



ARTÍCULO ORIGINAL

**DIAGNÓSTICO DE SUELOS CON FINES DE REFORESTACIÓN CON  
*Pinus patula* EN UNA CUENCA DEL NORORIENTE PERUANO**

DIAGNOSIS OF SOILS FOR REFORESTATION WITH *Pinus patula* IN A  
WATERSHED IN NORTHEASTERN PERU

Lily Juárez<sup>1</sup>  Jhonsy Silva<sup>1</sup>  Jesús Rascón<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú.

**Correspondencia:**

Jesús Rascón Barrios

jesus.rascon@untrm.edu.pe

**Para citar este artículo.** Juárez, L., Silva, J., & Rascón, J. (2022). Diagnóstico de suelos con fines de reforestación con *Pinus patula* en una cuenca del Nororiente peruano. *Advances in Science and Innovation*, 1 (1),

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue identificar suelos aledaños a la cuenca del río Ventilla, Molinopampa, Amazonas, Perú con fines de reforestación con *Pinus patula*. Se evaluaron suelo y agua para cuencas hidrográficas mediante la plataforma Soil Grids; se usó el software ArcGis a escala 212000. La cuenca cuenta con áreas que presentan suelos profundos, con rangos de pH que oscilan entre 5 a 6.5 y con precipitación mayor a los 1000 mm y suelos ricos en materia orgánica, los cuales son apropiadas para el establecimiento de plantaciones con *Pinus patula*. La zona norte y noreste de la cuenca presentan las condiciones edafoclimáticas con características óptimas para la reforestación de esta especie forestal. A través de la reforestación, se pretende conservar el colchón hídrico de la cuenca hidrográfica, prevenir la erosión de suelos, regular el clima, respaldar la fauna y flora silvestre y conservar el medio ambiente.

**Palabras clave:** ArcGis, pH, reforestación, Soil Grids, *Pinus patula*

**ABSTRACT**

The objective of this study was to identify soils near the Ventilla river basin, Molinopampa, Amazonas, Peru for reforestation purposes with *Pinus patula*. Soil and water for hydrographic basins were evaluated using the Soil Grids platform; ArcGis software was used at a 212,000 scale. The basin has areas with deep soils, with pH ranges ranging from 5 to 6.5 and with precipitation greater than 1000 mm and soils rich in organic matter, which are appropriate for the establishment of plantations with *Pinus patula*. The northern and northeastern areas of the basin present edaphoclimatic conditions with



optimal characteristics for the reforestation of this forest species. Through reforestation, it is intended to preserve the water cushion of the hydrographic basin, prevent soil erosion, regulate the climate, support wild fauna and flora, and preserve the environment.

**Keywords:** ArcGis, pH, reforestation, Soil Grids, *Pinus patula*

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2020), se estima que se han perdido 420 millones de hectáreas de bosques en todo el mundo debido a la deforestación desde 1990; sin embargo, este ritmo ha disminuido considerablemente. En el último quinquenio (2015-2020), la tasa anual de deforestación se estimó en 10 millones de ha, en comparación con los 12 millones de ha del período 2010-2015. Por otra parte, 93 % (3 750 millones de ha) de superficie forestal en todo el mundo está compuesto por bosques regenerados naturalmente y 7 % (290 millones de ha) es plantado.

Zamora et al. (2020), diagnosticaron la situación actual y los cambios en la cobertura y uso de suelo de la microcuenca Tula, México por medio del análisis espacial, concluyendo que la cobertura con mayor cambio fue la forestal con 63 %, el 52 % del área forestal se transformó en área agrícola; además, la población aumentó a 14 %, lo que traduce en que la deforestación fue debida para producir bienes, para satisfacer necesidades de la población, porque no había políticas públicas que regularan el aprovechamiento de los recursos forestales.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2017 como se citó en Orellana, 2018), afirma que, a causa de la actividad antrópica, la concentración de gases de efecto invernadero, la presencia de cambios en el clima está teniendo impactos ambientales en los bosques. En América

Latina los bosques representan un patrimonio natural invaluable, proveen una gran diversidad de servicios ecosistémicos.

La reforestación en los bosques colabora con el ciclo hidrológico, las condiciones ambientales, previene o disminuye los fenómenos de degradación, erosión e inundación; por lo que es de gran importancia la conservación de estos ecosistemas, para los territorios donde estos se encuentran (Sánchez, 2018).

Por otra parte, la selección de especies adecuadas para plantar es uno de los factores más importantes en actividades de forestación o reforestación para el desarrollo e interplantación de bosques (Mahdavi et al., 2017).

Las plantaciones forestales en América del Sur son en su casi totalidad especies introducidas, entre las que se destaca el *Pinus patula* en este caso, es necesario conocer los requerimientos y las condiciones del terreno, para obtener altos rendimientos en rotaciones sucesivas. Como el pino crece rápido y se adapta a los suelos degradados en muchos lugares, se utiliza mucho en reforestación por su aprovechamiento de la madera después de 20-25 años (Oliva et al., 2016).

*El Pinus patula* Schiede ex Schldl. et Cham. es una especie endémica de México, importante tanto desde el punto de vista ecológico como comercial; se utiliza en los programas de reforestación debido

a su gran abundancia, productividad y calidad de madera y captura de CO<sub>2</sub>; presenta características ideales en la industria maderera como fuste recto, capacidad de poda natural y calidad de troza (Escamilla et al., 2020).

Las plantaciones forestales en Perú han sido tradicionalmente incorporadas como un componente de programas agrícolas con visión a corto plazo. El énfasis ha sido en la reforestación a pequeña escala, para satisfacer las necesidades de comunidades y familias rurales o para mercados locales, para la rehabilitación de áreas deforestadas, o para conservar algunas funciones ambientales (Guariguata et al., 2017).

El Ministerio del Ambiente en el año 2018 asignó un presupuesto para la municipalidad Provincial de Manupara para la recuperación de 60 hectáreas con 66,000 árboles, donde los árboles fueron instalados para potenciar la producción de árboles hasta alcanzar las 240,000 unidades al año, con esta iniciativa, se busca seguir replicando esto en otras localidades de la Amazonía con el apoyo de gobiernos locales y regionales, motivo por el cual

resulta interesante, fomentar investigaciones en el desarrollo forestal, donde se debe abordar con progresivo criterio de producción económica íntimamente relacionada al desarrollo agropecuario y la conservación del ecosistema, la protección y mejoramiento del desarrollo agropecuario, es por ello que se planteó el objetivo de esta investigación para diagnosticar suelos con fines de reforestación con *Pinus patula* en la cuenca del Río Ventilla, Molinopampa, Amazonas.

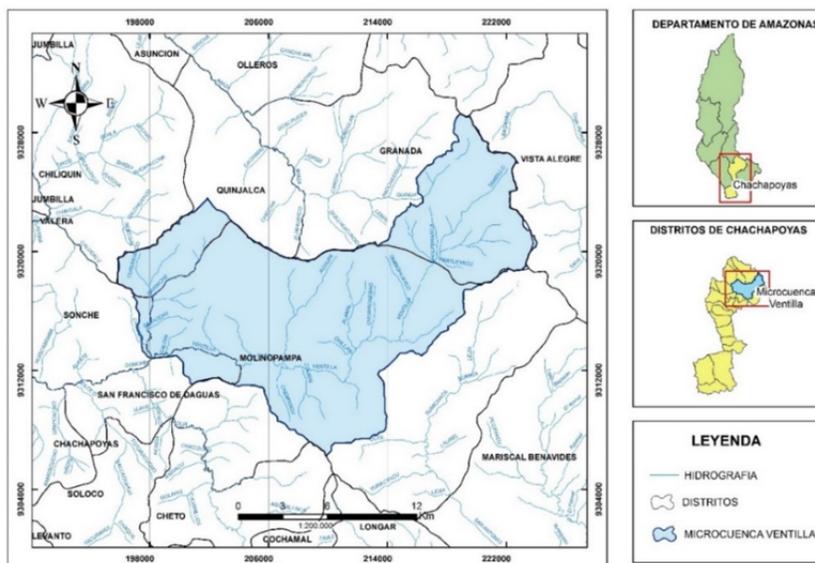
**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Ubicación de la cuenca del río Ventilla**

Para la identificación del área de estudio, se diseñó un mapa utilizando el software ArcGis (v. 10.5.0.6491). Según la Figura 1, la microcuenca Ventilla colinda con Chachapoyas: Quinjalca, Granada, San Francisco de Daguas, Sonche y Molinopampa, siendo este último, el distrito que abarca más espacio geográfico, y la que representa a la microcuenca Ventilla; con una extensión de 28098,45 ha con una elevación que va desde los 1778 hasta 3960 m s.n.m.

**FIGURA 1**

Mapa de ubicación de la microcuenca del río Ventilla



### Caracterización del suelo mediante mapas

Se utilizó la herramienta para la evaluación del suelo y agua para una cuenca hidrográfica SWAT; a través de la información obtenida de la base de datos Soil Grids SWAT, la cual ayuda a predecir el impacto de las prácticas de manejo del suelo en la generación de agua, sedimentos y producción de sustancias agrícolas químicas, en cuencas grandes y complejas con variedad de suelos, uso de tierra y condiciones de manejo sobre un tiempo prolongado.

A través de dicho programa se exportó información específica sobre el clima y tiempo, propiedades de suelos, topografía, vegetación y prácticas de manejo de tierra; por lo que se elaboraron mapas relevantes mediante el software ArcGis a escala 1:2000.

## RESULTADOS

### Identificación de la zona de estudio, microcuenca del río Ventilla

Según Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana [IIAP], (2010 como se citó en Valqui, 2016), en la microcuenca Ventilla se encuentran cinco zonas de vida las cuales son:

**a. Bosque húmedo montano tropical:** abarca la mayor parte de la microcuenca Ventilla y del distrito de Molinopampa; sin embargo, también, los distritos de San Francisco de Daguas y Quinjalca.

**b. Bosque muy húmedo montano bajo tropical:** comprende la parte baja de la microcuenca Ventilla, es la que tiene menor extensión y también abarca en mínima extensión al distrito de Granada.

**c. Bosque muy húmedo montano tropical:** es la zona alta de la microcuenca Ventilla; es la segunda con mayor extensión después del Bosque húmedo montano tropical y está ubicado en la parte alta del

distrito de Molinopampa y abarca la mayor parte del distrito de Granada.

**d. Bosque pluvial – Montano tropical:** Se encuentra en la parte Este de la microcuenca Ventilla y abarca solamente el distrito de Granada.

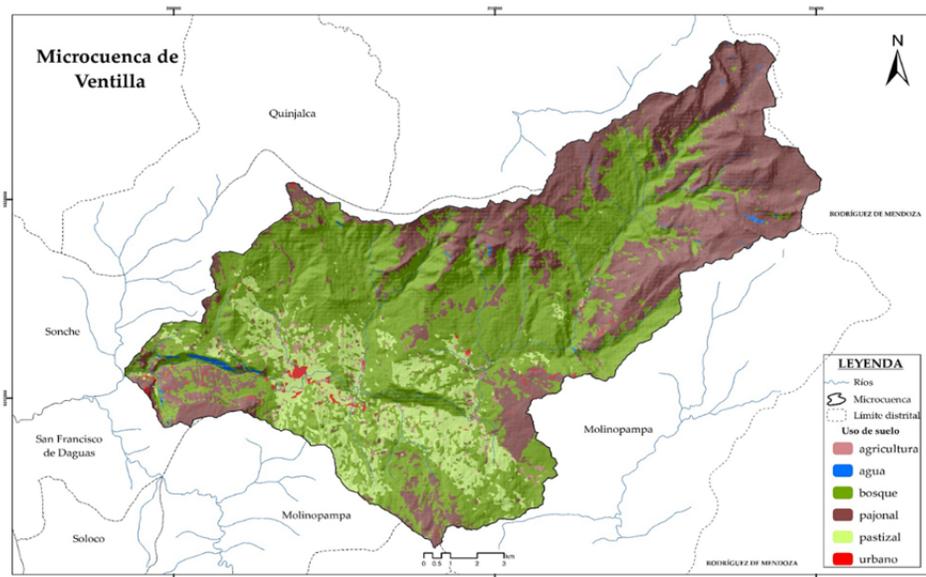
**e. Bosque seco Montano bajo tropical:** Se encuentra en la parte Oeste de la microcuenca, en el distrito de Molinopampa y en poca extensión los distritos de Quinjalca y Sonche.

Según (IIAP 2016) la microcuenca Ventilla se encuentra dentro de los límites del río Ventilla, tiene un área total transversal 33,70 m<sup>2</sup>, su profundidad máxima es de 2,6 m, tiene un caudal de 34,67 m<sup>3</sup>/s, su velocidad media es de 1,088 m/s, es de color marrón, la temperatura del agua es de 13°C, el O<sub>2</sub> disuelto es de 12 mg/l, la saturación de O<sub>2</sub> es de 147 %, su pH es de 7,57 y es el afluente del río Sonche; los ríos afluentes al río Ventilla son: Frayleyacu, Sholperarca, Tambohuayco, Chorronegro, Alamal, Chillan, Colmal, Chemiyacu, Achupa, Galdin y Churuhuayco.

En la Figura 2, el mapa muestra que la parte Norte predomina suelos dedicados a la agricultura rural, mientras que la parte este, oeste y sur predominan suelos con áreas de bosques y pastizales.

**FIGURA 2**

Mapas de uso de suelos de la cuenca del río Ventilla.

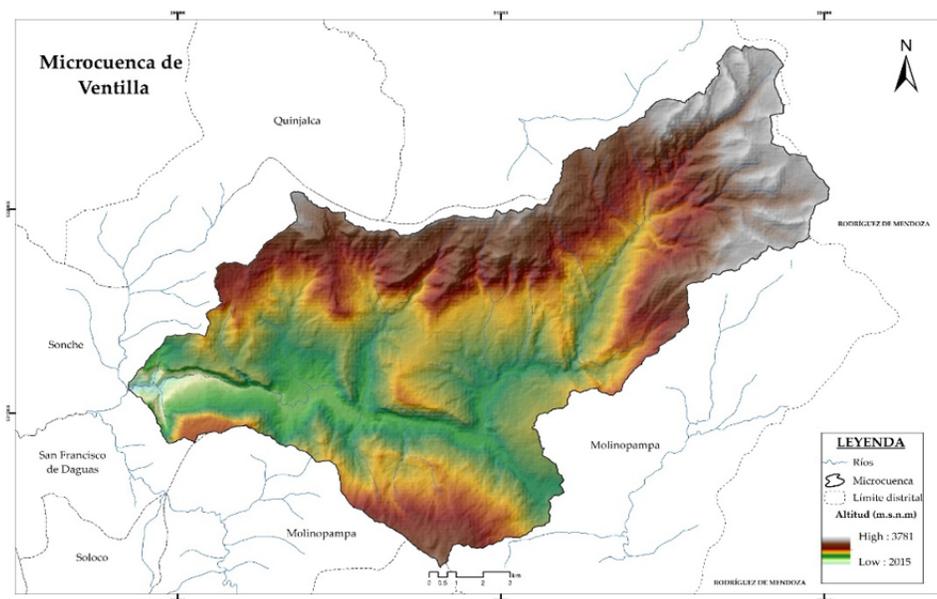


**Identificación de áreas con fines de reforestación con *Pinus patula* de la cuenca del río Ventilla.**

En la Figura 3, el mapa indica que en la zona Norte y Noreste predomina la altitud más elevada con 3 781 m s.n.m. y la zona Este con altitud más baja con 2 015 m s.n.m.

**FIGURA 3**

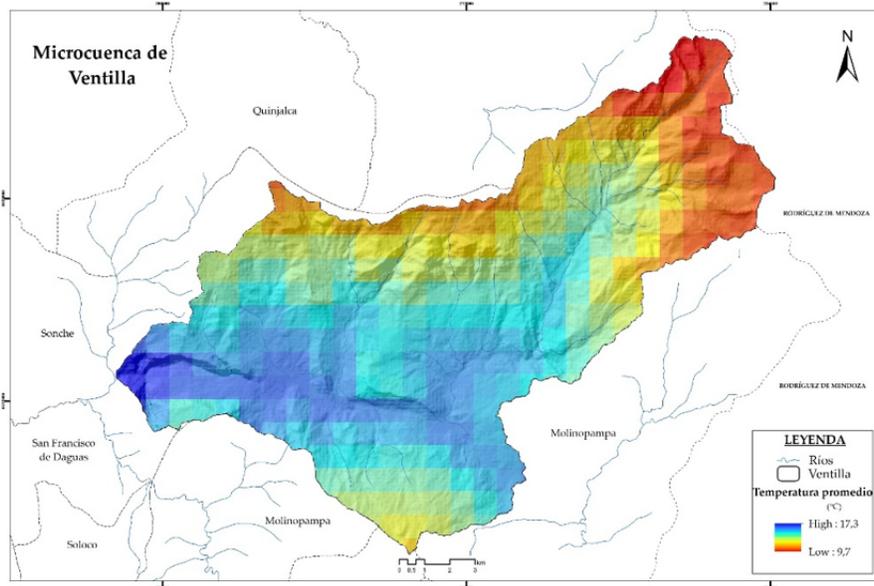
Mapa de altitudes de la cuenca del río Ventilla



En la Figura 4, el mapa indica que en la zona Sureste los rangos de temperatura promedio son más elevados llegando a alcanzar los 17.3 °C, mientras que en la zona Norte los rangos de temperatura promedio son menores llegando a alcanzar los 9.7 °C.

**FIGURA 4**

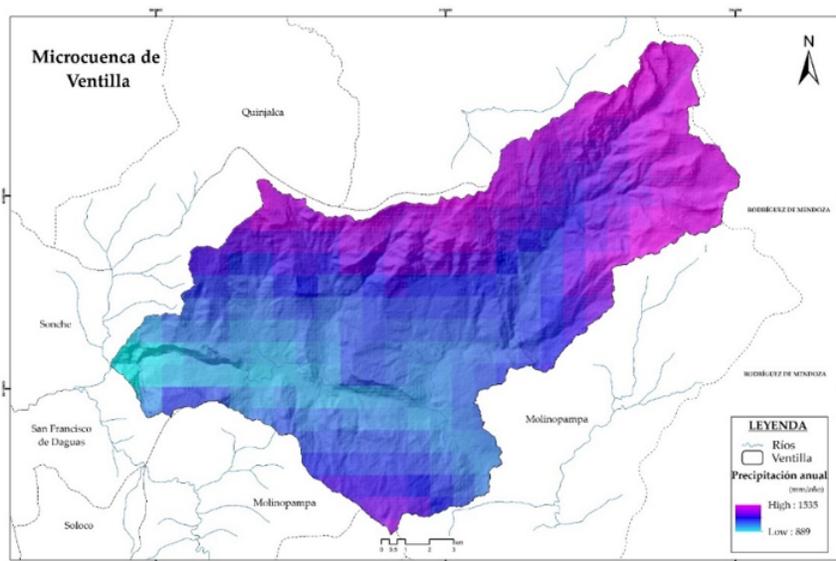
Mapa de temperaturas media anual oscilantes de la cuenca del rio Ventilla



En la Figura 5, el mapa se indica que en la zona Norte los rangos más elevados de precipitación anual son de 1 535 mm/año y la zona Este presenta rangos bajos con 889 mm/año.

**FIGURA 5**

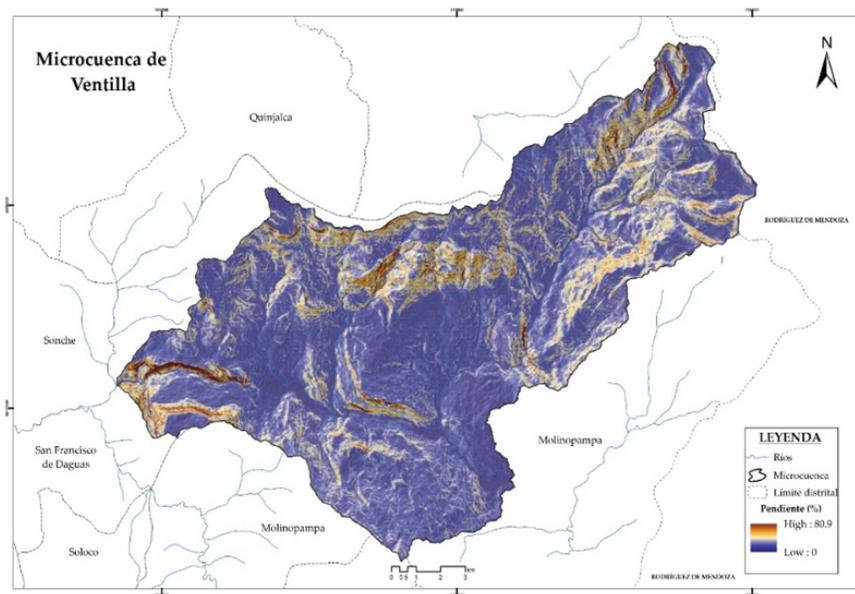
Mapa de precipitación anual de la cuenca del rio Ventilla



En la Figura 6, el mapa se indica que en la zona Norte y Sur Este tienen la pendiente más pronunciada con 80.9 % mientras que la parte central que es por donde pasa el río Ventilla la pendiente es de cero.

**FIGURA 6**

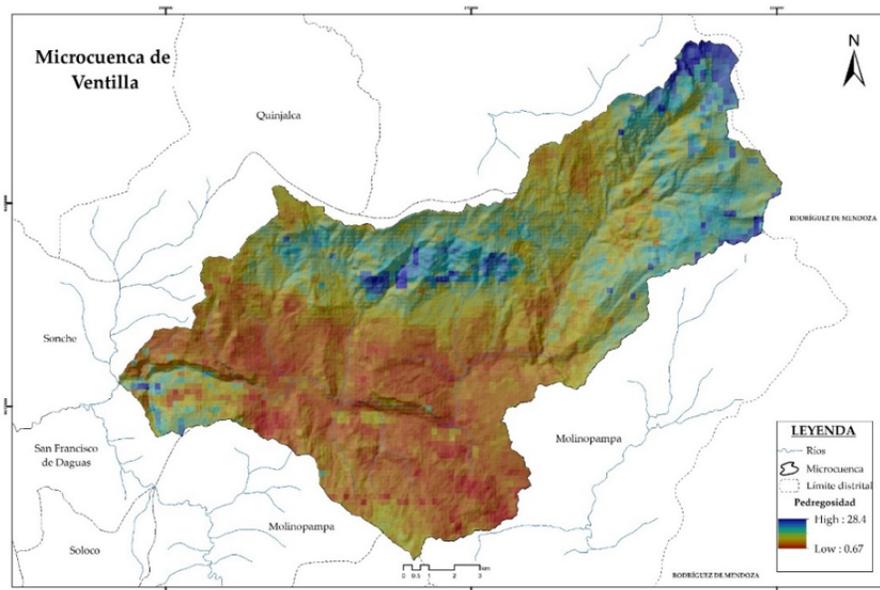
Mapa de pendientes de la cuenca del río Ventilla



En la Figura 7, el mapa indica que en la zona Norte y zona central muestran áreas con niveles de pedregosidad altos con 28.4 y la zona Sur y Noreste indica un nivel de pedregosidad bajo con 0.67.

**FIGURA 7**

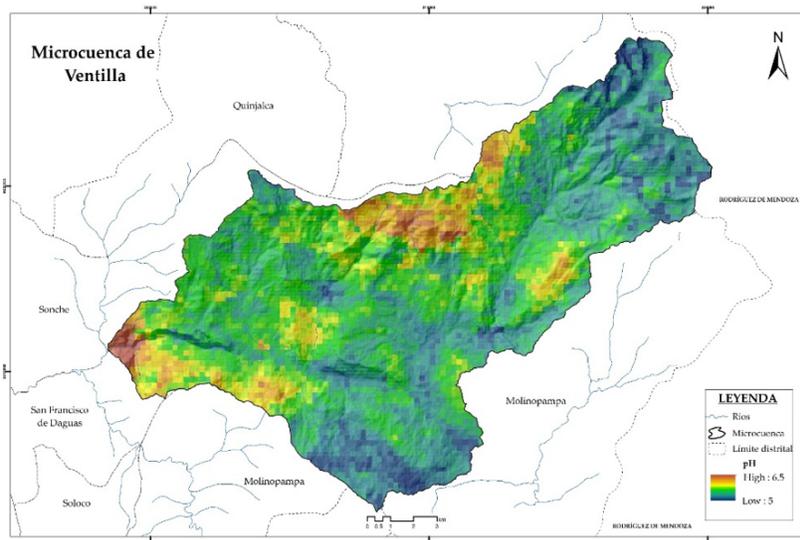
Mapa de pedregosidad de la cuenca del río Ventilla



En la Figura 8, el mapa indica que los rangos de pH oscilan entre 5 -6.5, donde la zona Norte y Sur predominan suelos con relativamente bajo con pH 5 y la zona Este y Noreste predominan rangos de pH más elevados con 6.5. (Plataforma SoilGrids a una profundidad de 5-15cm).

**FIGURA 8**

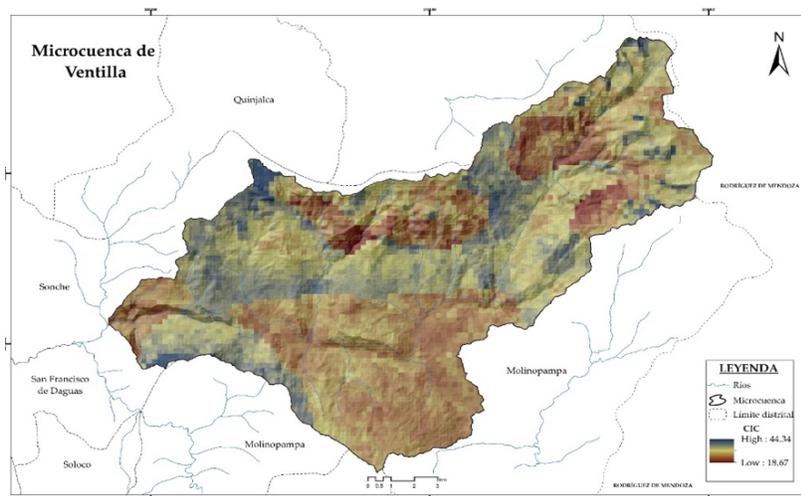
Mapa de rangos de pH de suelos de la cuenca del río Ventilla



En la Figura 9, el mapa indica que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mayor se encuentra en la zona Noreste y alguna área de los alrededores de la parte central con 44.34 y la zona Sur es la que presenta menor CIC con 18.67 (Plataforma SoilGrids a una profundidad de 5-15cm, elaborado en función a la imagen 6 según el rango de pH encontrado).

**FIGURA 9**

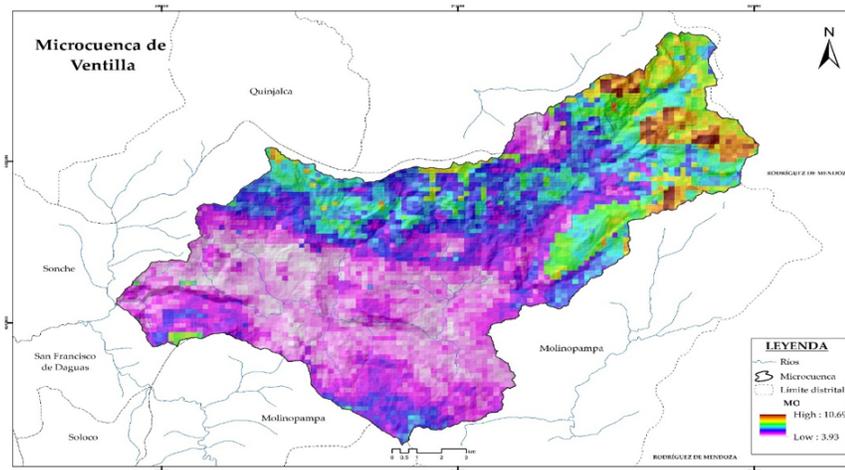
Mapa de capacidad de intercambio catiónico suelos de la cuenca del río Ventilla



En la Figura 10, el mapa indica el contenido de materia orgánica donde se muestra que los valores altos se encuentran en la zona Norte con 10.69 y los valores bajos se encuentran en la zona Sureste con 3.93 (Plataforma Soilgrids a una profundidad de 5-15 cm).

**FIGURA 10**

Mapa del contenido de materia orgánica de suelos de la cuenca del río Ventilla



**TABLA 1**

Análisis comparativo de las características de suelos para la reforestación con *Pinus patula*

Características	Plataforma SoilGrids		Características ideales para reforestación	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Altitud (m s.n. m.)	3781	2015	2800	1800
Temperatura media anual (°C)	17.3	9.7	18	10
Precipitación (mm/año)	1515	889	1800	800
Pendiente (%)	80.9	0	60	0
Pedregosidad	28.4	0.67	---	---
pH	6.5	5	5.5	5
Capacidad de intercambio iónico	44.34	18.67	18	10
Materia orgánica	10.69	3.93	8	3.5

La Tabla 1 muestra el análisis comparativo de las características de suelos según la plataforma SoilGrids y las características ideales para la reforestación con *Pinus patula*.

**Altitud:** los rangos de altitudes si se encuentran dentro de los rangos identificados por medio de la plataforma SoilGrids (Fig. 2); sin embargo, la zona Norte supera los 2800 m s.n.m. que estipula la ficha técnica de la especie forestal, razón por la cual impide el desarrollo y crecimiento de la especie y por ende es recomendable no reforestar a altitudes superiores.

**Temperatura medio anual:** la ficha técnica de la especie forestal *Pinus patula* menciona que el requerimiento respecto a la temperatura media anual para la reforestación con esta especie como máximo es de 18 °C y como mínimo es de 10 °C, en comparación con los rangos identificados por medio de la plataforma SoilGrids (Fig. 3), se estipula que si cumple con los rangos de temperaturas óptimas para la reforestación y forestación con *Pinus patula* logrando así la producción de oxígeno y la conservación de la biodiversidad que existe en la cuenca del río Ventilla.

**Precipitación anual:** la especie forestal *Pinus patula* respecto a la precipitación anual se encuentran dentro de los rangos identificados por medio de la plataforma SoilGrids (Fig. 4), por lo que la forestación y reforestación de la cuenca del río Ventilla si cumple con las condiciones de precipitación anual que necesita esta especie, para su desarrollo fenológico.

**Pendiente:** se acepta como máximo una pendiente del 60 %, debido a que, si se supera este porcentaje, la especie forestal presentará dificultades para

el hoyado y siembra en campo definitivo. Al compararse con los rangos identificados por medio de la plataforma SoilGrids (Fig. 5) se muestra que en la zona Norte y Sureste de la cuenca del río Ventilla tienen la pendiente más pronunciada con 80.9 %, razón por la cual no es recomendable reforestar o forestar con esta especie.

**pH:** el pH del suelo de la cuenca del río Ventilla se encuentran dentro de los rangos óptimos identificados por medio de la plataforma SoilGrids (Fig. 6), ya que los rangos oscilan de 5 a 6.5 razón por la cual se hace mención de que los suelos de la cuenca del río Ventilla presentan las condiciones necesarias, para los procesos de forestación y reforestación con esta especie forestal.

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** los valores se relacionan directamente con el pH y el contenido de materia orgánica, como se puede observar en la Figura 7; los rangos de la capacidad de intercambio catiónico oscilan entre 3.93 a 19.69, por lo que se infiere que dichos suelos son aptos para forestación y reforestación con *Pinus patula*, resaltando que la CIC de dichos suelos son importantes ya que indica el potencial de un suelo, para la retención e intercambio de nutrientes.

**Materia orgánica (MO):** la materia orgánica del suelo se encuentra dentro de los rangos óptimos identificados por medio de la plataforma SoilGrids (Fig. 8), ya que la concentración oscila de 3.93 a 10.69, motivo por el cual estos suelos de la cuenca del río Ventilla tienen las condiciones necesarias, para la forestación y reforestación con *Pinus patula*; además, son suelos ricos en materia orgánica.

## DISCUSIÓN

Las plantaciones forestales comerciales con

especies nativas se vienen estableciendo como uno de los medios, para reforestar grandes áreas de paisajes deforestados o degradados, y al mismo tiempo aportan productos maderables a la industria forestal (Griscom et al. 2017 como se citó en Ugarte & Román, 2020).

Las áreas potenciales para la forestación y la reforestación deben ser determinada por una evaluación de clima, suelo, topografía y componentes ambientales, necesidades ecológicas de la especie y la comprensión de las limitaciones biofísicas (Mahdavi et al., 2017).

Los resultados de esta investigación identificaron según la plataforma SoilGrids (Fig 2), altitudes que abarca desde 2015 m s.n.m. a 3784 m s.n.m. resaltando como zona apta la parte Norte y Noreste de la cuenca del río Ventilla con fines de forestación y reforestación.

Muñoz et al. (2010) determinó que los índices de crecimiento en plantaciones con la especie forestal *Pinus patula* reportaron que, en un campo experimental de Michoacán, México, ubicado a 1780 m s.n.m. presentó un incremento medio anual en altura de 0.85 a 1.13 m, e incremento medio anual en diámetro de 1.3 a 2.2cm; sin embargo, a una altitud de 1 800 m y a una edad 9.6 años en plantaciones de este pino, se obtuvieron un incremento medio anual en altura de 0.60 a 0.75 m e incremento medio anual en diámetro de 0.8 a 1.5 cm; mientras que a 2 200 m s.n.m. y a una edad de 17.6 años, hubo un incremento medio anual en altura de 1.11 m e incremento medio anual en diámetro de 0.8 cm; concluyendo que, esta sierra a 2 200 m s.n.m. cuenta con áreas que presentan suelos profundos, con pendiente menor al 15 % y con precipitación mayor a los 1000 mm, condiciones

ambientales apropiadas para el establecimiento de reforestaciones, plantaciones de protección con la especie forestal *Pinus patula*.

Oliva et al. (2015) quienes evaluaron el efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas y concluyeron que los porcentajes de materia orgánica fueron mayores en áreas con plantaciones de pino respecto a las áreas donde no estuvieron presentes.

### CONCLUSIONES

- La cuenca del río Ventilla posee áreas que presentan suelos profundos, con rangos adecuados de pH, con precipitación mayor a los 1 000 mm y suelos ricos en materia orgánica, los cuales son apropiadas para el establecimiento de plantaciones con *Pinus patula*.
- La zona Norte y Noreste de la cuenca presenta las condiciones edafoclimáticas con características óptimas para la forestación y reforestación con *Pinus patula*, para mejorar el desempeño de la cuenca hidrográfica, conservar el colchón hídrico y proteger el suelo de la erosión y por ende, mejorando las áreas verdes y el medio ambiente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2017). Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina. Santiago, Chile. *Comisión económica para América Latina y el Caribe* 13,25-29.
- Escamilla, N., Aldrete, A., Vargas, J., Villegas, A., & López, M. (2020). Propagación vegetativa de *Pinus patula* SCHIEDE ex SCHLTDL. et CHAM. en diferentes sustratos. *Revista. Fitotecnia*.

- Mexicana*, 43 (2): 215 – 221. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n2/0187-7380-rfm-43-02-215.pdf>
- Guariguata M., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. (2017). Las plantaciones forestales en Perú. Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-169.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-169.pdf)
- Mahdavi, A., Ghasemi, M., Jafarzadeh, A. (2017). Determination of suitable areas for reforestation and afforestation with indigenous species. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 15 (1), 29-46 [https://www.researchgate.net/publication/317168747\\_Determination\\_of\\_suitable\\_areas\\_for\\_reforestation\\_and\\_afforestation\\_with\\_indigenous\\_species](https://www.researchgate.net/publication/317168747_Determination_of_suitable_areas_for_reforestation_and_afforestation_with_indigenous_species)
- Muñoz, H., Orozco, G., Coria, V., & Garcia, J (2010). Factores ambientales de *Pinus patula* Schl. et Cham. y su adaptación a las condiciones de la sierra Purépecha, Michoacán. *Foresta Veracruzana* 12(2):27-33. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49719770005.pdf>
- Oliva, M., Collazos, R., Esparraga, T. (2016). Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2 (1), 28-36. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/60>
- Orellana, B. (2018). Forestación y reforestación comunitaria como alternativa de desarrollo sostenible en la comunidad de P'hinkina del municipio de Anzaldo. [Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Simón]. <http://hdl.handle.net/123456789/17530>
- Alimentación y la Agricultura (FAO) (2020). Evaluación de los recursos naturales ambientales. – Principales resultados. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Sánchez, M. (2018). Identificación de áreas a reforestar mediante evaluación multicriterio y sistemas de información geográficos (caso Los Córdoba - Córdoba)[Tesis de Especialidad, Universidad de Manizales]. [https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4173/S%C3%A1nchez\\_LaFont\\_Maria\\_Nella\\_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4173/S%C3%A1nchez_LaFont_Maria_Nella_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Ugarte, J., & Román, F. (2020). Tasas de crecimiento de cuatro especies nativas en plantaciones forestales comerciales en cuatro regiones de la Amazonía peruana. *Revista Forestal del Perú* 35 (3, Número Especial): 44-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i3.1600>
- Valqui, E. (2016). Identificación y distribución de malezas, en praderas cultivadas de la microcuenca ganadera Ventilla del distrito de Molinopampa. Chachapoyas- Amazonas. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas ] [oai:repositorio.untrm.edu.pe:20.500.14077/823](http://oai:repositorio.untrm.edu.pe:20.500.14077/823)
- Zamora, M., Buendía, J., Martínez, P., & García, R. (2020). Diagnóstico del uso del suelo y vegetación en la microcuenca Tula, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11 (1), 57-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2213>.