



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROFORESTAL

“Cuantificación del ahorro de agua que se puede lograr en la gestión de espacios verdes urbanos a través de la selección de especies y la modificación del suelo en un estudio comparativo”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero Agroforestal

Presentado por:
Mauricio Arhuire Ossio (0000-0002-7437-7439)

Asesor:
Brenton Ladd (0000-0002-9388-6298)

Lima – Perú
2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 21 de agosto de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. SUSAN MERY MEDINA CANZIO
Miembro: Mg. JULIO VÍCTOR OCAÑA VIDAL
Miembro: Mg. LUIS PAUL QUIRÓS ROSSI

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“Cuantificación del ahorro de agua que se puede lograr en la gestión de espacios verdes urbanos a través de la selección de especies y la modificación del suelo en un estudio comparativo”

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Mauricio Arhuire Ossio**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal

Asesorada por: BRENTON MARK LADD

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de el/la estudiante de la carrera de Ingeniería Agroforestal en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesista: Mauricio Arhuire Ossio	Nota (en letras): 18 (dieciocho)
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)
Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. SUSAN MERY MEDINA CANZIO
Presidente



Dr. BRENTON MARK LADD
Asesor



Mg. JULIO VÍCTOR OCAÑA VIDAL



Mg. LUIS PAUL QUIRÓS ROSSI

T// (511) 610.6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

DEDICATORIA

A todas las personas que la vida me coloco
para llegar hasta este momento, en especial
mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A la ONG CONICA por colaborar con el desarrollo de esta investigación ya que ellos proporcionaron el material vegetal nativo *Vallesia glabra* y su apoyo por la conservación de especies nativas del desierto costero peruano.

A la Municipalidad de Lurín por proporcionar el material vegetal exótico *Myoporum Laetum* en especial al personal de áreas verdes parques y jardines.

A los técnicos de laboratorio de la Escuela de Ingeniería Ambiental por su acostumbrado apoyo en la preparación de materiales y equipos para la fase experimental de la investigación.

ÍNDICE	
RESUMEN	9
I INTRODUCCIÓN	11
II JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
III.MARCO TEORICO	14
3.1 Biochar	14
3.2 El suelo	15
3.3 pH del suelo	15
3.4 Estructura	16
3.5 Textura	16
3.6 Myoporum laetum	16
3.7 Vallesia glabra	16
IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos específicos	17
4.3 Hipótesis	17
V. METODOLOGÍA	17
5.1 Materiales	17
5.2 Sitio experimental	18
5.3 Diseño de investigación	19
5.4 Medidas eco fisiológicas	21
5.5 Análisis estadístico	22
VI. RESULTADOS	23
VII. DISCUSIÓN	26
VIII. CONCLUSIÓN	28
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
X. ANEXOS	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Preparación de macetas y sustrato en el cual fueron sembradas las plantas de ambas especies en el invernadero de la Universidad Científica del Sur	19
Figura 2 Distribución de las plantas dentro la casa malla en la Universidad Científica del Sur.....	20
Figura 3 Cámara de presión utilizada para la medición del potencial hídrico de las hojas en el invernadero de la Universidad Científica del Sur	21
Figura 4 Los efectos de las tazas de riego y la adición de biochar sobre los rasgos de desarrollo de las plantas y disponibilidad de agua en el suelo. Dónde: M=Myoporum, V=Vallesia ,1=500 ml de riego, 1/4 = 125 ml de riego, B= Biochar y C= Tratamiento control.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos utilizados en la investigación para evaluar los efectos del biochar y selección especies en la retención de agua y uso de agua(MB1) Tratamiento 1 Myoporo; (MC1) Tratamiento 2 Myoporo; (MB1/4) Tratamiento 3 Myoporo; (MC1/4) Tratamien4 Myoporo; (VB1) tratamiento 5 Valesia; (VC1) Tratamiento 6 Valesia; (VB1/4) Tratamiento 7 Valesia; (VB1/4) Tratamiento 8 Valesia. **20**

Tabla 2: resumen estadístico para la ecuación alométrica que establece la correlación de la biomasa con la altura del arbusto de Vallesia y el diámetro **22**

Tabla 3. Parámetro de temperatura y humedad tomada de la estación de SENAMHI Villa María del Triunfo, Lima, Perú (Agosto 5 – Octubre 31, 2018). **22**

Tabla 4.- Estadísticas resumidas para ANOVAS en datos de rasgos relativos, donde un se hace una distinción entre el crecimiento de la plantas desarrollo de biomasa y la relación con las variables. SS= suma de cuadrados, MC= media de los cuadrados, Pr= probabilidad, y los valores de n2 indican la importancia (en términos porcentuales) de cada variable independiente para explicar las variaciones en los datos **23**

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estado de las plantas de Myoporum l en un suelo enmendado con biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha.....	36
Anexo 2. Estado de las plantas de Myoporum l. en un suelo enmendado con biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha.....	36
Anexo 3. Estado de las plantas de Myoporum l en un suelo sin enmienda de biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha.....	37
Anexo 4. Estado de las plantas de Myoporum l en un suelo sin enmienda de biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha.....	37
Anexo 5. Estado de las plantas de Vallesia g en un suelo enmendado con biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha	38
Anexo 6. Estado de las plantas de Vallesia g en un suelo sin biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha.....	38
Anexo 7. Estado de las plantas de Vallesia g en un suelo enmendado con biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha.....	39
Anexo 8. Estado de las plantas de Vallesia g en un suelo sin enmienda de biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha	39
Anexo 9. Cosecha de plantas para determinar la producción de biomasa	40
Anexo 10. Paquete tecnológico Myoporum Laetum	40
Anexo 11. Paquete tecnológico Vallesia Glabra	41

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar si la selección sensata de especies o el manejo del suelo sería la mejor opción para reducir el consumo de agua y optimizar la cantidad necesaria para mantener el espacio verde urbano.

En total se implementaron 8 tratamientos, con 10 repeticiones por tratamiento, los cuales fueron llevados a cabo en macetas con 5000 gr de suelo arenoso y a 4 de estos suelos se le agrego una enmienda de biochar de 75gr.

De los 8 tratamientos, en 4 de estos se utilizó la especie exótica *Myoporum l.* y en los otros 4 restantes se utilizó un especie nativa, *Vallesia g.* a cada especie se le sometió a dos tazas de riego las cuales fueron de 500 ml. y de 125 ml. para cada tratamiento ya sea para los controles como para los suelos enmendados con el biochar.

A lo largo del estudio se llevaron a cabo mediciones respecto al diámetro, altura, número de hojas y presión de agua en los tejidos vasculares para cada especie, sumada a esto hubo mediciones del porcentaje de humedad en todos los suelos. Con los parámetros fisiológicos evaluados la especie *Vallesia g.* obtuvo mejor resultado ya que presento mayor tolerancia al estrés hídrico. Respecto al a los suelos modificados con biochar se observó un efecto positivo con relación al porcentaje de humedad en estos suelos.

Los tratamientos mostraron significativamente que selección de especies fue de lejos la fuente más importante para la variación de resultados. Agregar biochar al suelo aumentó la retención del agua del suelo, pero como se mencionó previamente la plantación de la especie nativa fue mucho más efectiva en la reducción del consumo de agua, debido a la adaptación fisiológica de las especies (baja presión de xilema).

Se concluye que la selección de especies es crítica para lograr la eficiencia del uso del agua en los espacios verdes urbanos de Lima. Las plantas nativas parecen usar menos agua al estar mejor adaptadas el estrés hídrico. Al plantar especies nativas podríamos mantener la misma área con menor consumo de agua, o podríamos expandir la extensión del espacio verde urbano, especialmente importante para las zonas periurbanas que a menudo carecen de espacio verdes y cuentan con servicios limitados.

Se necesita investigación futura para evaluar una gama más amplia de especies, análisis espaciales he incorporarlos para estimar con mejor exactitud los costos y así limitar los recursos a un uso razonable y así tener un análisis de los beneficios de una mejor selección de especies para los espacios verdes urbanos de Lima.

Palabras clave: *Myoporum l.*, *Vallesia g.*, Biochar, biomasa, capacidad de retención de agua, tolerancia a la sequía.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine if sensible species selection or soil management would be the best option to reduce water consumption and reduce the need to maintain urban green space.

In total 8 treatments were implemented, with 10 repetitions per treatment, which were carried out in pots with 5000 gr of sandy soil and 4 of these soils are agreed to a 75g biochar amendment.

Of the 8 treatments, 4 of these treated the exotic species *Myoporum l.* and in the remaining 4 others, a native species, *Vallesia g.* two species were once given two cups of irrigation, which were 500 ml. and 125 ml. for each treatment either for the controls or for the soils amended with the biochar

Throughout the study, a measurement line of diameter, height, number of leaves and water pressure in vascular tissues achieved in each species, added to this there were measurements of the percentage of humidity in all soils. With the physiological parameters evaluated the *Vallesia species g.* It obtained a better result since it presented greater tolerance to water stress. Regarding biochar-modified soils, there was a positive effect regarding the percentage of humidity in these soils.

Modified treatments that select fuel species away from the most important source for outcome variation. Adding biochar to the modified soil retains soil water, but as previously mentioned, planting native species was much more effective in reducing water consumption, due to the physiological adaptation of the species (low xylem pressure).

It concludes that the selection of species is critical to achieve the efficiency of water use in the urban green spaces of Lima. Native plants appear to use less water as they are better adapted to water stress. By planting native species, we could maintain the same area with less water consumption, or we could expand the extent of urban green space, especially important for peri-urban areas that often lack green space and have limited services.

Future research is needed to evaluate a broader range of species and spatial analysis incorporates them to better estimate costs and thus limit resources to reasonable use and have an analysis of the benefits of better species selection for green spaces Urban areas of Lima.

Key words: *Myoporum l.*, *Vallesia g.*, Biochar, biomass, water holding capacity, drought tolerance.

I INTRODUCCIÓN

Actualmente en muchas regiones del mundo, el calentamiento global ha conducido a un ciclo del agua más rápido, pero menos estable, lo que resulta en una mayor frecuencia sequías e inundaciones (IPCC Climate Change 2007). En este escenario se espera que la accesibilidad al recurso hídrico en la región andina decrecerá a consecuencia del cambio climático. (Vuille et al. 2008). Debido a la reducción observada en el volumen de glaciares en las últimas décadas, lo que afectará la disponibilidad de agua en la región costera (Lasage et al. 2015).

Lima la capital del Perú se ubica en la zona costera central de la nación, a las riberas del Océano Pacífico y está delimitado por una zona desértica y la cimentación formal de la metrópoli, que ha sucedido en su mayoría en antiguas zonas de cultivo, en planicies aluviales de los ríos: Chillón, Rímac y Lurín (municipalidad de Lima, 2017).

Lima es un conjunto metropolitano fuertemente segregado con grandes contrastes entre altos ingresos y sectores de la ciudad de bajos ingresos (Córdova, 2016). En Lima hay un alto incremento del desarrollo urbano informal y una sólida demanda insatisfecha de servicios básicos como agua potable, transporte y vivienda. La urbe tiene 3 m² de área verde por ciudadano (Loret de Mola, 2017) cuando lo sugerido es 9 m².

Un total de 29 729 352 m² de los espacios verdes administrados bajo dependencia municipal, el cual se encuentra muy debajo en comparación con lo sugerido por la Organización Mundial de la Salud con relación al promedio de área verde por habitante (Quispe, 2017). Para el riego de las áreas verdes de Lima, solo en enero del 2017, las municipalidades de Lima y Callao destinaron 1'010.396 metros cúbicos, es decir, unos mil millones de litros de agua apta para el consumo humano (SEDAPAL 2017).

Por otro lado, cabe mencionar el dominio de aportes superiores de agua en desacordes al requerimiento agronómico de las especies y la poca eficacia del riego de parte de las gestiones municipales

Sumando la presencia de especies con consumos altos de recurso hídrico (césped, sobre todo) poco usuales en los distritos de menos recursos económicos (Domene Gómez, 2003). En la capital se opta por sembrar más césped que árboles, sin considerar que el césped requiere más agua, otro factor es que los aportes hídricos son en la mayoría de los casos por gravedad, entonces cada m² de césped está siendo regado con 25 litros de agua cuando en efecto solo requiere 4 (SEDAPAL 2017).

Los espacios verdes urbanos proporcionan servicios eco sistémico significativo, contribuye a la biodiversidad y los valores sociales; y tener impacto ambiental y económico (Loret de Mola. Et al 2017)

Un punto significativo es que las áreas verdes fomentan la actividad física, el bienestar mental y la salud pública en general de los ciudadanos (Yeh C.T. et al

2020). Sin embargo otros estudios revelan que la distribución de estos espacios a menudo se encuentra en distritos donde predominantemente están relacionados a sectores económicos más elevados. Por lo tanto, el acceso al área verde se percibe actualmente como un conflicto de equidad ambiental. No obstante, los planteamientos para abordar este dilema sobre las áreas verdes urbanas pueden ser contradictoria ya que la generación de nuevas áreas verdes para abordar los dilemas de igualdad ambiental puede provocar que las urbanizaciones sean más saludables y estéticamente más llamativos, lo que además podría acrecentar los costos de residencia generados del sostenimiento de estos. Por lo tanto el desarrollo de una estrategia verdaderamente efectiva es generar espacio de mayor autosuficiencia y que protejan explícitamente la sostenibilidad social y ecológica (Wolch, J. et al 2014)

Por lo tanto, manipular la relación hacia una mayor eficiencia en el uso de recursos podría contribuir a la estabilización de los costes en las condiciones presentes y futuras de disminución del suministro de agua dulce (Tränkner, et al 2016). Un factor importante es el uso de especies adaptadas a las condiciones ambientales del entorno siendo una gran alternativa el uso de especies nativas.

Un mecanismo efectivo para mejorar las condiciones físicas de los suelos podría generar un uso más eficiente del recurso hídrico y en este aspecto es importante mencionar al biochar, ya que la capacidad de los suelos para mantener suficiente agua disponible para la planta es crítica. En este sentido teniendo en cuenta que gran parte de la bibliografía científica sugiere que las enmiendas de biochar disminuyen la densidad aparente del suelo y aumentan la retención de agua del suelo (Aller, D. et al 2017).

Recientemente, el biochar ha atraído mucha atención debido a su rol promisorio como nueva tecnología ante muchos desafíos ambientales (Qambrani et al., 2017). Adicionalmente, se ha generado un aumento atractivo por el biochar (Liu, 2015), la bibliografía científica sugiere haber mostrado su efecto benéfico sobre las propiedades del suelo y el desarrollo vegetativo (Albuquerque, 2013).

El biochar modifica las características físicas, como partición del tamaño de poro, aptitud de retención de agua del suelo y conductibilidad hidráulica de los suelos enmendados con biochar (Downie y otros, 2009; Lei y Zhang, 2013). Debido a sus propiedades específicas las cuales son que es altamente poroso y grande (Lehmann y Joseph, 2009).

Por lo cual la presente investigación tiene como principal propósito de estudio evaluar las posibles sinergias del biochar con una especie nativa (*Vallesia glabra*) y una especie exótica (*Myoporum laetum*) con relación al uso eficiente del agua de este modo el planteamiento y desarrollo de la tesis se fundamenta en la siguiente interrogante ¿Qué especie posee un uso más eficiente de agua en un suelo modificado con biochar? y esta pregunta resultará en múltiples respuestas y variados planteamientos en los cuales podría existir evidencia significativa para

afirmar que existe una correlación o puede resultar en que no existiera ningún tipo de correlación.

En este sentido la finalidad es demostrar si existe una influencia positiva con la aplicación de biochar, respecto al uso eficiente de agua en alguna de las dos especies y con base en esto determinar la mejor estrategia para estos espacios ya sea la selección de especies, modificar los suelos o ambas en conjunto.

II JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta la escasa proporción de áreas verdes en la ciudad de Lima y los problemas sociales, ambientales y de salud que este déficit acarrea al contrastarlo con estudios experimentales, cuasi experimentales y longitudinales muestran evidencia de una asociación positiva entre el espacio verde urbano y la atención, el estado de ánimo, la actividad física, y la asociación negativa con la mortalidad, los marcadores cardiovasculares a corto plazo (frecuencia cardíaca) y la violencia (Kondo, 2018) demostrando la relevancia de estos espacios en la ciudades.

Con la ejecución de la investigación se desea demostrar posibles alternativas ya sea de manera independiente o en conjunto para el uso más eficiente de agua y la reducción de costos en mantenimiento de espacios verdes debido a esto, es necesario el desarrollo de mejores alternativas para el aprovechamiento de nuestros recursos agua y suelo, teniendo en cuenta mejores criterios en la selección de especies o modificar los suelos arenosos con biochar ya gran parte de la bibliografía científica muestra que las enmiendas de biochar son capaces de aumentar la retención de agua del suelo (Aller, et al 2017). Al mejorar estas propiedades físico químicas del suelo reduce la necesidad de fertilizantes, generando una alternativa útil al manejo de residuos orgánicos (Jeffery et al 2015).

Actualmente los estudios incluyen análisis cuantitativos de los resultados alcanzados en diversos ensayos han demostrado los efectos favorables sobre el desarrollo y los rendimientos sin embargo poseen mucha variación (Jeffery et al. 2011).

Con el aprovechamiento de la biomasa vegetal, en donde la descomposición térmica de esta biomasa, en presencia parcial o en sutotalidad del oxígeno (pirólisis), produciendo un material rico en carbono llamado carbón pirolisado. Este elemento al ser generado para ser aportado al suelo, es llamado biocarbón (biochar) (Sohi et al., 2010).

Las pruebas obtenidas de los ensayos de invernadero y de campo indican que las adiciones de biochar al suelo pueden producir beneficios agrícolas (Ogawa y Okimori, 2010). Sin embargo no todos los casos el biochar ha mostrado una mejora en el rendimiento para todos los casos (Van Zwieten et al., 2010). Esto sugiere potentemente que la elaboración y la práctica de biochar como correctores del suelo deberán ser adaptados para cada emplazamiento.

Sumando a esto algunas selecciones inapropiadas de los tipos de vegetación conducen a una búsqueda frágil en sus ciclos de vida más cortos asociados con un mantenimiento deficiente e incorrecto donde puede ser redundante en el suministro de agua, así como el uso excesivo de los presupuestos más allá del ahorro de energía (Liu, et al 2012).

De este modo, el objetivo de este estudio es mejorar selección de plantas para el enverdecimiento mediante pruebas de conservación del agua, tolerancia a la sequía de plantas para el clima de Lima.

Por lo tanto, la comparación respecto al uso eficiente de agua en estas dos especies, una especie exótica (*Myoporum laetum*) la cual es ampliamente usada como cerco vivo en muchos espacios verdes de Lima, frente a una especie nativa que se encuentra en bosques secos y quebradas la cual es un perfecto candidato para ser usado como cerco vivo en muchos espacios verdes urbanos (*Vallesia glabra*) (Cónica 2016), las cuales podrían generar un efecto sinérgico con el biochar y de tal modo reducir aún más el ratio de consumo de agua en los espacios verdes urbanos, para lograr una mejor gestión de nuestros recursos de agua y suelo, obteniendo así beneficios ambientales, económicos y sociales.

III.MARCO TEORICO

3.1 Biochar

El biocarbón (biochar) es el resultado de la degradación térmica de elementos orgánicos (biomasa) bajo la ausencia o baja presencia de oxígeno (pirólisis), a no muy altas temperaturas (inferiores a los 700°C) el cual es usado en en la agricultura (Escalante, Pérez, Hidalgo, López, Campo, Valtierra & Etchevers, 2016).

El material se distingue del carbón vegetal u otros productos de carbono (C) en el sentido de que está destinado a ser utilizado como una aplicación al suelo. En algunos casos, las propiedades materiales del biochar pueden superponerse con las del carbón como portador de energía, pero muchos tipos de biochar no se queman fácilmente y los carbones generalmente no están hechos para abordar los problemas del suelo. Una característica definitoria importante del biochar, similar al carbón vegetal, es un cierto nivel de formas orgánicas de C, llamadas estructuras de anillos aromáticos fusionados. Estas estructuras se forman durante la pirolisis y son clave para las propiedades de biochar con respecto a la mineralización o la adsorción. (Lehmann, et al 2015))

El término biochar surge a partir de técnicas para imitar el Terra Preta de Indio, el cual es un resto de las antiguas civilizaciones precolombinas que poseían gran concentración de carbono orgánico producto de la quema (Lehmann, et al, 2003). Desde entonces, el biochar se ha relacionado frecuentemente con la enmienda del suelo llevada a cabo por los antiguos habitantes de América, antes de la llegada de la colonización, y el desarrollo de civilizaciones complejas en la Amazonia

(Petersen, et al 2001). La producción de biochar se genera a partir de la combustión bajo la poca a nula presencia de oxígeno (pirólisis) de todo tipo de fuente orgánica natural. De esta forma subproductos de los cultivos, biomasa provenientes de todo tipo de cultivo, restos de diversas actividades agropecuarias tienen potencial a ser pirolizados. (Paco, 2012) y puede ser producido por pirólisis rápida, lenta y gasificación (Maguire & Foster, 2010).

3.2 El suelo

El suelo es generado a partir de procesos naturales a través del tiempo siendo este una mezcla de minerales (arcillas, limos y arenas) y residuos orgánicos (residuos vegetales y animales en diversos estadios de degradación) influenciados por procesos climáticos, la interacción biológica y del tiempo. Este se genera de forma continua y sostenida en el tiempo conforme se va degradando el material parental. El suelo puede variar desde una delgada película a mas dependiendo de qué tan desarrollado esté. Así mismo, se divide en horizontes y se relaciona las funciones de proveer oxígeno, agua, minerales que sirven de nutrientes y anclaje de la gran mayoría plantas (Porta, López & Roquero, 2003). El suelo presta gran número de servicios eco-sistémicos enmarcados en tres grandes grupos: aprovisionamiento, regulación y cultural (Powlson, Gregory, Whalley, Quinton, Hopkins, Whitmore & Hirsch, 2011). La labor con la que mas se le relaciona es con el soporte y fuente de nutrientes de las plantas, funciona de igual forma como un medio que filtra el agua y abastece los acuíferos freáticos recargándolos con agua de calidad ocurriendo muchos procesos biogeoquímicos importantes en el ciclaje de compuestos orgánicos, es un medio importante para la captura de carbono esto hace que se reduzca la emisión de CO₂ a la atmósfera, uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático; sirve como hábitat para sin número de organismos (Clotter, Sotelo, Domínguez, Zorrilla, Cortina & Quiñones, 2007); además, es un una fuente de oxígeno para el intercambio de gases en las raíces. Cuando el suelo cumple estas labores y provee estos servicios muestra su calidad y sus buenas condiciones saludables (Geissert, GómezTagle, Martínez, Meza & Enríquez, 2013).

3.3 pH del suelo

Uno de los factores más resaltantes del suelo son su reacción, esta es conocida por los microorganismos y la interacción con las plantas que responden al medio químico de forma notable, estas condiciones hacen posible la acidez, neutralidad y alcalinidad (Buckman & Brady, 1966). Las variaciones pH en el suelo pueden ser ocasionados por diversos factores tales como el incremento de hidrógeno adsorbido o el incremento de bases; en concordancia con esto, los suelos se clasifican de acuerdo a sus rangos de pH que muestren, la acidez del suelo se relaciona con los valores que alcanzan de 3.5. Un suelo neutro muestra rangos de pH de 6.6 a 7.3; suelos con este rango de pH se consideran ideales para los cultivos, ya que estos valores tienen una alta disposición de nutrientes. Un suelo básico muestra rangos mayores a 7.4 y del mismo modo que alcalinos cuyo valor de pH es de 9.0, tienen

gran presencia de carbonatos y bicarbonatos (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA, 2010). Un suelo con pH de 6 a 7 muestra un buen estado biológico, ya que cuenta con una disposición de nutrientes mayor frente a suelos ácidos o básicos (Porta et al., 2003).

3.4 Estructura

La estructura en suelo se denomina a la posición de las partículas que son la arena, el limo y la arcilla, estas partículas al distribuirse en el suelo tiene diversas propiedades ya que pueden agregar o disgregar el perfil del (USDA, 1957 citado por Gavande, 1968). La estructura del suelo se encarga de la distribución y retención de agua y nutrientes incluso del intercambio gaseoso y la variación de esta conduce a puede provenir de diversas fuentes como la compactación, cimentación y otros (Gale, Cambardella & Bailey, 2000). La estructura del suelo debe ser estable para el crecimiento de las raíces ya que esto influencia en la absorción de nutrientes oxigenación de raíces comprometiendo el abastecimiento de los mencionados dentro de la solución suelo (Vaz, Bassoi & Hopmans, 2001).

3.5 Textura

La textura del suelo está influenciada en medida por el número de partículas de diferentes tamaños entre ellas la arena el limo y la arcilla. El tamaño de estas partículas van entre los 0.05-2 mm para la arena, esta es la partícula con poros de mayor tamaño entre sus partículas y provoca mayor movimiento de agua y aire, por otro lado el limo con partículas de 0.002-0.05 mm limita el movimiento del agua y oxígeno a través del perfil del suelo en comparación a la arena, por otro lado la arcilla con partículas menores a 0.002 retienen el agua y los gases con mayor fuerza frente a las demás partículas ya que posee poros más pequeños (Rucks, 2004 citado por Nates, 2014).

3.6 *Myoporum laetum*

Myoporum laetum, es oriundo de Nueva Zelanda. (Mound, L. 2007) de crecimiento arbustivo puede llegar hasta 8 m de alto nativo de Nueva Zelanda, tiene un porte no muy expansivo, globoso, corteza rugosa y agrietada color pardo grisácea. Es una especie vegetal muy tolerante a la sal. Sus hojas son alternas localizadas mayormente en la mitad superior de las ramas, con pecíolo corto, borde entero, elípticas con ápice agudo o acuminado, de entre 6 y 12 cm de longitud, con glándulas puntiformes (dispuestas en todo el limbo) (MAMPA 2011)

El follaje de *Myoporum* contiene compuestos químicos tóxicos que pueden causar daño hepático fatal en el ganado, por lo que el pastoreo no es una opción de control. Las plantas maduras se tratan comúnmente cortando a nivel del suelo y pintando el tocón con un herbicida (Cal-IPC. 2006)

3.7 *Vallesia glabra*

Es un arbusto que puede llegar a medir 2.5 a 3m de altura. Posee hojas alargadas, pequeñas y el anverso de color verde pálido. Las flores son verdosas o blancas, y los frutos blancos. Esta planta habita en clima cálido y semiárido entre los 5 y los 1500msnm. Asociada al matorral xerófilo (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana 2009)

Tiene una variedad de usos medicinales: bactericida, contra inflamaciones oculares, trastornos graves gastrointestinales, 'úlceras'. En agricultura, es utilizado como fungicida para tratar enfermedades de la papa a través de una infusión concentrado en polvo. Es también un pesticida natural que contiene interesantes tipos de alcaloides, (por ejemplo, vallesine) están asociados con pesticidas altamente tóxicos (Cónica 2016)

IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Objetivo general

-Evaluar la influencia de la enmienda del suelo frente a la selección de especies como estrategia al uso eficiente de agua.

4.2 Objetivos específicos

-Determinar cuál especie (*Vallesia glabra* y *Myoporum laetum*) posee un uso más eficiente del agua

-Determinar cuál especie (*Vallesia glabra* y *Myoporum laetum*) posee una capacidad de soportar mayor estrés hídrico

-Determinar la capacidad del biochar para favorecer el uso eficiente del agua en las dos especies

4.3 Hipótesis

4.3.1 Ho 1: El biochar propicia el uso eficiente del agua en las especies *Myoporum laetum* y *Vallesia glabra*

4.3.2 Ho 2: *Vallesia g.* usa agua de manera más eficiente en comparación al *Myoporum l.*

4.3.3 Ho 3: la combinación de la selección de especies y la modificación del suelo con biochar tiene como resultado positivo en el uso eficiente del agua

V. METODOLOGÍA

5.1 Materiales

-Libreta de campo

- Lápiz
- Navaja
- Macetas
- Arena
- Biochar
- Celular
- Laptop
- Balanza analítica SARTORIUS TE214S
- MP306 Moisture Sensor | ICT International
- Pump-Up Chamber
- 40 plantas de *Myoporum*
- 40 plantas de *Vallesia*
- Beaker

5.2 Sitio experimental

Las condiciones experimentales se llevaron a cabo en el invernadero en la Facultad de Ingeniería Agroforestal de la Universidad Científica del Sur coordenadas (-12.2231016,-76.9782564) WGS84. El sustrato utilizado para las macetas fue obtenido por del vivero municipal de Lurín el cual fue llevado al invernadero de la universidad, este sustrato se caracterizaba por ser arenoso con una densidad aparente de suelo - 1.5 g / cm³.

La temperatura promedio en el invernadero fue de 20C° +/- 2 sin embargo al comparar los meses individuales dentro los períodos experimentales, hubo diferencias considerables durante los primeros meses (agosto y setiembre) ya que era invierno con una temperatura máxima de 19 y una mínima de 15 frente a los últimos meses (octubre y noviembre) con una máxima de 23 y una mínima de 17



Figura 1: Preparación de macetas y sustrato en el cual fueron sembradas las plantas de ambas especies en el invernadero de la Universidad Científica del Sur

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Diseño de investigación

Los tratamientos se organizaron como factoriales en un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones por tratamiento (Tabla 1). Dos especies de plantas (*Myoporum laetum* y *Vallesia glabra*) de las cuales *Myoporum l.* originaria de nueva Zelanda, los plantones fueron donados por el vivero municipal de Lurín y la especie *Vallesia g.* la cual es originaria der América latina (Ica), los plantones fueron donados por la ONG cónica las cuales fueron trasladados al invernadero de la Universidad Científica del Sur donde fueron regadas a dos tazas de riego (capacidad de campo 500 ml y $\frac{1}{4}$ capacidad de campo 125 ml) que fue cruzados con dos ratios de biochar (75 g y 0 g) los tratamientos al azar fueron asignados dentro de macetas las cuales fueron llenadas con un suelo arenoso con densidad aparente 1.5 g/cm^3 .

Cada maceta (25 cm de altura) se llenó con 4 kg de suelo de arenoso tamizado, mezclado con la cantidad objetivo de biochar y otras macetas con un contenido de biochar 0% las cuales sirvieron de control, todos los tratamientos fueron instalados en el invernadero de la universidad Científica del Sur.



Figura 2: Distribución de las plantas dentro la casa malla en la Universidad Científica del Sur

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Tratamientos utilizados en la investigación para evaluar los efectos del biochar y selección especies en la retención de agua y uso de agua (MB1) Tratamiento 1 Myoporo; (MC1) Tratamiento 2 Myoporo; (MB1/4) Tratamiento 3 Myoporo; (MC1/4) Tratamiento 4 Myoporo; (VB1) tratamiento 5 Valesia; (VC1) Tratamiento 6 Valesia; (VB1/4) Tratamiento 7 Valesia; (VB1/4) Tratamiento 8 Valesia.

Especies: Perillito (<i>Vallesia glabra</i>), Myoporo (<i>myoporum laetum</i>)		
Especie	Nivel de agua aplicado	Taza de biochar aplicada
MB1	500 ml	175 g
MC1	500 ml	0 g
MB1/4	125 ml	175 g
MC1/4	125 ml	0 g
VB1	500 ml	175 g
VC1	500 ml	0 g
VB1/4	125ml	175 g
VC1/4	125 ml	0 g

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Medidas eco fisiológicas

Durante los meses de agosto a diciembre del 2018 periodo que duro la evaluación, el potencial hídrico de las hojas se midió cada dos semanas desde la instalación del experimento hasta su fin, utilizando una cámara de presión (Pump-Up Chamber PMS) utilizando las diez plantas de cada tratamiento. Específicamente, las mediciones del mediodía se tomaron entre las 12.30 y las 1.30 pm. El tiempo entre la escisión de la hoja y la presurización de la cámara fue generalmente inferior a 15 segundos. Para cada planta muestreada, se eligió la cuarta hoja totalmente expandida y expuesta a la luz (10 hojas para la medición al medio día, para cada tratamiento)

Para medir la humedad del suelo se utilizó un sensor de humedad modelo MP306 Moisture Sensor | ICT International, preciso de manejo fácil para detectar la humedad actual en porcentaje absoluto así como el grado de saturación del suelo.

Para determinar el peso fresco y el peso seco de la biomasa de ambas especies se usó una balanza analítica SARTORIUS TE214S. Para medir la altura de la planta se usó una cinta métrica (sensibilidad de 1 mm), en *Vallesia* y *Myoporum* se consideró desde el nivel del suelo hasta la hoja más alta.



Figura 3: Cámara de presión utilizada para la medición del potencial hídrico de las hojas en el invernadero de la Universidad Científica del Sur

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico XLSTAT 2014. La prueba de ANOVA donde partimos de los resultados alcanzados en los diversos tratamientos, se realizó tanto la prueba de normalidad, como la prueba de homocedasticidad, para poder determinar si los datos serán o no aptos para la ejecución de análisis de varianza. Posteriormente, se realizó el análisis de varianzas para evaluar el porcentaje de humedad y otras variables que posiblemente influyeron en el tratamiento, así también, la prueba de TUKEY, para evaluar la significancia de las diferencias entre niveles de cada factor y tratamientos.

Los mejores predictores de la biomasa fueron el diámetro a la altura; con ellos se generaron relaciones alométrica. Con base en estas relaciones la acumulación promedio de biomasa en los cultivos de *Vallesia* y *Myoporum*.

Tabla 2: resumen estadístico para la ecuación alométrica que establece la correlación de la biomasa con la altura del arbusto de *Vallesia* y el diámetro

Source	DF	F	Pr > F	N2
Number leafs	1	102,8439	< 0.0001	66,94965
height*diamter	1	33,7699	< 0.0001	21,98363
Error	17			11,06672
Corrected Total	19			100

Modelo de la ecuacion
Biomasa total=13.49013+0.47111*numberofleafs+1.20433*height*diameter

Fuente: Elaboración propia.

Se evaluaron las 4 unidades experimentales del cultivo de *Myoporum l.* y 4 unidades experimentales del cultivo de *Vallesia g.* totalizando 8 unidades experimentales que crecieron y se desarrollaron durante 95 días bajo los siguientes parámetros

Tabla 3. Parámetro de temperatura y humedad tomada de la estación de SENAMHI Villa María del Triunfo, Lima, Perú (Agosto 5 – Octubre 31, 2018).

Parámetros		Mes		
		Agosto	Septiembre	Octubre
Temperature (°C)	Media	15.70	16.76	17.49
	Máximo	27.90	27.90	27.90
	Mínimo	11.20	12,00	12,80
Humedad (%)	Media	86.66	78.53	81.3
	Máximo	86.83	83.29	86.13
	Mínimo	75.46	74.08	76.79

Fuente: Elaboración propia.

VI. RESULTADOS

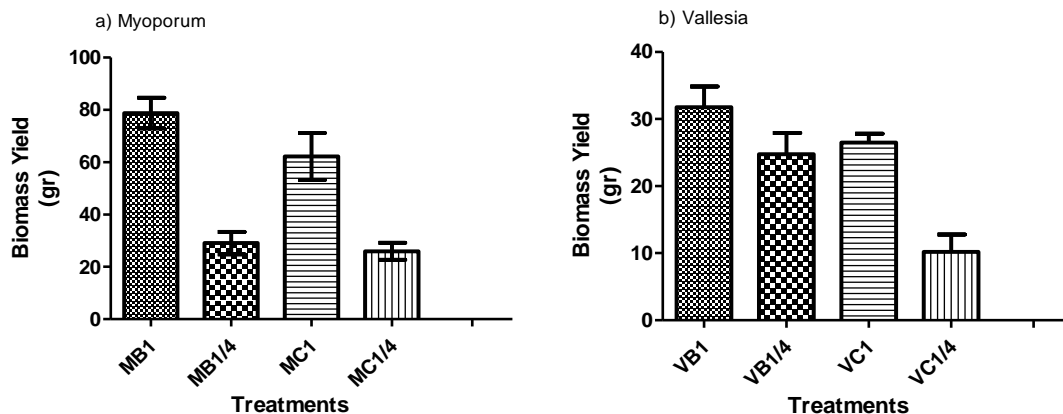
La tolerancia a estrés hídrico dentro de los tratamientos se vio fuertemente influenciada por la especie. Esto fue evidente tanto en la biomasa como en el potencial hídrico en las hojas. Para las evaluaciones relacionadas con el potencial hídrico del suelo, todos los suelos a los cuales se le añadió biochar afectaron significativamente los valores relativos de humedad en el suelo. Sin embargo el análisis indica que la interacción entre el biochar y las especies fue de menor importancia. La selección de especies fue de lejos la fuente más importante para la variación de resultados, explicado mediante los datos en los gráficos

Tabla 4.- Estadísticas resumidas para ANOVAS en datos de rasgos relativos, donde un se hace una distinción entre el crecimiento de la plantas desarrollo de biomasa y la relación con las variables. SS= suma de cuadrados, MC= media de los cuadrados, Pr= probabilidad, y los valores de n2 indican la importancia (en términos porcentuales) de cada variable independiente para explicar las variaciones en los datos

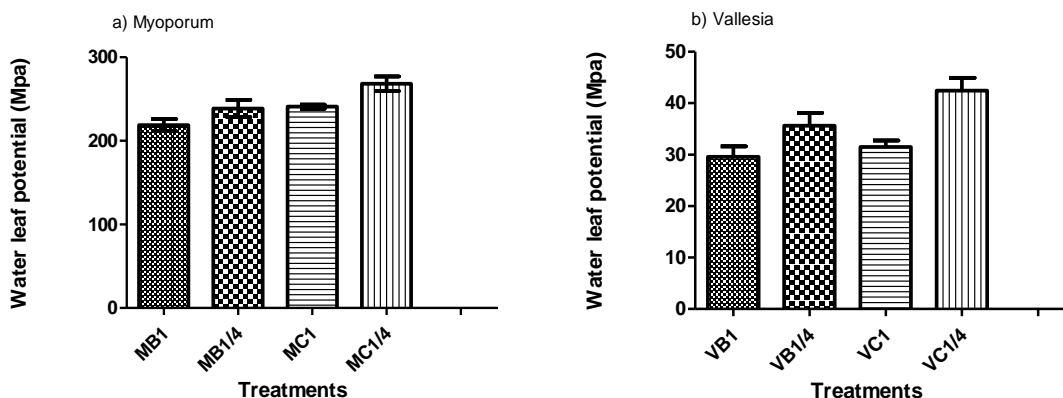
Fuente	GDL	SS	MC	F	Pr > F	n2	
<i>(a) biomasa acumulada de Vallesia glabra</i>							
biochar	1	12889.5	12889.5	69.3	0,0001	64.45	
water	1	199.3	199.3	1.0	0.3	0.99	
biochar*water	1	216.1	216.1	1.1	0.2	1.08	66.53
Error	36	6692.2	185.8			33.46	
Total corregido	39	19997.2				100	
<i>(b) biomasa acumulada de Myoporum laetum</i>							
biochar	1	12.0928	12.092	0.0784	0.7811	0.16	
water	1	1603.3413	1603.341	10.3976	0.0027	22.37	
biochar*water	1	0.0053	0.005	0.0000	0.9954	7.35	22.54
Error	36	5551.2882	154.2024			77.45	
Total corregido	39	7166.7276				100	

Fuente: Elaboración propia.

(a) Efecto del biochar en la producción de biomasa en *Vallesia g.* y *Myoporum l.*



(b) Efecto del biochar en el potencial hídrico de las hojas de *Vallesia g.* y *Myoporum l.*



(c) Efecto del biochar en el contenido de agua en el suelo en *Vallesia g.* y *Myoporum l.*

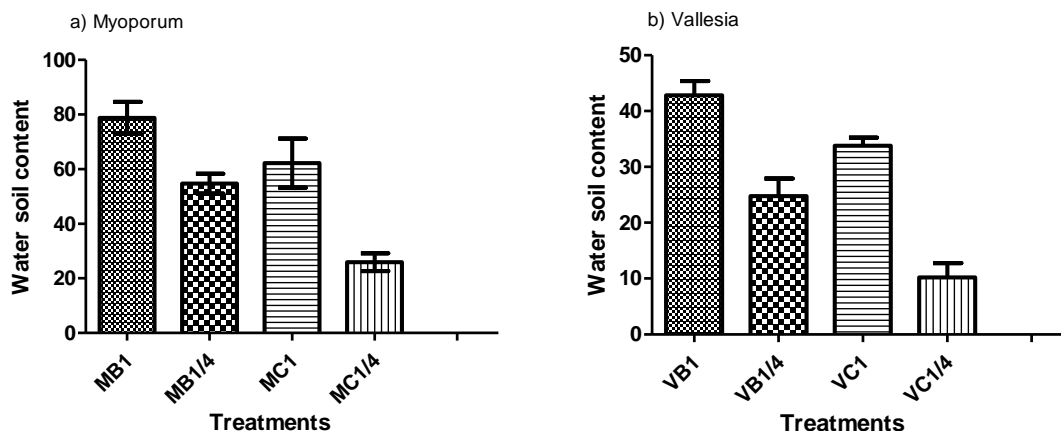


Figura 4: Los efectos de las tazas de riego y la adición de biochar sobre los rasgos de desarrollo de las plantas y disponibilidad de agua en el suelo. Dónde: M=Myoporum, V=Vallesia, 1=500 ml de riego, 1/4 = 125 ml de riego, B= Biochar y C= Tratamiento control.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico 4, los tratamientos sometidos a un riego de 500 ml y un suelo enmendado con 75 g de biochar, obtuvieron mejores resultados con respecto a la producción de biomasa, donde el tratamiento MB1 fue el que presentó los valores más altos, respecto al régimen hídrico los tratamientos con mejor resultado se observan en un riego de 500 ml.

El potencial hídrico de la hoja fue menos negativo los tratamientos con biochar relativos a sus controles en las fechas de medición ($p \leq 0.05$) la mayor diferencia se observó en los últimos meses y el más bajo en los meses iniciales. La diferencia entre los dos tratamientos (VB1 y VC1) no fue significativa en todas las fechas. El potencial hídrico de las hojas en los meses más fríos fue en gran medida más negativo que los meses más cálidos. El potencial de los tratamientos sin biochar fue significativamente menor en el caso de MB1 y MB1/4 ($p \leq 0.05$).

En los tratamientos que las plantas fueron sometidas a un riego a capacidad de maceta los valores relativos de biomasa y potencial hídrico de las hojas fue mayor en comparación a los cuales tuvieron un régimen hídrico limitado donde se obtuvieron valores comparativamente bajos.

Esto muestra que la especie exótica en este caso el Myoporum no es muy eficiente con el agua pero responde muy bien a la adición de agua, en comparación con el nativo que parece tener una estrategia más conservadora en uso de agua que sugiere un uso más eficiente en este sentido es menos sensible al efecto del falta

del agua. No obstante un pequeño efecto de biochar ayudo a preservar mejor el agua en el perfil del suelo.

VII. DISCUSIÓN

No hubo apoyo para la primera hipótesis a nivel de que el uso de biochar propicie el uso eficiente de agua, sin embargo si hubo mayor concordancia con la hipótesis dos donde se señala que la *Vallesia g.* posee un uso más eficiente de agua sumado a eso la hipótesis 3 señala que la combinación entre la selección de especie sumado a una modificación del suelo con biochar tiene resultados positivos en el uso eficiente de agua, es decir que para lograr un mejor manejo de los espacios verdes urbanos se debe tener en cuenta en primer lugar la selección de especies, sin embargo para aumentar aún más la disponibilidad del recurso, la modificación del suelo con biochar sería favorable si la especie correcta es elegida para estos espacios. No obstante las dos especies utilizadas en el experimento no ocupan toda la gama de posibilidades que podría presentar diversas especies.

Respecto a la adición del biochar se observa mayor disponibilidad del recurso hídrico dependientemente de si hubo adición de este. Debido a que los poros en el biochar son responsables del almacenamiento de agua de las plantas y del almacenamiento de microorganismos y nutrientes minerales, respectivamente (Bagreev et al., 2001; Sohi et al., 2010). Estas propiedades proporcionan explicaciones sobre cómo, en nuestro experimento, el aporte de biochar aumentó el contenido de agua del suelo, confirmando y expandiendo los hallazgos de otros autores que también encontraron retención de agua mejorada en suelos arenosos (Brockhoff et al., 2010; Karhu et al., 2011; Tryon, 1948).

Por lo tanto los cambios fisiológicos en la plantas pueden atribuirse a la disponibilidad del agua, lo cual se observa en los resultados donde hubo un régimen de riego mayor y un cambio en el suelo con la adición de biochar donde se muestra mejores resultados en la disponibilidad del recurso hídrico. Una explicación alterna podría ser que el biochar no solo brinda mayor disponibilidad de agua si no que al mejorar las propiedades del suelo facilita la asimilación de nutrientes lo cual permite mayor desarrollo en la biomasa.

Independientemente de la interpretación exacta, los resultados son equívocos en un punto respecto a cada especie de vegetal ya que cada especie tendría diferentes interacciones con las variables a las cuales fueron sometidas y el ambiente en el cual fueron conducidos

Las plantas tienen diferentes estrategias de afrontamiento para el estrés leve, el estrés térmico y el estrés por sequía. Las tres estrategias cruzadas se influyen mutuamente. Los ambientes con altos niveles de luz y temperatura conducen fácilmente al estrés por sequía. Por lo tanto, se desarrollan mecanismos de afrontamiento del estrés, como la reflexión de la hoja, el cambio de posición de la

hoja y el enfriamiento por evaporación. El agua es un factor necesario para que las plantas mantengan la vida; así, el estrés por sequía es un factor esencial en la supervivencia de la planta. El nivel de tolerancia a la sequía es el factor crítico para un espacio verde urbano (Liu, T. C., et al 2012).

Los resultados del presente estudio deberán como mínimo, provocar una reevaluación de los problemas relacionados al manejo de las áreas verdes respecto a su escala y los métodos apropiados para el manejo operativo.

La planificación de la infraestructura verde urbana multifuncional para ciudades compactas también incluye la relación entre la forma y estructura de los espacios verdes y los recursos del ecosistema urbano donde se trate de encontrar un equilibrio en la multifuncionalidad de los parques urbanos (Breuste J. et al 2020). Muy pocos estudios se han realizado sobre el manejo de estos ecosistemas urbanos evaluando sus requerimientos.

Los efectos de los experimentos sometidos a una modificación en el suelo podrían a corto plazo depender más sobre la plasticidad de la respuesta de las especies seleccionadas y su tolerancia al estrés hídricos. Aunque las plantas con alta tolerancia a la sequía pertenecen a diferentes familias y tienen diferentes morfologías, tamaños y colores de las hojas, cada una tiene sus propios mecanismos de adaptación a la sequía para adaptarse al estrés ambiental.

Estas observaciones están de acuerdo con aquellas de Parker y Pallardi 1985, quienes postularon que la tolerancia total a la sequía es una expresión integrada de una variedad de fisiológicos, morfológicos y rasgos anatómicos

Determinando la importancia de la selección de especies se requeriría fundamentalmente un enfoque diferente para los experimentos establecidos en campo para evaluar las interacciones en medios no controlados. Un intento para explicar el mecanismo de respuesta de las plantas sería medir los rasgos funcionales o fisiológicos en los experimentos que describan la tasa de crecimiento, la transpiración, capacidad fotosintética y evaluar estas en conjunto ayudaría a mejorar nuestra comprensión acerca interacciones de las especies y el biochar.

Por ejemplo un factor que no fue evaluado pero que se pudo observar que afecto a las plántulas fue que redujeron el tamaño de sus hojas cuando fueron sometidas a un riego limitado asumiendo esto como un mecanismo resistencia.

Sin embargo la calidad de los datos evaluados de los rasgos funcionales como el desarrollo de biomasa y potencial hídrico, los hace muy adecuados para su uso como modelo basado en procesos diseñados para investigar la respuesta de un mayor número de especies las cuales podrían verse afectadas frente a las variables sometidas.

Teniendo en cuenta el objetivo de la investigación para responder que premisa tener en una mejor gestión de espacios verdes urbanos entre evaluar la selección de

especies versus el manejo del suelo. Dada la falta de recursos de agua para destinar a una mayor ecologización de la ciudad de Lima en su entorno árido, sugerimos una estrategia de gestión adaptativa integrada para mantener la vegetación local disponible y/o expandir los espacios verdes con un mínimo de presión adicional sobre los recursos de agua (Nouri, H. et al 2019).

Los resultados sugieren que en primera instancia la selección de especies tiene mayores efectos en el uso óptimo del recurso agua por lo tanto es más importante manejar esta variable y no tanto el manejo del suelo ya que la aplicación de biochar sería algo complementario.

Para lograr una urbanización sostenible y respetuosa con el medio ambiente, ya que existe una necesidad urgente de una planificación integral del uso de la tierra y de los asentamientos urbanos teniendo en cuenta la creación y el mantenimiento de espacios verdes urbanos como parques, jardines, vegetación en la carretera (Ramaiah, M., & Avtar, R. 2019).

En este sentido es necesario el estudio de más especies tolerantes al estrés hídrico teniendo en cuenta principios fundamentales como el área donde originalmente se desarrollan estas especies.

Aplicando estos principios con un diseño integral pueden mejorar la calidad de estos espacios, con base en una estrategia general para rediseñar los espacios verdes urbanos en base a la selección de especies para mejorar y potenciar el paisaje (Darabi, H., & Saeedi, 2020)

VIII. CONCLUSIÓN

Los resultados ofrecen nueva información respecto al impacto que se puede generar entre la modificación del suelo y la selección de especies destinadas a espacios verdes urbanos donde la selección de especies fue de lejos la fuente más importante para la variación de resultados.

Esto se observó claramente en los tratamientos sometidos a estrés hídrico, lo que causó un cambio sustancial y significativo en la fisiología vegetal ya que los tratamientos donde la especie fue la *Vallesia* se observó mayor tolerancia al déficit de agua.

Lo que demuestra que para lograr el uso eficiente de agua en áreas verdes de Lima es importante tener en cuenta la selección de especies teniendo como premisa que las especies nativas parecen tener un consumo de agua más eficiente pudiéndose inferir que están mejor adaptadas al estrés hídrico propio del clima árido de la ciudad.

Teniendo estas premisas se podría lograr mantener el área verde actual con un menor consumo de agua o expandir la frontera verde especialmente importante en las zonas marginales donde el acceso a estos espacios limitados es escaso y de esta forma mejorar la calidad de vida. Para lograr esto se necesita mayor investigación para tener un rango mayor de especies y sumar a esto análisis espaciales para estimar con precisión cuanto se lograría ahorrar en los costos de mantenimiento y usar el recurso agua de manera que se beneficie un mayor número de ciudadanos gracias una mejor selección de especies para los espacios verdes urbanos de las Lima.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, F., Arthur, E., Plauborg, F., Razzaghi, F., Kørup, K., & Andersen, M. N. (2018). Biochar amendment of fluvio-glacial temperate sandy subsoil: Effects on maize water uptake, growth and physiology. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(2), 123-136.
- Aller, D., Rathke, S., Laird, D., Cruse, R., & Hatfield, J. (2017). Impacts of fresh and aged biochars on plant available water and water use efficiency. *Geoderma*, 307114-121. doi: 10.1016/j.geoderma.2017.08.007.
- Batool A, Taj S, Rashid A, Khalid A, Qadeer S, Saleem AR, Ghufran MA (2015) Potential of soil amendments (biochar and gypsum) in increasing water use efficiency of *Abelmoschus esculentus* L. Moench. *Front. Plant Sci* 6:1–13
- Bagreev, A., Locke, D.C., Bandosz, T.J., 2001. H₂S adsorption/oxidation on adsorbents obtained from pyrolysis of sewage–sludge-derived fertilizer using zinc chloride activation. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40, 3502–3510.
- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (2009). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. México. [En línea]: Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=707>
- Bigirimana, J., Bogaret, J., De Canniere, C., Bigendako, M. J., & Parmentier, I. 2012. Domestic garden plant diversity in bujumbura, burundi: Role of the socio-economical status of the neighborhood and alien species invasion risk. *Landscape and Urban Planning*, 107: 118-126.
- Blackwell P, Riethmuller G, Collins M (2009) Biochar application to soil. In: Lehmann J, Joseph S (eds) *Biochar for environmental management: science and technology*. Earthscan, London, pp 207–226
- Brockhoff, S.R., Christians, N.E., Killorn, R.J., Horton, R., Davis, D.D., 2010. Physical and mineral-nutrition properties of sand-based turfgrass root zones amended with biochar. *Agron. J.* 102, 1627–1631.

- Breuste, J., & Artmann, M. (2020). Multi-functional Urban Green Spaces. In Making Green Cities (pp. 399-526). Springer, Cham.
- Buckman, O. & Brady. (1966). Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. inglés. México, D. F., UTEHA. 590 p.
- Burrows, C. J. (1996). Germination behaviour of seeds of the New Zealand woody species *Melicope simplex*, *Myoporum laetum*, *Myrsine divaricata*, and *Urtica ferox*. New Zealand Journal of Botany, 34(2), 205-213.
- Cal-IPC. (2006). California Invasive Plant Inventory. Cal-IPC Publication 2006-2012. California invasive Plant Council. Berkeley. [En línea]: Disponible en: <http://www.cal-ipc.org/ip/inventory/pdf/Inventory2006.pdf>
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S (2008) Using poultry litter biochars as soil amendments. Aust J Soil Res 46:437–444. Doi: 10.1071/SR08036
- Castañeda, N. (2018). *Vallesia glabra* (Cav.) Link (etnobotánica). Lima, Perú. Recuperado el 10 de enero del 2020. https://www.researchgate.net/publication/325978661_Link_Vallesia_glabra_Cav_Link_etnobotanica
- Cheng C-H, Lehmann J, Thies JE, Burton AJ, Engelhard M (2006) Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. Org Geochem 37:1477–1488
- Cheng C-H, Lehmann J, Thies JE, Burton SD (2008) Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. J Geophys Res 113: doi: 10.1029/2007JG000642
- Cotler, H.; Sotelo, E.; Domínguez, J.; Zorrilla, M.; Cortina, F. & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Revista Científica Redalyc. Secretaria de medio Ambiente y Recursos Naturales. DF, [En línea]: Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf>
- Cónica (2016) Biodiversidad *Vallesia glabra*. Perú-Ica [En línea]: Disponible en: <http://www.conservamosica.org/conica/biodiversidad-flora/>
- Córdova, G. F., Fernández-Maldonado, A. M., & del Pozo, J. M. (2016). Recent changes in the patterns of socio-spatial segregation in Metropolitan Lima. *Hábitat International*, (54), 28-39.
- Domene Gómez, E., & Saurí Pujol, D. (2003). Modelos urbanos y consumo de agua. El riego de jardines privados en la región metropolitana de Barcelona. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (32).
- Darabi, H., & Saeedi, I. The Design of Resilient Green Spaces towards Adapting with Climate Change, Case Study Behesht Boulevard, Borujerd.2020

- Downie A, Crosky A, Munroe P (2009) Physical properties of biochar. Biochar for environmental management: science and technology. Routledge, London, pp 13–32
- Elbasher, M., Xiaohou, S., Ali, A. A., & Mohammed, A. (2018). Effect of Digestate and Biochar Amendments on Photosynthesis Rate, Growth Parameters, Water Use Efficiency and Yield of Chinese Melon (*Cucumis melo* L.) under Saline Irrigation. *Agronomy*, 8(2), 22.
- Escalante, M. (2013). Biocarbonos (Biochars), Caracterización y efecto en la biomasa y nutrición de N, P, K en una gramínea. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México.
- Gale, W.; Cambardella, C. & Bailey, T. (2000). Root-derived carbon and the formation and stabilization of aggregates. *Soil Science Society of America Journal* 64: 201-207.
- Gavande, S. (1968). Introducción a la física de suelos. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Ghazel, N., Saadaoui, E., Ben Romdhane, C., Abbès, N., Gira, M., Abdelkebir, S., & Mars, M. (2018). Assessment of phosphogypsum use in a nursery for plant propagation. *International Journal of Environmental Studies*, 75(2), 284-293.
- Genesio, L., Miglietta, F., Lugato, E., Baronti, S., Pieri, M., Vaccari, F.P., 2012. Surface albedo following biochar application in durum wheat. *Environ. Res. Lett.* 7,014025.
- Geissert, D.; Gómez-Tagle, A.; Martínez, L.; Meza, E. & Enríquez, E. (2013). Cartografía del suelo para la identificación de unidades hidroedáficas funcionales en una cuenca de montaña: conceptos y propuesta metodológica. Memorias del III Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Morelia, México.
- GFBI.org 7 de agosto 2020 GFBI Ocurrence Downlod:
<https://www.gbif.org/dataset/82b6de8c-7740-4601-9391-c9a3fdcd28e1>
- Gomes, MDMDA, Lagôa, AMMA, Medina, CL, Machado, EC y Machado, MA (2004). Interacciones entre el potencial hídrico de las hojas, la conductancia estomática y el contenido de ácido abscísico de los naranjos sometidos a estrés por sequía. *Revista Brasileña de Fisiología Vegetal*, 16 (3), 155-161.
- Ignatieva, M., & Ahrné, K. (2013). Biodiverse green infrastructure for the 21st century: from “green desert” of lawns to biophilic cities. *Journal of Architecture and Urbanism*, 37(1), 1-9.
- IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.

- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, 1535 pp.
- Jeffery, S.; Bezemer, T.; Cornelissen, G.; Kuyper, T.; Lehmann, J.; Mommer, L.; Sohi, S.; Voorde, T.; Wardle, D. & Groenigen, J. (2015). The way forward in biochar research: targeting trade-offs between the potential wins. *GCB Bioenergy*, 7:1–13.
- Jeffery S, Verheijen F, van der Velde M, Bastos A (2011) A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric Ecosyst Environ* 144:175–87
- Kammann, C., Linsel, S., Gößling, J., & Koyro, H. (2011). Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil-plant relations. *Plant & Soil*, 345(1/2), 195-210. doi:10.1007/s11104-011-0771-5
- Kondo, M. C., Fluehr, J. M., McKeon, T., & Branas, C. C. (2018). Urban green space and its impact on human health. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 445.
- Kørup, K., Lærke, P. E., Baadsgaard, H., Andersen, M. N., Kristensen, K., Münnich, C., & ... Jørgensen, U. (2018). Biomass production and water use efficiency in perennial grasses during and after drought stress. *GCB Bioenergy*, 10(1), 12-27. doi:10.1111/gcbb.12464
- Lasage, R., Muis, S., Sardella, C. S., van Drunen, M. A., Verburg, P. H., & Aerts, J. C. (2015). A stepwise, participatory approach to design and implement community based adaptation to drought in the Peruvian Andes. *Sustainability*, 7(2), 1742-1773.
- Lehmann J, Joseph S (2009) Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, London, pp 1–12
- Lehmann, J.; Kern, D.; German, L.; McCann, J.; Martins, G. & Moreira, A. (2003). Soil Fertility and Production Potential. En *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Eds Lehmann, J., Kern, D., Glaser, B. & Woods, W. pp 105-124. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: an introduction. In *Biochar for environmental management* (pp. 33-46). Routledge.
- Liang B, Lehmann J, Sohi SP, Thies JE, O'Neill B, Trujillo L, Gaunt J, Solomon D, Grossman J, Neves EG, Luizão FJ (2010) Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil. *Org Geochem*. doi:10.1016/j.orggeochem.2009.09.007

- Liu, T. C., Shyu, G. S., Fang, W. T., Liu, S. Y., & Cheng, B. Y. (2012). Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. *Energy and buildings*, 47, 180-188.
- Loret de Mola, U., Ladd, B., Duarte, S., Borchard, N., Anaya La Rosa, R., & Zutta, B. (2017). On the Use of Hedonic Price Indices to Understand Ecosystem Service Provision from Urban Green Space in Five Latin American Megacities. *Forests*, 8(12), 478.
- Maguire, R. & Foster, A. (2010). Biochar in Agricultural Systems. VirginiaTech. Publication. Pág. 442-311.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino-MAMPA (2011). Plan de control y eliminación de especies vegetales invasoras de sistemas dunares. Ficha 12
- Mound, L. A., & Morris, D. C. (2007). A new thrips pest of *Myoporum* cultivars in California, in a new genus of leaf-galling Australian Phlaeothripidae (Thysanoptera). *Zootaxa*, 1495, 35-45.
- Morid S, Smakhtin V, Moghaddasi M. 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *Int. J. Climatol.* 26: 971–985.
- Mostacero León, J. (2005). Características edafoclimáticas y fitogeográficas de las plantas medicinales del dominio andino noroccidental del Perú, durante 1976 al 2004.
- Municipalidad de Lima (2017) Lima online: <http://www.munlima.gob.pe/lima>
- Na, Z., Ping, M., Yabing, H., & Xinxiao, Y. (2017). Interaction of CO₂ concentrations and water stress in semiarid plants causes diverging response in instantaneous water use efficiency and carbon isotope composition. *Biogeosciences*, 14(14), 3431-3444. doi:10.5194/bg-14-3431-2017
- Nates, E. (2014). Evaluación del efecto de biochar en el suelo y la calidad de los frutos en un cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Tesis de Bióloga. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia
- Nouri, H., Borujeni, S. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). The blue water footprint of urban green spaces: An example for Adelaide, Australia. *Landscape and urban planning*, 190, 103613.
- Observatorio Ciudadano Lima Cómo Vamos. *Cómo Vamos en Espacio Público*; Observatorio Ciudadano Lima Cómo Vamos: Lima, Peru, 2016; p. 7
- Ogawa M, Okimori Y. Pioneering works in biochar research, Japan. *Aust J Soil Res* 2010; 48:489–500
- Paco, D. (2012). Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta. Proyecto fin de carrera, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

- Petersen, J.; Neves, E. & Heckenbeger, M. (2001). Gift from the past: terra preta and prehistoric Ameridian occupation in Amazonia. In: McEwan C, Barreto C, Neves E (eds) Unknown Amazon: culture in nature in ancient Brazil. The British Museum Press, Londres, pp 86–105.
- Porta, J.; López-Acevedo, M. & Roquero, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España: Ediciones Mundiprensa, 3era ed., pp. 929.
- Powlson, D.; Gregory, P.; Whalley, W.; Quinton, J.; Hopkins, D.; Whitmore, A.; Hirsch, P. & Goulding, K. (2011). Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. *Food Policy*, 36, 72–87.
- Qambrani, N.; Rahman, M.; Won, S.; Shim, S. & Ra, C. 2017. Biochar properties and ecofriendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79: 255–273.
- Quispe, E. (2017). Situación de las áreas verdes urbanas en lima metropolitana. Tesis pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima -Perú
- Ramaiah, M., & Avtar, R. (2019). Urban green spaces and their need in cities of rapidly urbanizing India: A review. *Urban Science*, 3(3), 94.
- Raposo, J. B., Méndez, M. C., Riet-Correa, F., & De Andrade, G. B. (1998). Experimental intoxication by *Myoporium laetum* in sheep. *Veterinary and human toxicology*, 40(3), 132.
- Shadkam, S. (2017) Preserving Urmia Lake in a Changing World. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- Sierra Guerrero, M. C. Vegetación en los jardines domésticos de la ciudad de Bogotá, Colombia (Bachelor's thesis, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales).
- Sohi, S.; Krull, E.; Lopez-Capel, E. & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy* 105, 47-82.
- Sun, F., & Lu, S. (2014). Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(1), 26-33.
- Tafur, M. M., Marcela Zapata, C., Byron Urrego, J., Mónica Ibarra, D., & Leal, J. J. (2017). Efecto del estrés hídrico sobre la acumulación y distribución de biomasa en *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Acta Agronomica*, 66(1), 1-25.
- Tränkner, M., Jákli, B., Tavakol, E., Geilfus, C., Cakmak, I., Dittert, K., & Senbayram, M. (2016). Magnesium deficiency decreases biomass water-use efficiency and increases leaf water-use efficiency and oxidative stress in barley plants. *Plant & Soil*, 406(1/2), 409-423. doi:10.1007/s11104-016-2886-1

- USDA. (2010). Claves para la Taxonomía de Suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Washington, D.C. USA. (11): 365
- Uzoma KC, Inoue M, Andry H, Fujimaki H, Zahoor A, Nishihara E (2011) Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use Manage* 27:205–212
- Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, Chan KY, Downie A, Rust J, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil* 2010;327:235–46
- Vaz, C.; Bassoi, L. & Hopmans, J. (2001). Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined one penetrometer-TDR probe. *Soil & Till Research* 60: 35-42
- Vuille, M.; Francou, B.; Wagnon, P.; Juen, I.; Kaser, G.; Mark, B.G.; Bradley, R.S. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth Sci. Rev.* 2008, 89, 79–96.
- W.C. Parker and S.G. Pallardi, Genotypic variation in tissue water relations of leaves and roots of black walnut (*Juglarts nigra*) seedlings. *Physiol. Plant.*, 64 (1985) 105-110.
- Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and urban planning*, 125, 234-244.
- Yeh, C. T., Cheng, Y. Y., & Liu, T. Y. (2020). Spatial Characteristics of Urban Green Spaces and Human Health: An Exploratory Analysis of Canonical Correlation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3227.

X. ANEXOS

Anexo 1. Estado de las plantas de Myoporum l. en un suelo enmendado con biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Estado de las plantas de Myoporum l. en un suelo enmendado con biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Estado de las plantas de Myoporum I en un suelo sin enmienda de biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Estado de las plantas de Myoporum I en un suelo sin enmienda de biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Estado de las plantas de *Vallesia g* en un suelo enmendado con biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Estado de las plantas de *Vallesia g* en un suelo sin biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Estado de las plantas de *Vallesia g* en un suelo enmendado con biochar regado con 500 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Estado de las plantas de *Vallesia g* en un suelo sin enmienda de biochar regado con 125 ml de agua el día de la cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Cosecha de plantas para determinar la producción de biomasa



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Paquete tecnológico *Myoporum Laetum*

Rango nativo: Australasia

Familia: Scrophulariaceae

Descripción: Es árbol de hoja perenne, a menudo con un solo tallo inclinado, hasta unos 12 m de altura. Las flores bisexuales se producen en grupos cimacios de cinco, en las axilas de las hojas de las ramas. Los frutos son drupas de tallo corto con la pulpa púrpura que rodea el endocarpio muy duro, fusionado para formar una unidad que contiene cuatro lóculos longitudinales de una sola semilla.

Hábitat: Habita en bosques costeros preferentemente en áreas litorales donde tenga sol pleno. Tolerancia bien cualquiera suelo que tenga buen drenaje desarrollándose en suelos franco arenosos o arcillo arenosos (GFBI.org 2020)

Propagación

Reproducción fácil por semillas se sugiere que la estratificación sea por 8 semanas para proceso de germinado a partir de la semilla. Estas semillas pueden tomar mucho tiempo para brotar, pero este tiempo se puede reducir si se escarifica la semilla, en eso consiste la estratificación o por esquejes. Las raíces empezarían a formarse más o menos entre 5 y 9 semanas (Ghazel. N et al 2018).

Usos

Se utiliza dentro de las áreas verdes urbanas, como cerco vivo o corta vientos

Toxicidad

Las hojas poseen una toxina que afecta el funcionamiento hepático llamada ngaiona. Los signos clínicos eran anorexia, inquietud, estasis ruminal, ictericia y heces secas con moco o sangre. Las lesiones histológicas se caracterizaban por la necrosis hepática periportal. (Raposo, J. B et al 1998).

Anexo 11. Paquete tecnológico Vallesia Glabra

Rango nativo: América tropical y subtropical

Familia: Apocynaceae

Descripción: Se caracteriza por ser un arbusto de hojas alternas, estipuladas, inflorescencias laterales, con flores blanco-verdosas en umbelas cimosas, dicotómicas; cáliz pequeño esencialmente 5-lobulado y fruto drupáceo (Castañeda, 2018; Mostacero et al., 2009).

Hábitat: Habita en bosques xerofíticos de climas cálidos templados, su rango altitudinal va desde los 0 a los 1300 m.s.n.m. crece preferentemente en suelo franco arenosos o franco limosos (Mostacero 2005)

Propagación

Su propagación es mediante semillas que se obtienen de su fruto baya de color blanquecino cuando está maduro, de forma ovoide (CONICA 2020).

Usos

Tiene muchos usos medicinales los cuales son bactericida así como también contra inflamaciones oculares, trastornos graves gastrointestinales, 'úlceras'. Dentro de la agricultura se utiliza como fungicida para controlar las enfermedades de la papa. Contiene interesantes tipos de alcaloides, (por ejemplo, vallesine) que están asociados con pesticidas altamente tóxicos (CONICA 2020).