	serCO 14	,00E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,00E+ 02	ajo	50 0		<i>Para tylenchus, Meloidogyne</i>
	serCO 16	,00E+ 02	ajo	,50E+ 02	ajo	,00E+ 02	ajo	30 0		<i>Melo idogyne, Paratylenchu s</i>
	SerC O21	,23E+ 03	ajo	,00E+ 02	ajo	,05E+ 03	ajo	35 0		<i>Praty lenchus, Ditylenchus</i>
	serCO 22	,60E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,00E+ 04	ajo	30 in referen cia		<i>Para tylenchus, Tylenchulus</i>
	serCO 26	,51E+ 04	ajo	,03E+ 04	ajo	,64E+ 03	ajo	40 in referen cia		<i>Praty lenchus, Heterodera</i>
	serCO 31	,37E+ 04	ajo	,37E+ 05	edio	,07E+ 03	ajo	5 0		<i>Melo idogyne</i>

**Condiciones edáficas y microbiológicas del suelo donde se desarrolla la especie *Prunus serotina* en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo – Ecuador**

ungurahua	serTU 41	,16E+05	ajo	,20E+03	ajo	,25E+02	ajo	60	0	<i>Meloidogyne, Ditylenchus</i>
	serTU 42	,10E+04	ajo	,00E+02	ajo	,00E+03	ajo	30	in referencia	<i>Tylenchulus, Paratylenchus</i>
	serTU 43	,50E+04	ajo	,50E+05	edio	,05E+03	ajo	0		
	serTU 57	,13E+04	ajo	,00E+00	ajo	,83E+03	ajo	2	0	<i>Meloidogyne</i>
	serTU 67	,83E+05	ajo	,00E+04	ajo	,00E+00	ajo	25	0	<i>Meloidogyne, Paratylenchus</i>
	serTU 70	,97E+05	ajo	,50E+02	ajo	,77E+03	ajo	3	in referencia	<i>Rotylenchus</i>
	serTU 71	,20E+05	ajo	,00E+02	ajo	,05E+03	ajo	15	0	<i>Meloidogyne</i>
	serTU 75	,00E+02	ajo	,50E+02	ajo	,50E+02	ajo	90	0	<i>Rotylenchus, Meloidogyne</i>
	serTU 77	,30E+05	ajo	,00E+03	ajo	,10E+04	ajo	45	in referencia	<i>Rotylenchus, Meloidogyne</i>



	serTU 81	,54E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,17E+ 03	ajo	5	in referen cia	<i>Dary laimus</i>
himbo razo	serCH 86	,25E+ 06	ajo	,46E+ 04	ajo	,00E+ 00	ajo	50	in referen cia	<i>Hete rodera, Ditylenchus</i>
	serCH 94	,61E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,33E+ 02	ajo	25	in referen cia	<i>Rotyl enchus, Ditylenchus</i>
	serCH 106	,08E+ 03	ajo	,15E+ 03	ajo	,03E+ 03	ajo	25	in referen cia	<i>Para tylenchus</i>
	serCH 108	,14E+ 04	ajo	,56E+ 03	ajo	,14E+ 04	ajo	0		
	serCH 112	,29E+ 05	ajo	,50E+ 02	ajo	,00E+ 04	ajo	40	in referen cia	<i>Tylen chulus, Paratylenchu s</i>
	serCH 113	,67E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,58E+ 04	ajo	0		
	serCH 119	,02E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,04E+ 04	ajo	45	0	<i>Praty lenchus, Meloidogyne</i>
	serCH 132	,61E+ 05	ajo	,87E+ 04	ajo	,00E+ 00	ajo	25	0	<i>Melo idogyne, Pratylenchus</i>

**Condiciones edáficas y microbiológicas del suelo donde se desarrolla la especie *Prunus serotina* en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo – Ecuador**

	serCH 141	,32E+ 05	ajo	,40E+ 03	ajo	,81E+ 04	ajo	20	0	<i>Meloidogyne, Paratylenchus</i>
	serCH 142	,76E+ 04	ajo	,00E+ 02	ajo	,03E+ 03	ajo	25	in referen cia	<i>Paratylenchus, Tylenchulus</i>

El comportamiento general de bacterias y hongos es bajo en las tres provincias en estudio, la fluctuación de materia orgánica que también fue baja en los resultados de los análisis, está estrechamente ligada a las variaciones de la biomasa y la actividad microbiana, debido a que los organismos crean la acción de descomposición de la materia orgánica (Gasca et al., 2011).

Solo las muestras PserCO31 y PserTU43 presentan una población fungía que corresponde a un nivel medio de los límites de referencia, mientras que las demás muestras tienen poblaciones de hongos por debajo del límite referencial. La textura del suelo no forma un factor determinante significativo de estructura comunitaria en las comunidades fúngicas a diferencia de la precipitación anual (Smethurst et al., 2011).

Todas las muestras presentan población baja, en referencia al segundo grupo más abundante de microbios en un suelo (actinomycetes), que representan entre el 20 y 60 % de la población microbiana total del suelo (Kennedy et al., 2009; Leiva et al., 2006), cumplen un importante rol en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo del carbono mediante la producción de diversas enzimas hidrolíticas y ligninolíticas (Usha et al., 2011) Las poblaciones de actinomicetos prefieren suelos con pH más alcalino (Herve et al., 1994), sin embargo el poco contenido de materia orgánica y abonos modifican la población cuantitativamente (Alvarez & Manuel, 2004).

Las muestras PserTU43, PserCH108 y PserCH113 no mostraron población de nemátodos, pero sí de protozoarios y otros anélidos. Los nemátodos con morfologías correspondientes a los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus* y *Ditylenchus* fueron más abundantes en las muestras de suelo analizadas, esto debido a que se desarrollan de mejor manera en zonas con suelo arenoso sin embargo son muy sensibles a la sequía y la falta de cultivos (Sikora & Silva, 2005).

La población de nemátodos sobrepasa los límites de tolerancia en todas las muestras particularmente para el género *Meloidogyne* que representa una plaga particular debido al desarrollo de una sofisticada interacción con las raíces de la planta hospedera donde inducen la formación de células multinucleadas gigantes y agallas (Taylor & Sasser, 1983; Jones et al., 2001; Sánchez, 2007; Rodríguez et al., 2005; Perry et al., 2009). Este género se presenta en la mayoría de cultivos y por su forma de hospedar en las raíces son considerados parásitos internos de cientos de especies vegetales, incluyendo muchas plantas de importancia agrícola. Por su presencia en las raíces las plantas infectadas tienen problemas en la filtración de agua y nutrientes dando como resultado un retraso en el crecimiento y desarrollo, presentando hojas con marchitez, color amarillento y necrosis por lo que la floración se puede reducir a consecuentemente el número de frutos (Dagatti et al., 2014). La aparición de estos síntomas es más rápida en verano que en otras estaciones dado que los requerimientos de nutrición y agua son mayores (Ornat & Sorribas, 2008). Los nematodos del género *Pratylenchus*, son endoparásitos que penetran al sistema radical y se alimentan de las células, las aberturas en las raíces son fuente de entrada a hongos y bacterias patógenas, lo que agrava en mayor grado al sistema radical de la planta, los *Ditylenchus* son parásitos, donde las plantas afectadas toman forma irregular, las hojas se acortan, engrosan y retuercen, se decoloran y finalmente se caen al suelo. Las escamas de los bulbos se agrietan longitudinalmente y hay ausencia casi total de raíces. Si la temporada es seca los bulbos se deshidratan y si es muy húmeda se descomponen, produce lesiones permiten la entrada de otros patógenos del suelo que favorecen la descomposición (Burba, 2003).

## Regresión lineal

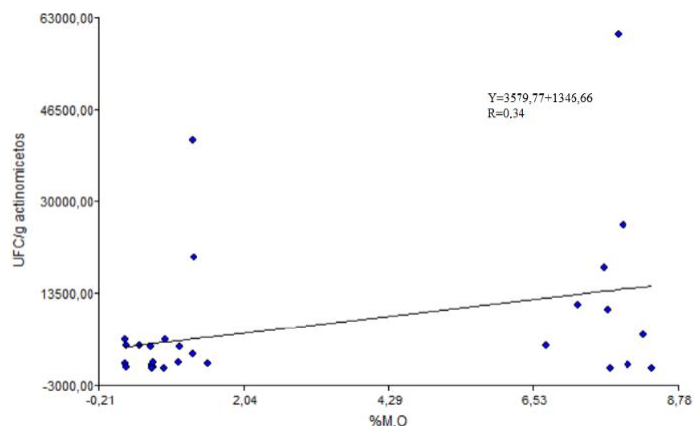


Figura 2. Regresión lineal entre % MO y Unidades Formadoras por Colonia de Actinomicetos

En la Figura 2 se aprecia la relación de dependencia de 0,34 con una regresión lineal directa donde el %MO determinará la población de las bacterias; en el suelo el porcentaje de MO es baja, esto debido a que presentan una textura árida o semiarida, lo cual se relaciona con la baja o poca presencia de actinomicetos presentes en los sitios de estudio, las poblaciones de actinomicetos prefieren suelos con pH más alcalino (Navarro, 2005), sin embargo el poco contenido de materia orgánica y abonos modifican la población cuantitativamente y el desarrollo del grupo depende también de las condiciones locales y del contenido de humedad (Julca et al., 2006). Este grupo de bacterias descomponen una alta diferencia de residuos orgánicos pero, a altos niveles de pH descomponen las sustancias más complejas como la quitina (presente en el exoesqueleto de los artrópodos) y la celulosa, además algunos grupos generan antibióticos.

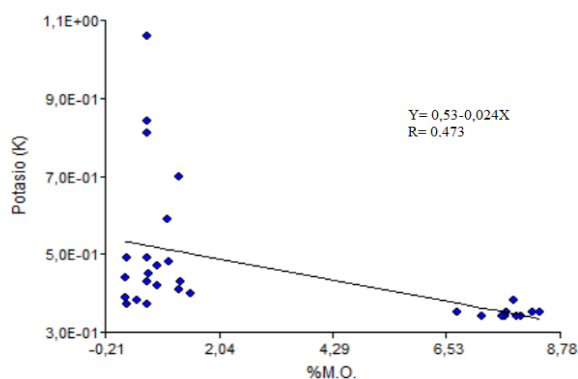


Figura 3. Regresión lineal entre % MO y el Potasio “K”

La Figura 3 que corresponde a la correlación que existe entre la materia orgánica y el potasio de los suelos en los que existe la presencia de la especie *Prunus serotina*, se obtuvo que a mayor cantidad de Potasio (K), disminuye el porcentaje de materia orgánica en los suelos, tal y como lo muestra la línea de regresión inversa; así también lo demuestra el estudio realizado por Conti, en el año 2004 , en el cual se plantea que la dinámica de las condiciones en el suelo puede provocar que los iones de K que están mantenidos fuertemente entre las capas de suelo se liberen al separarse las mismas por ensanchamiento y expansión, generando así que el K de la solución de suelo esté inmediatamente disponible y puede ser absorbido por las plantas, disminuyendo así el porcentaje de materia orgánica en el suelo.

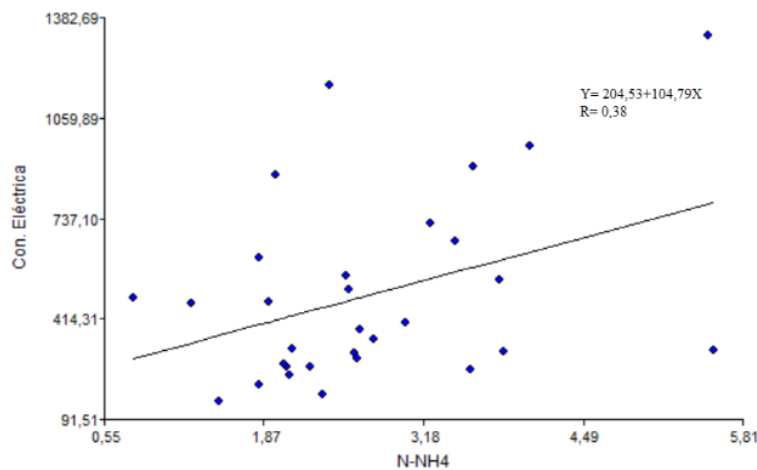


Figura 4. Regresión lineal entre N-NH4 y la Conductividad Eléctrica

La Figura 3 correspondiente a la correlación que existe entre la conductividad eléctrica y el amonio de los suelos en los que existe la presencia de la especie *Prunus serotina*, se obtuvo que a mayor cantidad de amonio (N-NH4), aumenta el porcentaje de conductividad eléctrica en los suelos, tal y como lo muestra la línea de regresión, así también lo demuestra el estudio realizado por Vásquez; 2014, en el que se indica que cuando existe más contenido de humedad debe considerarse que son suelos con mayor porosidad o menor densidad aparente por ende van a presentar mayor capacidad de almacenamiento de agua, pudiendo alcanzar valores más altos de conductividad eléctrica; a más de ello se demuestra que un mayor contenido de sales disueltas (mayor salinidad y capacidad de intercambio catiónico), presenta mayor capacidad de intercambio catiónico determinando también que las arcillas generen mayores valores de conductividad.

## Conclusiones

Las condiciones edáficas del suelo con la especie *Prunus serotina* en las tres provincias de la zona central de los andes del Ecuador no presentan variabilidad en 7 parámetros como pH, porcentaje de materia orgánica, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, textura y estructura; a diferencia del potasio (K) en Cotopaxi que difiere con la provincia de Tungurahua y Chimborazo.

En los análisis microbiológicos las unidades formadoras de colonias presentan un nivel bajo de bacterias en todas las muestras al igual que las unidades formadoras de colonias de hongos. La población de nemátodos sobrepasa los límites de tolerancia en todas las muestras particularmente para el género *Meloidogyne*.

Todas las muestras de suelo presentan poblaciones bajas de microorganismos, un factor determinante en la actividad biológica, absorción de nutrientes y demás.

En la prueba estadística de regresión lineal la mayoría de parámetros no presentan correlación a diferencia del %MO con las unidades formadoras de colonias de actinomicetos y el potasio y el N-NH<sub>4</sub> con la conductividad eléctrica que presentan valores bajos.

## Referencias

1. Alvarez, J., & Manuel Anzueto. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. 38(1), 13-22. 2004.
2. Aparian, A., & Irisarri, J. Las cenizas volcánicas y sus efectos sobre el suelo. [internet] 2011. [https://www.rionegro.com.ar/las-cenizas-volcanicas-y-sus-efectos-sobre-el-ASRN\\_652332/](https://www.rionegro.com.ar/las-cenizas-volcanicas-y-sus-efectos-sobre-el-ASRN_652332/)
3. Arrouays, D., Marchant, BP, Saby, NPA, Meersmans, J., Orton, TG, Martin, MP & Kibblewhite, M. 2012. Cuestiones genéricas sobre esquemas de monitoreo de suelos a gran escala: una revisión. *Pedosphera*, 22 (4), 456-469.
4. Barrezueta, S., & Paz, A. Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*. [internet] 2017. 54-62. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/141>
5. Beerling, DJ, Leake, JR, Long, SP, Scholes, JD, Ton, J., Nelson, PN, ... & Hansen, J. 2018. Agricultura con cultivos y rocas para abordar el clima global, la seguridad alimentaria y del suelo. *Plantas de la naturaleza*, 4 (3), 138-147.

6. Benavides C. Caracterización de sitios con *Pinus radiata* D. Don en un transecto altitudinal con suelos vitrans de los páramos del Cotopaxi, Ecuador. [internet] 2000. [https://www.researchgate.net/publication/271319988\\_Caracterizacion\\_de\\_suelos\\_a\\_lo\\_largo\\_de\\_un\\_gradiente\\_altitudinal\\_en\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/271319988_Caracterizacion_de_suelos_a_lo_largo_de_un_gradiente_altitudinal_en_Ecuador)
7. Bortiri, E., S.-H. Oh, J. Jiang, S. Baggett, A. Granger, C. Weeks, et al. 2001. Phylogeny and systematic of *Prunus* (Rosaceae) as determined by sequence analysis of ITS and the chloroplast trnL-trnF spacer DNA. *Systematic Botany*. [Internet]; 2016; 26:797-807. [https://www.semanticscholar.org/paper/Phylogeny-and-Systematics-of-Prunus-\(Rosaceae\)-as-Bortiri-Oh/ecda49183d8fee4c7f9386f398ef52f630fda7a8](https://www.semanticscholar.org/paper/Phylogeny-and-Systematics-of-Prunus-(Rosaceae)-as-Bortiri-Oh/ecda49183d8fee4c7f9386f398ef52f630fda7a8)
8. Burba, J.L. Producción de Ajo. [internet] 2003. Pg 43. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_produccion\\_de\\_ajo\\_\\_doc\\_069.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_produccion_de_ajo__doc_069.pdf)
9. Carretero, P., & Campaña, V. Propuestas de revitalización de la confección artesanal de alfombras en Guano (Chimborazo, Ecuador). [internet] 2016. [https://www.academia.edu/27517794/PROSPUESTAS\\_DE\\_REVITALIZACION\\_DE\\_LA\\_CONFECCION\\_ARTESANAL\\_DE\\_ALFOMBRAS\\_EN\\_GUANO\\_CHIMBORAZO\\_ECUADOR](https://www.academia.edu/27517794/PROSPUESTAS_DE_REVITALIZACION_DE_LA_CONFECCION_ARTESANAL_DE_ALFOMBRAS_EN_GUANO_CHIMBORAZO_ECUADOR)
10. Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Gobierno de España. 2018. Metodología para la toma de muestra de microorganismos altamente patógenos en las matrices ambientales aire, agua y suelo/sedimento. [internet] 2018. <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=25/01/2019-f06e501959>
11. Cevallos, I. Análisis gastronómico de la bebida típica Jucho en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo. [tesis de grado]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2017.
12. Chisaguano, L. Evaluación de la aplicación de tres productos inductores de brotación en capulí (*Prunus capuli*), comunidad Quilajaló – Salcedo – Cotopaxi [tesis de grado] Cotopaxi: UTC; 2012.
13. Cohen, J., Dabral, S., Graham, D., Prenger, P., & Debusk, F. Evaluating ecological condition using soil biogeochemical parameters and near infrared reflectance spectra. *Environmental Monitoring and Assessment*. [Internet]; 2006; 116(1-3), 427-457. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-7664-8>

14. Conabio. *Prunus serotina* subsp. *Capuli* (Cav.) McVaugh (1951). Brittonia [Internet]; 2012. 7: 299. 1949. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/60-rosac6m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/60-rosac6m.pdf)
15. Conti, M. 2004. Dinámica de liberación y fijación de potasio en el suelo. [internet]; 2004. IPNI CANADA. Buenos Aires. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1090>
16. Contreras, R. Análisis de la diversidad genética del capulí (*Prunus Serotina*), en la región andina del Ecuador, utilizando marcadores moleculares AFLP\*. [tesis de grado]. Quito: USFQ; 2017
17. Corzo, T. Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. 22(1), 119-136. [Internet]; 2013; 22(1), 119-136. <https://www.redalyc.org/pdf/748/74829048012.pdf>
18. Cruz, B., Barra, E., Castillo, F., & Gutiérrez, C. La calidad del suelo y sus indicadores. Revista Ecosistemas. [Internet]. 2004; 13(2). <https://doi.org/10.7818/re.2014.13-2.00>
19. Dagatti, V., Becerra, C., & Herrera, E. 2014. Caracterización de daños producidos por *Meloidogyne* Spp. (Nemata: Tylenchida) en la vid en Mendoza, Argentina. [internet] 2014. Revista de Ciencias Agrícolas, 31(2), 51. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.31>
20. De la Rosa, D. 2008. Evaluación Agro-ecologica de suelos para un desarrollo rural sostenible. [Internet] Madrid: Mundi-Prensa.
21. Deckers, B., Verheyen, K., Vanhellefont, M., Maddens, E., Muys, B., & Hermy, M. 2008. Impact of avian frugivores on dispersal and recruitment of the invasive *Prunus serotina* in an agricultural landscape. Biological Invasions. [internet] 2008. 10(5), 717-727. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9164-3>
22. Downey, L., & Iezzoni, F. Polymorphic DNA Markers in Black Cherry (*Prunus serotina*) Are Identified Using Sequences from Sweet Cherry, Peach, and Sour Cherry. Journal of the American Society for Horticultural Science. [internet] 2000. 125(1), 76-80. <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/125/1/article-p76.xml>
23. Endo, S. Yamamoto, T. Honna, M. Takashina, K. Iimura, R. López A. et al. Behavior and distribution of salts under irrigated agriculture in the middle of Baja California, Mexico. Japan J. Soil Sci. Plant Nutr. [internet] 2000b. 71: 18-26. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110001746940/amp/en/>
24. Espinosa, J. Distribución, uso y manejo de los suelos de la Región Andina. In XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador; 2008.p. 1-9.



25. Fernandez, M. Forforo: Amigo o enemigo. [internet] 2017. 2, 51-57. 0138-6204. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
26. Fernández-Calviño, D., Rousk, J., Brookes, P. C., & Bååth, E. Bacterial pH-optima for growth track soil pH, but are higher than expected at low pH. *Soil Biology and Biochemistry*. [internet] 2011. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.007>
27. Fertilizando. Reacción de los fertilizantes en el suelo. Volatilización de amoníaco a partir de la urea. [internet] s.f. <http://www.fertilizando.com/articulos/Reaccion%20en%20el%20Suelo%20de%20la%20Urea.asp>
28. Fresnedo-Ramírez, J., Segura, S., & Muratalla-Lúa, A. Morphovariability of capulín (*Prunus serotina* Ehrh.) in the central-western region of Mexico from a plant genetic resources perspective. *Genetic Resources and Crop Evolution*. [internet] 2011. <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9592-2>
29. García, C., & Vollmann, S. 2015. Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*. [Internet], 2015. [https://www.researchgate.net/publication/271319988\\_Caracterizacion\\_de\\_suelos\\_a\\_lo\\_largo\\_de\\_un\\_gradiente\\_altitudinal\\_en\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/271319988_Caracterizacion_de_suelos_a_lo_largo_de_un_gradiente_altitudinal_en_Ecuador)
30. García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. Indicadores de la calidad de los suelos: Una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*. [Internet] 2012. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
31. Gasca, C., Menjivar, J., & Torrente, A. Cambios en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de absorción de sodio (RAS) de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana. [internet] 2011. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169922363003.pdf>
32. Gavilanes R., & Flor B. Evaluación De Siete Tratamientos Pre Germinativos Y Seis Sustratos Para La Germinación De La Semilla De Capulí. [Tesis de grado]. Ambato: Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Agropecuaria; 1990. P. 1-10.
33. Haddix, L., Gregorich, G., Helgason, L., Janzen, H., Ellert, H., & Francesca, M. Climate, carbon content, and soil texture control the independent formation and persistence of particulate

- and mineral-associated organic matter in soil. *Geoderma*. [internet] 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114160>
34. Hagin, J., A., & Tucker, B. Hagin, J., and Tucker, B.: Fertilization of Dryland and Irrigated Soils [internet] 1983. <https://doi.org/10.1002/jpln.19831460628>
35. Hargreaves, R., Brookes, C., Ross, S., & Poulton, R. Evaluating soil microbial biomass carbon as an indicator of long-term environmental change. *Soil Biology and Biochemistry*. [Internet]; 2003. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00291-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00291-2)
36. Henao, M., & Hernández, E. Disponibilidad de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. [internet] 2002. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc053%2804%29293-305.pdf>
37. Hernández, A., Vera, L., Naveda, C., Zambrano, T., & Gallo, F. . Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador.[Internet]; 2017. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100006&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100006&script=sci_arttext&tlng=pt)
38. Hernández, W., & Salas, E. Vista de La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. [Internet] ; 2009. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6732/6420>
39. Herve D., Henin D., & Riviere G. Dinamicas del descanso de la tierra en los Andes. [internet] 1994. [tps://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_03\\_01/41709.pdf](tps://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf)
40. Infostat—Software estadístico. [internet] 2018. <https://www.infostat.com.ar/>
41. Intriago, D., Torres, M., Arajana, V., & Tobar, J. Evaluación de la variabilidad genética del capulí (*Prunus serotina* subsp. capulí) en tres provincias del Ecuador. [Internet]; 2013. <https://doi.org/10.26807/remcb.v34i1-2.231>
42. Jones, J., Jones, R., Stall J. y Zitter, T. Plagas y enfermedades del tomate. The American Phytopathological Society. Traducido por M. Jiménez y Revisado por R. Jiménez, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp: 25-30; 2001.
43. Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. [internet] 2006. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
44. Kennedy, J., Baker, P., Piper, C., Cotter, P. D., Walsh, M. & Mooij, M. J. Isolation and analysis of bacteria with antimicrobial activities from the marine sponge *Haliclona simulans*

- collected from Irish waters. Mar Biotechnol. [internet] 2009. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18953608>
45. Kuyper, T. W. 2005. Plant Litter–Decomposition, Humus Formation, Carbon. Plant Ecology, [internet] 2018. <https://doi.org/10.1007/s11258-005-2822-6>
46. Labrador, J.. Manejo de suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. [Internet]; 2008. <https://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2019/01/manual-suelos-jlabrador.pdf>
47. Lafuente, L. II. Biorremediación y fitorremediación en suelos contaminados. [Internet] Universidad Complutense. 2007. <http://dx.doi.org/ES/monoranf.v0i0.598>
48. Lal, R. Carbon Management in Agricultural Soils. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, [internet] 2007. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-9036-7>
49. Leiva, S., Yáñez, M., Zaror, L., Rodríguez, H. & García-Quintana, H. 2006. Actividad antimicrobiana de actinomicetes aislados desde ambientes acuáticos del sur de Chile. [internet] 2004. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872004000200003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872004000200003)
50. Leon, F., & Etchevers, J. Materia orgánica en el suelo y disponibilidad de nitrógeno. [internet] 1999. [https://www.researchgate.net/profile/Fernando\\_De\\_Leon2/publication/278726976\\_Materia\\_organica\\_en\\_el\\_suelo\\_y\\_disponibilidad\\_de\\_nitrogeno/links/5584509008ae71f6ba8c4416/Materia-organica-en-el-suelo-y-disponibilidad-de-nitrogeno.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_De_Leon2/publication/278726976_Materia_organica_en_el_suelo_y_disponibilidad_de_nitrogeno/links/5584509008ae71f6ba8c4416/Materia-organica-en-el-suelo-y-disponibilidad-de-nitrogeno.pdf)
51. Li, Z.-A., Zou, B., Xia, H.-P., Ding, Y.-Z., Tan, W.-N., & Fu, S.-L. 2008. Role of Low-Molecule-Weight Organic Acids and Their Salts in Regulating Soil pH1 Pedosphere. [internet] 2011. 18(2), 137-148. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(08\)60001-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(08)60001-6)
52. Liu, X., & Pijut, P. M. Plant regeneration from in vitro leaves of mature black cherry (*Prunus serotina*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. [internet] 2008; 94(2), 113-123. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9393-x>
53. Lizcano, R., Olivera, D., Saavedra, D., Machado, L., Rolando, E., Moreno, M., et al. 2017. Muestreo de Suelos, Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Análisis de Suelos (Vol. 1). HULIA: Panamericana Formas e Impresos S.A. [internet] 2017. [https://www.researchgate.net/publication/323823646\\_Muestreo\\_de\\_Suelos\\_Tecnicas\\_de\\_Laboratorio\\_e\\_Interpretacion\\_de\\_Analisis\\_de\\_Suelos](https://www.researchgate.net/publication/323823646_Muestreo_de_Suelos_Tecnicas_de_Laboratorio_e_Interpretacion_de_Analisis_de_Suelos)

54. López, R., Villavicencio E., Real, A., Ramírez, L., & Murillo, B. Macronutrientes en suelos de desierto con potencial agrícola. [internet] 2003. pg9. 2395-8030. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321304.pdf>
55. Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, AJ, ... y Wang, T. 2015. Impactos de la contaminación del suelo y el agua en la seguridad alimentaria y los riesgos para la salud en China. *Medio ambiente internacional*, 77, 5-15.
56. Márquez, C. El capulí es augurio de la fertilidad en la cosmovisión andina. *El Comercio* [internet] 2017. <https://www.elcomercio.com/tendencias/capuli-augurio-fertilidad-cosmovision-andina.html>
57. Merritt, J., Chambers, E., Wilkinson, B., West, J., Murphy, W., Gunn, D., et al. Measurement and modelling of moisture—Electrical resistivity relationship of fine-grained unsaturated soils and electrical anisotropy. *Journal of Applied Geophysics*. [internet] 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2015.11.005>
58. Ministerio de Cultura y Patrimonio. 2013. ¿Qué es el Patrimonio Alimentario? [internet] 2013. <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/1-Patrimonio-Alimentario-LUNES-21.pdf>
59. Ministerio de Patrimonio y Cultura. Capulí - Patrimonio Alimentario. *El Comercio* [internet] 2016. <http://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Capul%C3%AD>
60. Montoya, R., Spinola, A., Hernández, T., & Paredes, D. Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. [internet] 2007. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000100008&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000100008&script=sci_arttext&tlng=en)
61. Navarro, A. Microorganismos. Actinomicetos. [internet] 2005. <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL6MActinomicetos.htm>
62. Ning, Q., Chen, L., Jia, Z., Zhang, C., Ma, D., Li, F., et al. Multiple long-term observations reveal a strategy for soil pH-dependent fertilization and fungal communities in support of agricultural production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. [internet] 2020. 293, 106837. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106837>

63. Ornat, C. y Sorribas, J. Integrated Management of root-knot Nematodes in Mediterranean Horticultural Crops (pp 295-319) 2008. En: Ciancio, A. y Mikerji, K.G. Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes. Primera edición. Springer. 389 p.
64. Parra, C., Coello, P., Acosta, J., & Martínez, E. Respuesta a la deficiencia de fosfato de genotipos de frijol contrastantes en su capacidad de crecer en suelos con bajo contenido de fósforo. *Agrociencia*, [internet] 2004. 38(2), 131-139. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2171538>
65. Perry, R., Moens, M. y Starr, J. L. Root-knot nematodes. Reino Unido, 1 - 13, 18 - 23, 55 - 88, 98 - 112; 2009.
66. Peterjohn, W., & Schlesinger, W. 1991. Peterjohn WT, Schlesinger WH. Factors controlling denitrification in a Chihuahuan Desert ecosystem. *Soil Science Society of America Journal* [internet] 1991. <https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500060032x>
67. Ramírez, C., Galvez, A., & Burbano, M. Solubilización de fosfatos: Una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. [internet] 2014. *NOVA*, 12(21). <https://doi.org/10.22490/24629448.997>
68. Raymond W. & Nyle B. 2017. *The Nature and Properties of Soil*. [internet] 2017. Pearson Education. [https://www.researchgate.net/publication/301200878\\_The\\_Nature\\_and\\_Properties\\_of\\_Soils\\_15th\\_edition](https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition)
69. Rincón, C., & Gutiérrez, A. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. [internet] 2012. [citado 18 enero 2020]. 1, 12. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889/38347>
70. Rodríguez, M., Sánchez, L., Gómez, L., Hidalgo, L., González, E., Gómez, et al. *Meloidogyne spp. plagas de las hortalizas: Alternativas para su manejo en sistemas de cultivo protegidos*. [internet] 2005. [citado 12 enero 2020]. *Revista Protección Vegetal*, 20 (1) <http://scielo.sld.cu/scieloOrg/php/reference.php?pid=S1010-27522009000100010&caller=scielo.sld.cu&lang=es>
71. Sanchez P., & Viteri J. 1981. Estudio de frutales de hoja caduca en el cantón Ambato. [tesis de grado] Ambato: EC. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1981. p. 10- 27; 248-25.

72. Sánchez, G. Comportamiento de las principales variedades comerciales de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill) al parasitismo de los nematodos “Nudo de la raíz”. (tesis de grado). Ibarra: Universidad Técnica del Norte; 2007.
73. Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. 2010. Zona de Planificación 3. [internet] 2015. <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Agenda-zona-3.pdf>
74. Segura, S., Guzmán, F., López, J., Mathuriau, C., & López, J. Distribution of *Prunus serotina* Ehrh. In North America and Its Invasion in Europe. Journal of Geoscience and Environment Protection, [Internet]; 2018. <https://doi.org/10.4236/gep.2018.69009>
75. Sikora, Nicola, & Silva. Nematode parasites of food legumes. . [internet] 2005. [https://www.researchgate.net/publication/285860736\\_Nematode\\_parasites\\_of\\_food\\_legumes](https://www.researchgate.net/publication/285860736_Nematode_parasites_of_food_legumes)
76. Smethurst, A., Clarke, D., & Powrie, W. 2011. Seasonal changes in pore water pressure in a grass-covered cut slope in London Clay. [internet] 2011. <https://doi.org/10.1680/ssc.41080.0029>
77. Socarrás, A. 2013. Mesofauna edáfica: Indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y Forrajes, [Internet]; 2003. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001)
78. Sophocleous, M., Atkinson, J. K., Smethurst, J. A., Espindola-Garcia, G., & Ingenito, A. The use of novel thick-film sensors in the estimation of soil structural changes through the correlation of soil electrical conductivity and soil water content. Sensors and Actuators A: Physical. [internet] 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111773>
79. Taylor A.L. & Sasser, J.N. Biología, Identificación y Control de los nematodos de Nódulo de la Raíz (Especies de *Meloidogyne*). Proyecto internacional de *Meloidogyne*. Universidad de Carolina del Norte. Estados Unidos; 1983.
80. Ulloa, C., & Jorgensen, P. Rosaceae in Trees and shrubs of the Andes of Ecuador @ efloras.org. [internet] 2016. [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=201&taxon\\_id=10776](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=10776)
81. Usha, R. J., Hema, S. N. & Kanchana, D. D. Antagonistic activity of actinomycetes isolates against human pathogen. J Microbiol Biotechnol Res., 1, 74–79. 2011.
82. Uwe Starfinger, & Julius Kuehn. Institute. Invasive Alien Species Fact Sheet – *Prunus serotina*. [internet] 2010. <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/p/prunus-serotina/prunus-serotina.pdf>

83. Vallejo, V. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles. [internet] 2013. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06>
84. Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry. [internet] 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>
85. Vasquez, N; Reposo, G; Guecaimburu, J; Rojo, V. Uso de conductividad electrica del suelo para determinar la profundidad al horizonte petrocalcico. [internet]; 2014. <http://suelos.com.uy/pdf/60.pdf>
86. Vázquez, F., Ibarra. C., Rojas, A., Rojas, J., Yahia, E., Rivera, et al. Nutraceutical Value of Black Cherry *Prunus serotina* Ehrh. Fruits: Antioxidant and Antihypertensive Properties. Molecules. [internet] 2013. <https://doi.org/10.3390/molecules181214597>
87. Villarreyna-Acuña, R., Van den Meersche, K., Rapidel, B., & Avelino, J. Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. [Internet]; 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30414.05441>
88. Vivar H., Barrera M, Coronel B, & De los Ríos I. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Cuenca (Ecuador). Estación Experimental Chuquipata. [internet] 2008. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CATALO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001387>
89. Wolf, M. & Ovalle C. El Secuestro de Carbono en los Suelos—Importancia de la Materia Orgánica del Suelo (MOS). [internet] 2016. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40548.pdf>
90. Wolf, M. & Ovalle C. El Secuestro de Carbono en los Suelos—Importancia de la Materia Orgánica del Suelo (MOS). [internet] 2016. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40548.pdf>
91. Zhang, K., Chen, L., Li, Y., Brookes, P. C., Xu, J., & Luo, Y. 2020. Interactive effects of soil pH and substrate quality on microbial utilization. European Journal of Soil Biology. [internet] 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103151>

92. Zúñiga, F. 2018. Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua. [internet] 2007. Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuaria. <http://dx.doi.org/10.31164/reiagro.v1n1.2>

© 2023 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/>).