



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

Laderas ecosostenibles para la adaptación al cambio climático en el distrito de
Independencia, Lima 2019.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Boyer Vásquez, Verónica Andrea (orcid.org/0000-0002-8520-6141)

ASESOR:

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

La tesis presentada esta dedicada a quién es madre y padre para mí, mi madre Mónica Teresa Vásquez, a quién le debo lo que soy, por su motivación constante, su apoyo y amor de madre a lo largo de mi vida. Logro concluir este sueño de las dos por y para ella.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir unas de mis metas en mi vida. Agradezco infinitamente a mi Asesor el Ing. Julio Ordoñez por su dedicación incondicional y asesoría en todo momento. También a mis amistades cercadas por su motivación y cariño hacia mi persona.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	15
2.1 Diseño de investigación.....	16
2.2 Variables, Operacionalización.....	17
2.3 Población y muestra.....	18
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	18
2.5 Métodos de análisis de datos.....	24
2.6 Aspectos éticos.....	24
III. RESULTADOS.....	25
IV. DISCUSIÓN.....	58
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	64
VIII. ANEXOS.....	67

RESUMEN

El Perú es uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático debido a su geografía y características climáticas, la variación de la temperatura y a que sus actividades productivas, ecosistemas y poblaciones dependen en gran manera de las variables climáticas, el 67% de los desastres en el país están asociados a los fenómenos climáticos (Cumbre de las Naciones Unidas sobre la Acción Climático, 2019). Ante esta situación se requiere emprender acciones inmediatas para la adaptación del cambio climático, como la utilización de especies arbóreas que atribuyen a mitigar los niveles de contaminación del aire, mediante la captura de material particulado.

En este contexto dicha propuesta pretende armonizar el escenario presente con un escenario futuro, es decir, cambiar la visión actual de las laderas del distrito de Independencia y reconstruirlas en un ecosistema que brinde un servicio ambiental, mediante la selección de 3 especies de árboles como el Molle Serrano, Molle costeño y tara con el fin de determinar cuál de ellas es la que posee la mayor capacidad de retención de material particulado, para determinar el potencial de cobertura asociado a la captura de PM para la Adaptación al Cambio Climático en el Distrito de Independencia.

Con una metodología basada en una evaluación de cada 20 días para ver la evolución de las especies y su adaptabilidad a la zona de estudio, para de esa manera determinar cuál de ellas resultó ser más eficiente. Se determinó que la especie que dio mayores resultados de retención de material particulado fue la Tara con 2.08g por cada árbol. Del mismo modo se determinó que en un escenario futuro la especie absorbería 67 kg de biomasa al año, seguida del Molle Costeño y la Mimosa

Palabras clave: plantones, adaptación, cambio climático, material particulado.

ABSTRACT

Peru is one of the most vulnerable countries to the effects of climate change due to its geography and climatic characteristics, the variation in temperature since its productive activities, ecosystems and populations depend heavily on climatic variables, 67% of disasters in the country are associated with climatic phenomena (United Nations Summit on Climate Action, 2019). Given this situation, immediate action is required to adapt to climate change, such as the use of tree species attributed to mitigate air pollution levels, by capturing particulate matter. In this context, this proposal aims to harmonize the present scenario with a future scenario, that is, to change the current vision of the slopes of the Independence district and rebuild them in an ecosystem that provides environmental service, by selecting 3 species of trees such as the Molle Serrano, Molle coastal and tare in order to determine which of them has the greatest capacity to retain particulate matter, to determine the coverage potential associated with the capture of PM for Adaptation to Climate Change in the District of Independence . With a methodology based on an evaluation of every 20 days to see the evolution of the species and their adaptability to the study area, in order to determine which of them proved to be more efficient. It was concluded that the species with the highest retention capacity of particulate material is Tara, followed by Mimosa and Molle coastal.

Keywords: seedlings, adaptation, climate change, particulate matter.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la **realidad problemática**, considerada como base para el desarrollo de esta investigación, consideramos lo que la organización Mundial de la Salud en su el reporte del año 2016, manifiesta que Lima es la segunda ciudad más contaminada de América Latina por sus niveles de PM10 generados, asimismo se considera al distrito de Independencia como uno de los distritos que más aportan al incremento de estos niveles, ya que sus niveles se encuentran en el rango de 140 – 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ diario (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú– SENAMHI) proveniente principalmente del parque automotor (vehículos particulares, ómnibus y camiones) y de las numerosas industrias que se ubican en el distrito. Debido a su ubicación geográfica el 37% de la superficie total del distrito es de afloramientos rocosos y con fuerte pendiente (Predes, ONG, 2018) esto lleva a que las partículas que son arrastradas por el aire se sedimenten en las laderas del distrito generando diversos impactos a la población aledaña y al distrito en general.

De igual manera, el distrito solo cuenta con 2.8 m² de áreas verdes por habitante y lo recomendable mínimo es de 9m² (OMS, 2018). Cabe señalar que los niveles de material particulado que presenta el distrito genera un incremento de 13.7% anual en enfermedades respiratorias sobre todo en niños (MINSA, 2017) en el último informe presentado por la Organización Mundial de la Salud en la COP24 se afirma que unos 7 millones de personas mueren cada año por consecuencia de la contaminación del aire, es decir, la gente muere solo por respirar. Expertos señalan que las partículas contaminantes pasan por todo el torrente sanguíneo llegando a la cabeza y producen “estrés oxidativo”, respuestas inflamatorias, daño en las células cerebrales e incluso al material genético, ¿suena alarmante verdad?, es que así lo es.

El Perú es uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático debido a su geografía y características climáticas, la variación de la temperatura y a que sus actividades productivas, ecosistemas y poblaciones dependen en gran manera de las variables climáticas, el 67% de los desastres en el país están asociados a los fenómenos climáticos (Cumbre de las Naciones Unidas sobre la Acción Climático, 2019). Ante esta situación se requiere emprender acciones inmediatas para la adaptación del cambio climático, como la utilización de especies arbóreas que atribuyen a mitigar los niveles de contaminación del aire, mediante la captura de material particulado.

A continuación, se mencionarán los **antecedentes investigados** que fueron tomados como referencia y fuente confiable en la presente investigación ya que consta de tesis de titulación, artículos de revistas en línea, libros en línea y libros en consulta.

Las diversas investigaciones realizadas respecto al cambio climático demuestran que cualquier acción así sea en pequeña escala contribuyen a la mitigación y adaptación de los efectos del mismo. Estudios como “Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra” por Yepes, A. (2012) nos dice que, lo que más se ajustaría a los procesos de gestión del Cambio Climático sería la combinación de innovación, tecnología, mitigación y adaptación. También señala que, actualmente la atmósfera recibe por año alrededor de 118 gigatoneladas (Gton) de CO₂ procedentes de las actividades antropogénicas más significantes como la quema de fósiles, la deforestación, ente otras (p.84).

El estudio quiere dar a conocer que si no se actúa de manera urgente el planeta puede sufrir graves consecuencias negativas ambientales, de las cuales muchas ya se viven en la actualidad ante la ya inminente alteración del clima a nivel mundial favorecida por las actividades antropogénicas no sólo la comunidad profesional se muestra preocupada por crear soluciones que nos pueda hacer entender cómo hemos conseguido modificar de tal manera el clima, sino también las comunidades que son las más vulnerables ante este situación.

Para concluir, como idea resaltante nos explica que no todo son impactos ambientales negativos sino que existen sinergias positivas entre los procesos de adaptación y mitigación, como la implementación de proyectos y programas sostenibles como programas de electrificación rural basada en fuentes de energía renovables, procesos limpios, la arborización urbana, así como la forestación de laderas que, además de retener el carbono principal gas que contribuye al cambio climático, controla la erosión de los suelos y retiene material particulado que es el causante de diversas enfermedades respiratorias.

Para Roa, C. (2017), en su Trabajo de grado de “Curvas de crecimiento y análisis de rasgos funcionales de especies arbóreas”. Define el crecimiento de las especies como el incremento de biomasa por unidad de tiempo. La importancia de estudiar el crecimiento de las plantas reside en que es la entrada de energía mayoritaria en los ecosistemas y por tanto de la que dependen los demás niveles tróficos. (p. 13), de igual manera, el estudio de los rasgos funcionales de las especies nos ayuda a determinar y reconocer las características que influyen en su crecimiento y adaptabilidad a la zona de estudio, ya que se puede evaluar los diferentes factores que pueden afectar a su desarrollo fenológico y aportar información relevante para entender como las plantas pueden extraer los recursos del medio.

Para Zacarías, M. (2018), en su tesis “Concentración de carbono negro (BC) y carbono orgánico (OC) contenido en el material particulado menor a 10 micrómetros (pm10)”, su objetivo general es determinar la contaminación atmosférica en la ciudad de Arequipa, específicamente al impacto producido por las emisiones de concentración de Carbono Negro y Carbono Orgánico, generadas por diferentes fuentes fijas y móviles como el parque automotor, actividad industrial, comercial y doméstica de la misma ciudad de Arequipa.

Para la realización de la investigación se seleccionaron cinco estaciones fijas de monitoreo de acuerdo a características determinadas según la concurrencia del flujo vehicular y donde se realizan la mayoría de actividades comerciales, seleccionando la zona del norte y el centro de la ciudad. Asimismo, la investigación toma como base los monitoreos de aire que viene realizando la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de la Gerencia Regional de Salud de Arequipa entre los años 2014 al 2018 y las compara con los ECAs actualmente vigentes para la norma de calidad del aire. La investigación nos quiere dar a resaltar la importancia de evaluar el grado de afectación de éstos contaminantes y determinar cómo nos encontramos en la actualidad y que problemas podrían ocasionar su emisión en la atmosfera. Como marco conceptual nos describe al material particulado (MP), las mismas que emite partículas líquidas y sólidas directamente al aire, como por ejemplo el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos en general. Al no sedimentar en períodos cortos, sino permanecer en el aire suspendido por una larga duración el PM es un gran problema ambiental.

Las partículas en suspensión son una compleja combinación de productos químicos como metales, materiales carbonosos, sales, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que forman otros compuestos cuando interactúan entre sí. (p.21). De ahí que, las partículas en suspensión resultan dañinas para la salud, incrementando los niveles de enfermedades respiratorias como; la irritación de las vías respiratorias y de los pulmones, aparición de bronquitis y mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias, asimismo, la exposición crónica a material particulado puede ser clasificada en la actualidad Cancerígena por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC). Por otra parte, indica que El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria explica que las variaciones del clima y otras condiciones topográficas influyen directamente en el transporte y dispersión de contaminantes al aire. Lo que quiere decir, que el viento o movimiento horizontal y la estabilidad o movimiento vertical son los principales factores del transporte y dispersión, pero la dispersión de contaminantes de una fuente depende de otro fenómeno comúnmente llamado turbulencia. Afirma que la velocidad del viento puede alterar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea, menor será la concentración, también la estabilidad de la atmósfera influye en la dispersión y transporte de los contaminantes del aire. Esta se origina por condiciones atmosféricas inestables (p.52).

Culminado la parte experimental de la investigación, como primera conclusión es que los resultados anuales desde el 2014 al 2018, evidencian que las concentraciones de PM10, presentan valores ascendentes con promedios por encima de los valores permitidos por los Estándares de Calidad de Aire (ECA) de Perú. Como segunda conclusión nos dice que los valores de Carbono Negro (BC) y Carbono Orgánico (OC), contenidos en el material particulado varían con el tiempo, siendo julio, agosto, setiembre y octubre los meses con los valores más altos. Como tercera conclusión, que el análisis comparativo de los resultados de las cinco zonas de estudio revela que las mayores concentraciones tanto de carbono negro como carbono orgánico se encuentran en la zona del Cercado de la ciudad de Arequipa, con una frecuencia alta entre los años 2014 al 2018.

También concluye que existe correlación entre PM10, carbono negro y carbono orgánico, con coeficientes de correlación aceptables en las cinco zonas de muestreo y constituyen

evidencia de un comportamiento similar de las fuentes que producen carbono negro, carbono orgánico y PM10.

Delgado, M. (2008), en su “Análisis comparativo de la concentración de carbono orgánico (OC), carbono elemental (EC) contenido en el material particulado menor a 10 micrómetros (PM10)” señala que los impactos negativos más conocidos de la contaminación del aire es la reducción de la visibilidad por la absorción y dispersión de la luz por los materiales líquidos y sólidos arrastrados por el aire. No obstante, las maneras menos percibidas por las personas que están expuestas a contaminantes del aire son: el consumo de productos alimenticios contaminados con sustancias tóxicas del aire que se han depositado donde crecen, el consumo de agua contaminada con sustancias del aire, la ingestión de suelo contaminado, y el contacto con suelo, polvo o agua contaminados (p.11). De igual modo, argumenta que la calidad del aire es un criterio muy importante que describe las dinámicas de crecimiento de la población y sus hábitos de consumo, y que en las últimas décadas se ha visto deteriorada por factores como el crecimiento de la industrialización, el parque automotor en capitales sobrepobladas, la mala calidad que se consume de combustibles, entre otros. Es así que, conociendo la calidad de aire mediante parámetros ambientales, esto nos permite tener una herramienta para disminuir el problema desde el origen, tomando conciencia de la necesidad de adoptar medidas de tipo político y tecnológico (p.103).

Para, Zegarra, R. (2018), en su trabajo de titulación, “Determinación de especies vegetales para la captura y retención de material particulado en la zona urbana de la ciudad de Cuenca”. El estudio tiene como objetivo central determinar la capacidad de acumulación de PM en cuatro especies arbóreas (*T. stans*, *S. molle*, *C. citrinus* y *P. balsamifera*). Es importante resaltar que en este estudio se menciona a la especie arbórea del molle, siendo esta una de las especies que la presente investigación también utilizara para lograr los objetivos planteados.

Volviendo al trabajo de titulación, la metodología usada fue la cuantificación del PM depositado en las superficies foliares mediante análisis de separación gravimétrica al igual que se evaluó cualitativamente las características fenológicas con rugosidad y pubescencia para determinar su influencia en la captura, encontrando en las especies analizadas diferencias de acumulación significativas.

¿Y porque PM? La justificación del trabajo nos dice que debido su composición química, estar expuestos al PM es un riesgo de salud pública a nivel mundial, presentando también efectos significativos en la atmósfera y peligro a los ecosistemas en general, además que la capacidad de interacción del PM con la luz puede causar un enfriamiento de la superficie terrestre por el albedo que presentan las partículas, al igual que un calentamiento general por la absorción de luz en la atmósfera, generando cambios dramáticos en el clima. También es posible que cause una modificación en las propiedades de las nubes y alteración del ciclo hidrológico, al actuar como núcleos de condensación para posterior precipitación, con lo cual se puede transportar y depositar en el suelo o cuerpos de agua, afectando los balances de nutrientes, aumentando su acidez, y alterando los ecosistemas, el mayor daño a largo plazo del PM, desde una expectativa más humana, es la reducción de biodiversidad y pérdida de los servicios y bienes ecosistémicos tras su deposición en los distintos compartimentos ambientales (p.15).

Como primera conclusión nos dice que las especies vegetales incluidas en el estudio acumularon material particulado, con un rango de tamaño de 2,5 a 250 μm , sobre sus superficies foliares. La segunda conclusión asegura que la acumulación de material particulado en las superficies foliares dependen de las especies en contraste con este contaminante ambiental. Y por último concluye que las especies nativas *Tecoma stans* y *Schinus molle* resultaron más eficientes en la captura de material particulado.

Arciniegas, C. (2012), en su “Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm_{10} ” nos presenta una revisión con la información más importante referente a contaminantes atmosféricos. Según el Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong (HKEPD), el alto nivel de PM en las zonas urbanas es debido al escape de los vehículos diésel. Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, V, Sb son los principales elementos encontrados por la quema de combustibles fósiles, transformación de metales e incineración de residuos. Los diferentes elementos presentes en la muestra del material particulado pueden estar asociados con materia mineral, aerosol marino, compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno y compuestos de carbono.

Se debe de conocer la composición química del material particulado, ya que tiene relevancia no solo desde el punto de vista de la química de la atmósfera, sino también sobre la calidad del aire que se respira en las ciudades (p.195).

Por otra parte, un estudio de la Universidad George Washington en Estados Unidos (2015), ha descubierto que 4 millones de niños desarrollan asma cada año como resultado de la contaminación del aire, lo que equivale a cerca de 11,000 casos nuevos por día. La mayoría de los nuevos casos ocurren en ciudades donde los niveles de contaminación no respetan el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud, lo que sugiere que el aire tóxico es aún más dañino de lo que se piensa.

Chipoco, J. (2015), en su trabajo de titulación, “Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea *schinus terebinthifolius*”. Señala que el problema actual es la contaminación por emisión de partículas en suspensión, además este contaminante es emitido de una gama amplia de fuentes, que incluyen combustión, minería y construcción, así como tormentas de viento. En cuanto a la Industria, se concentra en la costa del Perú, alrededor del 76 % de los establecimientos industriales se sitúan en Lima Metropolitana, siendo las zonas de mayor concentración los distritos de Callao, Villa el Salvador, Lima Cercado, INDEPENDENCIA, Los Olivos y Comas. También detalla que los principales agentes condicionantes de la contaminación por partículas son el viento, la temperatura y la altitud, los cuales determinan los movimientos de las masas de aire y, por lo tanto, las condiciones de estabilidad o inestabilidad atmosféricas. Por otra parte, menciona que las áreas verdes cumplen una función importante aparte de brindarnos un servicio ambiental significativo, las áreas verdes depuran la calidad del aire al retener material particulado, pero resulta esencial tomar en cuenta el desplazamiento del viento.

Como objetivo central de la mencionada investigación, se tiene el determinar la capacidad de adsorción de partículas atmosféricas sedimentables (PAS) en las especies *Schinus terebinthifolius* (molle costeño) y *Aptenia cordifolia* (señorita). El trabajo de titulación se realizó en el condominio “La Quebrada - Cieneguilla”, ubicado en la provincia de Lima donde los resultados se obtuvieron a partir de una metodología validada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) denominada “placas receptoras”.

La fase experimental consistió en ubicar 13 puntos de monitoreo para luego comparar los resultados de la concentración de PAS con los límites máximos permisibles (LMP), establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Al realizar los análisis de medición se obtuvieron los siguientes valores: el *Schinus terebinthifolius* adsorbió 1.18 mg/cm²/30d de material particulado, mientras que la *Aptenia cordifolia*, adsorbió 0.71 mg/cm²/30d. Además, el *Schinus* y la *Aptenia* superaron el límite de la OMS de 0.5mg/cm²/mes, en 74.82%, seguido de la superficie con *Aptenia* (82.82 %) y la superficie sin cobertura vegetal (136.86%). En síntesis, un sistema conformado por una cobertura mixta entre *Schinus terebinthifolius* y *Aptenia cordifolia* fue más eficiente en cuanto a captura y retiro de PAS del aire. El trabajo de titulación concluye en que un individuo de *Schinus terebinthifolius* de 3 años de edad con una altura de 3.5 m tiene una capacidad de adsorber en promedio 63 g de material particulado durante un periodo de 30 días en época de verano.

Según Paucar, M. (2017), en su tesis titulada: “Eficiencia del servicio Ambiental de las especies HUARANGO (*Caesalpinia spinosa*), NOGAL (*Junglans regia*) y EUCALIPTO (*Eucalyptus Globulus*), en la Quebrada de San Antonio de Pedregal para minimizar impactos de eventos hidrometeorológicos en Chosica” nos dice que para poder asegurar el abastecimiento del recurso hídrico en calidad y cantidad a las generaciones futuras, es preciso incentivar actividades que desarrolle la protección y conservación del servicio ambiental. El uso eficiente de especies forestales que brindan servicios ambientales, en esta tesis se utilizó las siguientes especies; Huarango, Nogal y Eucalipto para minimizar los impactos de eventos hidrometeorológicos en el distrito de Chosica, basándose los últimos acontecimientos ocurridos donde se pudo percibir que es una propuesta factible para contribuir como una mejora para la población beneficiaria directa.

En este contexto, la presente tesis mencionada desarrolla un papel importante en cuánto a las plantaciones forestales, lo que hace que sea considerada como antecedente y discusión en el presente trabajo de investigación. Nos menciona que debido a que se puede denotar una contribución a través de la cobertura vegetal de un árbol o su denominado “follaje”; la intercepción de la precipitación como un mecanismo de capacidad de retención. Por conclusión, es esencial tomar conciencia de la deforestación en los bosques frente al crecimiento poblacional y migración de ciudades que están reduciendo las reservas de agua en el mundo.

La tesis tiene una metodología basada en un muestreo no probabilístico o intencional y una evaluación de cada quince días para ver la evolución de mis especies y su adaptabilidad a la zona de estudio, para determinar cuál de ellas resulto ser más eficiente, se utilizó para la parte estadística la prueba de Shapiro, en las variables cualitativas.

Concluyendo con la tesis nos dice que la especie del Nogal resulto ser la más eficiente gracias a su potencial de adaptabilidad y su rápido crecimiento en el distrito de Chosica y recomienda que debemos de fomentar la siembra de más plantaciones forestales en todo ámbito.

Para Assael, D. (2014), en la publicación de su revista “Plataforma Urbana”, informa que El diario La Tercera publicó un estudio de la Universidad de Exeter, en Inglaterra, nos afirma que el solo hecho de vivir en zonas donde existan áreas verdes, produce un cambio mental y psicológico en las personas más que un aumento de sueldo o unas vacaciones pagadas, a tal punto que las personas que fueron evaluadas presentan menores problemas de estrés laboral, ansiedad y depresión. Lo que nos lleva a concluir, que las áreas verdes influyen directamente en nuestra calidad física y mental.

La presente investigación suscribe varias **teorías relacionadas al tema** las cuales se detallarán a continuación. Entendiendo por **Cambio Climático** que es actualmente el mayor desafío que todos presentamos a nivel global. Cuando se habla de Cambio Climático es preciso definir que se trata del aumento de temperatura promedio del planeta, a causa del incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se vienen emitiendo por las actividades antropogénicas desmesuradas (MINAM, 2019). Algunos expertos pronostican impactos ambientales negativos significantes, pero muchos de esos impactos ya se viven en la actualidad, amenazan la producción de segura de alimentos, se presenta inundaciones catastróficas, entre otros que, de no tomar medidas radicales desde hoy, será mucho más difícil y costoso mitigar y adaptarse a estos efectos en el futuro (ONU, 2018).

De igual manera, se puede entender como Cambio Climático, como su nombre lo indica el cambio de clima asignado indirectamente o directamente a la actividad humana que cambia la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático - CMNUCC, 2015).

Se entiende por **adaptación**, que es la capacidad de respuesta frente al cambio climático. Consta de medidas concretas orientadas a soportar las consecuencias del cambio climático aún sin generar (MINAM, 2018). Por otra parte, no hay que creer que la adaptación es un proceso cercado de realizar, ya que es indispensable pasar por un periodo de transición, para que los sistemas se puedan habituar al nuevo modelo de adaptación (Yepes, 2012).

Al adaptarnos nos referimos a los procesos de ajuste de los sistemas naturales y humanos como respuesta a los estímulos climáticos o a sus efectos, mitigando daños o explotando circunstancias casualmente beneficiosas. También, se conoce como las prácticas, políticas proyectos que estén orientados a hacer frente al cambio climático a fin de prevenir daños futuros irreparables.

Adicionando los dos términos, tenemos como resultado la **adaptación al cambio climático**. El cambio climático puede originarse de forma más activa y pronunciada de lo previsto y tener amplias repercusiones en los sistemas ecológicos y otros muchos aspectos de nuestras vidas y los sistemas humanos. Los sistemas económicos, sociales y ecológicos, deben realizar ajustes en solución al clima cambiante y a las consecuencias del mismo, a fin de disminuir los posibles impactos ambientales negativos. Este llamado “ajuste” de los sistemas humanos y naturales comúnmente se llama “adaptación”. A pesar de que las consecuencias y efectos del cambio climático pueden representar graves amenazas para la vida y los medios de subsistencia, en los países en desarrollo en particular la adaptación al cambio climático no solo genera impactos ambientales negativos sino también, puede generar impactos positivos del punto de vista beneficiosos para incrementar e implementar el aprendizaje social relacionados al clima para la creación de ciudades más resistentes (IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en español).

Otro término que se mencionara a lo largo de la presente investigación es el **PM**, el material particulado, también llamadas partículas en suspensión, son las partículas de 10 micrómetros y 2.5 micrómetros de diámetro, las cuales se consideran como un contaminante formado por material líquido y sólido de un diverso tamaño y composición química que se localiza en el aire (Canales, 2014). Muchos autores señalan que estas partículas se forman por 7 componentes químicos específicos como son; el material geológico, nitratos de amonio, material orgánico, sulfatos de amonio, carbón elemental, sales y elementos trazas.

El tamaño es lo que determina principalmente el tiempo que las partículas permanecen suspendidas en el ambiente. El diámetro aerodinámico de las partículas define el tamaño de las mismas al mismo tiempo que su distribución una vez emitida es relativamente constante (Alfaro et al., 1998). Por otro lado, las partículas en suspensión son las causas de diversas enfermedades respiratorias sobre todo en niños menores y en personas adultas provocando hasta problemas cardiovasculares, y cáncer de pulmón. Algunos estudios de los efectos de los PM a largo plazo indica que se ha estimado que la exposición a estas partículas puede reducir la esperanza de vida entre varios meses y dos años (Comisión Europea, 2005). Estas partículas absorben la radiación solar, volviendo a emitirla en forma de calor en la atmósfera. Asimismo, cuando se hallan sobre nieve o hielo, oscurecen estas superficies, disminuyendo su reflectividad y aumentando la absorción de calor, acelerando así los procesos de fusión. Adicionalmente, alteran las propiedades y la distribución de las nubes y su comportamiento (Factor Co2, 2014).

El presente trabajo de investigación tiene como escenario a las laderas, así que se puede definir como **ladera** aquella superficie mayor de 30° de pendiente, considerándola de mediana y fuerte pendiente en donde se acentúan ocupaciones de viviendas y se desarrolla la infraestructura social y económica convencionalmente para la subsistencia de las personas que habitan en ellas. Pero, estas ocupaciones presentan vulnerabilidad no solo por la fuerte pendiente que presenta la superficie donde se sitúan sino por el tipo de suelo que en muchos casos presenta posibles deslizamientos de rocas que puede causar daños irrelevantes a los bienes de vida que se encuentran en la zona (Caballero, 2011).

El departamento de Lima presenta laderas en todo su litoral costero debido a las formaciones geomorfológicas de muchos años atrás, antiguamente gran parte de la extensión de las laderas presentaba ecosistemas de lomas, donde abundaba la diversidad de especies entre flora y fauna, en la actualidad algunas de estas lomas costeras se puede observar en época de invierno donde debido al clima y la neblina que cubre de verde. Pero, aun así gran parte de las laderas aun presenta un ecosistema árido.

Para concluir, es necesario mencionar cuando existe **contaminación del aire**, cuando la calidad del aire se ve alterada en su composición y presenta una o muchas sustancias extrañas en el tiempo y cantidades determinadas, las cuales pueden ser perjudiciales para la salud de quienes conforman los ecosistemas en el planeta.

El llamado aire puro en realidad no existe, puesto que hay un intercambio constante de materia entre los seres vivos, la hidrósfera, la atmósfera y la litósfera. Sin embargo, es posible que nunca antes la contaminación del aire haya sido tan importante como lo es en la actualidad ya que, las grandes cantidades de sustancias en la atmosfera han sobrepasado la capacidad de equilibrio del sistema en armonía natural (MADARIAGA, 2018, p.6).

La contaminación del aire está estrechamente relacionada con el factor socioeconómico, los problemas de calidad del aire en mayor envergadura son provenientes de la industrialización y de cómo los seres humanos nos hemos convertidos dependientes de los motores de combustión, esto nos aclara porque el incremento sostenido del material particulado y las emisiones gaseosas en la atmosfera, los cuales han recargado la capacidad natural del aire para diluirlos (p.7).

Siguiendo con la investigación se tiene como **problema general**: ¿Cómo las laderas ecosostenibles contribuirán a la adaptación del cambio climático en el Distrito de Independencia, Lima, 2019?, y se ha seleccionado los siguientes **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características de las especies seleccionadas para las laderas ecosostenibles frente al cambio climático en el Distrito de Independencia, Lima, 2019?, ¿Cuáles son los niveles de PM10 en las laderas sin cobertura vegetal y con las especies seleccionadas?, ¿Cuál de las especies es la que mejor contribuye a la adaptación al cambio climático con la implementación de laderas ecosostenibles en el Distrito de Independencia, Lima, 2019?.

A continuación, la **justificación** del estudio. El 1 de marzo del 2019, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció el Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de Ecosistemas 2021-2030 , que debería dar un mayor impulso a los esfuerzos de plantación de árboles. Por tal motivo, el presente proyecto de investigación se basa en los lineamientos que presenta el medio ambiente de la ONU que promueve la plantación de árboles como una forma clave de adaptación al cambio climático e impulsar la biodiversidad basada en la tierra (Christophersen, director de la Subdivisión de Agua Dulce, Tierra y Clima del Medio Ambiente de la ONU). Del mismo modo, se tiene como base los niveles de PM10 del distrito los cuales superan los límites de concentración permitidos, basándonos en esto podríamos decir, que si se disminuye los niveles de PM10 en el distrito, lograremos significativamente mejorar las condiciones de calidad de vida de la población, en base a tener una calidad de aire más aceptable y los miles de beneficios socioambientales que nos brinda el incremento de áreas verdes en zonas urbanas. De igual manera, se basa en la estrategia Nacional ante el Cambio Climático en su visión al 2021 donde plantea que el Perú se adapte a los efectos adversos y aproveche las oportunidades que impone el cambio climático sentando las bases para un desarrollo sostenible bajo en carbono y fomentar el desarrollo de proyectos forestales (MINAM, 2015).

Cabe señalar, que Según el Instituto de Gobernanza y Desarrollo Sostenible (IGSD, por sus siglas en inglés) las emisiones de PM10 son la segunda mayor contribución al cambio climático, por detrás del CO₂, es por tal motivo que dicha propuesta pretende armonizar el escenario presente con un escenario futuro, es decir, cambiar la visión actual de las laderas del distrito de Independencia y reconstruirlas en un ecosistema que brinde servicio ambiental, mediante la selección de 3 especies de árboles como el Molle Serrano, Molle costeño y tara se determinará cuál de ellas es la que posee la mayor capacidad de retención de PM10, para determinar el potencial de cobertura asociado a la captura de PM10 para la Adaptación al Cambio Climático en el Distrito de Independencia.

Por otra parte, los instrumentos y técnicas de esta investigación serán válidos por su rigurosidad, los cuales servirán para estudios a nivel local y regional, por ser una fuente confiable para futuros investigadores.

Como **objetivo general** se define: Determinar cómo las laderas ecosostenibles contribuirán a la adaptación del cambio climático en el Distrito de Independencia, Lima, 2019. Así como también defino los **objetivos específicos**: Evaluar las características de las especies seleccionadas para las laderas ecosostenibles frente al cambio climático en el Distrito de Independencia, Lima. 2019. Evaluar los niveles de PM, en la ladera desnuda y con las especies seleccionadas, para la adaptación al cambio climático, en las laderas ecosostenibles del Distrito de Independencia. Evaluar las especies que mejor contribuye a la adaptación del cambio climático en las laderas ecosostenibles en el Distrito de Independencia, Lima, 2019.

Del mismo modo, se ha identificado como **hipótesis general**, Las laderas ecosostenibles contribuyen a los procesos de adaptación al cambio climático en el Distrito de Independencia, Lima. 2019. Y como **hipótesis específicas** las siguientes; Las características de las especies seleccionadas, contribuyen de manera similar a la adaptación al cambio climático, en las laderas ecosostenibles en el Distrito de Independencia, Lima. 2019. Los niveles de PM, en la ladera desnuda y con las especies seleccionadas, son los mismos. Y El Molle Serrano, es la especie que mejor contribuye a la adaptación al cambio climático en las laderas ecosostenibles en el Distrito de Independencia, Lima, 2019.

I. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El método es cuasi – experimental, ya que los diseños cuasi-experimentales son una derivación de los estudios experimentales, este método es particularmente útil para estudiar problemas en los cuales no se puede tener control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible, aun cuando se estén usando grupos ya formados.

2.2 Operacionalización de variables

Permite identificar cada una de las componentes que están implícitamente relacionadas desde la concepción del título, problemas, hipótesis y objetivos en la definición de las dimensiones e indicadores (Tabla 1) donde se muestra detalladamente la matriz de Operacionalización que es la base de la presente investigación.

TABLA 1: Matriz de Operacionalización

Tipo de variable	VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE	Laderas ecosostenibles	Se consideran laderas ecosostenibles aquellas áreas, que tienen una pendiente mayor de 15%, y que sometidas a una función de producción forestal preservan la biodiversidad sin tener que renunciar al progreso económico y social. (Alfaro Mariela, 2003, p.94)	Se seleccionará una parcela experimental en la ladera del distrito de Independencia en el cual se sembrará 3 tipos de cobertura vegetal con el fin de evaluar su contribución a la adaptación cambio climático	Caracterización de las especies seleccionadas	-Altura -Número de hojas -Diámetro del pecho (DAP) -Color	Razón Razón Razón Nominal
				Niveles de PM, en la ladera desnuda y con especies	PM (ladera desnuda) PM (especies)	Razón
DEPENDIENTE	Adaptación al cambio climático	La adaptación se podría definir como un proceso a largo plazo, integrado y continuo, encaminado a reducir la vulnerabilidad actual y futura al cambio climático. (Econoticias, 2011)	Una vez sembradas las parcelas se iniciará el proceso de evaluación de la tipología de los cultivos. De igual manera se determinara los niveles de PM, en las mismas especies seleccionadas pero con 3 años de antigüedad, con el fin de determinar la proyección de los niveles de PM	Especies con mayor nivel de retención de PM	Comparación de concentración de PM	Razón

Fuente: Elaboración propia, 2019

2.1 Población y Muestra

a. Población:

La Población son las especies de árboles del Distrito de Independencia, datos obtenidos por especialistas en forestación de la Municipalidad de Independencia.

b. Muestra:

Para el análisis de cada muestra de las 3 especies seleccionadas; Molle Serrano, Molle costeño y Tara se utilizaron 10 individuos por cada especie, siendo un total de 30 especies sembradas.

2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

a. **Técnicas:** Las técnicas de recolección de datos utilizado en la presente investigación es la observacional.

b. **Instrumentos:** Para la presente investigación, se generaron instrumentos técnicos para la recopilación datos de cada especie seleccionada y de los niveles de PM. Los instrumentos se adjuntan en los Anexos.

- **Instrumento N° 1: Medición de las características de las especies.** Se registra las mediciones de cada especie de acuerdo al instrumento n°4, con las características fenológicas encontradas en 4 semanas diferentes; desde el sembrado posterior a 20 días para la obtención de 4 mediciones diferentes y así determinar cuál especie es la que presenta mejor adaptabilidad al ambiente de las laderas.
- **Instrumento N° 2: Recolección de datos de PM y medición de PM zona de cobertura existente.** Se registra los datos de PM en las laderas desnudas, se podrá recopilar data de la estación de Meteorología de Senamhi más cercana como la de Carabayllo o investigaciones anteriores del distrito.
- **Instrumento n° 3: Análisis de PM en hojas de las especies existentes.** Registro de concentración de partículas en las hojas de las especies cerca de la zona de estudio que cuentan con más de 4 años de existencia, las cuales pasaran por un análisis de laboratorio para su determinación.
- **Instrumento N° 4: Análisis de PM en hojas de las especies.** Registro de concentración de partículas en las hojas de las especies sembradas mediante análisis de laboratorio.

- **Instrumento N° 5: Ilustración de las medidas de un árbol.** Ilustración que nos sirve de guía para registrar las medidas de las especies.

c. Validación y confiabilidad:

La validación de los instrumentos generados en la presente investigación, se realizará mediante tres (3) expertos en el tema de investigación. En la Tabla 2, se mencionan a los 3 docentes encargados de la validación de los instrumentos, mediante el método de juicio de experto.

Tabla 2: Validación de instrumentos

CARGO O INSTITUCIÓN DONDE LABORA	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	PORCENTAJE (%) DE VALORACIÓN	PROMEDIO DE VALIDACIÓN
Subgerente de Áreas Verdes – Municipalidad de Independencia	Moreno Silva, Carlos	73119	85%	85%
Docente UCV	Ordoñez Gálvez, Julio	89972	85%	
Docente UCV	Peralta, Juan	56071	85%	

Fuente: Elaboración propia, 2019

d. Metodología del trabajo de investigación:

- **Ubicación**

El distrito de Independencia se encuentra en el área norte de Lima Metropolitana cuenta con 14.5 km de extensión y 212,111 habitantes. El 35% de su superficie es de afloramientos rocosos y fuerte pendiente predominando las laderas con 460 hectáreas del total de su extensión. Es ahí donde se ubica el desarrollo de la presente investigación, exactamente en la zona llamada “Santa Rosa” ubicada en el eje zonal Túpac Amaru, como se muestra en la Figura 1.

Ubicación.



Fuente: Google Earth, AutoCAD, Municipalidad de Independencia, 2019
Figura 1. Mapa de localización del área de estudio

- **Características físicas:**

Para determinar las especies seleccionadas en la presente investigación se tomó a consideración las siguientes características físicas y climáticas en la zona de intervención:

a) Topografía

El distrito de Independencia se ubica en la parte baja de la Cuenca Hidrográfica del río Chillón. A nivel geomorfológico, el perfil de la zona donde se ubica el distrito está determinado por la Repisa Continental y la Cordillera Costanera Callao – Carabayllo, formada por planicies, terrazas y colinas entre 0 y 700 msnm. La polución, por las actividades antropogénicas del norte de Lima repercute en el Distrito de Independencia y hace que presente altos niveles de contaminación y sea uno de los distritos más vulnerables frente al cambio climático. Territorialmente el distrito de Independencia está dividido en seis zonas; Túpac Amaru, Tahuantinsuyo, Independencia, El Ermitaño, La Unificada y la zona Industrial, esta última está situada al lado izquierdo del distrito, al lado derecho las zonas planas, semiplanas y de poca pendiente se encuentran completamente urbanizadas; por lo que la expansión urbana se está dando hacia los cerros o laderas originando el crecimiento de las llamadas invasiones que son ocupaciones ilegales de predios en zonas con alto porcentaje de vulnerabilidad hacia deslizamientos.

b) Suelo

En la caracterización geotécnica de los suelos del distrito de Independencia predominan afloramientos rocosos, gravas, limos-arcillas y rellenos no controlados. También existen cárcavas, quebradas de fuerte pendiente y bloques sueltos producto de la erosión esferoidal. Actualmente las viviendas construidas en la zona periférica del distrito notoriamente en su mayoría son de material noble. En la figura 2 se observa el plano del distrito realizado por la Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Peruano Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres CISMID donde se determina el porcentaje de extensión del según el tipo de suelo.

c) Temperatura

El distrito de Independencia presenta un clima semicálido muy seco, con una temperatura media anual entre los 18 ° C y 19 ° C, con variación de 6 ° C.

En los meses de Julio a Diciembre (estación invierno) las laderas se cubren de nubes estrato, la humedad relativa media varía entre 85 y 95 % y también se dan garúas esporádicas en esta estación del año.

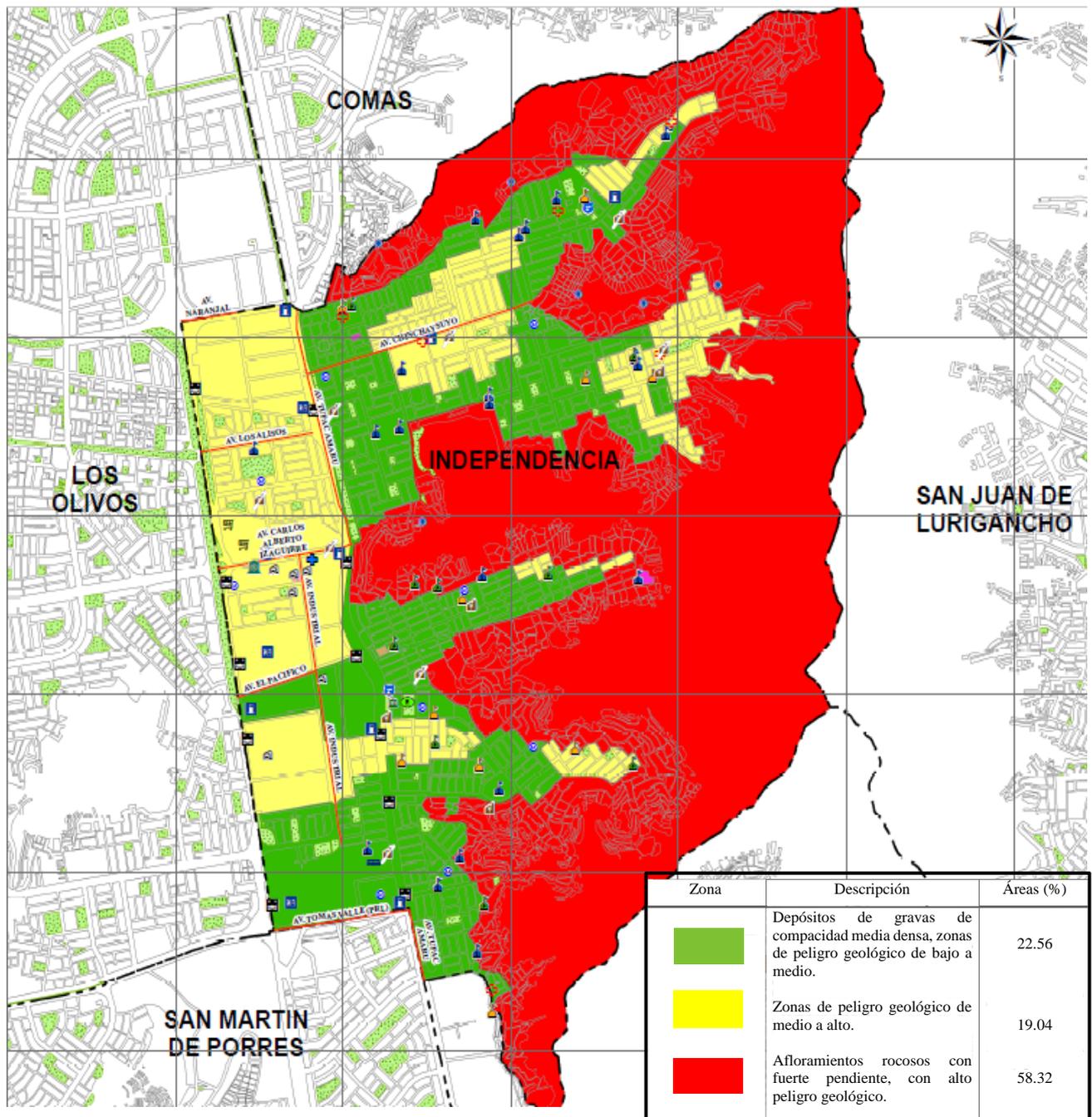
d) Vientos

Durante el día, los vientos van de dirección norte a suroeste y en la noche de suroeste a noreste, la velocidad media es de 2 a 4 m/s. Se puede decir, que al evaluar la baja intensidad en la velocidad de los vientos, favorece que los contaminantes provenientes de la zona centro se estanquen y no se dispersen como debería de ser, sino se sedimenten con más tiempo en las laderas del distrito (Plan de desarrollo concertado del Distrito de Independencia al 2021).

e) Ecosistemas y zona de vida

Es preciso señalar que el distrito de Independencia comparte 143.15 hectáreas de las 237 de extensión de las lomas costeras de Amancaes, ecosistema que actualmente se encuentra en la lista de los 10 más frágiles de lomas en el Perú (Serfor, 2018). Se puede visualizar las lomas en época de invierno, debido a la gran neblina como ya se mencionó en este ecosistema existe una gran variedad de fauna y flora, destacando diversas especies de flores y plantas como es la flor de Amancaes, símbolo de la ciudad de Lima.

Pero, durante las otras épocas del año se puede observar a lo largo de todas las laderas, una zona árida y desértica subtropical, esta característica presenta otros distritos de Lima norte, en donde se puede encontrar la formación vegetal xerofítica. Es decir, las plantas que se adaptan a ecosistemas con poca disposición del recurso hídrico, ambientes secos y no exigen muchos nutrientes en el suelo para su crecimiento (Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres 2017-2021 – PPRRD del Distrito de Independencia).



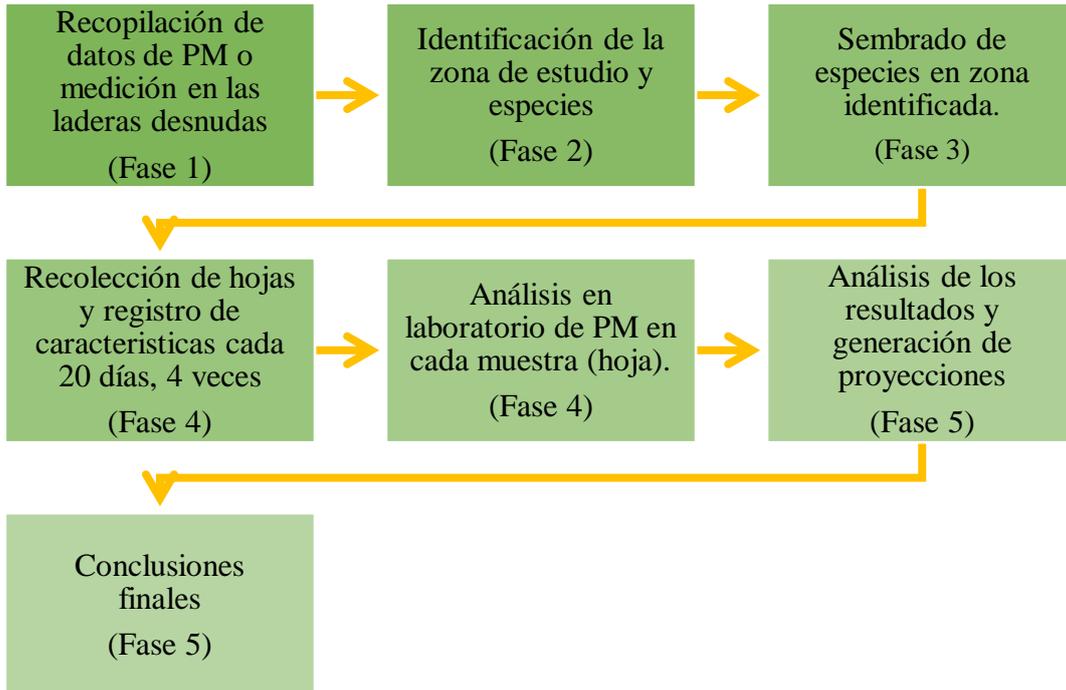
Fuente: CISMID, 2019

Figura 2. Plano de suelo del distrito de Independencia.

- **Metodología**

Procedimiento del trabajo.

Para el desarrollo de la presente investigación, se planteó un esquema de trabajo integral, el cual muestra cada una de las fases planificadas como se muestra en la Figura 3, donde se tiene programado desde la fase inicial (selección de las especies) hasta la fase final (análisis de los datos generados).



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 3. Diagrama de flujo de procesamiento de datos

Métodos de análisis de datos

Toda la información generada en la fase experimental será procesada y analizada utilizando los programas SPSS y Microsoft Excel para el análisis de la estadística. Serán aplicados diversas pruebas a fin de corroborar la hipótesis planteada.

Aspectos éticos

Este proyecto de tesis es de elaboración propia de acuerdo al diseño cuasi - experimental definido en la presente investigación, la cual se realiza a favor de la sociedad, asimismo afirmo mi compromiso en la elaboración y presentación de la propuesta de investigación.



III. RESULTADOS

2.2 Procedimientos

Para el desarrollo de la presente investigación, se han elaborados las siguientes fases:

- **FASE 1: Recopilación de datos de PM o medición en las laderas desnudas**

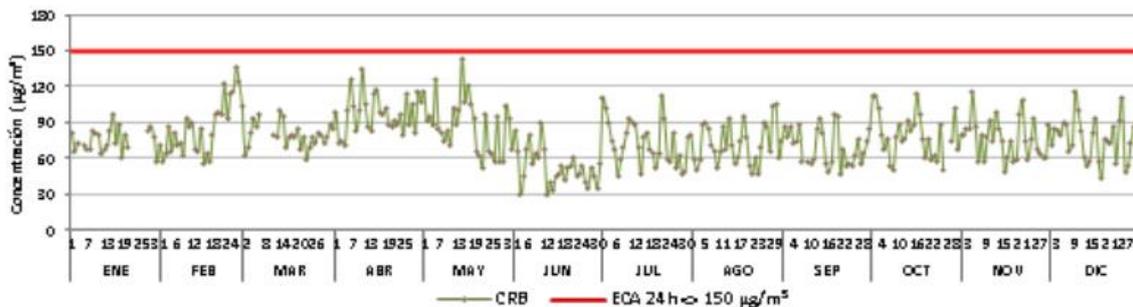
En la primera fase, con ayuda de antecedentes realizado por SENAMHI específicamente de la estación meteorológica de Carabayllo de los niveles de PM, se registró los datos en el instrumento correspondiente (Tabla 3). Cruz Trinidad, Niels (2011) en su Tesis denominada “Lineamientos para el desarrollo urbano del Distrito de Independencia”, nos presenta las concentraciones de los principales contaminantes del distrito de Independencia en materia de contaminación del aire, como se muestra a continuación:

Tabla 3. Concentración de contaminantes en Independencia

Contaminante	Abreviación	Concentración
Material Particulado	PM	199.1 micras/m ³ /24 h
Monóxido de carbono	CO	3026 micras/m ³ /8 h
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	59.9 micras/m ³ /8 h
Dióxido de Azufre	SO ₂	125 micras/m ³ /24 h
Ozono	O ₃	23 micras/m ³ /24 h

Fuente: Senamhi, Municipalidad de Independencia, 2011.

Otra fuente confiable que se tomó a consideración fue el de la estación de Senamhi en Carabayllo donde las concentraciones diarias de PM más elevadas que se registraron fueron los días 26 de febrero y 14 de mayo con 136.2 y 144.0 µg/m³, respectivamente, como se aprecia en la Figura 4.



Fuente: SENAMHI, 2015

Figura 4. Evolución diaria del PM10 en la estación de Carabayllo

Para concluir, con los antecedentes de PM en el distrito, se registró los datos señalados en el Plan de desarrollo local concertado del distrito de Independencia 2011 – 2021. Donde se determinó que los niveles de contaminación están en el rango de **146.3 - 251.9 ug/m³** de promedio horario, estos valores exceden la norma nacional. Del mismo modo se añade que este contaminante es principalmente proviene de las emisiones del parque automotor circulante.

- **FASE 2: Identificación de la zona de estudio y de especies.**

Identificación de la zona de estudio: En la segunda fase se identificó la zona de las laderas donde se sembró, tomando en cuenta la existencia de un sistema de riego por goteo ya que, así se asegurará el correcto riego de las plantaciones. Cabe resaltar, que la ubicación también fue determinada por la existencia de especies de 3 años de edad, las cuales nos ayudaran para una posterior proyección de las concentraciones de PM, esto lo apreciamos en la Figura 5, donde se tiene las áreas seleccionadas con el fin de generar mecanismos de servicio ambientales para la comunidad ubicada a su alrededor.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 5. Zona de estudio identificada

Identificación de especies:

Para la identificación de las especies que se sembraron, se recopiló data de las plantaciones anteriores. PREDES, 2018 nos señala que las especies más adecuadas por el tipo de suelo pueden ser: Molle Serrano, Molle Costeño, Huaranguay, Tara, Mimosa, Palo Verde; Huarango, Tuna y Huaranguillo. De las cuales se seleccionaron tres (3); Molle Serrano, Molle Costeño y Tara, sembrando 10 por cada especie.

- **SCHINUS MOLLE (“MOLLE COSTEÑO”)**

La primera especie seleccionada fue el Molle Costeño, esta especie vive alrededor de 100 años y se adapta a suelos pobres de nutrientes se dice que es una planta muy resistente a la sequía. Dentro de sus características fenológicas se puede observar hojas alternas, siempre verdes paripinnadas de 9–28 cm de largo (Figura 6), contando con 21 a 27 folíolos en cada hoja, fruto de 5 a 9 mm de diámetro, rojizos, con exocarpo lustroso, seco en la madurez.



Figura 6. Especie Molle costeño.
Fuente: Elaboración propia, 2019

- **SCHINUS MOLLE (“MOLLE SERRANO”)**

La segunda especie seleccionada en el presente trabajo de investigación fue el molle serrano (nombre común), esta especie es de rápido crecimiento, cuando es joven crece entre 6 a 8 m en un año y hasta 25 m en su edad adulta. De igual manera, dentro de sus características fenológicas se puede observar que tiene una copa redondeada y abierta, de color verde amarillento, con hojas Imparipinnadas de 15 a 41 folíolos (Figura 7). Cuando alcanza la edad adulta brota flores muy pequeñas y numerosas, de color amarillento. Al igual que el molle costeño esta especie vive alrededor de 100 años

Sus Condiciones de hábitat son ideales para el área de intervención de la presente investigación ya que esta especie no tiene exigencias en cuanto al suelo, tolera texturas pesadas, suelos muy compactados y pedregosos.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 7. Especie Molle Serrano.

- **CAESALPINIA SPINOSA (“TARA”)**

La tercera especie seleccionada fue la Tara, esta especie es muy conocida por su alta capacidad para la reforestación y para la fabricación de tintes industriales. En la actualidad el Perú produce el 80 % del total mundial y es el principal exportador en el mundo.

La TARA es un árbol nativo del Perú, distribuido en toda América Latina, es ideal para suelos como se menciona en la presente investigación, son resistentes a plagas, sequías y enfermedades, acepta suelos pedregosos. Su tamaño mínimo es de 2-5 m y puede llegar a medir hasta 12 m. en su vejez. Sus hojas son de formas ovoides brillantes de color oscuro (Figura 8) Pinnadas o bipinnadas de 6-8 folíolos por hoja. En la mayoría brota flores amarillo rojizo y al tercer año produce frutos.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 8. Especie Tara.

- **FASE 3: Sembrado de especies en zona identificada**

En esta fase se procedió el sembrado de cada una de las especies, cabe señalar, que esta fase fue realizada con la asesoría del personal de la Subgerencia de áreas verdes de la Municipalidad de Independencia. Luego se realizó un seguimiento riguroso al proceso fenológico de cada una de las especies sembradas con el fin de caracterizar su comportamiento y adaptabilidad, brindando la posibilidad de estimar niveles de crecimiento y su relación con la mejora de las condiciones ambientales en la zona de influencia (Figura 9). **Fase experimental – Campo.**

Se usó el palo de bambú para su estabilización y se ató en la parte inferior y superior.



Cada especie se sembró en un agujero de 40 x40 cm

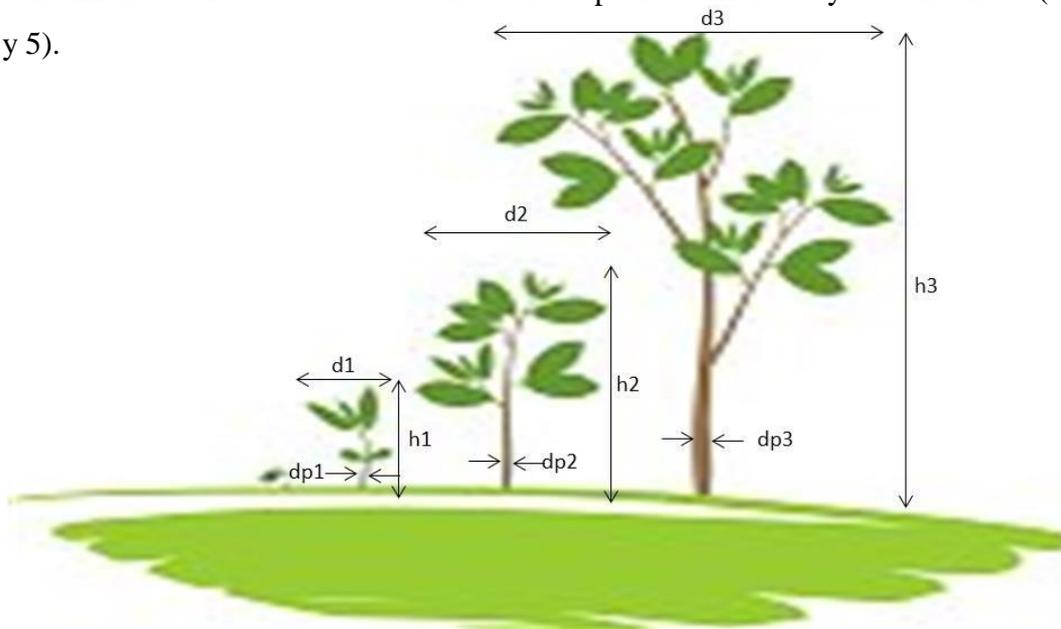


Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 9. Registro Fotográfico de la fase 3₃₁

- **FASE 4: Recolección de hojas y anotación de características cada 20 días, 4 veces en total.**

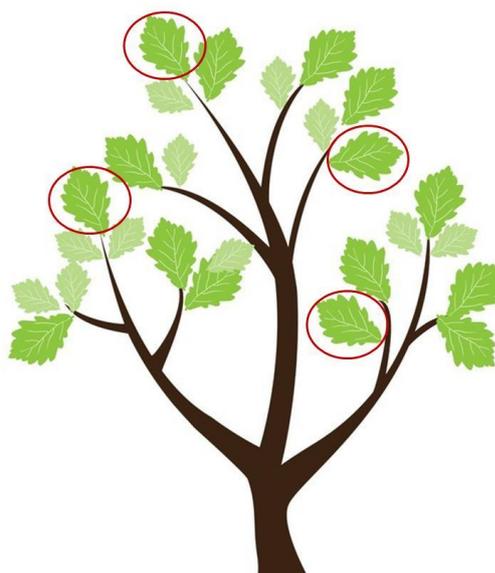
En la Figura 10, se muestra el esquema técnico que se tuvo en consideración para el levantamiento de los datos de cada una de las especies sembradas y las existentes. (Tabla 4 y 5).



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 10. Etapas de la fase de crecimientos

En la cuarta fase se recogerá las muestras de cada especie cada 20 días con un total de 4 veces y se llevaran a laboratorio con el fin de evaluar el nivel de captura de PM de cada una de las especies para una posterior proyección (Figura 11).



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 11. Esquema de toma de muestras de hojas con PM

Se guardaron separadas por cada especie, identificando a las antiguas y nuevas.



Con ayuda de una cinta métrica se realizaron las mediciones de las 3 especies, anotando su altura comercial, altura total, diámetro y se observó el color y número de hojas.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 12. Recojo de muestras y medición de especies

Tabla 4: Medición de las características de las especies sembradas hace 3 meses.

Especies	Altura total (Ht)	Altura comercial (Hc)	Diámetro del árbol (DAP)	Número de hojas(Nh)	Color
SEMANA N°1			DIA: 07/11/2019	HORA: 10:30 A.M.	
Mimosa	2.02 m	53.5 cm	4.2 cm	85	Verde oscuro opaco
Tara spinosa (“Tara”)	86 cm	9.8 cm	1.84 cm	600	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	1.84 m	1.42 m	2.57 cm	135	Verde un poco oscuro
SEMANA N°2			DIA: 14/11/2019	HORA: 1:30 P.M.	
Mimosa		55 cm	4.3 cm	90	Verde oscuro opaco
Tara spinosa (“Tara”)	89 cm	10 cm	1.98 cm	610	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	1.90 m	1.45 m	2.59 cm	139	Verde un poco oscuro
SEMANA N°3			DIA: 21/11/2019	HORA: 12:30 P.M.	
Mimosa	2.30 m	56 cm	4.33 cm	93	Verde oscuro opaco
Tara spinosa (“Tara”)	89.5 cm	10 cm	2 cm	615	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	1.98 m	1.50 m	3 cm	139	Verde un poco oscuro
SEMANA N°4			DIA: 17/11/2019	HORA: 10:30 A.M.	
Mimosa	2.35 m	56.5 cm	4.5 cm	96	Verde oscuro opaco
Tara spinosa (“Tara”)	90 cm	12 cm	2.05 cm	616	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	2 m	1.50 m	3 cm	140	Verde un poco oscuro

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 5: Medición de las características de las especies existentes hace 3 años.

Especies	Altura total (Ht)	Altura comercial (Hc)	Diámetro del árbol (DAP)	Número de hojas (Nh)	Color
SEMANA N°1			DIA: 15/09/2019	HORA: 10:30 A.M.	
Schinus molle (“molle serrano”)	1.10 m	54 cm	6.55 cm	3500	Verde
Tara spinosa (“Tara”)	1.68 m	72 cm	9.6 cm	2500	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	1.96 m	90 cm	11.57 cm	1500	Verde un poco claro
SEMANA N°2			DIA: 06/10/2019	HORA: 1:30 P.M.	
Schinus molle (“molle serrano”)	1.13 m	59 cm	6.58 cm	3500	Verde
Tara spinosa (“Tara”)	1.72 m	74 cm	9.08 cm	2500	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	2 m	93 cm	11.59 cm	1500	Verde un poco claro
SEMANA N°3			DIA: 27/10/2019	HORA: 12:30 P.M.	
Schinus molle (“molle serrano”)	1.20 m	59.5 cm	7 cm	3500	Verde
Tara spinosa (“Tara”)	1.70 m	74.5 cm	9.98 cm	2500	Verde oscuro
Schinus molle (“molle costeño”)	2 m	93 cm	11.59 cm	1500	Verde un poco claro
SEMANA N°4			DIA: 17/11/2019	HORA: 10:30 A.M.	
Schinus molle (“molle serrano”)	1.25 m	60 cm	7 cm	3500	Verde

Tara spinosa ("Tara")	1.75 m	75 cm	10 cm	2500	Verde oscuro
Schinus molle ("molle costeño")	2.03 m	95 cm	12 cm	1500	Verde un poco claro

Fuente: Elaboración propia, 2019

Después de obtener todos los resultados de las mediciones de las especies, en la semana 4 se realizaron las pruebas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, donde con ayuda del método del filtrado se determino el nivel de captura de material particulado de cada especie como se detalla en las figuras 13,14 Y 15.

<p>Especies separadas por número de muestra Total 4 muestras</p>	<p>Primero se pesó el filtro seco en la balanza digital, anotando los valores</p>
	
<p>Las hojas recolectadas se contabilizaron y cada una se colocó en un vaso precipitado anotando su código según nombres.</p>	<p>Con agua destilada se procedió hacer el lavado de las especies con ayuda de una baqueta.</p>

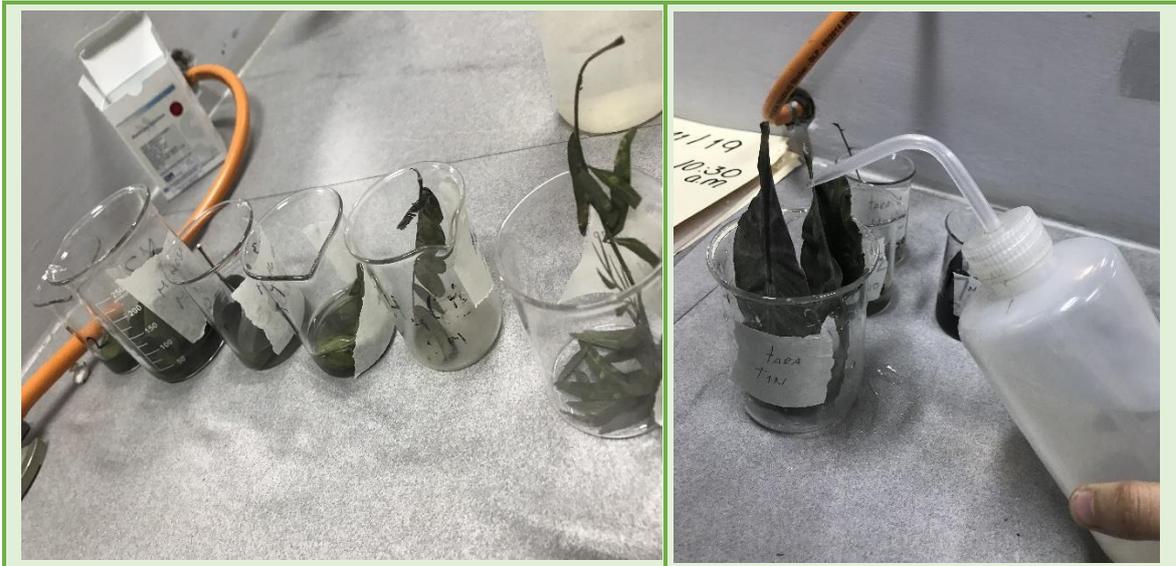


Figura 13. Fase experimental – laboratorio

Seguidamente, se colocó el filtro en forma de cono en el embudo que iba de soporte por el matraz de elermeyer como se puede observar

De 50 segundos a 1.30 min se podía observar el filtrado completado



Fuente: Elaboración propia, 2019



Se retiraron los filtros para volver a colocarlos en los vasos precipitados rotulados para llevarlos a la estufa.

La temperatura de la estufa fue de 105° y las muestras estuvieron un promedio de 1 hora



Figura 14. Fase experimental – laboratorio

Se retiraron las muestras de la estufa con mucho cuidado por el grado de temperatura, se puede observar como quedaron después del secado



Finalmente se pesaron los filtros ya con el material particulado en la balanza digital, se anotaron los datos registrados según las especies para posteriormente realizar los análisis correspondientes.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 15. Fase experimental – laboratorio

- **FASE 5: Análisis de los resultados y generación de proyecciones.**

En la quinta fase se procedió a generar la base de datos con toda la información recopilada durante la fase de campo y gabinetes, con el fin de procesarla y desarrollar los análisis estadísticos. Los datos generados en la investigación fueron analizados con el fin de determinar si su distribución sigue un comportamiento de una distribución normal, para lo cual se aplicó el estadístico del Alfa de Crowunbah.

Con el fin de conocer si la recopilación de los datos de interceptación de los materiales particulado, por las tres especies forestales utilizadas en la investigación (3 meses y 3 años), tienen diferencias, se aplicó el estadístico de T de Student, mediante la aplicación del SPSS, encontrándose como respuesta que no hay diferencias en la recopilación de los pesos del material; debido a que el p valor obtenido es mayor que 0.05. Por último, con relación a la parte de ANOVA, con el fin de conocer si hay diferencias en la recopilación

Fuente: Elaboración propia, 2019
de las muestras de material particulado entre las especies se encontró que no hay diferencias. (Anexo 1).

5.1 Características de las especies seleccionadas para las laderas ecosostenibles frente

al cambio climático en el Distrito de Independencia, Lima. 2019.

Durante la fase de campo se generó información sobre el proceso fenológico de cada una de las especies sembradas en la ladera como se mostró en la fase de recojo de muestras y medición de especies, con el fin de definir su adaptabilidad y niveles de intercepción frente al material particulado que son arrastrados por los flujos de viento en la zona. En las Tablas 6 y 7, se muestran los valores obtenidos durante el periodo de la investigación, para cada una de las especies.

Tabla 6. Datos de crecimiento de las especies sembradas de 3 meses

Toma de muestra	Especies	Altura total Ht (m)	Altura comercial Hc (m)	Diámetro DAP (m)	Número de hojas (Nh)
Muestra 1	Molle C	1.84	1.42	0.0257	135
	Tara	0.86	0.098	0.0184	600
	Mimosa	2.02	0.535	0.042	85
Muestra 2	Molle C	1.9	1.45	0.0259	139
	Tara	0.89	0.1	0.0198	610
	Mimosa	2.13	0.55	0.043	90
Muestra 3	Molle C	1.98	1.5	0.03	139
	Tara	0.895	0.1	0.02	615
	Mimosa	2.3	0.56	0.0433	93
Muestra 4	Molle C	2	1.5	0.03	140
	Tara	0.9	0.12	0.0205	616
	Mimosa	2.35	0.565	0.045	96

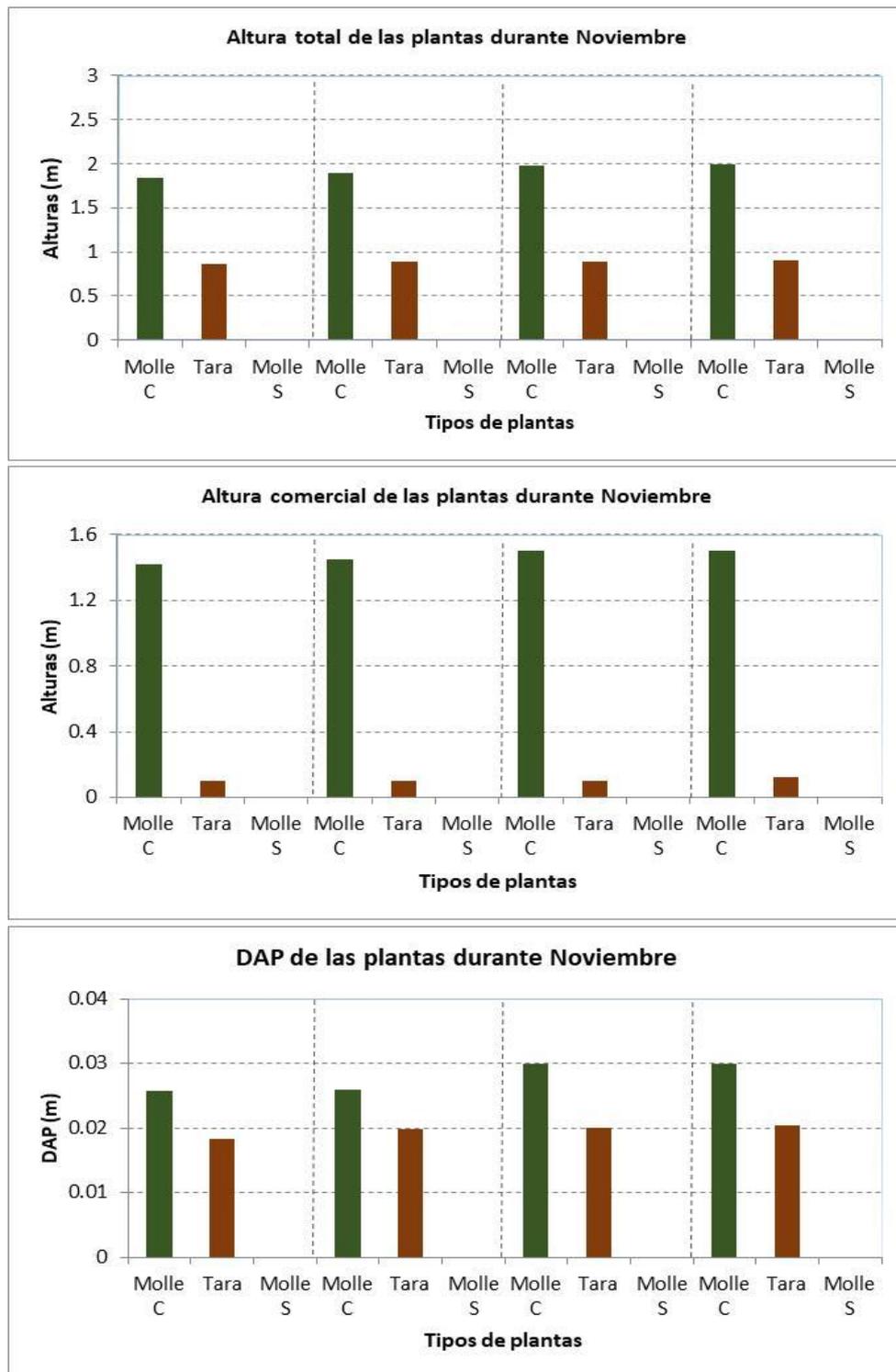
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 7. Datos de crecimiento de las especies sembradas hace 3 años

Toma de muestra	Especies	Altura total (Ht)	Altura comercial (Hc)	Diámetro (DAP)	Número de hojas (Nh)
Muestra 1	Molle C	1.96	0.9	0.1157	1500
	Tara	1.68	0.72	0.09	2500
	Molle S	1.1	0.54	0.0655	3500
Muestra 2	Molle C	2	0.93	0.1159	1500
	Tara	1.72	0.74	0.0908	2500
	Molle S	1.13	0.59	0.0658	3500
Muestra 3	Molle C	2	0.93	0.1159	1500
	Tara	1.7	0.745	0.0998	2500
	Molle S	1.2	0.595	0.07	3500
Muestra 4	Molle C	2.03	0.95	0.12	1500
	Tara	1.75	0.75	0.1	2500
	Molle S	1.25	0.6	0.07	3500

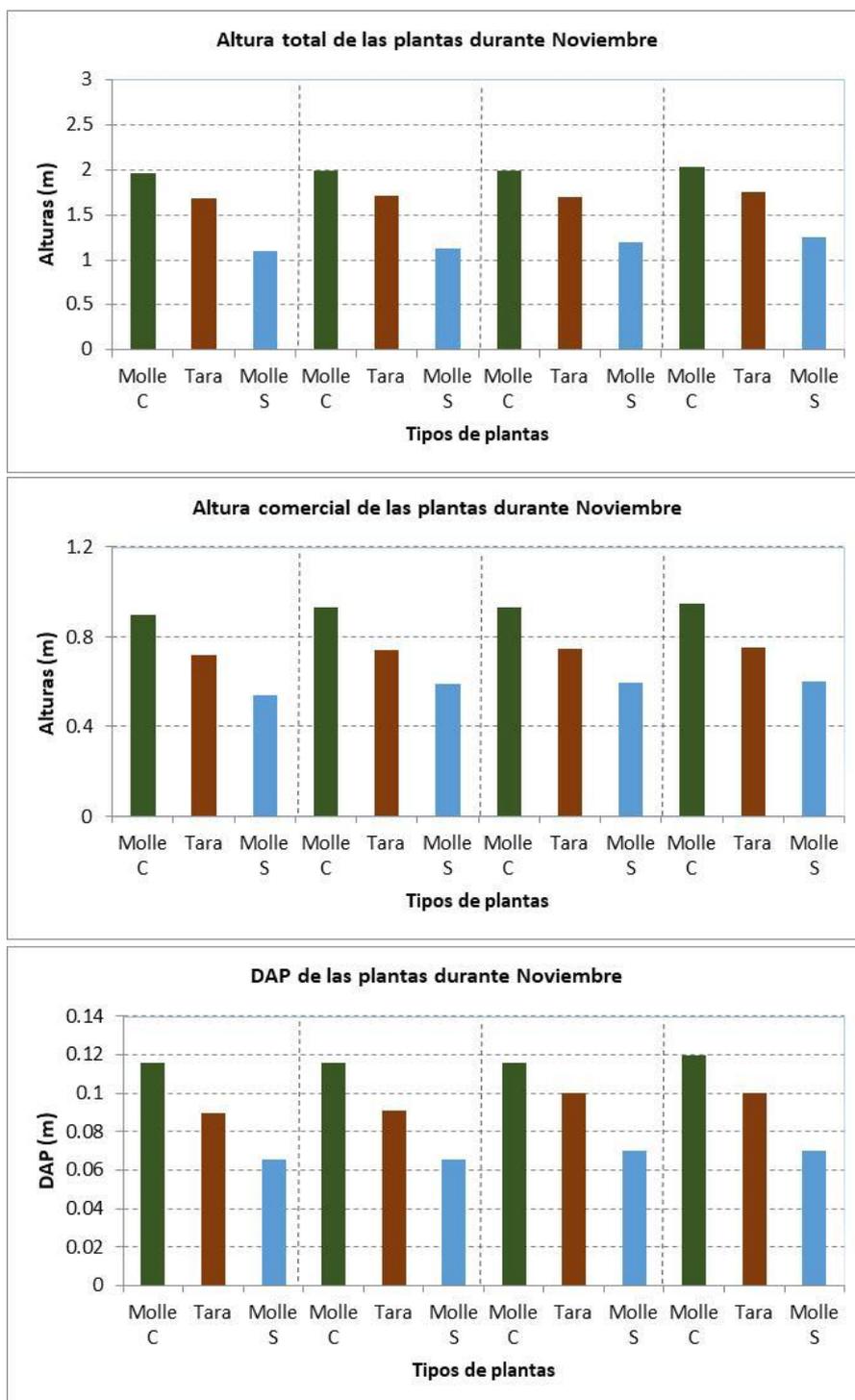
Fuente: Elaboración propia, 2019

En la **Figura 16**, se muestra el análisis comparativo del proceso de crecimiento de cada una de las plantas de 3 meses, apreciándose como se han ido adaptado a la zona de interés tanto del Molle Costeños como el de la Tara; sin embargo, pudimos ver que el Molle Serrano, no logro adaptarse, por lo cual fue reemplazado con otra especie denominada Mimosa.



Fuente: Elaboración propia, 2019

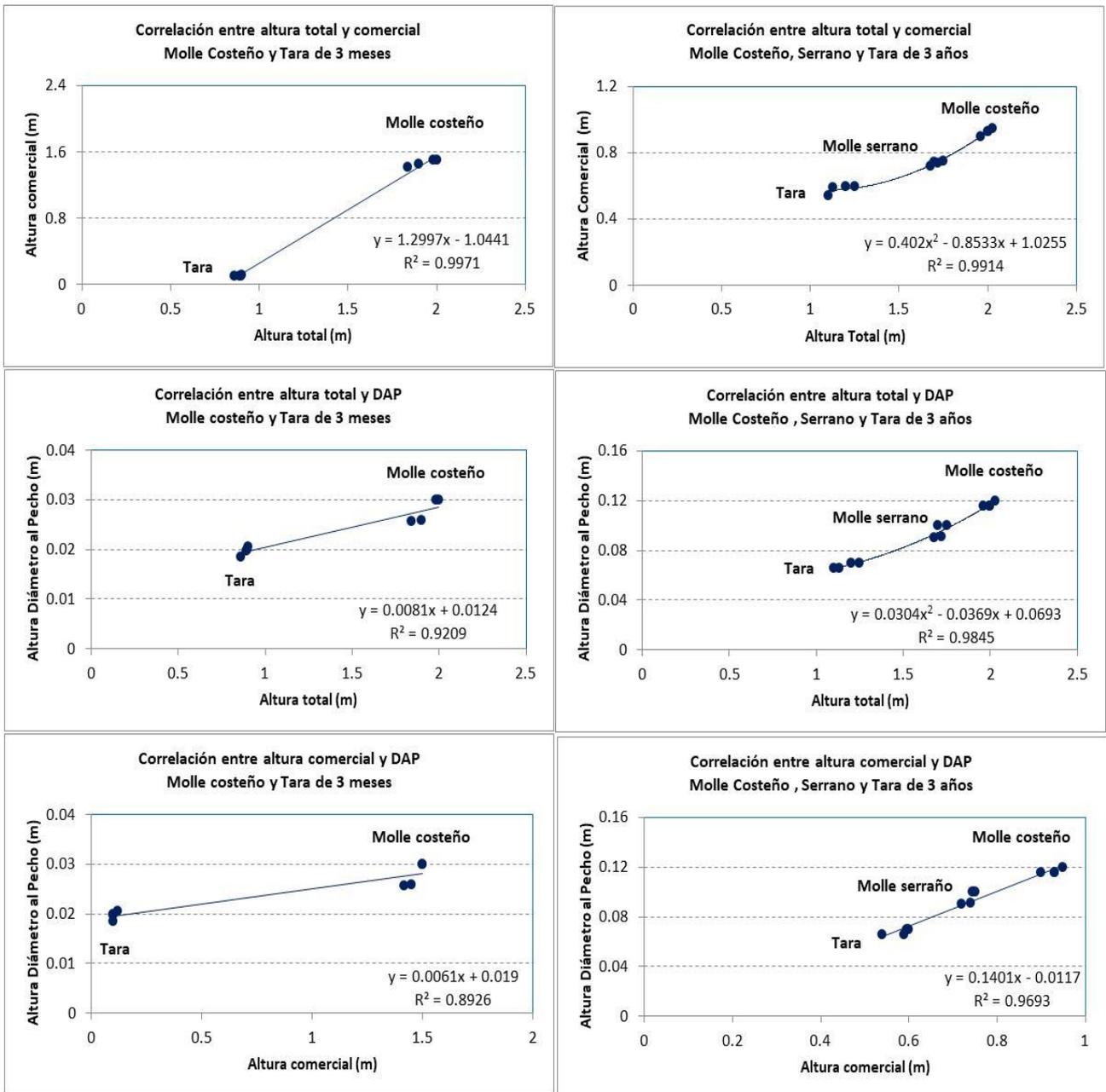
Figura 16. Etapas de crecimiento de las especies sembradas en la ladera 3 meses
 En la **Figura 17**, se muestra el análisis comparativo del proceso de crecimiento de cada una de las plantas que tiene un periodo de maduración de 3 años, apreciándose su rápida adaptabilidad a través de los niveles de crecimiento crecientes, tanto del Molle Costeño y Serrano, como el de la Tara.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 17. Etapas de crecimiento de las especies sembradas en la ladera para 3 años

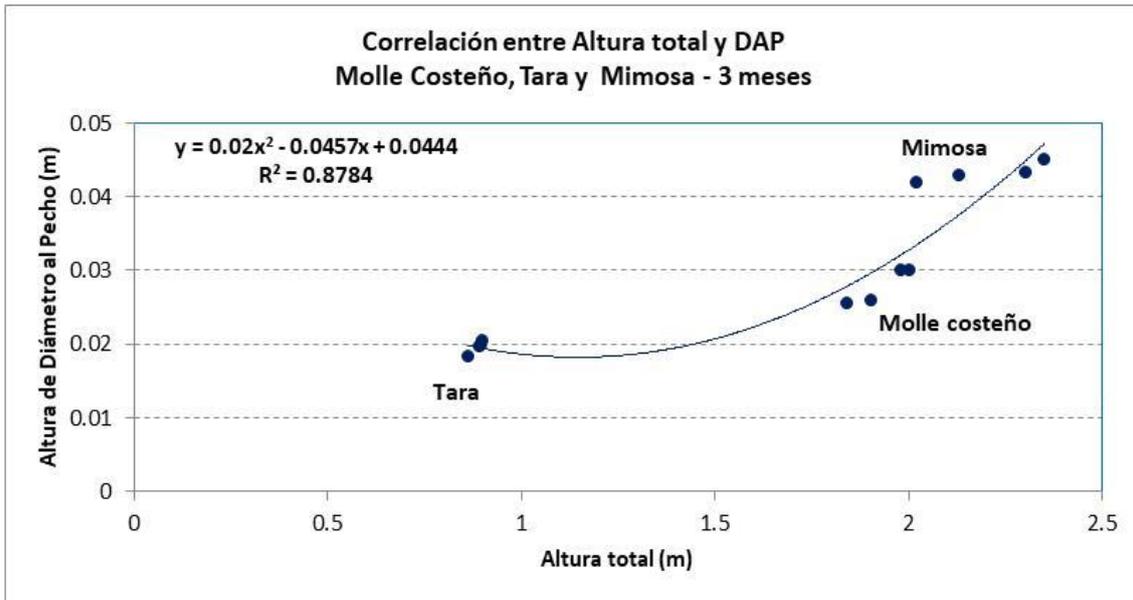
Con la data generada, se han obtenido ecuaciones alométricas para los grupos de especies seleccionadas en función al periodo de tiempo de maduración, encontrándose que para el grupo de 3 meses el ajuste obtenido es de tipo lineal, mientras que para las especies de 3 años, el ajuste es de tipo polinómica de segundo grado. En ambos caso, la Tara se ubica en la parte inferior y el Molle costeño en la parte superior de la curva y el Molle serrano en la parte media de la distribución, como se muestra en la **Figura 18**.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 18. Correlación entre el crecimiento de las especies para 3 meses y 3 años.

En la **Figura 19**, se presenta la relación funcional entre la altura total del árbol y el diámetro a la altura del pecho (DAP), para las especies Molle costeño, Tara y Mimosa, la cual es representada mediante una expresión algebraica de segundo grado. En la distribución de los puntos, apreciamos que la Tara está en la parte inferior, el Molle costeño en la parte central y la Mimosa en la parte superior de la curva.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 19. Relación entre altura total de crecimiento y diámetros a la altura del pecho (DAP), para la Tara, Molle costeño y Mimosa – 3 meses

Con el fin de poder utilizar estas características fenológicas de las especies, recurriendo a identificar las principales ecuaciones alométricas que serán utilizadas para desarrollar los procesos de extrapolación de los escenarios de las actuales coberturas que se vienen manejando en las laderas.

En las Tablas 8 y 9, se muestran las principales ecuaciones alométricas para el Molle, Tara y Mimosa, con las cuales se pretende realizar un proceso de estimación y generar escenario de crecimiento, intercepción de material particulado y su correspondiente mecanismo de sostenibilidad, dentro del entorno de la ladera de independencia.

Tabla 8. Ecuación alométrica del crecimiento de las especies seleccionadas

Especies	Ecuación	R ²	Autor
Molle			(Huamán
Costeño	Altura = -0.0515 (Año) + 2.7642 (Año) - 3.8523	99%	Espinoza, Charo,
Serrano	Altura = 1.0616 (Año) + 0.1073	99%	2017)
Tara	Crecimiento de 8 a 11 cm por año		Robel C. (2012)
Mimosa	Altura = -0.0784 (Año) ² + 1.2192 (Año) + 3.2114	83%	Barriga Gamarra, Carla (2012)

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 9. Ecuaciones alométricas para la biomasa y diámetro altura de pecho para las especies de Molle, Tara y Mimosa

Especies	Ecuación	R ²	Autor
	$DAP = 1.1504 (Altura)^{1.4115}$		
Molle	Biomasa = 0.3437 (Altura) - 0.1215	73%	(Huamán Espinoza, Charo, 2017)
	Biomasa t = 0.8605 (DAP) + 1.3343	94%	(Cynnamon Dobbs et al., 2011)
	Biomasa hoja = 0.1577 + 0.004 (DAP) ² (Altura)	86%	
		80%	
	$DAP = 0.4047 (Altura)^2 - 3.8422 (Altura) + 14.22$	77%	(Apolinario, M., 2019)
Tara	Biomasa t = -190.982 + 61.743 (DAP) - 1.991 (DAP) ²	87%	(Epiquin Rojas, Melisa, 2018)
	Biomasa Vainas = 10.886 (DAP) - 24.705	76%	(De La Cruz Reyes , V., 2014)
	Altura = 1.3694 (Número de hojas) + 27.524	60%	
Mimosa	$DAP = 1.0683 * e^{0.5178 * Altura}$	90%	(Barriga Gamarra, Carla, 2012)

$$\text{Biomasa} = 0.0148 * e^{1.4401 * \text{DAP}} \quad 84\% \quad (\text{Cruz Pablo et al., 2015})$$

$$\text{Biomasa t} = 0.02852 * (\text{DAP})^{2.1325} \quad 98\%$$

Fuente: Elaboración propia, 2019

5.2 Para el segundo objetivo específico; evaluar los niveles de PM, en la ladera desnuda y con las especies seleccionadas, para la adaptación al cambio climático, en las laderas ecosostenibles del Distrito de Independencia.

En la primera fase se determinó mediante antecedentes realizado por SENAMHI y tesis relacionadas al tema de la presente investigación, se concluyó que las concentraciones diarias de PM más elevadas en el distrito se registraron los meses de febrero y mayo con 136.2 y 144.0 ug/m³. Asimismo, se considera como base fundamental el Plan de desarrollo local concertado del distrito de Independencia 2011 – 2021. Donde se señala que los niveles de contaminación están en el rango de 146.3 - 251.9 ug/m³ de promedio horario.

Con el fin de determinar el contenido de material particulado que se deposita en el dosel de las especies seleccionadas, se extrajeron muestras de hojas de cada una de ellas. En la Tabla 10, se muestran las diferentes cantidades de hojas seleccionadas por especies y el contenido en gramos que contienen las cuales fueron obtenidas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo.

Tabla 10. Cantidad de hoja extraída por especies y materia particulado
Recopilados

Toma de muestra	Especies	Número de hojas (Nh)	Material Particulado PM (gramos)
Muestra 1	Molle C	5	0.016
	Tara	15	0.082
	Mimosa	3	0.019
Muestra 2	Molle C	5	0.076
	Tara	13	0.072

	Mimosa	3	0.104
Muestra 3	Molle C	4	0.015
	Tara	20	0.029
	Mimosa	3	0.023
Muestra 4	Molle C	9	0.063
	Tara	10	0.013
	Mimosa	3	0.08

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para cada una de las especies, se determinó el total de hojas que componen el dosel; con el fin de poder determinar la cantidad de material particulado que se intercepta (Tabla 11). Dicho proceso debe estar directamente relacionado con el periodo fenológico de las especies, lo que no llevara a conocer la potencialidad tanto del Molle Costeño, Tara y Mimosa, para capturar las partículas en suspensión y de esta manera contribuir a la mejora de la calidad el aire en la zona de interés.

Tabla 11. Total de hojas por dosel de especie y material particulado total

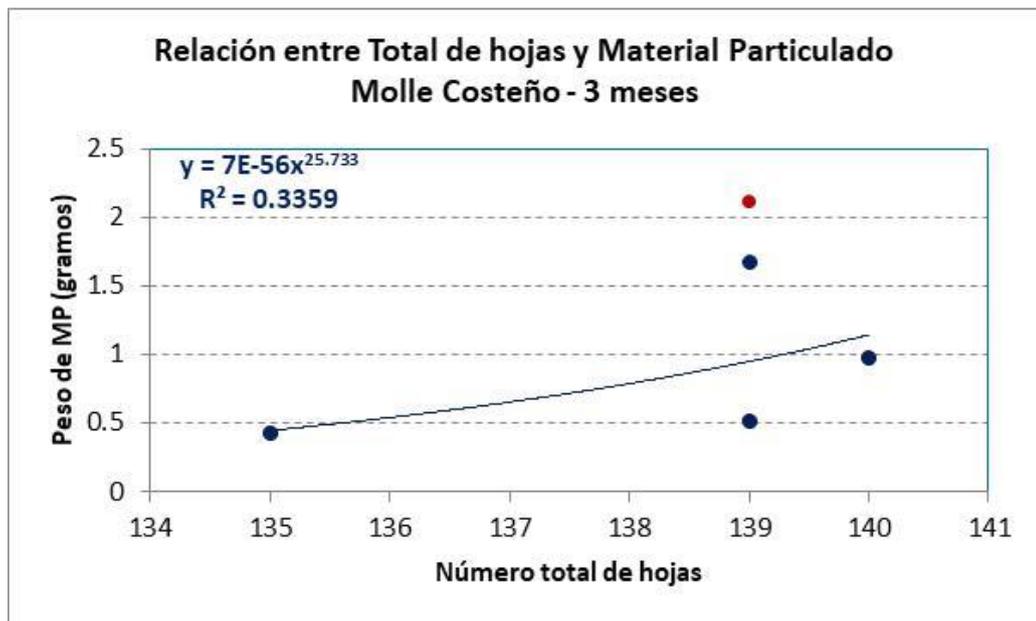
Toma de muestra	Especies	Total de hojas (Nh)	Material Particulado PM (gramos)	Total PM x especie (gramos)
Muestra 1	Molle C	135	0.016	0.432
	Tara	600	0.082	3.28
	Mimosa	85	0.019	0.53
Muestra 2	Molle C	139	0.076	2.11
	Tara	610	0.072	3.37
	Mimosa	90	0.104	3.12
Muestra 3	Molle C	139	0.015	0.52
	Tara	615	0.029	0.89
	Mimosa	93	0.023	0.71
Muestra 4	Molle C	140	0.063	0.98
	Tara	616	0.013	0.8
	Mimosa	96	0.08	2.56

Fuente: Elaboración propia, 2019

Con dicha información, se procedió a determinar las relaciones funcionales para cada una de las especies con el fin de encontrar patrones de comportamiento y poder extrapolar escenarios de comportamiento y ver la viabilidad de cada especie en capturar material

particulado y evaluar su probable sostenibilidad sobre la base de su propio desarrollo fenológico a través de la captura del CO₂ (captura de carbono).

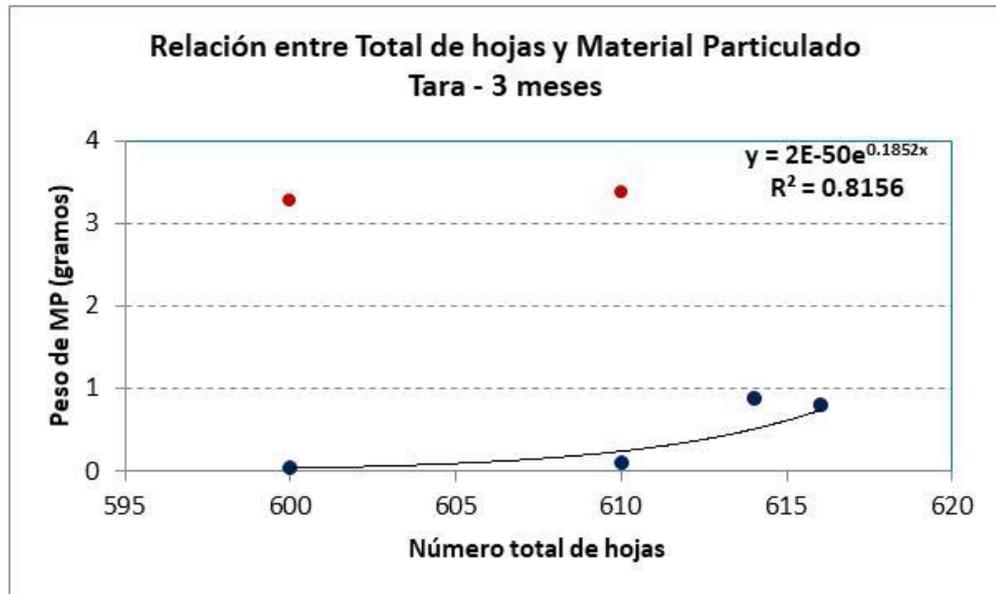
En la Figura 20, se muestra el análisis funcional entre la cantidad total de hojas del dosel y el material particulado interceptado por la especie, con el fin de conocer su variabilidad temporal. Aquí se ha observado que la cantidad de material en suspensión capturado por el molle, para la segunda muestra da un valor muy alto, (color rojo), lo que se explica por ser un dato acumulado desde la primera muestra, habiendo sido corregido a través del ajuste obtenido al realizar la diferencial con la primera muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 20. Relación entre total de hojas del dosel del Molle y peso de material Particulado interceptado – 3 meses

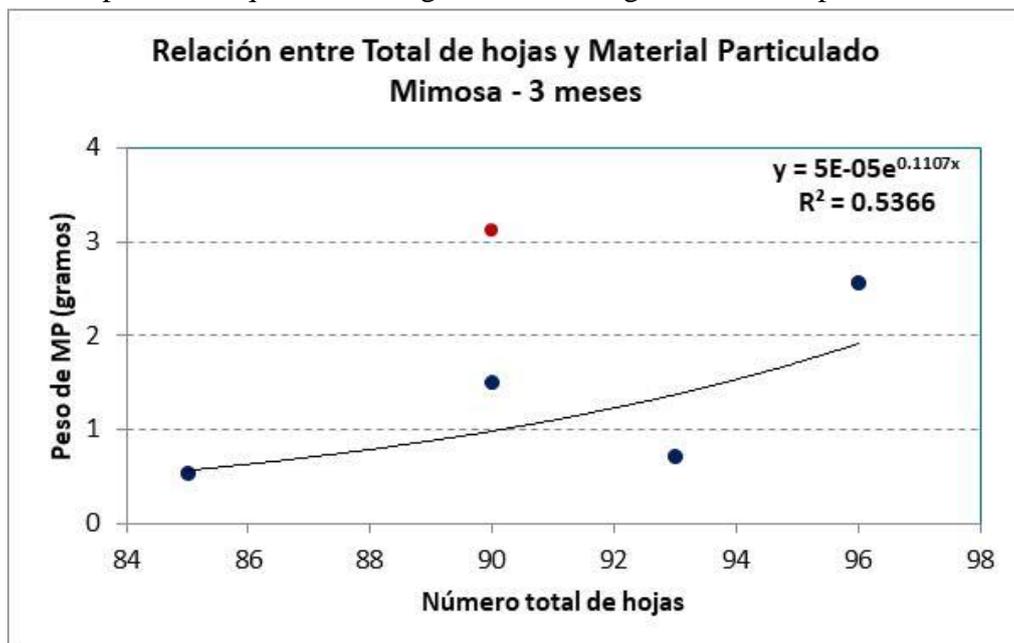
Para la tara, en la Figura 21, se muestra el análisis de relación funcional entre número total de hojas del dosel y el peso de material particulado interceptado durante, apreciándose la distribución de untos analizados se ajustan a una expresión algebraica de tipo exponencial, permitiendo de esta manera poder describir el comportamiento del proceso fenológico de la plata en relación a la interceptación del material en suspensión por el dosel.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Relación entre total de hojas del dosel de la Tara y peso de material Particulado interceptado – 3 meses

Para la Mimosa, los análisis obtenidos entre la relación funcional del número de hojas del dosel y la cantidad de peso de material particulado interceptado, se muestra en la Figura 22, donde apreciamos que el valor registrado en la segunda muestra presenta un nivel muy



alto (punto de color rojo) en relación al comportamiento de las demás muestras, esto debido básicamente a que es un valor acumulado, cuya corrección fue realizada.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 22. Relación entre total de hojas del dosel de la Mimosa y peso de Material particulado interceptado – 3 meses

En relación a las muestras antiguas seleccionadas, las que corresponden a 3 años de vida, se ha realizado el análisis de su capacidad de intercepción de material particulado; para lo cual, los datos obtenidos durante la fase de campo es la que se muestra en la Tabla 16.

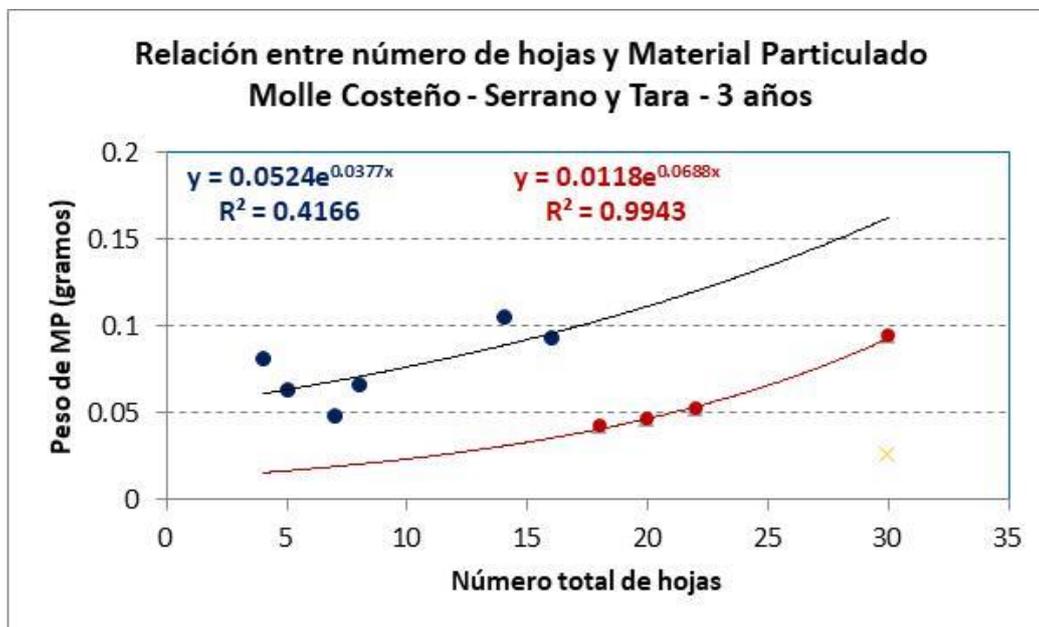
En la Figura 23, se presenta el comportamiento de la relación funcional del número de hojas y la cantidad de peso del material particulado interceptado, observándose claramente dos distribuciones: una de color rojo que engloba al Molle serrano y la Tara de la muestra 3; mientras que la de color azul, contiene al Molle costeño y a la tara de las muestras 2 y 4.

Tabla 13. Material particulado interceptado por números de hojas
Para cada una de las especies seleccionadas

Toma de muestra	Especies	Número de hojas (Nh)	Material Particulado PM (gramos)
Muestra 1	Molle C	5	0.063
	Tara		
	Molle S.	30	0.026
Muestra 2	Molle C	14	0.105
	Tara	16	0.093
	Molle S.	30	0.094
Muestra 3	Molle C	4	0.081
	Tara	18	0.042
	Molle S.	22	0.052
Muestra 4	Molle C	7	0.048

	Tara	8	0.066
	Molle S	20	0.046

Fuente: Elaboración propia, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 23. Relación entre número de hojas y peso de material particulado Interceptado para Molle costeño, serano y Tara de 3 años

5.3 Evaluar las especies que mejor contribuye a la adaptación del cambio climático en las laderas ecosostenibles en el Distrito de Independencia, Lima, 2019.

- **Análisis comparativo**

En la tabla 14 se muestra el promedio del material particulado retenido por cada especie en su totalidad, tomando en cuenta el número total de hojas del árbol. Para la muestra de 3 meses se puede observar que la tara es la de mayor resultado y en la muestra de 3 años con una gran diferencia el Molle Costeño es el de mayor resultado.

Promedio de PM en especies de 3 meses

0.432 g

2.11 g

1.01 g

		Tabla 14. Promedios de PM en especies			
		Promedio de PM en especies de 3 años			
Molle C	0.52 g				
	0.98 g				
Tara	3.28 g	2.08 g		18.9 g	
	3.37 g			11.25 g	
	0.89 g		Molle C	30.37 g	17.7 g
	0.80 g			10.28 g	
	0.53 g				
	3.12 g		1.73 g		14.53 g
Mimosa	0.71 g		Tara	5.58 g	
	2.56 g			20.62 g	
de 3 meses y 3 años.				3.03 g	
Fuente: Elaboración propia, 2019				10.96 g	
			Molle S	8.27 g	
				8.05 g	
				7.57 g	

- **Proyecciones**

El distrito de Independencia cuenta con 460 hectáreas de laderas como se muestra en la figura 24, de las cuales el 60% son aptas para reforestación (Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres, Predes 2018-2022), esto quiere decir que se cuenta con 276 hectáreas de laderas. Utilizando una regla de tres simples con los datos obtenidos por especialistas en forestación de la Municipalidad de Independencia, se realizó el siguiente cálculo:

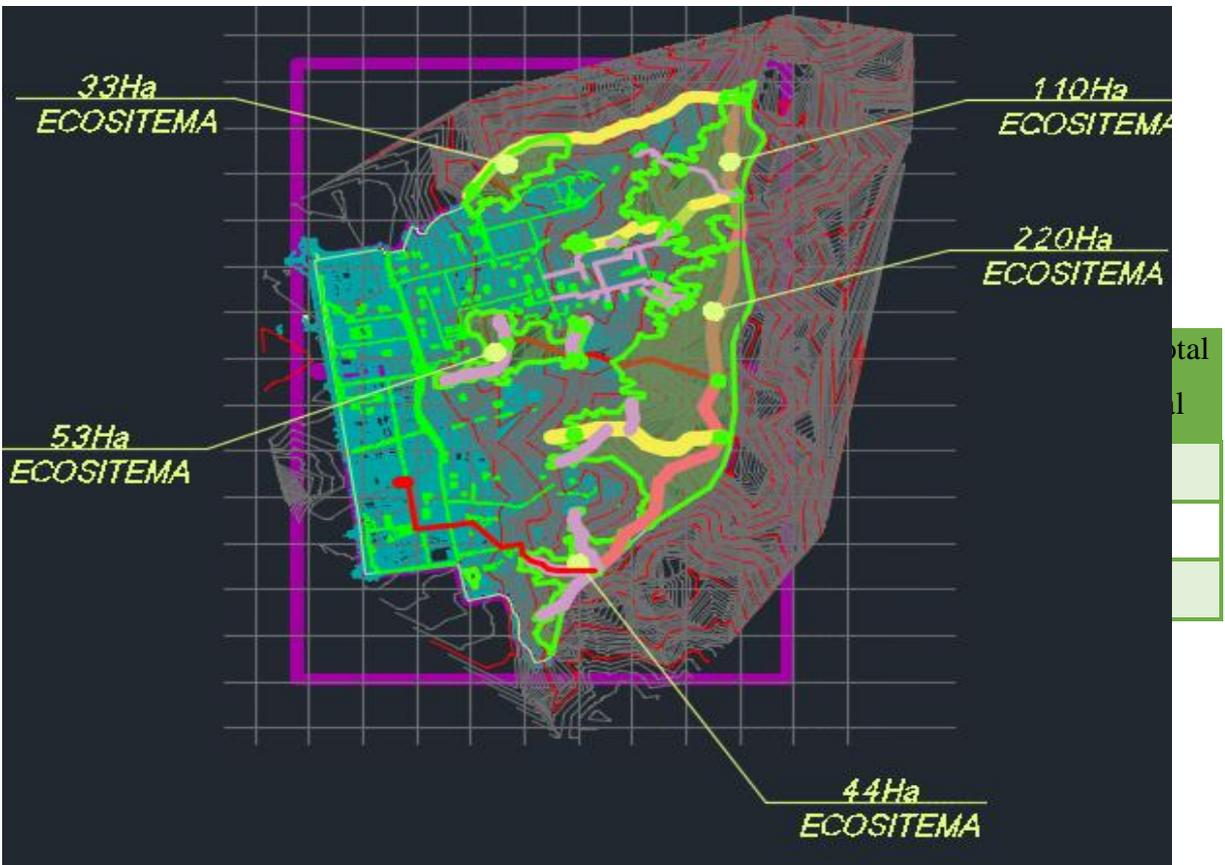
El total de hectáreas de laderas disponibles del distrito de Independencia es de 276 Ha, considerando que:

1 ha = 425 especies

276 ha = 117,300 especies

	Especies proyectadas en unidad	PM Por especie en gramos	PM total de especies en gramos/anual
Molle Costeño	117,300	1.01	118,473
Tara	117,300	2.08	242,984
Mimosa	117,300	1.73	202,929

Fuente: Municipalidad de Independencia, 2019



Fuente: Municipalidad de Independencia, 2019.

Figura 24. Hectáreas de las laderas del distrito de Independencia.

Tabla 15. Proyección de PM en el total de las laderas disponibles.

Fuente: Elaboración propia

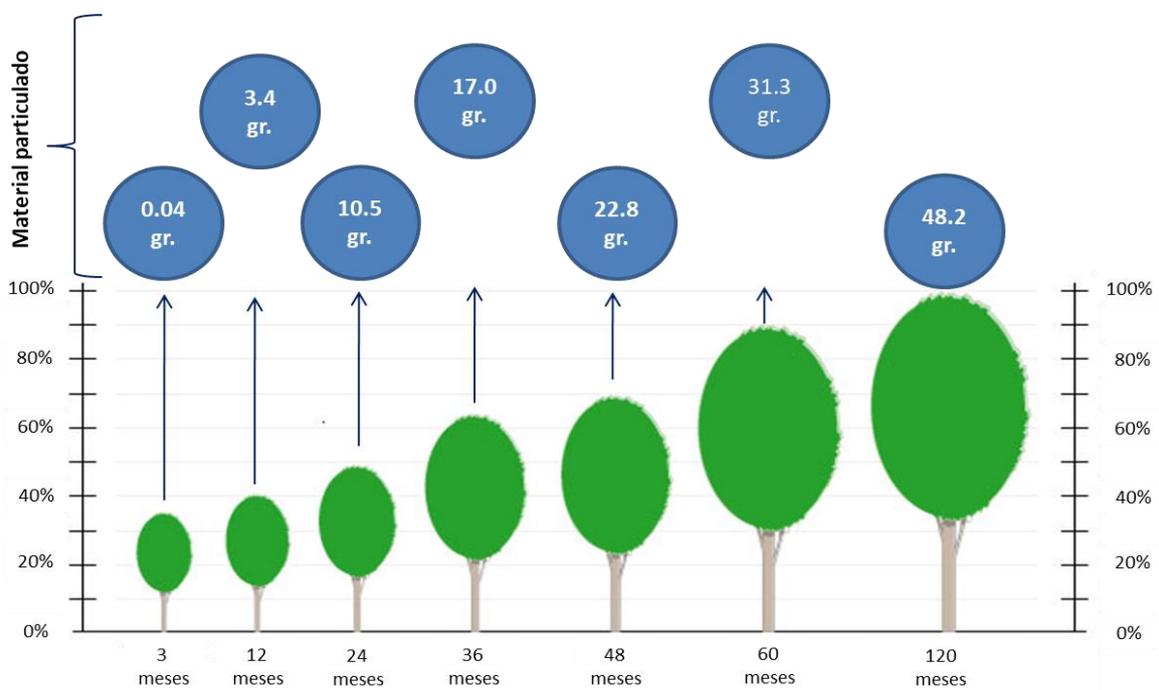
Luego de proyectar el material particulado retenido en las laderas ecosostenibles del Distrito de Independencia, se determinó la concentración de bromosa promedio en las especies seleccionadas, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 16. Proyección de biomasa las laderas ecosostenibles.

Fuente: Elaboración propia, 2019

- **Escenarios**

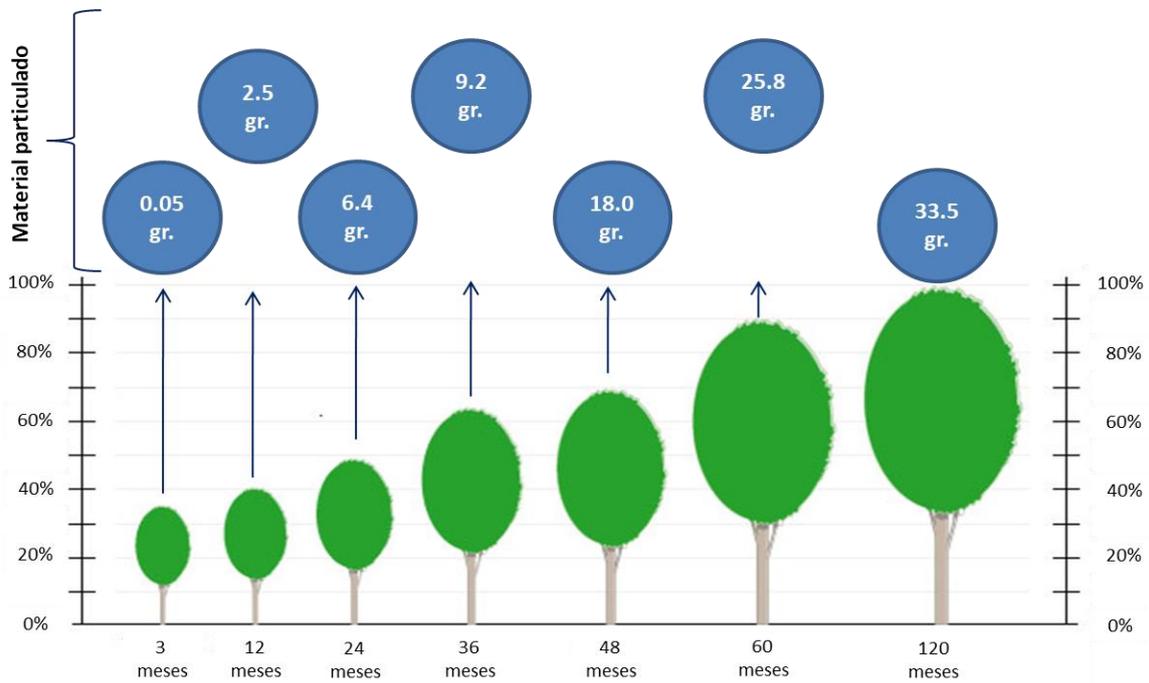
De igual manera, se determinó los escenarios futuros, con un horizonte de evaluación de 10 años de las especies seleccionadas, en la figura 25 el escenario del Molle Costeño, donde se observa que en los 3 meses de sembrado el material particulado retenido es de 0.04g llegando a los 10 años a capturar 48.2g.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 25. Escenario del Molle Costeño.

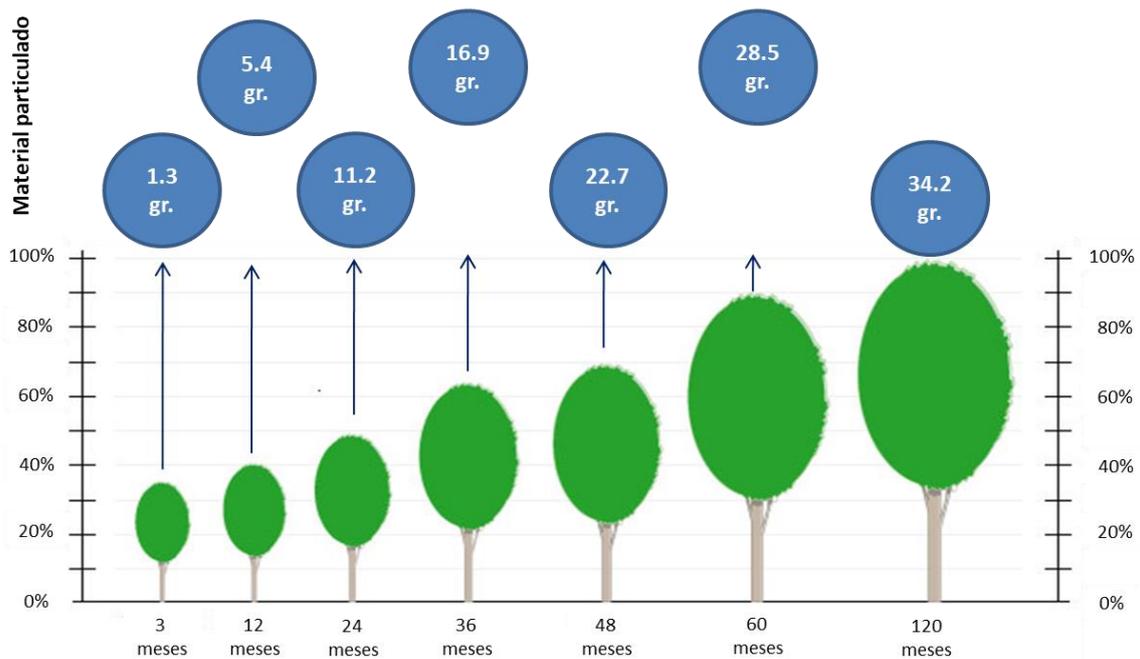
En la figura 26, el escenario para la Tara en donde a los 3 meses de sembrada el material particulado retenido es de 0.05g llegando a los 10 años a capturar 33.5g.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 26. Escenario de la Tara.

En la figura 27, el escenario para la Mimosa en donde a los 3 meses de sembrada el material particulado retenido es de 1.3g llegando a los 10 años a capturar 34.2g



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 27. Escenario de la Mimosa.

- **Sistema de riego**

El abastecimiento hídrico de las especies existentes y sembradas se realiza mediante un sistema de riego por goteo proveniente de la Planta de Tratamiento de aguas subterráneas (figura 28) con un caudal de 1.8 l/s, la PTAR se ubicada en el Entorno Ecológico Sandro Bailón, Parque Forestal San Rosa, Av. Chinchaysuyo del Eje Zonal Túpac Amaru del distrito de Independencia. El sistema de riego cubre una superficie de 2.00 ha.

El requerimiento hídrico por planta es entregado a través de goteros integrados y autocompensados, ubicados en tuberías de polietileno con un espaciamiento de 1 metro, dichos goteros tienen alta uniformidad de flujo y elevada uniformidad de descarga entre los emisores o goteros.

Asimismo, el sistema de riego funciona simultáneamente debido a que se tiene un reservorio de 100 m³ y un caudal de entrega permanente de la PTAR.



Fuente: Elaboración propia, MDI, 2019

Figura 28. Planta de Tratamiento de Independencia.

En la tabla 17 se muestra los tiempos de riego de las especies que se consideran en el Plan de Manejo Forestal de todas las especies que se encuentran en el lugar de intervención.

Tabla 17. Riego de especies

PLAN DE MANEJO FORESTAL 2018-2022 PREDES			
Especies	N° de Plantaciones	Tiempo de riego	Riego
Tara	254	70 min	3 veces por semana
Molle Costeño	379	50 min	3 veces por semana
Molle Serrano	238	50 min	3 veces por semana
Mimosa	297	50min	2 veces por semana

Fuente: Elaboración propia, 2019

- **Beneficios socioambientales:**

El presente trabajo de investigación no solo impacta ambientalmente sino socialmente. El proyecto a larga escala protegerá a la población y sus viviendas frente a deslizamientos que pudieran ocurrir, contribuirá con el ordenamiento del crecimiento urbano del distrito, evitando posibles ocupaciones ilegales en las laderas, generara condiciones para la recreación y el ecoturismo, Controlara la erosión del suelo. Si bien es cierto los árboles son fuente de bienestar físico, biológico, psicológico y social para la comunidad del distrito, embellecerán el paisaje al mismo tiempo que permitirán la conservación e implementación de las actividades turísticas sostenibles, las cuales conllevarán a potenciar y desarrollar este ecosistema frágil para su auto preservación a través del tiempo, donde los pobladores y visitantes puedan disfrutar una serie de actividades recreacionales al aire libre, involucrarse e informarse acerca de la biodiversidad y sobre todo conocer la importancia de las áreas verdes.

En base al diagnóstico de las hectáreas disponibles de laderas se muestra la tabla 18, donde primero se observa el área verde actual habilitado en el distrito de Independencia sobre el número total de habitantes (MDI, 2019) se obtiene 2.85 m² de áreas verdes por habitante. Como se mencionó anteriormente en la presente investigación lo recomendado según la OMS es de 9-15 m²/hab. Luego se observa las áreas verdes con las laderas ecosostenibles, obteniendo 13.01 m²/hab y por último el total sumando el área verde actual más lo posible en un escenario futuro de laderas ecosostenibles, dando como resultado 15.87 m²/hab.

Tabla 18. Riego de especies

Área verde actual	606,302.96 m ²	212,111 hab	2.85 m ² /hab.
Área verde con las laderas ecosostenibles	2,760.000.00 m ²	212,111 hab	13.01 m ² /hab.
Total	3,366,302.96 m ²	212,111 hab	15.87 m ² /hab.

Fuente: Elaboración propia, 2019



VI. DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación, se realizaron 4 muestreos de campo con el fin de poder tener las características fenológicas de las especies tanto de las de 3 años de antigüedad y de las de 3 meses de ser sembradas, siguiendo los criterios señalado en la fase experimental; sin embargo una de las dificultades que se presentó y que tuvo que subsanarse fue que como se encontró 3 especies antiguas, molle costeño, molle serrano y tara, se pretendía sembrar las mismas para una posterior comparación, pero al sembrar el Molle serrano debido a problemas de disposición hídrica, la especie no logró adaptarse por lo cual se tuvo que sembrar la especie Mimosa por recomendación del personal de la Municipalidad asegurando la disponibilidad hídrica mediante la Planta de Tratamiento de Aguas residuales que se dispone. El Molle Costeño y la Tara no tuvieron inconvenientes. Por lo cual, se podría decir que estas especies son las resistentes que el Molle Serrano.

Se buscó generar la mayor cuantificación de las variables fenológicas, las cuales nos permitieron caracterizar los procesos de crecimiento y adaptación, dato importante para desarrollar nuestro modelamiento Alométricos. Para ello, se logró recopilar modelos Alométricos de diferentes especies, que guarden relación directa con el crecimiento y desarrollo del Molle Costeño, Tara y Mimosa.

Gracias a los análisis de resultados se pudo determinar que en la muestra número 1, la especie con más retención de material particulado fue la tara con 3.28g. En la muestra número 2, la especie con más retención de material particulado fue la tara con 3.37g. En la muestra número 3, la especie con más retención de material particulado fue la tara con 0.89g. Y, por último, en la muestra número 4, la especie con más retención de material particulado fue la mimosa con 2.56 g. Concluyendo que la especie con más capacidad de retención es la Tara.

Sin embargo, Zegarra, R. (2018), en su trabajo de titulación, “Determinación de especies vegetales para la captura y retención de material particulado en la zona urbana de la ciudad de Cuenca”. Nos dice que la especie más eficiente para la captura de material particulado es el Schinus molle, ya que su estudio tiene como objetivo central determinar la capacidad de acumulación de PM en cuatro especies arbóreas y concluye que las especies nativas son las más favorables. En la presente investigación el Molle Serrano tuvo inconvenientes para adaptarse y no logro su desarrollo



V. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Las laderas ecosostenibles contribuyen a la adaptación del cambio climático en el Distrito de Independencia, mediante el servicio ambiental que brindan los árboles como es la captura de material particulado y CO₂, se puede afirmar que los árboles urbanos filtran y eliminan eficazmente los contaminantes y partículas. Se puede concluir que la presente investigación contribuye con los lineamientos y la agenda sobre Cambio Climático del Perú, referente a la implementación de reforestación urbanas.
- Se evaluó las características fenológicas de las especies seleccionadas, obteniendo como resultado que las especies de 3 años se adaptaron favorablemente a la zona, ya que los niveles de crecimiento obtenidos fueron crecientes, tanto para el Molle Costeño de 2.03 m de altura, Molle Serrano de 2.25 m y la Tara de 1.75m. Sin embargo, para las especies de 3 meses se pudo observar que el Molle Serrano no logro adaptarse, por lo cual fue reemplazado con otra especie denominada Mimosa la cual logro adaptarse con 2.35 m de altura, el Molle Costeño con 2m y la tara con 90 cm.
- Los niveles de PM que se obtuvo para las 3 especies fueron los siguientes: para el Molle Costeño 1.01 g, la Tara 2.08g y para la Mimosa 1.73 g. Cabe resaltar, que estos datos fueron obtenidos, en primer lugar, analizando las hojas que se recolectaron para el muestro luego se proyectó para el total de hojas de la especie.
- Se determinó que la especie que dio mayores resultados de retención de material particulado fue la Tara con 2.08g por cada árbol. Del mismo, modo se determinó que en un escenario futuro la especie absorbería 67 kg de biomasa al año.



VI. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Obteniendo los resultados finales en el desarrollo del presente trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Con el fin de minimizar dificultades y datos erróneos al momento de realizar el proceso de análisis de resultado se recomienda tener en cuenta; en primer lugar, el sitio donde se sembrará las especies; en segundo lugar, la disponibilidad del recurso hídrico ya que es de gran importancia para la adaptabilidad de las especies y por último el tipo de especie, ya que se debe de considerar información de antecedentes que han utilizado las especies.
- Se recomienda tener en cuenta la velocidad del viento en la zona de intervención, ya que la concentración de material particulado depende de la velocidad del viento, de modo que a bajas velocidades se provoca resuspensión de las partículas de mayor diámetro, y al incrementar la velocidad se emiten las partículas de menor diámetro.
- Las especies que se utilizaron en la presente investigación no tiene exigencias en cuanto a suelo, toleran texturas pesadas, suelos muy compactados y pedregosos y son resistente a plagas, sequías y enfermedades. Si se cuenta con poca disposición del recurso hídrico son ideales.
- Finalmente, se recomienda alentar el desarrollo de estudios y/o investigaciones acerca de forestación urbana. Ya que como se ha mencionada en la presente investigación, estamos en una situación crítica en donde debemos de implementar proyectos forestales como medida clave para la adaptación del cambio climático. Así también, como fomentar una cultura ambiental y concientización de la importancia de contar con suficiente área verde.

IV.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Arciniégas, Cesar. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10. Manizales: Universidad de Caldas, 2012. Disponible en:
- ✓ Canales, Miguel [et al.]. Las Partículas Respirables PM y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v25n6/art03.pdf>
- ✓ Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. [En línea]. Lima: 2015 [fecha de consulta: 24 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/CDAM0000323.pdf>
- ✓ Chipoco, Joel. Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea *schinus terebinthifolius*. Lima: Perú, 2015. Disponible en: <file:///H:/10mo%20ciclo/TESIS/T01-C541-T.pdf>
- ✓ Cardiace, Ana. Shinus molle, 2016. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/reforestacion/pdf/3_anaca4m.pdf
- ✓ Caballero, Elsa (Setiembre, 2011). El Concepto de Ladera Urbana. Revista ciencias espaciales, 43.
- ✓ Dávila, Ronald. Estudio prospectivo de la captura de carbono (CO₂) con la instalación de 200 has de bosques de eucalipto. Huánuco. Universidad Nacional Hermilio Valdizan, 2010.
- ✓ El diario la tercera [en línea]. Lima: 2017 [fecha de consulta: 30 de Abril del 2019]. Disponible en: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/03/06/%C2%BFpor-que-son-tan-importantes-las-areas-verdes/>
- ✓ Forreo, Diana y Delgado, Mayra. Análisis comparativo de la concentración de carbono orgánico (OC), carbono elemental (EC) contenido en el material particulado menor a 10 micrómetros (PM10). Bogotá: Universidad de La Salle, 2008. Disponible en: <file:///H:/9no%20ciclo/TESIS/T41.08%20F761a.pdf>
- ✓ Foro mundial sobre bosques urbanos. Ciudades más verdes, más sanas y más felices para todos: un llamamiento a la acción. Mantova, 2018. Disponible en: <file:///E:/9no%20ciclo/TESIS/bosques%20urbanos.pdf>

- ✓ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en español), Tercer Informe de Evaluación. 2010. Disponible en: [file:///C:/Users/razorsa/Downloads/M%C3%B3dulo%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Mitigaci%C3%B3n%20del%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20\(revised\)%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/razorsa/Downloads/M%C3%B3dulo%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Mitigaci%C3%B3n%20del%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20(revised)%20(2).pdf)
- ✓ Madariaga, Zacarías. Estudio de concentración de carbono negro (Bc) y carbono orgánico (Oc) contenido en el material particulado menor a 10 micrómetros (PM10). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. Disponible en: <file:///H:/9no%20ciclo/TESIS/QUMmacoz.pdf>
- ✓ Ministerio del Ambiente. El Perú y el cambio climático, 2016. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- ✓ Ministerio del Ambiente. Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático, 2015. Disponible en: <http://euroclimaplus.org/intranet/documentos/repositorio/Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20de%20Adaptaci%C3%B3n%20y%20Mitigaci%C3%B3n%20frente%20al%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>
- ✓ Ministerio del Ambiente. Estrategia Nacional ante el Cambio Climático, 2015. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>.
- ✓ No nos queda más tiempo. Avances y retos de las contribuciones nacionalmente determinadas en Perú, Bolivia y Ecuador, 2019. P.23-32.
- ✓ Partículas en suspensión PM10 [en línea]. Lima: 2018 [fecha de consulta: 15 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/5686/particulas-en-suspension-pm10/>
- ✓ Predes. Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres 2018-2022. Distrito de Independencia, 2018.
- ✓ Roa, Diana y Moreno, Nicolás. Curvas de crecimiento y análisis de rasgos funcionales de especies arbóreas y arbustivas del área de propagación vivero “La Florida”. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017. Disponible en: [file:///C:/Users/WMAITA/Pictures/Boyer%20-%20RoaFierroDianaCarolina2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/WMAITA/Pictures/Boyer%20-%20RoaFierroDianaCarolina2017%20(1).pdf)
- ✓ Relación entre el cambio climático y la contaminación del aire [En línea]. Lima: 2018 [fecha de consulta: 16 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/relacion-cambio-climatico-contaminacion-del-aire/>

- ✓ Sánchez, Alejandro. Impacto del Cambio Climático en la salud. España: Universidad Complutense, 2017. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ALEJANDRO%20SANCHEZ%20SLVESTRE.pdf>

- ✓ Sánchez, Mario. Características fisicoquímicas de los gases y partículas contaminantes del aire. Su impacto en el asma. Cartagena: Universidad de Antioquía, 2012. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iat/v25n4/v25n4a07.pdf>

- ✓ Todo sobre la tara, 2015. Disponible en: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/b3c71f39d9c60acf d2fd4785095f28b9.pdf>

- ✓ Yépez, Adriana. Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra. Brasil: Universidad de Sao Paulo, 2012. Disponible en: <file:///H:/9no%20ciclo/TESIS/Dialnet CambioClimaticoEstrategiasDeGestionConElTiempoEnCo-4028626.pdf>

- ✓ Zegarra, Ronny. Determinación de especies vegetales para la captura y retención de material particulado en la zona urbana de la ciudad de Cuenca. Ecuador: Universidad de Ceunca, 2018. Disponible en: <file:///H:/9no%20ciclo/TESIS/Trabajo%20de%20Titulacio%CC%81n.pdf>



ANEXOS

ANEXO 1

Análisis estadístico

Los datos generados en la investigación, concernientes a los pesos del material particulado interceptados por las hojas de las especies seleccionadas (Tabla 19), fueron analizados con el fin de determinar si su distribución sigue un comportamiento de una distribución normal, para lo cual se aplicó el estadístico del Alfa de Crowunbah, para lo cual el p valor a determinarse tiene que ser mayor a 0.05.

Tabla 19. Datos de material particulado por especie y tiempo

Tipo	MC	T	M
Nueva	0.016	0.082	0.019
Nueva	0.076	0.072	0.104
Nueva	0.015	0.029	0.023
Nueva	0.063	0.013	0.08
Vieja	0.063	0.015	0.026
Vieja	0.105	0.093	0.094
Vieja	0.081	0.042	0.052
Vieja	0.048	0.066	0.046

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20, se muestra los resultados generados mediante la aplicación del SPSS, para obtener el Alfa de Crowmbach, para lo cual hemos seleccionado la prueba de Shapiro Wilk, por tener solo 08 datos. Los valores encontrados para el p valor (Sig), cada uno de ellos son superiores a 0.05; con lo cual podemos afirmar que los datos generados, tienen una distribución normal, por ende se utilizó la estadística paramétrica..

Tabla 20. Prueba de Normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MoCos	,184	8	,200*	,936	8	,572
Tara1	,180	8	,200*	,920	8	,431
Mimosa	,218	8	,200*	,880	8	,188

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con el SPSS

Con el fin de conocer si la recopilación de los datos de interceptación de los materiales particulados, por las tres especies forestales utilizadas en la investigación (3 meses y 3 años), tienen diferencias, se aplicó el estadístico de T de Student, mediante la aplicación del SPSS, encontrándose como respuesta que no hay diferencias en la recopilación de los pesos del material; debido a que el p valor obtenido es mayor que 0.05.

Tabla 21. Aplicación de la Prueba T Student para material particulado

Estadísticas de muestra única				
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
VAR00009	24	,055125	,0305775	,0062416

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
VAR00009	8,832	23	,000	,0551250	,042213	,068037

Fuente: Elaboración propia con le SPSS

Con relación a la parte de ANOVA, con el fin de conocer si hay diferencias en la recopilación de las muestras de material particulado entre las especies, los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 21, encontrándose que no hay diferencias.

Tabla 22. Análisis del ANOVA a las muestras de material particulado

ANOVA					
VAR00009					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	,094	,911
Dentro de grupos	,021	21	,001		
Total	,022	23			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Análisis de ANOVA entre grupos del material particulado

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00009

HSD Tukey

(I) VAR00007	(J) VAR00007	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,0068750	,0159291	,903	-,033275	,047025
	3	,0028750	,0159291	,982	-,037275	,043025
2	1	-,0068750	,0159291	,903	-,047025	,033275
	3	-,0040000	,0159291	,966	-,044150	,036150
3	1	-,0028750	,0159291	,982	-,043025	,037275
	2	,0040000	,0159291	,966	-,036150	,044150

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "LADERAS ECOSOSTENIBLES PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, LIMA 2019", cuyo autor es BOYER VÁSQUEZ VERÓNICA ANDREA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 07 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO DNI: 08447308 ORCID: 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 07- 12-2022 08:36:27

Código documento Trilce: TRI - 0477384