

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Estudio de la adaptación de la mora silvestre (*Rubus niveus*) en las islas Galápagos y el continente.

Karol Alexandra Molina Vargas

Ingeniería en Procesos Biotecnológicos

Trabajo de integración curricular presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniería en Procesos Biotecnológicos

Quito, 04 de diciembre del 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
HOJA DE CALIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Estudio de la adaptación de la mora silvestre (*Rubus niveus*) en las islas
Galápagos y el continente

Karol Alexandra Molina Vargas

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico: María José Pozo, Ms.Sc.

Firma del profesor: _____

Quito, 04 de diciembre del 2019

Derechos de autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:	_____
Nombres y Apellidos:	Karol Alexandra Molina Vargas
Código:	00120900
Cedula de identidad:	1724363351
Lugar y fecha:	Quito, 4 de diciembre del 2019

RESUMEN

La mora silvestre o *Rubus niveus* es una especie que fue introducida en las islas Galápagos en la década de los 60. Su introducción en la zona ha causado grandes problemas ecológicos desplazando la flora endémica y llegando a invadir alrededor de 30 mil hectáreas en el archipiélago. Otro gran problema es que esta planta tiene una adaptabilidad fácil al medio ambiente y su forma de dispersión es muy rápida. En este estudio se analizaron factores físico-químicos y biológicos del suelo asociados a su adaptabilidad. Por consiguiente, se colectó muestras de suelo de la rizósfera de la mora, donde se analizó pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total y color de suelo (tablas de Munsell) y además se realizó extracciones de DNA de suelos mediante el kit Power Soil DNA, estas serán posteriormente enviadas a secuenciar obtener datos del microbioma entendiendo si los microorganismos están favoreciendo a la invasión y adaptación de esta planta invasora. En cuanto a los resultados se obtuvo que los suelos de la mora para el Continente y Galápagos presentan valores de pH dentro de los rangos óptimos de crecimiento vegetal, es decir se mostraron valores de 5,01 – 6,87 en la mayoría de los casos. En cuanto a la conductividad se puede ver que en Galápagos la mayoría de valores van de 400 – 1000 uS, lo que nos dice que hay una gran concentración de sales en los suelos de las islas en comparación con los bajos encontrados en el continente. De la misma forma para nitrógeno total se reflejan altos porcentajes que llegan hasta el 9% en comparación a los bajos porcentajes del continente. Por último, la coloración de los suelos permitió obtener valores y código específico de calidad, matiz y pureza, siendo en su gran mayoría colores marrones de diferentes tonalidades. Finalmente, se logró identificar varias diferencias entre los resultados del continente y Galápagos, pero principalmente se identificó que los suelos en Galápagos son más ricos en materia orgánica y minerales por lo que están favoreciendo efectivamente la adaptación de la mora en las islas. No obstante, se esperan los futuros resultados de microbioma para entender si los microorganismos también están ayudando a su adaptación.

Palabras Claves: Rubus niveus, invasiva, microbioma, factores físicos, factores químicos, conductividad, pH.

ABSTRACT

The wild blackberry or *Rubus niveus* is a species that was introduced in the Galapagos Islands in the 60s. Its introduction in the area has caused great ecological problems displacing the endemic flora and invading about 30 thousand hectares in the archipelago. Another big problem is that this plant has an easy adaptability to the environment and its dispersion is very fast. In this study, physicochemical and biological factors of the soil associated with its adaptability were analyzed. Therefore, soil samples from the rhizosphere of the blackberry were collected, where pH, electrical conductivity, total nitrogen and soil color (Munsell tables) were analyzed and DNA extractions from soil were also performed using the Power Soil DNA kit, These will be subsequently sent to sequence the microbiome data, understanding if the microorganisms are favoring the invasion and adaptation of this invasive plant. Regarding the results, it was obtained that the blackberry soils for the Continent and Galapagos have pH values within the optimal ranges of plant growth, that is, values of 5.01 - 6.87 were shown in most cases. Regarding the conductivity, it can be seen that in Galapagos the majority of values range from 400 - 1000 uS, which tells us that there is a large concentration of salts in the soils of the islands compared to the low ones found in the continent. In the same way for total nitrogen, high percentages that reach up to 9% are reflected compared to the low percentages of the continent. Finally, the coloring of the floors allowed to obtain values and specific code of quality, hue and purity, being mostly brown colors of different shades. Finally, it was possible to identify several differences between the results of the continent and Galapagos, but mainly it was identified that the soils in Galapagos are richer in organic matter and minerals, so they are effectively favoring the adaptation of the blackberry in the islands. However, future microbiome results are expected to understand if microorganisms are also helping to adapt.

Keywords: Rubus niveus, invasive, microbiome, physical factors, chemical factors, conductivity, pH.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	9
Métodos	13
Resultados.....	18
Discusión.....	23
Conclusiones.....	27
Referencias bibliográficas	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de la determinación del color de suelo en Galápagos.....	20
Tabla 2: Resultados de la determinación del color de suelo en Ecuador Continental.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura #1: Mapa de los sitios donde se colectó la mora silvestre en las Islas Galápagos.....	14
Figura #2: Mapa de los sitios donde se colectó la mora silvestre en Ecuador Continental.....	15
Figura #3: Resultado de la relación de pH, altitud y zona de colección de muestra, en Ecuador continental.....	18
Figura #4: Resultado de la relación de conductividad, altitud y zona de colección de muestra en Ecuador Continental	18
Figura #5: Resultado de la relación de pH, altitud y zona de colección de muestra en las Islas Galápagos	19
Figura #6: Resultado de la relación de conductividad, altitud y zona de colección de muestra en las Islas Galápagos	19
Figura #7: Resultado de la relación de Nitrógeno, altitud y zona de colección de muestra, en Ecuador continental	21
Figura #8: Resultado de la relación de Nitrógeno, altitud y zona de colección de muestra, en Galápagos	21
Figura #9: Verificación por electroforesis en gel de agarosa, de la extracción de DNA del suelo de <i>Rubus niveus</i>	22

1. INTRODUCCIÓN

La mora silvestre pertenece a la familia de las *Rosaceae*, al género *Rubus* y la especie *niveus*. Esta planta es conocida como un arbusto perenne de tipo trepador que puede llegar a crecer hasta los 5 metros de altura (Landazuri, 2010). Esta especie presenta los tallos lisos y espinosos y tiene una coloración blanquecina característica (Landazuri, 2010). La mora silvestre puede crecer de manera rápida y llegar a producir flores y frutos desde los 6 meses de vida. Cabe mencionar que sus frutos son dispersados o propagados a través de ciertos animales, es decir que al comerlas pueden esparcir las semillas mediante las heces en otros puntos diferentes a donde se la consumió originalmente e inclusive sus semillas pueden mantenerse viables en los suelos durante al menos 5 años (Fundación Charles Darwin, 2019).

Otra forma que tiene de propagarse es por reproducción asexual. La propagación por ventosas es un tipo de reproducción asexual que hace referencia a que cuando un extremo de la planta toca el suelo esta puede enraizarse y con el tiempo y generar una nueva planta. Mientras que la propagación por retoños hace referencia que en la base del tallo de la planta madre, hay una serie de pequeños retoños que con el paso del tiempo pueden crecer y convertirse en una planta independiente a la madre (Fundación Charles Darwin, 2019).

En cuanto a la distribución de la especie se puede decir que esta se la encuentra principalmente a lo largo de las carreteras en casi todas las provincias del Ecuador y en las cinco principales Islas de la región insular. En el Ecuador continental podemos hallarla desde Tulcán, cerca de la frontera con Colombia, hasta llegar a Loja con la frontera de Perú. De la misma forma se la encuentra poblando áreas de la región Costa y la región Amazónica (Fundación Charles Darwin, 2019). En cuanto a la región insular, la podemos encontrar en las islas de San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Santiago y Floreana. Aquí la

podemos encontrar al igual que en el continente a los bordes de las carreteras, pero de manera invasiva en los parques nacionales, áreas de protección, terrenos baldíos e incluso dentro de las fincas de las personas que moran en las zonas. La mora silvestre ha logrado cubrir alrededor de 30.000 hectáreas de las islas y se piensa que puede llegar a cubrir hasta 90.000 hectáreas de las islas (Fundación Charles Darwin, 2019).

Por otro lado, la mora es considerada una planta flexible, esto es debido a que es capaz de adaptarse al medio ambiente sin ningún problema, este puede incluir hábitats con amplios rangos altitudinales que pueden ir desde los 150 – 3000 metros sobre el nivel del mar. Asimismo puede crecer en diferentes climas que pueden ir de cálidos a templados o a distintos rangos de temperatura dependiendo de la zona y el clima del lugar en el que se halle la mora y en diferentes tipos de suelos incluyendo aquellos que son rocosos, franco-arenosos, arcillosos, etc (Dianella, Gardner, & Morden, 1997).

Esta amplia gama de suelo ha dado la apertura de que puede haber factores físicos y químicos que puedan estar aportando a la adaptación de la planta. Entre los factores que se han considerado en el estudio son variables como el pH, conductividad eléctrica (CE), color de suelo y nitrógeno total. En donde el pH nos va a permitir entender la disponibilidad de nutrientes que existen en los suelos; por lo general el pH óptimo de los suelos para un buen desarrollo vegetal va de 5-6.8 (Rhoades & Corwin, 1981). Por otra parte, la conductividad nos indica la concentración de sales presentes, en donde a mayores conductividades eléctricas tenemos mayor concentración de sales y a menor conductividad se tendrá menor concentración de sales; el nivel óptimo para esta variable es tener valores iguales o menores a 1000 μs o menor a 1 dS dependiendo de las unidades con las que se trabaje para conductividad (McDowell, 2002).

Lo ideal para el desarrollo de la mora es tener un suelo con una que sea menor a 1.2 dS (Intagri, 2001). Ya que se sabe que una CE a este rango puede llegar a facilitar el

desarrollo, a tener un mejor crecimiento y productividad de la planta. Evitando incluso los problemas por fitotoxicidad en el cultivo que se dan cuando se tienen elevados rangos de conductividades (Rhoades & Corwin, 1981) (Corwin & Lesch, 2005).

El color de los suelos una característica obvia del suelo. Puede proporcionar una información valiosa sobre el medio ambiente del suelo. Por lo tanto, puede ser muy importante en la evaluación y clasificación. Cuatro factores principales influyen en el color de un suelo: Materia mineral derivada de los componentes del material original, materia orgánica, la naturaleza y abundancia del hierro y contenido de humedad (Shengli, Xiaomin, & Jijun, 2001)

La mora silvestre o *Rubus niveus* es una de las especies que se introdujo alrededor de la década de los sesentas en las Islas Galápagos. No obstante, se conoce que la presencia de esta especie en otras islas de tipo tropical y subtropical, como son las islas: La Reunión, Madagascar, Mauritius, y Hawaii (McDowell, 2002). La presencia de esta mora en las Islas Galápagos ha provocado grandes problemas ecológicos y hoy en día es conocida como una de las plantas introducidas más agresoras, que ha generado problemas en las zonas agrícolas, disminuyendo la producción en el área agropecuaria y en las áreas protegidas del Parque Nacional Galápagos, desplazando a las especies endémicas. Además, ha sido capaz de invadir zonas nativas y áreas de gran valía en el tema de la conservación (Landázuri, 2010).

Es debido a estas razones que se ha tomado la iniciativa de empezar a estudiar más acerca de la adaptación de la planta. Es decir que propiedades físico-químicas del suelo podrían estar favoreciendo a su supervivencia y compararlos con Ecuador continental para entender diferencias de adaptación al medio. Cabe destacar que el estudio dejará planteado el tema de análisis de microbioma como un punto a futuro de la investigación (Kumar, Prasad, & Kumar, 2019).

2. MÉTODOS

2.1. Colección de muestras en el Continente y las Islas Galápagos

En el continente se tomó muestras de mora silvestre en Pichincha, Bolívar, Santo Domingo y Chimborazo. En las Galápagos se tomaron muestras de mora silvestre en 4 islas de Galápagos: Floreana, Isabel, Santa Cruz y San Cristóbal. Sin embargo estos lugares fueron seleccionados al azar, ya que no se conocía la presencia de la especie en algún punto de la provincia y el muestreo por tanto no siguió ningún patrón sino que simplemente se la hizo al azar en puntos donde se encontró la muestra mientras se recorrían las zonas. Una vez en el punto de muestreo, se procedió a tomar una pala, la cual se la esterilizaba con alcohol previo a cualquier muestreo. Con la pala se excavó en la parte de la base de planta hasta sacarla toda y exponer sus raíces. Realizado esto se procedió a tomar muestras de suelo; una de las muestras fue destinada a extracción de DNA, por lo que este suelo debió ser tomado del que se hallaba cercano a la raíz principal de la planta. Este fue colectado en tubos falcón de 15ml estériles. Luego se tomó una segunda muestra de suelo para los análisis físicos y químicos y aquí se colocó 400 gr de suelo en una funda ziploc pequeña. Más adelante, se tomó muestras de raíz de la mora ya que se requería el suelo adherido a ellas para la extracción de DNA y por último se tomó muestras de hojas en fundas estériles y a las cuales se les agregó silica gel, para mantener su integridad. Una vez tomada las muestras en el campo se las guardaba en un cooler con hielo para mantener las muestras de DNA, hasta su llegada a un laboratorio donde pudieron ser colocadas en un refrigerador a -80°C . Las hojas y los suelos para análisis físicos químicos pudieron ser mantenidos al ambiente. Cabe mencionar que para este estudio únicamente se usó las muestras de suelos (Gupta, 2007).

Como segundo punto en el muestreo de campo se colectaron datos como ubicación específica de la muestra y esta fue realizada con ayuda de un GPS, el cual nos

arrojaba las coordenadas exactas del punto de colección. Por otro lado se tomó apuntes de las observaciones de la zona y datos como la altura para posteriormente ser ingresados a una tabla de Excel. Con las coordenadas se procedió a ser un mapa de distribución ayudada por un programa llamado Base Camp el cual al ingresar los puntos va ubicando el sitio exacto de colección en un mapa para el continente y las Islas Galápagos (Figura 1 y 2).



Figura 1. Mapa de los sitios donde se colectó la mora silvestre en las Islas Galápagos (Garmin, 2019).

La figura anterior muestra las coordenadas o los puntos exactos en donde fueron recolectadas las muestras de mora silvestre en cada una de las cuatro islas de Galápagos (Floreana, San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela)



Figura 2. Mapa de los sitios donde se colectó la mora silvestre en Ecuador Continental (Garmin, 2019).

La figura anterior muestra las coordenadas o los puntos exactos en donde fueron recolectadas las muestras de mora silvestre en cada una de las cuatro provincias del continente ecuatoriano (Chimborazo, Pichincha, Santo Domingo y Bolívar).

2.2. Medición de pH y Conductividad

Para el pH y Conductividad se procedió a tomar cada una de las muestras de suelo que fueron colectadas en campo. Se colocó en un vaso de precipitación, pesando 25 gr de suelo y se le añadió una cantidad de 50 ml de agua, ya que se debe mantener una relación 2:1 para la medición. Posterior a esto se agitó con la ayuda de una cuchara y se dejó en reposo 15 minutos, este proceso se repitió 3 veces hasta que al final se pueda hacer las mediciones con el sobrenadante que queda del proceso de reposo. Luego se tomó un pH-metro donde se consultó las instrucciones y se calibró su medidor de pH antes de su uso. Una vez realizado esto se procedió a medir el pH por duplicado y se anotaron los datos.

De la misma manera para la conductividad se procedió a calibrar el conductímetro y hecho esto se procedió a medir y anotar los datos (Smith & Doran, 2000).

2.3. Medición de color de suelo.

Para medir el color de suelo se utilizó el método de Munsell, el cual es un libro con fichas de colores que nos permitió hacer una comparación del color de la tabla del libro en comparación con la de muestra (MunsellColor, 2019). Para ello el primer paso fue comprender los atributos de color como tono, valor y croma. En el sistema Munsell se les dan códigos de letras, es decir, Rojo (R), Amarillo-Rojo (YR), Verde (G), Verde-Amarillo (GY). El valor se determinó viendo cuán claro u oscuro es un color. En el sistema Munsell, el valor se indica con un número, es decir, 2, 4, 6, etc. La escala de valores se ejecuta verticalmente y se mueve de la más clara (en la parte superior) a la más oscura (en la parte inferior) en orden descendente, por lo que un 2 será más oscuro que un 6. Croma es qué tan débil o fuerte es un color. En el sistema Munsell, el croma se indica con un número, típicamente en el rango de 2-14 (más de 30 para colores en la familia fluorescente). La escala de croma se ejecuta horizontalmente y se mueve de débil (de la izquierda) a fuerte (a la derecha), en orden ascendente, por lo que un 2 será más débil que un 6. Para el segundo paso se realizó la lectura de anotaciones de color donde una vez que se supo cuáles son las 3 dimensiones del color, se pudo determinar el color en las muestras. Cada color se designa con lo que se conoce como notación de color; por ejemplo, 5R 7/2. Como se explicó anteriormente, cada uno de estos indicadores se refiere a los 3 atributos del color (MunsellColor, 2019).

2.4. Medición de Nitrógeno total

Para la medición de nitrógeno total se procedió a triturar las muestras de forma manual ayudados de un mortero, para luego tamizarla por un tamiz de 0.5 mm y tener una

muestra fina (PanReac, 2018). Posterior a ello se pesó 0.25 gr de suelo en una balanza analítica y desde este punto se usó el método de Kjeldahl. Este método consta de tres etapas: Digestión, que convirtió el nitrógeno orgánico de la muestra en amonio o NH_4 ; la destilación; donde el NH_4 de la muestra es destilado y se lo recolectado en un tarro receptor y la valoración; que determinó el consumo de ácido por cada una de las muestras y con este valor se determinó el porcentaje de nitrógeno total consumido (PanReac, 2018).

2.5. Extracción de DNA.

Para la extracción de DNA de suelos se procedió a usar el Power Soil Kit DNA, el cual conlleva un protocolo con una serie de pasos en las que se peso 0,25 gr de suelo, se hicieron una serie de lavados, y centrifugaciones para finalmente llegar a la fase en donde se eluye el DNA que se capturo en una de las membranas que provee el kit, en un tubo eppendorff de 2 ml. Este DNA es el que se almaceno a -20°C para los futuros análisis de microbioma (MOBIO, 2010).

3. RESULTADOS

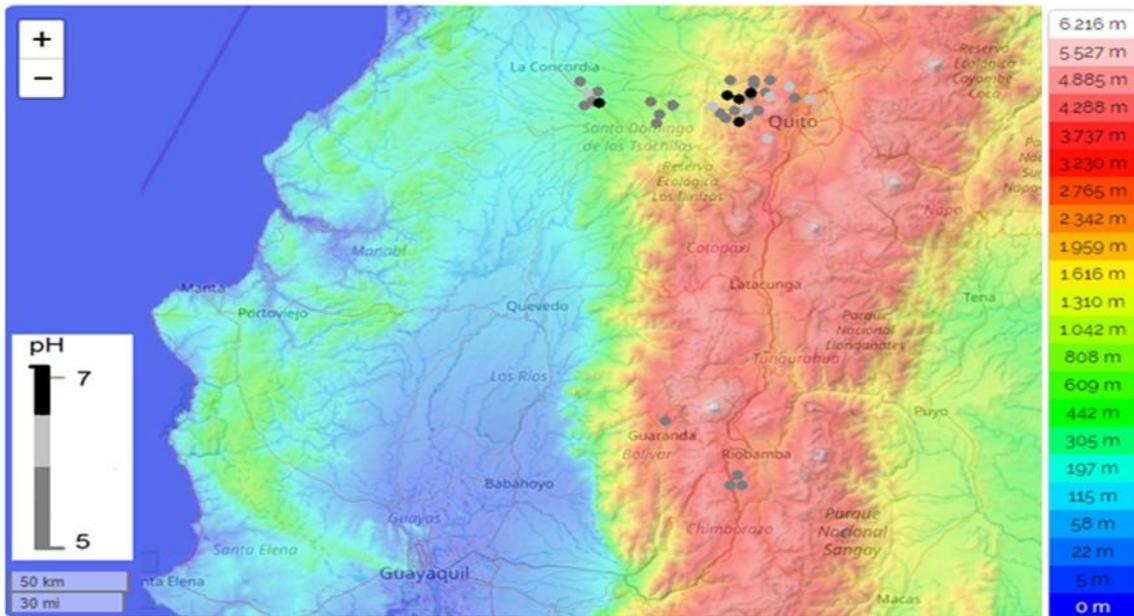


Figura 3: Resultado de la relación de pH, altitud y zona de colección de muestra, en Ecuador continental (TopoMaps, 2019)

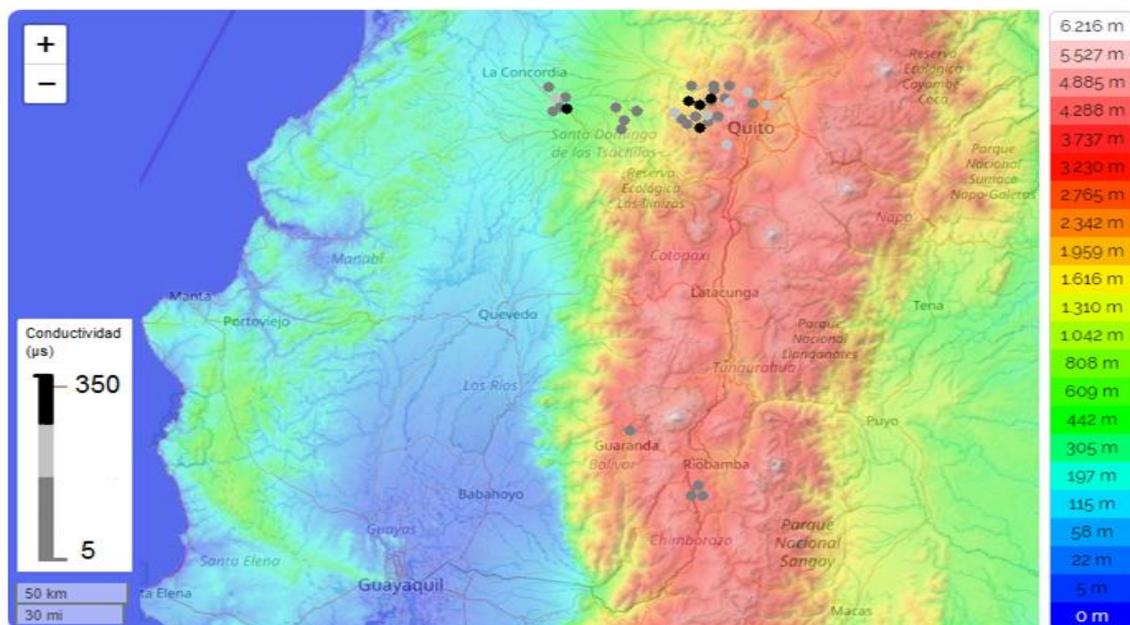


Figura 4: Resultado de la relación de conductividad, altitud y zona de colección de muestra en Ecuador Continental (TopoMaps, 2019)

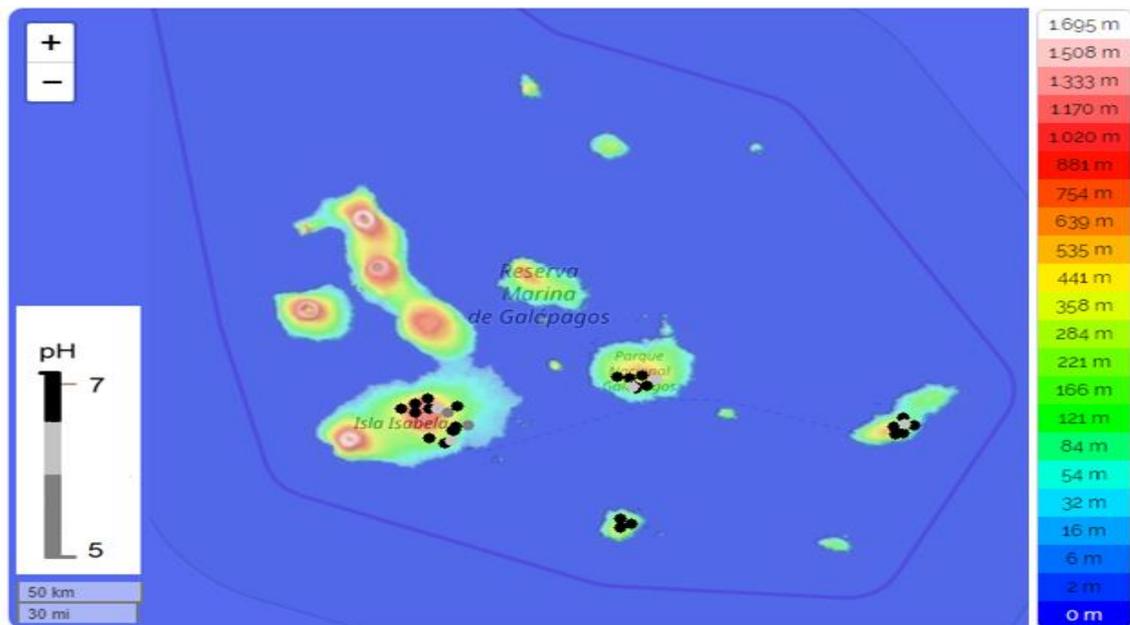


Figura 5: Resultado de la relación de pH, altitud y zona de colección de muestra en las Islas Galápagos (TopoMaps, 2019).

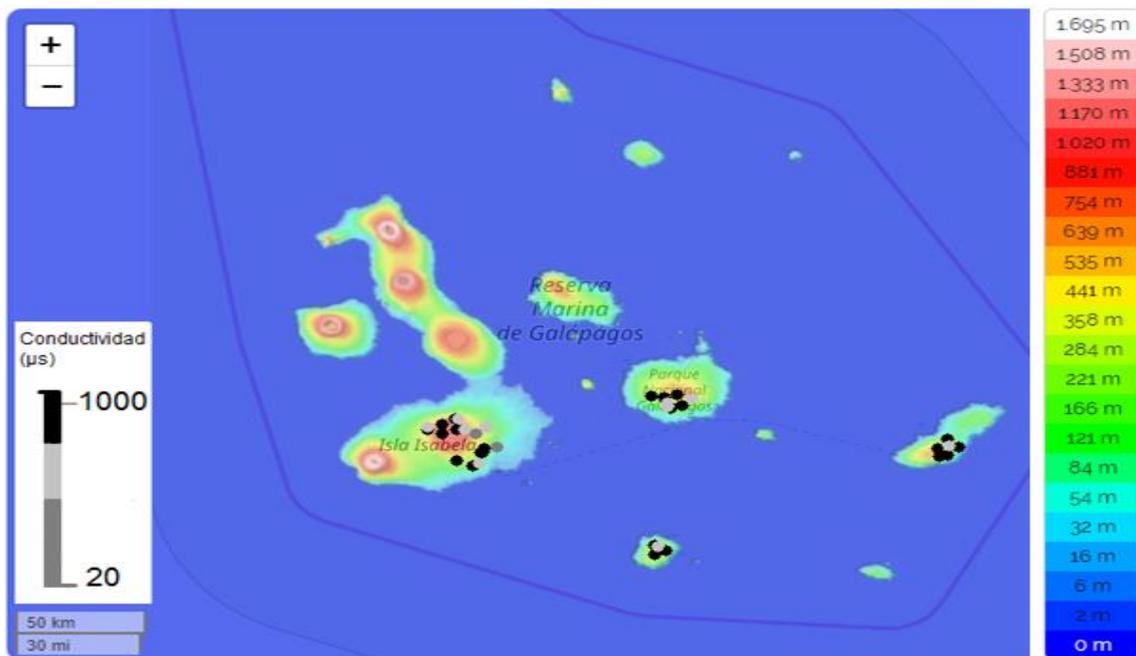


Figura 6: Resultado de la relación de conductividad, altitud y zona de colección de muestra en las Islas Galápagos (TopoMaps, 2019).

Tabla N°1: Resultados de la determinación del color de suelo en Galápagos.

Islas	Color de suelo	
<u>Floreana</u>	92% Código: <u>7.5YR, 4/1</u> Dark gray 	8% Código: <u>7.5YR, 3/1</u> Very dark gray 
<u>Isabela</u>	67% Código: <u>7.5YR, 3/3</u> Dark brown 	23% Código: <u>7.5YR, 3/4</u> Dark brown 
		10% Código: <u>7.5YR, 4/3</u> Brown 
<u>San Cristóbal</u>	90% Código: <u>7.5YR, 3/3</u> Dark brown 	10% Código: <u>7.5YR, 4/2</u> Brown 
<u>Santa Cruz</u>	76% Código: <u>7.5YR, 4/2</u> Brown 	24% Código: <u>10YR, 4/2</u> Dark grayish brown 

La tabla anterior muestra los diferentes colores de los suelos que se colectaron en las islas Galápagos, de la misma forma se muestra el código de la tabla de Munsell que define el color para los suelos y se indican los porcentajes de los suelos con la coloración a la que representan. Donde los altos porcentajes indican la dominancia de un color sobre otro.

Tabla N°2: Resultados de la determinación del color de suelo en el continente.

Provincias	Color de suelo	
<u>Pichincha</u>	55% Código: <u>10YR, 5/2</u> Grayish brown 	38% Código: <u>10YR, 4/3</u> Brown 
		7% Código: <u>10YR, 6/3</u> Pale brown 
<u>Chimborazo</u>	100% Código: <u>2.5Y, 3/2</u> Very dark grayish brown 	
<u>Bolívar</u>	100% Código: <u>2.5YR, 3/1</u> Very dark gray 	
<u>Santo Domingo</u>	100% Código: <u>7.5YR, 3/2</u> Dark brown 	

La tabla anterior muestra los diferentes colores de los suelos que se colectaron en el Ecuador Continental, de la misma forma se muestra el código de la tabla de Munsell que

define el color para los suelos y se indican los porcentajes de los suelos con la coloración a la que representan. Donde los altos porcentajes indican la dominancia de un color sobre otro.

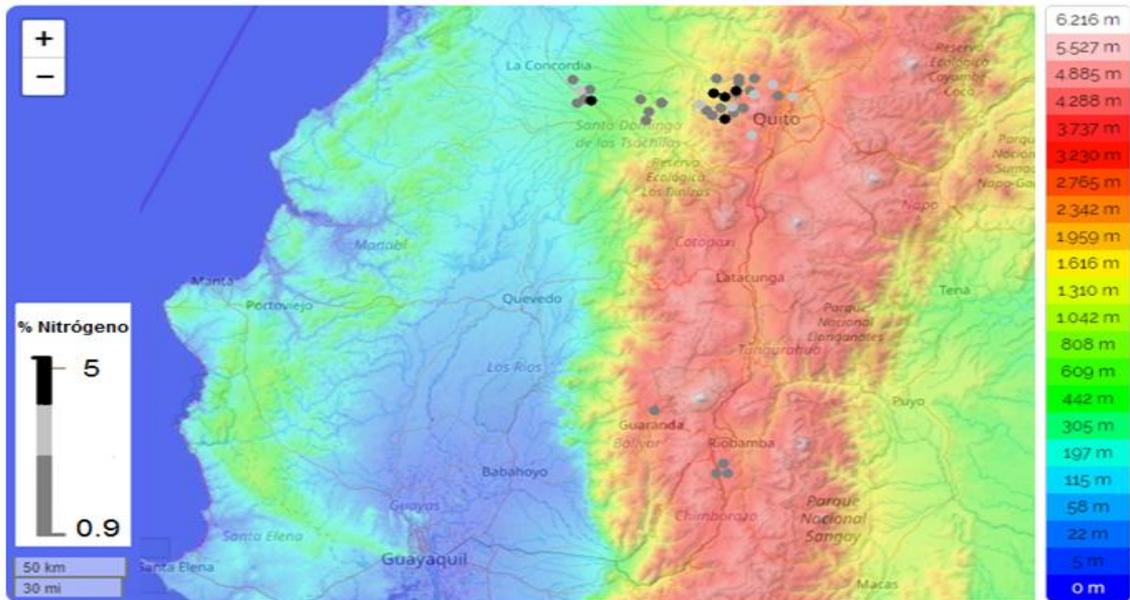


Figura 7: Resultado de la relación de Nitrógeno, altitud y zona de colección de muestra, en Ecuador continental (TopoMaps,2019)

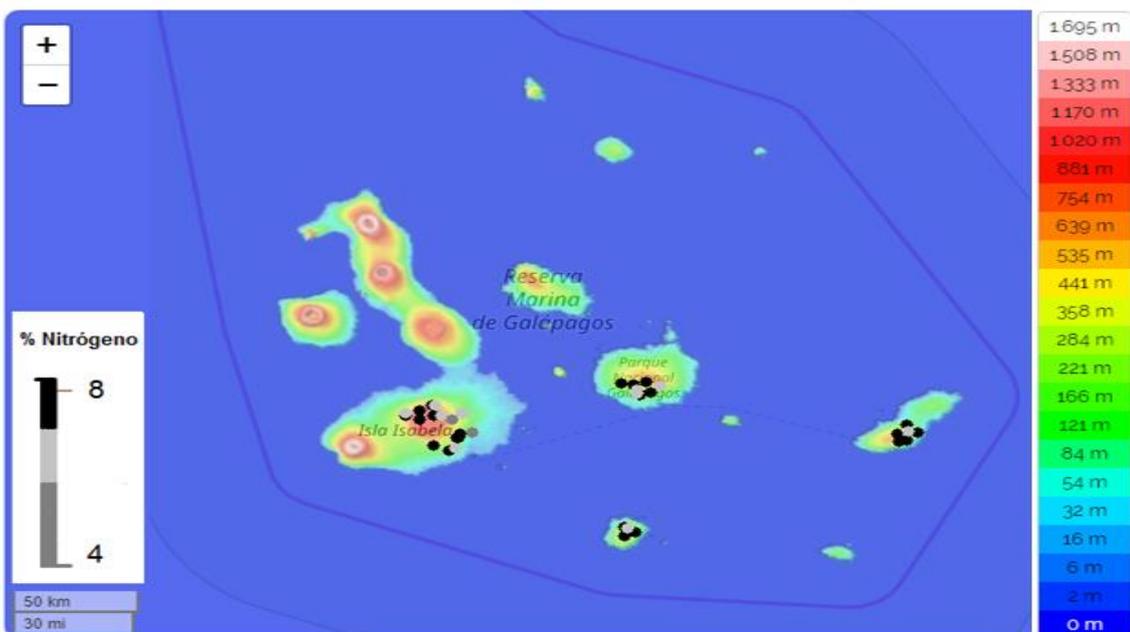


Figura 8: Resultado de la relación de Nitrógeno, altitud y zona de colección de muestra, en Galápagos (TopoMaps,2019)

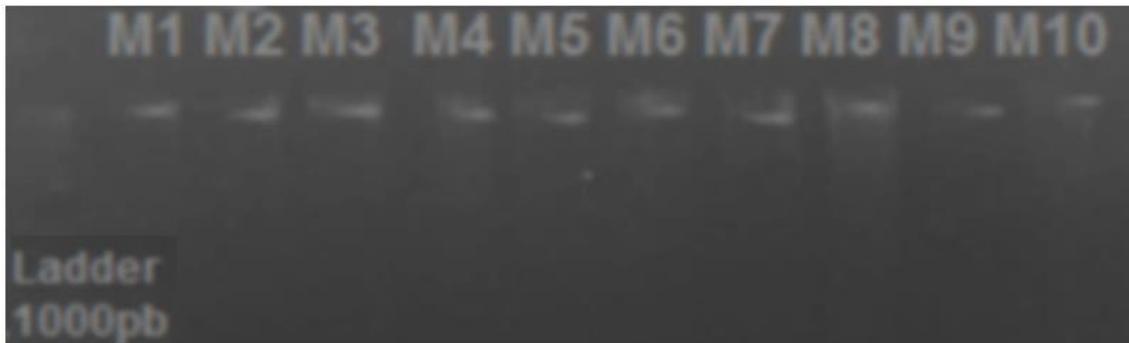


Figura 9: Verificación por electroforesis en gel de agarosa, de la extracción de DNA del suelo de *Rubus niveus*.

4. DISCUSIÓN

En la actualidad se sabe que setenta y nueve especies de *Rubus* son un problema en al menos un país del mundo. Por lo que esta especie no solo es de interés a nivel nacional sino a nivel mundial. Existe evidencia anecdótica y cuantitativa de que estas especies tienen impactos negativos a largo plazo en los ecosistemas naturales, evitando la regeneración de especies nativas, debido a las altas capacidades competitivas de los recursos (como agua, nutrientes, espacio y luz), elevadas tasas de crecimiento, madurez rápida y múltiples modos de reproducción. Por ejemplo, el dosel denso producido por *R. fruticosus* excluye la luz de la superficie del suelo, dominando efectivamente otras especies en el estrato terrestre. En las primeras etapas de la invasión, *Rubus* spp. crecerá u ocupará huecos dentro de la vegetación nativa y en etapas posteriores pueden restringir severamente la regeneración en los bosques nativos (Renteria & Gardener, 2012).

Hablando, por otro lado, de *Rubus niveus*, se puede decir que esta especie es considerada la peor especie de planta exótica en el archipiélago de Galápagos. A pesar de esto, hasta la fecha, no se ha realizado ningún estudio cuantitativo sobre su impacto allí. *R. niveus* debe considerarse una especie transformadora: una que cambia el carácter, la condición, la forma o la naturaleza de los ecosistemas en un área sustancial (Quinton, Fay, & Ingrouille, 2010).

Durante las últimas dos décadas, la Dirección del Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin han llevado a cabo programas de control y erradicación para restaurar áreas naturales que han sido degradadas por especies de plantas invasoras y entre ellas la mora silvestre. El control ha demostrado ser costoso y perenne y, en el mejor de los casos, ha frenado un poco la propagación de los invasores. El problema que presenta las islas Galápagos en la actualidad es un problema que concierne a todos los investigadores y es por ello que se ha planteado este tema de entender un poco más acerca

de la adaptación de la especie como una planta introducida en las islas (Renteria & Gardener, 2012).

Durante el muestreo se pudo observar que *Rubus niveus*, es una especie invasiva en las Islas Galápagos en comparación con el continente, y que una de las islas que mayor presencia de mora tiene es San Cristóbal. Esto se debe a las características que se mencionaron de comienzo acerca de la planta, en donde se indica la facilidad de propagación y crecimiento de la misma (Landazuri, 2010).

De acuerdo con los resultados arrojados por el estudio se pudo establecer diferencias en los valores para cada una de las variables que se consideraron para el estudio. Para el caso del pH en el continente, se obtuvo un rango que va de 5-6.2, para los valores obtenidos en las islas se pudo ver un rango que va de 5-7. Con estos datos se puede explicar que la disponibilidad de nutrientes para las islas es mayor en relación al continente y que esa variable puede estar favoreciendo a la supervivencia de la planta en la zona (Corwin & Lesch, 2005). De la misma forma la literatura corrobora estos datos, donde en un estudio geológico en las islas mencionan que el pH de los suelos de plantas introducidas presentaron valores de pH altos (Percy, Schmitt, & Riveros, 2016).

Los resultados de conductividad dieron de 5-350 μs en el continente y de 20 a 1000 μS en las islas. Aquí podemos ver la diferencia. De concentración de sales que existe en ambas zonas del país. Es notorio que las islas presentan mayores concentraciones de sales en relación a Ecuador continental. La literatura nos indica que los niveles de CE si se mantienen hasta 1000 μS son buenos para la planta porque esta le va a permitir desarrollarse y crecer de una manera óptima. Entonces se puede decir que en las islas este factor también está interviniendo en su sobrevivencia y adaptación, por lo que se le hace más fácil crecer (Corwin & Lesch, 2005). De la misma forma la literatura corrobora estos datos, donde en un estudio geológico en las islas mencionan que la conductividad de los

suelos de plantas introducidas presentaron valores altos de CE (Percy, Schmitt, & Riveros, 2016)

Los parámetros de conductividad eléctrica (CE) y pH fueron clave en el proceso porque proporcionaron información sobre el estado de los nutrientes, concentración de sales y la acidez del suelo. Estos parámetros también pueden ser indicadores de los efectos sobre la actividad biológica donde ciertos procesos mediados por microbios se ven afectados por cambios en el pH o la CE. Por estas razones es que complementar un estudio de microbioma puede ayudar a interpretar de mejor manera los resultados en cuanto a propiedades físicas y químicas (Smith & Doran, 2000).

Por otro lado, en la medición de color se suelos pudimos ver que existió una gran variedad de tonalidades para el color de suelo. De las muestras de Galápagos se determinó que en Floreana el color de los suelos en su mayoría tenía un tono dark gray. En Isabela el 67% de los suelos colectado tenían una coloración dark brown. Para san Cristóbal la mayoría fueron dark brown y en Santa Cruz el 76% fue Brown. En el continente, en la provincia de Pichincha el 55% de los suelos fue grayish Brown, en Chimborazo el 100% fue very dark grayish brown. En Bolívar el 100% very dark gray y en Santo Domingo el 100% dark brown. Cabe mencionar que la medición de color se basa en la tabla de Munsell y que esta técnica puede llegar a ser un tanto subjetiva ya que depende de la vista del investigador la coloración que se le asigna de acuerdo al código de la tabla en relación con la muestra real (MunsellColor, 2019).

En los análisis de Nitrógeno total se mostraron que los suelos del continente van de 0,9-4,32% de N total, mientras que Galápagos presenta valores mas altos que van de 4,10-7,34% de N total. Aquí se puede establecer que los suelos son mas fértiles en las islas en comparación con el continente, es decir los suelos de las islas son mas ricos en

minerales que han permitido el desarrollo viable de la planta (PanReac, 2018). Esto puede corroborarse porque en un estudio realizado por Cardona, menciona que los niveles para un mejor rendimiento y crecimiento de mora es tener niveles de nitrógeno en un 15%, de esta manera además menciona que habría una buena eficiencia fisiológica y agronómica (Cardona, 2017)

Finalmente, el resultado de la verificación de extracción de DNA mediante electroforesis en gel de agarosa, permitió corroborar la presencia de DNA en las muestras a las que se les aplicó el Power Soil DNA kit y con las muestras que se eluyeron en los tubos eppendorf de 2ml se espera los futuros estudios de microbioma, que permitirán entender de mejor manera la adaptación de la mora silvestre (McDowell, 2002). Ya que se sabe que el microbioma o el estudio de la totalidad de sus microorganismos es parte fundamental de la adaptación de la planta a un medio y que esta favorece a la planta a protegerse de patógenos e incluso le ayuda a resistir a condiciones extremas del ambiente. Por consiguiente, con estos datos se espera relacionar la parte del microbioma con las propiedades físico-químicas y darle un mejor panorama al tema de adaptación de la mora silvestre como una planta invasiva en las islas Galápagos (Dianella, Gardner, & Morden, 1997).

5. CONCLUSIONES

La mora silvestre es una especie introducida que no solo ha logrado invadir miles de hectáreas en las islas Galápagos, sino que también ha causado graves problemas ecológicos a nivel mundial. Esta especie ha logrado desplazar la flora endémica de las islas, ya que ha logrado crecer de manera exitosa en áreas de protección del parque nacional Galápagos. Hoy en día es necesario realizar investigación en cuanto a especies invasivas y entender un poco más acerca de este problema ambiental, mediante el análisis de propiedades físico-químicas y también tener en consideración que ahora cada estudio se lo correlaciona con estudios moleculares que corroboren de manera más específica los resultados, como es a través de técnicas de secuenciamiento y con ello dar un mejor panorama al entendimiento de especies invasivas como *Rubus niveus*.

Por consiguiente, este estudio logró establecer varios puntos de muestreo a lo largo del Ecuador Continental y las Islas Galápagos. De las muestras obtenidas del continente se determinó que el pH va de 5-6.2 y la conductividad menor a 1000 μ S. El color de suelo que predominó fue el marrón oscuro. De las muestras de Galápagos se determinó que el pH va de 5-7 y la conductividad menor a 1000 μ s. El color de suelo que predominó fue el marrón oscuro. Los análisis de Nitrógeno mostraron que los suelos del continente van de 0,9-4,32% de N, mientras que Galápagos presentaron valores más altos que van de 4,10-7,34% de N total. Finalmente, el estudio de microbioma a futuro permitirá entender de mejor manera la adaptación de la mora silvestre.

6. REFERENCIAS

- Cardona, W. (2017). *Requerimientos nutricionales de nitrógeno fósforo potasio y calcio en Rubus glaucus*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/56649/1/1053794741.2017.pdf>
- Corwin, D., & Lesch, S. (2005). *Mediciones aparentes de conductividad eléctrica del suelo en agricultura*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169904001243>
- Dianella, G., Gardner, D., & Morden, C. (1997). *Filogenia de Rubus Subgenus Idaeobatus (Rosaceae) y sus implicaciones hacia la colonización de las islas hawaianas*. Obtenido de https://www.jstor.org/stable/2419819?casa_token=pnC9zJp-Jt4AAAAA:C8zzwvfZ7pEL10PAb2ytLA0EPGe5ITMtX311WMaWmtJqNMOS0IC1Vy6lSfaWGemrkhG2SiMKYLQFz7V4MZdVx6yTdWi5fjKdWbovZGkGBNRXzWidEOZdw&seq=1#metadata_info_tab_contents
- Fundación Charles Darwin. (2019). *Rubus niveus Thunb.* Obtenido de <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=706>
- Garmin. (2019). *Software BaseCamp™*. Obtenido de <https://www.garmin.com/es-ES/software/basecamp/>
- Gupta, P. (2007). *metodos medio ambientales de analisis de suelos*. Obtenido de https://content.kopykitab.com/ebooks/2016/05/7066/sample/sample_7066.pdf
- Intagri. (2001). *El Cultivo de la Frambuesa*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/el-cultivo-de-la-frambuesa>
- Landazuri, O. (2010). *La "mora" Rubus niveus, algunos datos importantes sobre la especie en el contexto de la problemática de control y erradicación de la especie*. Obtenido de <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/483>

- McDowell, S. (2002). *Photosynthetic characteristics of invasive and noninvasive species of Rubus (Rosaceae)†*. Obtenido de <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3732/ajb.89.9.1431>
- MOBIO. (2010). *PowerSoil DNA Isolation Kit*. Obtenido de https://www.bio.vu.nl/~microb/Protocols/Manuals/PowerSoil_DNA.pdf
- MunsellColor. (2019). *Munsell Soil Color Charts*. Obtenido de <https://munsell.com/color-products/color-communications-products/environmental-color-communication/munsell-soil-color-charts/>
- PanReac. (2018). *Determinación de Nitrógeno*. Obtenido de https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf
- Percy, M., Schmitt, S., & Riveros, D. (2016). *The Galápagos archipelago: a natural laboratory to examine sharp hydroclimatic, geologic and anthropogenic gradients*. Obtenido de <http://galapagosscience.org/wp-content/uploads/2016/05/069-Percy-et-al.-2016.pdf>
- Quinton, J., Fay, M., & Ingrouille, M. (2010). *Characterisation of Rubus niveus: a prerequisite to its biological control in oceanic islands*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583157.2011.570429?tab=permissions&scroll=top>
- Renteria, J., & Gardener, M. (2012). *Posibles impactos de la planta invasora Rubus niveus en la vegetación nativa del bosque Scalesia en las Islas Galápagos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/232766718_Possible_Impacts_of_the_Invasive_Plant_Rubus_niveus_on_the_Native_Vegetation_of_the_Scalesia_Forest_in_the_Galapagos_Islands
- Rhoades, J., & Corwin, D. (1981). *Determinación de suelo eléctricos Relaciones Conductividad-profundidad utilizando un suelo inductivos electromagnéticos medidor de conductividad*

1. Obtenido de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/45/2/SS0450020255>

Shengli, Y., Xiaomin, F., & Jijun, L. (2001). *Funciones de transformación del color del suelo y el clima*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02911990>

Smith, J., & Doran, J. (2000). *MEDICIÓN Y USO DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA PARA ANÁLISIS DE CALIDAD DEL SUELO*. Obtenido de <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=66608>

TopoMaps. (2019). *Mapa de altura Ecuador*. Obtenido de <https://es-ec.topographic-map.com/maps/6olh/Archip%C3%A9lago-de-Gal%C3%A1pagos/>