

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“ÁREAS POTENCIALES PARA PLANTACIONES FORESTALES CON  
ESPECIES NATIVAS EN LA PROVINCIA DE TALARA-PIURA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA FORESTAL**

**ZOILA LASMIT CERÓN CANCHARIS**

**LIMA - PERÚ**

**2021**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. ZOILA LASMIT CERÓN CANCHARIS, intitulado “ÁREAS POTENCIALES PARA PLANTACIONES FORESTALES CON ESPECIES NATIVAS EN LA PROVINCIA DE TALARA-PIURA”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia, queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERA FORESTAL.

La Molina, xx de marzo de 2021.

.....

Ing. Héctor Enrique Gonzales Mora, Ph.D.

Presidente

.....

Ing. Zoila Aurora Cruz Burga, Dra.

Miembro

.....

Ing. Sonia Cesarina Palacios Ramos, Mg. Sc.

Miembro

.....

Ing. Lic. Ethel Rubin De Celis Llanos, Mg. Sc.

Asesora

## *DEDICATORIA*

*A Dios, por estar siempre.*

*Mami, no me alcanzará jamás la vida para agradecerte todo lo que hiciste, haces y estoy segura harás hasta que Dios decida llevarte. Por tu soporte infinito, por el aguante conmigo, por darme la vida dos veces y cuidar de mí con amor, pero con firmeza para no salirme del camino.*

*Te amo por siempre mamá, esto es para ti. ♥ (:*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Sala de Observación del Perú, por brindarme la oportunidad de realizar mi estudio y las facilidades para usar las herramientas y equipos.*

*A mi amiga, profesora, mentora y compañera de alimentación saludable, Ethel, gracias por escucharme siempre, por haber estado en mis momentos de crisis y haberme dado tanto soporte no para no caer sino para que siempre me levante. Por la oportunidad de aprender de este mundo tan bonito que es la Teledetección y SIG y por siempre apostar por mí.*

*A mis hermanos, a Waldi, por escuchar siempre atento todo lo que sale de mi boca y animarme siempre a conseguir lo que deseo y a Vladi por ser perseverancia y aguante.*

*A mi abuela por su apoyo en una etapa muy difícil que pasé.*

*A mi querida universidad y al vicerrectorado de investigación por el financiamiento para realizar este estudio.*

*Al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre por la información brindada.*

*A mis profesores y miembros del jurado: Zoila Cruz, Enrique Gonzales y Sonia Palacios, por sus correcciones y aportes a la mejora del documento.*

# ÍNDICE GENERAL

<i>RESUMEN</i> .....	9
<i>ABSTRACT</i> .....	10
I.INTRODUCCIÓN .....	11
II.REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.1.1. Experiencias en la identificación de áreas con aptitud forestal empleando Sistemas de Información Geográfica .....	13
2.1.2. Experiencias en plantaciones con especies nativas en América Latina y el Mundo	15
2.1.3. Experiencias en plantaciones con especies nativas en la costa norte peruana.....	16
2.2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.2.1. Plantación forestal.....	18
2.2.2. Zonificación .....	22
2.2.3. Aptitud forestal .....	22
2.2.4. Características y requerimientos ambientales de las especies forestales.....	24
2.2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	26
2.2.6. Modelo.....	28
2.2.7. Análisis Multicriterio .....	30
III.MATERIALES Y MÉTODO .....	33
3.1. Área de estudio .....	33
3.1.1. Ubicación.....	33
3.1.2. Condiciones biofísicas y ambientales.....	34
3.2. Materiales .....	37
3.2.1. Materiales de Gabinete .....	37

3.2.2. Herramientas de Software.....	37
3.2.3. Materiales de Campo.....	37
3.2.4. Equipos.....	37
3.3. Metodología.....	37
3.3.1. Recopilación y análisis de información.....	38
3.3.2. Generación de áreas potenciales para cada especie.....	43
IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1. Aptitud de variables para cada especie forestal.....	49
4.2. Mapa de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales.....	50
4.3. Análisis Jerárquico.....	53
4.4. Mapas de aptitud.....	58
4.5. Mapas de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales con especies nativas	59
4.6. Idoneidad de las especies.....	61
V.CONCLUSIONES.....	64
VI.RECOMENDACIONES.....	65
VII.BIBLIOGRAFÍA.....	66
VIII.ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1 Zonas de Vida de la provincia de Talara
- Tabla 2 Rango altitudinal de la provincia de Talara
- Tabla 3 Rango de temperatura media de la provincia de Talara
- Tabla 4 Rango de precipitación media de las áreas potenciales de la provincia de Talara
- Tabla 5 Rango de pendiente de la provincia de Talara
- Tabla 6 Tipos de suelo de la provincia de Talara
- Tabla 7 Escala de Jerarquización AHP Grado de aptitud considerado para cada especie
- Tabla 8 Valores de RI para matrices de diferentes órdenes
- Tabla 9 Agregación de opiniones de expertos
- Tabla 10 Ponderación final de los criterios y subcriterios
- Tabla 11 Requerimientos ambientales de las especies forestales
- Tabla 12 Matriz de confusión correspondiente al modelo de plantaciones de SERFOR con los puntos de validación de campo
- Tabla 13 Matriz de comparación pareada de criterios
- Tabla 14 Matriz de comparación pareada de subcriterios
- Tabla 15 Promedio de pesos asignados para criterios en función a la opinión de expertos
- Tabla 16 Áreas potenciales en hectáreas por especie y aptitud

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Marco teórico

Figura 2. Procesos de un SIG

Figura 3. Esquema de la modelización de datos en SIG

Figura 4. Esquema general de la matriz de confusión

Figura 5. Matriz de comparación

Figura 6. Mapa distrital de la provincia de Talara

Figura 7. Climatograma de la provincia de Talara

Figura 8. Secuencia metodológica

Figura 9. Diagrama jerárquico de criterios y subcriterios para la identificación de áreas potenciales para establecer plantaciones con dos especies nativas

Figura 10. Modelo conceptual

Figura 11. Mapa de Áreas Potenciales para la provincia de Talara

Figura 12. Mapa de la ruta y puntos colectados en campo

Figura 13. Criterios y subcriterios elegidos

Figura 14. Mapa de Aptitud de la especie *Colicodendron scabridum*

Figura 15. Mapa de Aptitud de la especie *Prosopis pallida*

Figura 16. Mapa de Áreas Potenciales para la especie *Colicodendron scabridum*

Figura 17. Mapa de Áreas Potenciales para la especie *Prosopis pallida*



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Formato de campo

Anexo 2 Mapa de puntos de validación

Anexo 3 Información colectada en campo para el proceso de validación

Anexo 4 Mapas de rangos de las variables de la provincia de Talara

Anexo 5 Encuesta realizada a expertos

Anexo 6 Modelo geoespacial de áreas potenciales

Anexo 7 Listado de expertos entrevistados

Anexo 8 Materiales y equipos usados en campo y en laboratorio

Anexo 9 Fotos tomadas en la salida de campo

## ***RESUMEN***

El estudio generó un modelo de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales con las especies nativas *Prosopis pallida* y *Colicodendron scabridum* en la provincia de Talara, departamento de Piura del Perú empleando Sistemas de Información Geográfica.

Los requerimientos climáticos, edáficos y topográficos del sitio y de las especies antes mencionadas fueron considerados en la metodología, evaluando sus aptitudes en las áreas determinadas como potenciales para plantaciones con fines múltiples a partir del modelo elaborado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, este insumo fue validado con datos recolectados en campo. Para determinar las áreas potenciales para cada especie nativa se realizó un Proceso de Análisis Jerárquico.

Como resultado de la investigación se determinaron zonas con diferentes grados de aptitud para ambas especies. Para *Prosopis pallida* se determinó un área de 11 343,97 hectáreas con aptitud alta y 10 478,44 hectáreas con aptitud media, y para *Colicodendron scabridum* un área de 7 634,17 ha con aptitud alta y 14 188,24 hectáreas con aptitud media.

Palabras Clave: modelo, análisis jerárquico, SIG, algarrobo, sapote.

## ***ABSTRACT***

The study generated a model of potential areas to establish forest plantations with the native species *Prosopis pallida* and *Colicodendron scabridum* in the province of Talara, department of Piura, Peru, using Geographic Information Systems.

The climatic, edaphic and topographic requirements of the site and of the aforementioned species were considered in the methodology, evaluating their aptitudes in the areas determined as potential for multipurpose plantations based on the model developed by the National Forestry and Wildlife Service, this input was validated with data collected in the field phase. To determine the potential areas for each native species, a Hierarchical Analysis Process was carried out.

As a result of the research, areas with different degrees of suitability for both species were determined. For *Prosopis pallida* an area of 11 343.97 hectares with high aptitude and 10 478.44 hectares with medium aptitude was determined, and for *Colicodendron scabridum* an area of 7 634.17 hectares with high aptitude and 14 188.24 hectares with medium aptitude was determined.

Key words: model, Hierarchical Analysis, GIS, algarrobo, sapote.

## I. INTRODUCCIÓN

Perú cuenta con 1,088 millones de bosques plantados (FRA, 2020), poco más de la décima parte del área con potencial forestal para reforestación o forestación. De los 10 millones de hectáreas aptas para reforestación, medio millón se ubican en la región Costa (MINAGRI, 2017).

Los bosques secos del norte representan 3,3 millones de hectáreas que abarcan más de la mitad de la superficie de los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes (MINAM, 2019). Según AIDER (2016) la deforestación de los bosques secos en los departamentos mencionados es aproximadamente de 30 000 hectáreas por año, de las cuales 20 000 hectáreas se pierden en la región Piura cada año. Estos bosques son deforestados para obtener leña, carbón y realizar actividades agropecuarias (FAO, 2016); y sometidos a la tala ilegal de especies nativas como *Prosopis pallida* “algarrobo”, *Colicodendron scabridum* “sapote”, *Bursera graveolens* “palo santo”, *Vachellia macracantha* “faique”, *Handroanthus chrysanthus* “guayacán”, *Loxopterigium huasango* “hualtaco” (MINAM, 2019), entre otras (Zapata, 2018).

Las plantaciones forestales se presentan como una alternativa para reducir la presión sobre los bosques naturales y crear opciones para el desarrollo sostenible y la diversificación de la producción y conversión de tierras agrícolas y ganaderas fragmentadas con fines forestales. Asimismo, las especies nativas desempeñan un rol importante en la recuperación de la estructura, riqueza y diversidad florística de los ecosistemas degradados. El establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas contribuye a que estas no desaparezcan y se conserven dentro del ecosistema (Martínez *et al.*, 2006).

Planificar el establecimiento de plantaciones en áreas con aptitud forestal considerando los requerimientos ambientales como precipitación, temperatura, pendiente, altitud y suelo para que determinadas especies se desarrollen, favorece a la recuperación de las áreas que han sido deforestadas por diversas actividades.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta que facilita la localización y delimitación de áreas potenciales para la ubicación de plantaciones forestales según las exigencias ecológicas de una especie (Sáenz *et al.*, 2000). Al aplicar los sistemas de información geográfica, utilizamos datos espaciales que contienen información de las variables que representan los requerimientos ecológicos de las especies para que estas puedan desarrollarse y

crecer óptimamente. De esta manera, el modelo puede replicarse en futuros proyectos de plantaciones forestales.

La investigación tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de áreas potenciales para establecer plantaciones con especies nativas en la provincia de Talara, departamento de Piura, Perú. Los objetivos específicos son: adaptar información de los requerimientos ambientales por rangos de aptitud de las especies nativas: *Colicodendron scabridum* (Sapote) y *Prosopis pallida* (Algarrobo), determinar áreas potenciales para plantaciones forestales y evaluar la idoneidad de ambas especies para desarrollarse en la provincia de Talara, departamento de Piura, Perú.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Experiencias en la identificación de áreas con aptitud forestal empleando Sistemas de Información Geográfica

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), a través de la Dirección de Catastro, Zonificación y Ordenamiento (DCZO), definió y generó un modelo conceptual para la detección de áreas potenciales para plantaciones forestales con fines múltiples y fines comerciales, utilizando insumos vectoriales tanto de la zonificación forestal como territoriales, acorde a la Zonificación y Ordenamiento Forestal del país. Este modelo se basó en ir excluyendo áreas determinadas del ámbito nacional siguiendo criterios, hasta obtener el Mapa de áreas potenciales para plantaciones con fines múltiples (SdO-Perú, 2017).

Zavala (2012) determinó áreas con aptitud forestal en la provincia de Tarma, departamento de Junín, Perú, a partir de datos y la aplicación del software gvSig 1.10, Quantum GIS 1.8.1., y Arc GIS 10.0. Utilizando la metodología de observación del paisaje-suelo, se zonificaron áreas según las características ecológicas de las especies forestales como: altitud, pendiente, cobertura vegetal y suelo.

En un estudio realizado en Sri Lanka, se determinaron áreas adecuadas para un bosque de producción mediante el uso de SIG. Descubriendo factores importantes como el clima, la pendiente, el suelo, la topografía y la accesibilidad de la vegetación; para identificar la idoneidad del sitio (Dayawansa y Ekanayake, 2003).

Gholizadeh et al. (2020) evaluó la idoneidad de la tierra para dos plantaciones forestales de roble (*Quercus robur*) y pino (*Pinus silvestris*) en Irán, empleando enfoques paramétricos y el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Además, indicaron que los factores más limitantes para el desarrollo de las plantaciones de las dos especies fueron: la altitud, el aspecto, la profundidad del suelo y la textura del suelo.

Ramírez (2007) indicó que el Proceso de Análisis Jerárquico apoyado de la matriz de comparaciones, la tabla de índice de consistencia y la razón de consistencia, es uno de los métodos de evaluación multicriterio para la toma de decisiones más utilizados en la actualidad

en industria y recursos naturales, y que se está empleando en México en la estratificación de áreas en base a su aptitud para la plantación de especies vegetales considerando criterios como el índice de precipitación/evapotranspiración, temperatura mínima, textura de suelo, pH de suelo, profundidad de suelo, temperatura máxima, altitud y pendiente.

Sotelo et al. (2016) emplearon información de clima, suelo y fisiografía para generar y aplicar una metodología de análisis multicriterio como alternativa para zonificar y delimitar áreas con aptitud para maíz en el estado de México. Asimismo, indicaron que las variables con mayor peso en la definición de la adaptación del maíz son la temperatura, altura, precipitación y tipos de suelos.

En México se han desarrollado estudios de potencial productivo usando técnicas basadas en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), esta metodología maneja información obtenida de imágenes de satélite, fotografías aéreas, y de toda la información presentada en mapas o en bases de datos geo-referenciados (Martínez y Lara, 2003).

En Michoacán se determinaron áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de *Pinus michoacana*, utilizando las siguientes variables: precipitación, temperatura, suelo, altitud y pendiente (Muñoz et al., 2015).

En España se definieron áreas potenciales para la especie forestal *Pinus uncinata*, considerando parámetros fisiográficos y climáticos. Además, se validaron los modelos obtenidos usando otras fuentes de información: una con relación a la vegetación real y otra por comparación con la propuesta de vegetación potencial fitosociológica (Rubio y Palomares, 2005).

Un estudio similar se realizó en *Fagus sylvatica*, adicionando parámetros ecológicos, usando una metodología paramétrica, se integraron los datos en un SIG y utilizando un modelo digital del terreno, se obtuvieron modelos digitales de potencialidad, naturaleza fisiográfica y climática (Sánchez et al., 2004).

Bos (2015) identificó sitios potenciales para proyectos en la zona costera de La Libertad con fines de conservación de bosques y reforestación utilizando diferentes métodos de investigación que incluyeron estudio de literatura, entrevistas, caminatas en transectos y reuniones. Asimismo, realizó la verificación y visualización de información analizando imágenes satelitales y datos espaciales.

### **2.1.2. Experiencias en plantaciones con especies nativas en América Latina y el Mundo**

Montagnini et al. (1999) presentaron tres experiencias en Latinoamérica de reforestación con especies nativas para recuperar áreas degradadas, evaluar el crecimiento de especies en plantación pura y mixta, y el papel de las plantaciones como aceleradoras de la recuperación de la biodiversidad. La investigación se dio en tres regiones húmedas de Latinoamérica: las tierras bajas del Atlántico de Costa Rica, el bosque lluvioso del Atlántico ("Mata Atlántica") de Bahía, NE de Brasil, y el bosque húmedo subtropical de Misiones, NE de Argentina.

En la Zona Sur de Costa Rica se desarrolló un proyecto de reforestación con más de 40 especies nativas del piso tropical, premontano y montano bajo; con el objetivo de recuperar tierras degradadas para el manejo productivo, generar información sobre fuentes semilleras, semillas de adaptabilidad y crecimiento de las especies nativas (Calvo et al., 1995).

En la Reserva Nacional Lago Peñuelas se plantaron más de cinco hectáreas con especies nativas como Quillay, Palma chilena, Molle, Huigán, Peumo, Pimiento, que remplazaron plantaciones exóticas de *Pino insigne*. Implementando una forma de colaboración al medio ambiente y promoviendo las plantaciones con especies nativas de Chile (Hurtado, 2014).

Piotto et al. (2004) presentaron los resultados de dos plantaciones experimentales con árboles nativos en parcelas puras y mixtas en el trópico seco de Costa Rica. Asimismo, compararon el crecimiento y la productividad de 13 especies nativas en plantaciones puras y mixtas con *Tectona grandis*, indicando que las plantaciones mixtas con especies nativas contribuirían más a la gestión sostenible.

Haggar et al. (1998) probaron la adaptación de 14 especies exóticas de regiones tropicales y 66 especies nativas potenciales para plantaciones maderables, en un ensayo de 6 años en las tierras bajas del trópico húmedo de Costa Rica. Observando que las especies nativas se encontraban dentro de las 20 especies principales que tendían a tener una mayor supervivencia y menos plagas, pero presentaban tasas de crecimiento menores que las exóticas de calidades de madera similares. Alrededor de 10 especies nativas tenían tasas de crecimiento altas y buenas que las hacían atractivas para usarlas en plantaciones, entre ellas *Vochysia* spp., *Stryphnodendron excelsum* y *Terminalia amazonia*.



En la región norte de los Andes tropicales se analizó el crecimiento de siete especies nativas comunes (*Alnus acuminata*, *Baccharis bogotensis*, *Cedrela montana*, *Myrica pubesens*, *Quercus humboldtii*, *Sambucus nigra*, *Smallanthus pyramidalis*) en 12 sitios de bosques montanos. Indicando que las especies nativas pueden crecer en una variedad de condiciones de suelo y presentan tasas de crecimiento comparables a las de las especies exóticas. Sin embargo, los autores mencionaron que las especies nativas están restringidas a un sitio determinado para un mejor crecimiento y deben plantarse en suelos particulares (Bare y Ashton, 2015).

### **2.1.3. Experiencias en plantaciones con especies nativas en la costa norte peruana**

En la década de los 70 se promovieron plantaciones forestales en tierras de comunidades y cooperativas, se sembraron algarrobo con fines principalmente de protección contra viento y arenamiento (CIFOR, 2017).

Entre fines de 1997 y comienzos de 1998, se llevó a cabo en la zona norte (Tumbes, Piura y Lambayeque) una experiencia de siembra masiva de semillas de la especie algarrobo (*Prosopis spp.*), cubriendo una superficie de más de 400,000 hectáreas. Con esta siembra se formaron bosques ralos y generación de bosques donde no había cobertura (FAO, 2007).

En los caseríos El Choloque, El Cardo, Yocape, Higuerón y Morropón de la comunidad campesina de Tongorrape, en el departamento de Lambayeque, se desarrolló desde los años 80 actividades de restauración en un área de 650 ha categorizadas como Bosque Seco tipo sabana, bosque deciduo de tierras bajas y matorral espinoso seco a semidesértico (Arnillas et al., 2011). El proyecto es gestionado por ASPROBOS (Asociación de Protección de los Bosques Secos del Caserío el Choloque) y han realizado regeneración natural asistida mediante cercos de *Cordia lutea* “overo”, reforestación mediante dispersión de semillas de especies nativas como *Prosopis pallida* “algarrobo”, *Colicodendron scabridum* “sapote”, *Capparis mollis* “sune”, *Caesalpinia paipai* “charán”, entre otras, recuperando cobertura vegetal y fauna característica como zorros, venados, ardillas, reptiles como iguanas y la boa constrictora (SERFOR y ICRAF, 2018).

Entre 2011 y 2013, la Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER) desarrolló una experiencia de restauración en 3,815 ha de bosques secos de llanura en la comunidad campesina José Ignacio Távara Pasapera ubicada en el departamento de Piura, donde se

implementó una estrategia de regeneración natural asistida empleando cercos de *Cordia lutea* “overo” para brinzales de *Prosopis pallida* “algarrobo”, *Colicodendron scabridum* “sapote”, *Bursera graveolens* “palo santo”, *Capparis ovalifolia* “vichayo”, *Loxopterygium huasango* “hualtaco”, entre otras especies (SERFOR y ICRAF, 2018).

En el año 2014 se estableció una plantación con *Prosopis pallida* en un área deforestada de la comunidad del Caserío de Macacará ubicado en Piura, para ello se utilizaron tallos leñosos extraídos de una zona cercana al área intervenida, dando buenos resultados de establecimiento y sobrevivencia en campo definitivo (Cerrón et al., 2019).

Entre el 2014 y 2018, A Rocha Perú en asociatividad con ContourGlobal reforestaron 12 hectáreas en bosques secos dentro del parque eólico en la provincia de Talara contribuyendo a la restauración del hábitat tanto de flora como de fauna amenazada (A Rocha, 2018; Cerrón et al., 2019). Se establecieron plántones de *Prosopis pallida* (algarrobo) y *Colicodendron scabridum* (sapote), que permitieron el retorno de fauna como *Phytotoma raimondii* (cortarrama peruana) (SERFOR y ICRAF, 2018).

El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) realizó la plantación de 500 plántones de la especie *Prosopis pallida* (algarrobo) como parte del proyecto Algarrobo Forest que busca mejorar la calidad del aire y del suelo frente a la deforestación y la desertificación, la meta es reforestar 2 ha en un área que ha sido deforestada y favorecer la recuperación del hábitat del *Phytotoma raimondii* (cortarrama peruana) (SERFOR, 2018).

## 2.2.MARCO TEÓRICO

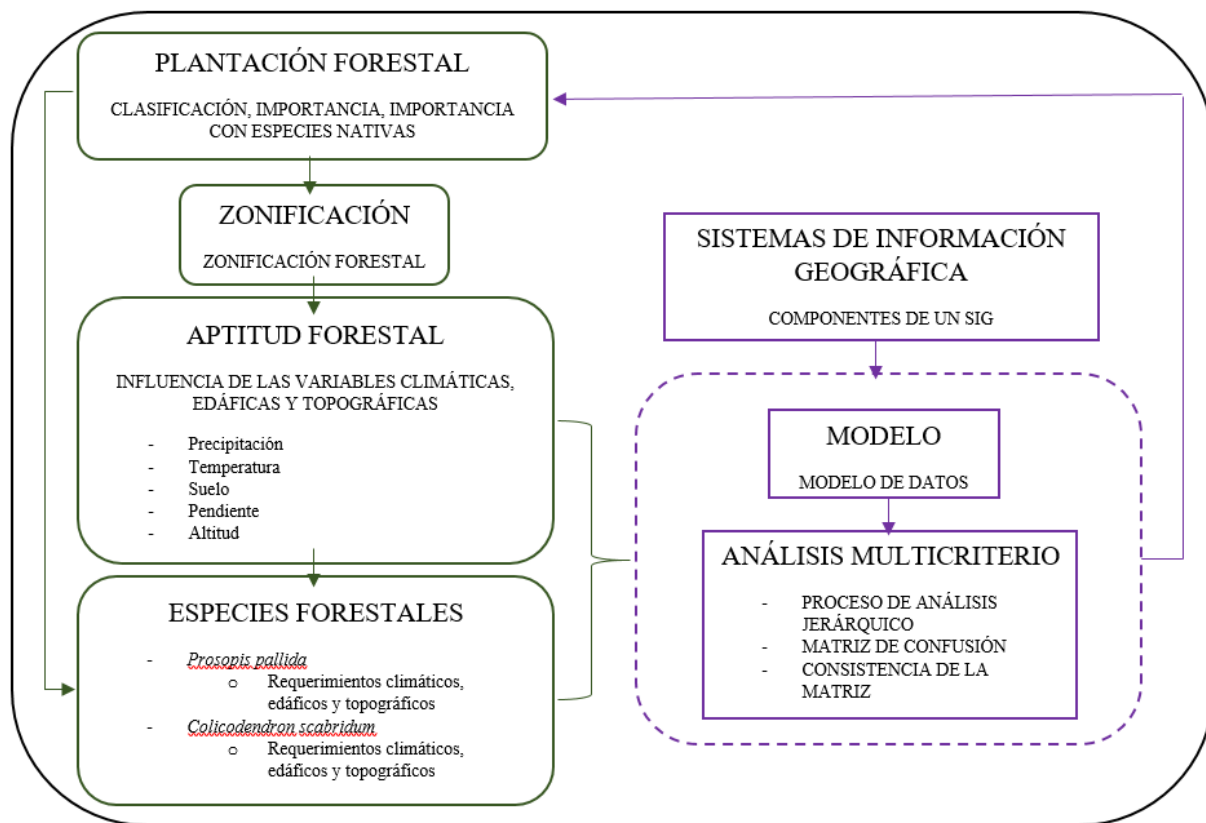


Figura 1. Marco teórico.

### 2.2.1. Plantación forestal

FAO (2004) definió a las plantaciones forestales como rodales forestales establecidos mediante la plantación o siembra durante el proceso de forestación o reforestación. Pueden incluir especies exóticas (todos rodales plantados) o por rodales de especies nativas. En el 2020, esta información es complementada, definiendo a las plantaciones forestales como bosques de especies introducidas y en algunos casos de especies nativas, establecidas mediante plantación o siembra, con pocas especies, esparcimiento regular o rodales de edad uniforme (FAO, 2020).

En la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763, se define a las plantaciones forestales como ecosistemas forestales que son formados por acción del hombre mediante la instalación de una o más especies forestales, nativas o introducidas, con fines de producción maderable o no maderable, protección, restauración ecológica, recreación, provisión de servicios ambientales o la combinación de cualquiera de los mencionados (SERFOR, 2015).

Las plantaciones forestales no son bosques, son agroecosistemas uniformes, que substituyen a los ecosistemas naturales y su biodiversidad, tanto a los bosques nativos (por ejemplo, en Chile, Brasil e Indonesia) como a los ecosistemas de pradera (casos de Uruguay y Sudáfrica) (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 1999).

### **2.2.1.1. Clasificación de las plantaciones forestales**

#### ➤ Plantación forestal para producción

Bosque u otras tierras boscosas de especies exóticas, y en algunos casos de especies nativas, establecidas mediante la plantación o siembra con fines de producción de madera o bienes no maderables (FAO, 2004). Esta definición se complementó en el año 2020, indicando que este tipo de plantaciones están concebidas predominantemente para el suministro de madera, fibra y productos forestales no madereros. También pueden desempeñar funciones protectoras, recreativas, paisajísticas y otras, no excluidas por la recolección de los productos (FAO, 2020).

CONAFOR (2010) menciona que la plantación forestal para producción consiste en el establecimiento, cultivo y manejo de especies forestales, en terrenos que han perdido su vegetación nativa, con el objetivo de producir materias primas maderables y no maderables, destinadas a su comercialización o a su industrialización.

#### ➤ Plantación forestal para protección

Bosque u otras tierras boscosas de especies nativas o introducidas, establecidas mediante plantación o siembra, con el fin principal de suministrar servicios (FAO, 2004).

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 indica que en las plantaciones de protección se emplean preferentemente especies nativas teniendo un fin de protección de suelos frente a la erosión y al mantenimiento de las fuentes y cursos de agua. Es permitido la recolección de frutos y otros productos diferentes a la madera, así como el manejo de fauna silvestre (SERFOR, 2015).

#### ➤ Plantación forestal para protección

Las plantaciones de recuperación o restauración están orientadas a la restauración del ecosistema natural empleando especies nativas del lugar. Se permiten actividades como la recolección de frutos y otros productos diferentes a la madera y el manejo de la fauna silvestre (SERFOR, 2015).

### **2.2.1.2.Importancia de las plantaciones forestales**

Las plantaciones forestales establecidas en tierras tropicales degradadas pueden tener tres roles importantes: producción de madera; mejoramiento del suelo y aceleración de la sucesión en bosques secundarios. El grado con que las plantaciones realicen tales roles estarán influenciados por factores como: la selección de especies, el diseño de la plantación y las prácticas de manejo (Parrota, 1993).

Palmberg y Ball (1998) mencionan que las plantaciones de árboles satisfacen las necesidades de madera y sus productos a la población mundial, asimismo mejora los medios de vida y contrarresta la menor disponibilidad de madera y otros productos forestales que provienen de bosques naturales. Las plantaciones forestales son empleadas para rehabilitar zonas que han sido despojadas de vegetación arbórea, como páramos afectados por la salinidad, o para proteger zonas de cuencas, canales o estabilizar laderas.

Dufty (2000) y Varmola et al. (2005) indican que las plantaciones forestales mantienen el balance en la predación de insectos, mejoramiento de la hidrología del paisaje y ciclo de nutrientes, rehabilitan el ambiente y protegen el suelo y agua, optimizan el flujo de escorrentía, así como el incremento de la biodiversidad debido al diseño de las plantaciones al imitar o simular la arquitectura natural del bosque.

FAO (2001) menciona que se pueden obtener otros productos forestales no maderables de las plantaciones forestales, que son procedentes no solo de los árboles plantados sino también del ecosistema que ayudan a crear, contribuyendo así a los beneficios ambientales, económicos y sociales. Asimismo, las plantaciones forestales ayudan en la lucha con la desertificación, protegen la biodiversidad y diversifican el paisaje, contrarrestan las emisiones de carbono, protegen los suelos y aguas, restauran terrenos degradados por otros usos del suelo, proporcionan empleo rural, contribuyen a los sistemas de producción agrícola apoyando a las comunidades en la reducción de pobreza y a favor de la seguridad alimentaria, ya que los agricultores plantan arboles como cortinas de protección, jardines y establecen sistemas agroforestales para obtener madera, productos forestales no maderables, leña, forraje y protección.

### **2.2.1.3.Importancia de las plantaciones con especies nativas**

Las plantaciones forestales con especies nativas generan beneficios productivos ya que impulsan la economía local y promueven el desarrollo social, asimismo, desde el punto de vista medioambiental posibilitan una mayor fijación de carbono y generan servicios ecosistémicos. Además, al usar especies nativas, se promueve que el territorio recobre ciertas funciones del bosque, rehabilitando áreas degradadas y recuperando la biodiversidad, de esta manera mejoran el desarrollo socioeconómico de las comunidades locales y los beneficios obtenidos de su gestión (FAO, 2015; Montagnini, 2003).

Existe una presión sobre los bosques secos que tiene un trasfondo socioeconómico, las familias que viven ahí no tienen los suficientes ingresos económicos debido a la baja productividad agropecuaria y la solución inmediata es la extracción forestal, sin embargo, esta solución provoca una deforestación y desertificación del bosque que es depredado a razón de 2m<sup>3</sup>/ha/año (Gonzales et al., 2015).

Las especies nativas como el algarrobo y sapote se presentan como valiosas opciones para reforestación debido a su gran adaptabilidad a ecosistemas desérticos presentes en la provincia de Talara, no solo recuperan la fertilidad de los suelos sino también controlan la erosión y degradación de suelos de dunas, contrarrestan la desertificación, fijan nitrógeno del aire y adicionan materia orgánica al suelo (Zevallos, 1998; FAO, 1997; FAO, 1980).

Estas especies presentan una ecofisiología que les permite realizar todas las funciones de floración, fructificación y producción de semillas; de esta manera hacen frente a situaciones de estrés por la falta de agua durante tiempos prolongados gracias a la capacidad que poseen sus raíces para captar hidrógeno y agua de la napa freática, donde mantienen su potencial hídrico a pesar de la sequedad del medio (Gonzales et al., 2015; Díaz, 1995; Galera, 2000).

El algarrobo es una planta que prospera bien en las zonas áridas y semiáridas, en las cuales en condiciones naturales no se desarrollaría otra vegetación arbórea cuyos requerimientos en cuanto a la calidad de suelos es mayor (Bustios, 1991). Además de su importancia en el aporte económico que brindan a las poblaciones existentes en los bosques secos del norte (Gonzales et al., 2015), especies como el algarrobo mejoran el suelo marginal salino, mostrando

alto poder de adaptación a condiciones adversas, minimizando el avance de la concentración salina, transportando nutrientes y deprimiendo el nivel hídrico del subsuelo (Galera, 2000).

La madera de algarrobo se obtiene con buen rendimiento, su carbón es de buena calidad y al igual que la madera de sapote es usada para artesanía y como leña para la cocción de artesanías y alimentos. El forraje del sapote es fuente de alimento para diversas especies animales, asimismo la miel producida por ambas especies es utilizada por las comunidades. (Vasconcelos Mendes 1988, Ecurra, 1986, Proyecto Algarrobo, 1991)

### **2.2.2. Zonificación**

La zonificación es un proceso de designación de un terreno en unidades homogéneas que son caracterizadas en función a factores físicos, biológicos y socioeconómicos, con relación a su potencialidad de uso sostenible, con el fin de definir zonas aptas para diferentes actividades o actividades mixtas (Botero, 1996; FAO, 2018).

#### **2.2.2.1. Zonificación Forestal**

La zonificación forestal es un proceso obligatorio técnico y participativo de delimitación de tierras forestales, que se realiza en el marco del enfoque ecosistémico y siguiendo la normativa sobre la zonificación ecológico-económica, en lo que corresponda, considerando los procesos en marcha, los instrumentos de planificación y gestión territorial regional con los que se cuente y respetando los usos y costumbres tradicionales de las tierras comunales, conforme a la Constitución Política del Perú y la ley (SERFOR, 2015).

### **2.2.3. Aptitud forestal**

La aptitud forestal está definida como las condiciones climáticas, de suelo e hídricas que el territorio presenta para producir una especie forestal (Salinas, 2011).

El Servicio Forestal Nacional de Flora y Fauna Silvestre menciona que las tierras con aptitud forestal poseen características ecológicas y edáficas que les brindan capacidad para la producción permanente y sostenible de bienes y servicios forestales, o potencial para la forestación o reforestación (SERFOR, 2015).

### **2.2.3.1. Influencia de las variables climáticas en la vegetación**

#### ➤ Precipitación

Para que exista vegetación en los ecosistemas terrestres, resulta imprescindible la disponibilidad de agua en el suelo. El agua es el vehículo de los nutrientes en su circulación por la planta y para su absorción por las raíces, y es indispensable en la fotosíntesis. Cada formación vegetal tiene unas necesidades de agua mínimas para su existencia y desarrollo, que varían con la cantidad de biomasa característica y con su propia fisiología (Serrada, 2011).

#### ➤ Temperatura

Toda especie vegetal requiere una determinada cantidad de energía para el desarrollo de su ciclo vegetativo. Estas necesidades son mayores en las formaciones arbóreas y menores en las herbáceas (Serrada, 2011).

### **2.2.3.2. Influencia del factor edáfico en la vegetación**

#### ➤ Suelo

Los suelos están condicionados por el tipo de roca madre, la topografía, el clima y la vegetación, entre otros factores. La interacción de dichos factores a través del tiempo produce una alta heterogeneidad en las propiedades del suelo, que influye en la vegetación que ellos soportan (Cortés e Islebe, 2005).

### **2.2.3.3. Influencia de las variables topográficas en la vegetación**

La topografía interviene en los procesos que limitan la distribución y abundancia de las plantas en varios sentidos (Sánchez et al., 2016)

#### ➤ Pendiente

La influencia de la pendiente sobre la vegetación es muy trascendente; la pendiente del terreno contribuye a disminuir la capacidad de retención de agua por su influencia en la escorrentía, asimismo, en áreas en que se presentan fuertes inclinaciones, el suelo está sometido a una intensa erosión, resultando en suelos con menor cantidad de nutrientes por lo que la vegetación tenderá a ser más xerófila y más frugal (Serrada, 2011).



## ➤ Altitud

Cuando la altitud se va incrementando y se tiene una latitud constante, el clima varía; formándose así pisos de vegetación, definidos como un conjunto ordenado de agrupaciones vegetales presentes en una latitud constante al variar la altitud (Zavala, 2012).

### 2.2.4. Características y requerimientos ambientales de las especies forestales

#### 2.2.4.1. *Prosopis pallida* – Algarrobo

##### Taxonomía

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Mimosaceae
Nombre científico:	<i>Prosopis pallida</i> H.B.K.
Nombre común (Perú):	Algarrobo

La especie *Prosopis pallida* es originaria de las zonas costeras áridas de Perú, Colombia y Ecuador. Es la especie más abundante en los bosques secos de Tumbes, Piura y Lambayeque (Gonzales et al., 2015; FAO, 1997). Crece en el bosque seco del norte peruano junto con *Vachellia macracantha* “faique”, *Bursera graveolens* “palosanto”, *Colicodendron scabridum* “sapote” y otras especies (Gonzales, 2016). Puede alcanzar hasta los 18 m de altura, copa horizontal globosa, corteza externa gris, fisurada, la mayoría de individuos posee espinas y hojas con apariencia encrespada (Gonzales et al., 2015; FAO, 1997; Galera, 2000).

El fruto y hojas del algarrobo son usados como forraje para animales, además el extracto llamado algarrobina y la harina de algarrobo son empleados en la alimentación humana, además sus flores son usadas en apicultura (Gonzales, 2016; FAO, 1997). En Piura, su madera es usada para fabricación de muebles y cercos para ganado; como leña y en la fabricación de carbón de consistencia dura y alto poder calorífico, chips y en construcción ya que es pesada, compacta y de gran durabilidad (Galera, 2000).

## Requerimientos ambientales

Esta especie requiere una temperatura media entre 20.5°C y 29°C. Tolera más de 45°C en verano (Díaz, 1995).

El rango de precipitación anual en el que se desarrolla es de 300 a 600 mm, prefiere lugares con acceso a aguas subterráneas (Díaz, 1995). Experiencias en el Perú indican que el algarrobo se desarrolla bien en el rango de 250 a 500 mm de precipitación anual, siendo la faja favorable 125 a 250 mm (FAO, 1997).

La especie es considerada rústica ya que puede desarrollarse en todo tipo de suelos. Crece en suelos arenosos, arcillosos, calcáreos, pedregosos e incluso en suelos superficiales y salinos (FAO, 1997). El algarrobo a diferencia de otras especies que requieren cierta calidad de suelo, se desarrolla en zonas áridas y semiáridas. Vilela (1985) menciona que los algarrobos que se desarrollan bien en Piura, lo hacen en suelos con textura arenosa-alcalina. En la región de Lambayeque, los suelos donde viven los algarrobos son tipo franco-arenoso y arcillo-arenoso (Galera, 2000).

El algarrobo no es exigente, pero prefiere suelos planos, ondulados a pedregosos, creciendo desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, siendo su faja favorable de 50 a 400 msnm (FAO, 1997; Galera, 2000). A una altitud de 400 a 500 msnm la presencia de *P. pallida* es escasa a nula (Galera, 2000).

### 2.2.4.2. *Colicodendron scabridum* – Sapote

#### Taxonomía

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Brassicales
Familia:	Capparaceae
Nombre científico:	<i>Colicodendron scabridum</i>
Nombre común (Perú):	Sapote o Zapote
Sinónimo:	<i>Capparis scabrida</i> H.B.K., <i>Capparis angulata</i> R&P

El sapote es una especie originaria de los trópicos de América, de la costa norte del Perú (Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad) y sur de Ecuador (Gonzales et al., 2015). Se adapta bien en las zonas secas desérticas como matorral desértico pre-montano y desierto pre-montano, crece con porte arbóreo en los bosques secos del norte del Perú entre Lambayeque y Piura (Gonzales et al., 2015; Gonzales, 2016). Crece asociado con especies como *Prosopis pallida* “algarrobo”, *Vachellia macracantha* “faique”, entre otros en el departamento de Piura. El árbol posee raíces pivotantes, tallo grueso c/ nudos, irregular, copa globosa aplanada, corteza externa agrietada, con lenticelas, madera blanquecina de grano fino. Flores hermafroditas. Fruto tipo baya (Gonzales et al., 2015; FAO, 1997).

El fruto de sapote es usado para alimentación de animales silvestres y domésticos (Gonzales, 2016). Madera usada en artesanía y enseres. Forraje para ganado. Goma usada como espesante, emulsionante, aditivo alimenticio. Flores con potencial melífero (FAO, 1997).

### **Requerimientos ambientales**

El sapote habita en zonas de vida con temperatura media anual de 22.9°C en un rango de 15°C a 35°C (FAO, 1997; Begazo et al., s.f.).

El promedio de precipitación total anual de la zona donde habita esta especie es de 21.6mm (FAO, 1997).

Esta especie crece en todo tipo de suelo, tolera suelos pedregosos, pero no las sales. Según estudios los mejores individuos crecen en suelos franco arcillosos (FAO, 1997).

La especie se desarrolla entre los 100 a 1200 msnm, aunque varios autores mencionan que se le puede encontrar hasta los 2600 msnm con hábito achaparrado (Gutiérrez, 1953; Gonzales et al., 2015).

El sapote tolera suelos planos, con buen drenaje, aunque en suelos calcáreos pedregosos se le encuentra con hábito achaparrado (FAO, 1997).

### **2.2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Es un sistema informático para capturar, almacenar, consultar, analizar y mostrar datos geoespaciales. También llamados datos geográficamente referenciados, los datos geoespaciales son datos que describen tanto las ubicaciones como las características de los elementos

espaciales, como carreteras, parcelas de tierras y zonas de vegetación en la superficie de la tierra. La capacidad de un SIG para manejar y procesar datos geoespaciales lo distingue de otros sistemas de información. Los SIG son importantes en el manejo de recursos naturales, incluyendo planificación del uso del suelo, evaluación de peligros naturales, análisis de hábitats de vida silvestre, monitoreo de zonas ribereñas y manejo de madera (Kang-tsung, 2008).

### **2.2.5.1. Componentes de un SIG**

Los SIG requieren de cuatro componentes para trabajar con información geoespacial (Figura 2) (Kang-tsung, 2008):

- ❖ Sistema informático: incluye la computadora y el sistema operativo para ejecutar SIG.
- ❖ Software SIG: incluye el programa y la interfaz de usuario para manejar el hardware. Las interfaces de usuario comunes en SIG son menús, íconos gráficos, líneas de comando y scripts.
- ❖ Recurso Humano: profesionales en SIG y usuarios que definen los objetivos, y proveen la razón y justificación para el uso de SIG.
- ❖ Datos: consiste en varios tipos de datos o archivos que el sistema toma para producir información.
  - Ráster: Un modelo de datos ráster es denominado cuadrícula, mapa ráster, cobertura de superficie o imagen en SIG. Un ráster representa una superficie continua, pero para el almacenamiento y análisis de datos, un ráster se divide en filas, columnas y celdas, estas últimas denominadas píxeles con imágenes.
  - Vector: El modelo de datos vectoriales utiliza los objetos geométricos de punto, línea y área para representar características espaciales simples. La dimensionalidad y la propiedad distinguen los tres tipos de objetos geométricos, así como las características que representan. Es el más eficiente para el almacenamiento de datos y es usado en cartografía ya que mantiene la figura real del elemento.
- ❖ Infraestructura: se refiere a la necesidad de un ambiente físico, organizacional administrativo y cultural que soporte las operaciones SIG.
- ❖ Procesos: definen qué tareas, utilizando los datos y recursos tecnológicos, serán realizados por el sistema.

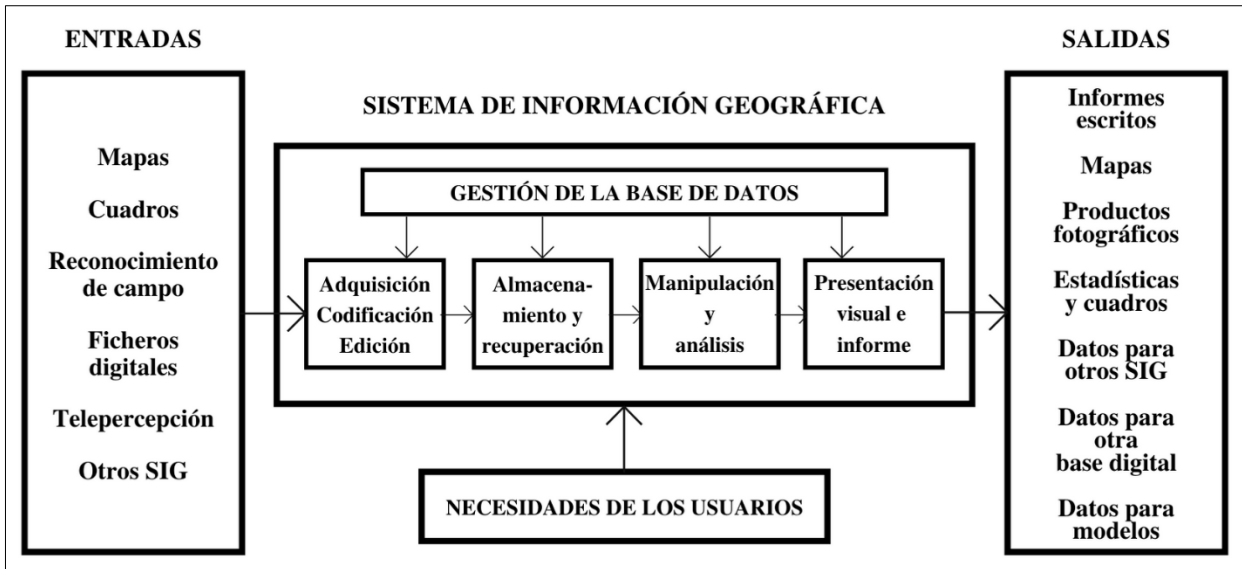


Figura 2. Procesos de un SIG. Fuente: Meaden y Kapetsky, 1992.

### 2.2.6. Modelo

Un modelo, en sentido genérico, es una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades; es construido para conocer o predecir propiedades del objeto real (Huerta, 1999).

García et al. (2004), menciona que un modelo describe de manera abstracta las variables que conforman la base de datos, la tipología de los datos y sus relaciones, con el fin de facilitar la interpretación del mundo real y su representación en forma de datos dentro del sistema informático. La creación del modelo es independiente del hardware y software a usar.

Un modelo cartográfico es un conjunto de operaciones ordenadas e interrelacionadas de mapas que actúan en datos crudos, así como en datos intermedios o derivados, para estimular un proceso de toma de decisión. Es una secuencia lógica de operaciones analíticas expresadas en forma de diagramas de flujo, codificada en lenguaje de comandos y cuyos procesos son cíclicos (Tomlin, 1990; Sierra, 2008). Un modelo cartográfico utiliza las funciones de análisis de un SIG bajo una secuencia lógica, con el fin de resolver problemas espaciales complejos (Meza, 2010).

Se pueden desarrollar modelos que permitan al usuario la evaluación de diferentes alternativas para solucionar problemas espaciales. Con este tipo de análisis espaciales se ahorran los gastos de tiempo y el riesgo de obtener un resultado menos preciso que el obtenido en un SIG. Un SIG

es una herramienta (no la solución a un problema) que se puede aplicar efectivamente para hacer un estudio espacial (Bakker y Perez, 2001).

### **2.2.6.1. Modelo de Datos**

Se le denomina modelo de datos al conjunto de reglas utilizadas para representar las diferentes entidades que deben almacenarse en la base de datos (trabajadores, proveedores, clientes, etc.) mediante elementos sencillos (Figura 3). Los elementos que deberán integrar un SIG incluyen variables que, como la temperatura, varían constantemente de un punto a otro del espacio y en muchas ocasiones se desconoce su valor preciso, por otro lado, se manejan entidades que no tienen límites precisos, y, finalmente habrá entidades con límites precisos pero variables con el tiempo (Gatrell, 1991; Moolenaar, 1998).

- ❖ **Realidad perceptible** (montañas, lagos, campos de cultivo, etc.).
- ❖ **Modelo conceptual** que corresponde a la conceptualización de la realidad aplicando teorías e hipótesis sobre variables y procesos que tienen lugar en el espacio. Se considera la existencia de dos tipos fundamentales de elementos sobre la superficie terrestre: entidades y variables. Se debe tener el conocimiento y el análisis de datos que se requiere para utilizar y de esta manera determinar el modelo, los submodelos y las variables requeridas y luego establecer los rasgos y atributos que tenga relación para llegar a construir el modelo final.
- ❖ **Modelo lógico** donde en lugar de trabajar con la realidad se trabaja con representaciones de la misma que suelen ser de dos tipos: raster y vectorial. Se debe determinar cuál es la más adecuada para representar las variables obtenidas en el desarrollo del modelo conceptual y cuáles son los procedimientos más adecuados para obtenerla con los datos de partida disponibles.
- ❖ **Modelo digital o estructura de datos** viene a ser la implementación de los anteriores modelos en los programas y equipos necesarios, con los que se va a desarrollar el proyecto, considerando las especificaciones. Este modelo determina en qué forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y el aprovechamiento del sistema a utilizar; siendo el utilizado para este caso una Base de Datos Geoespacial.

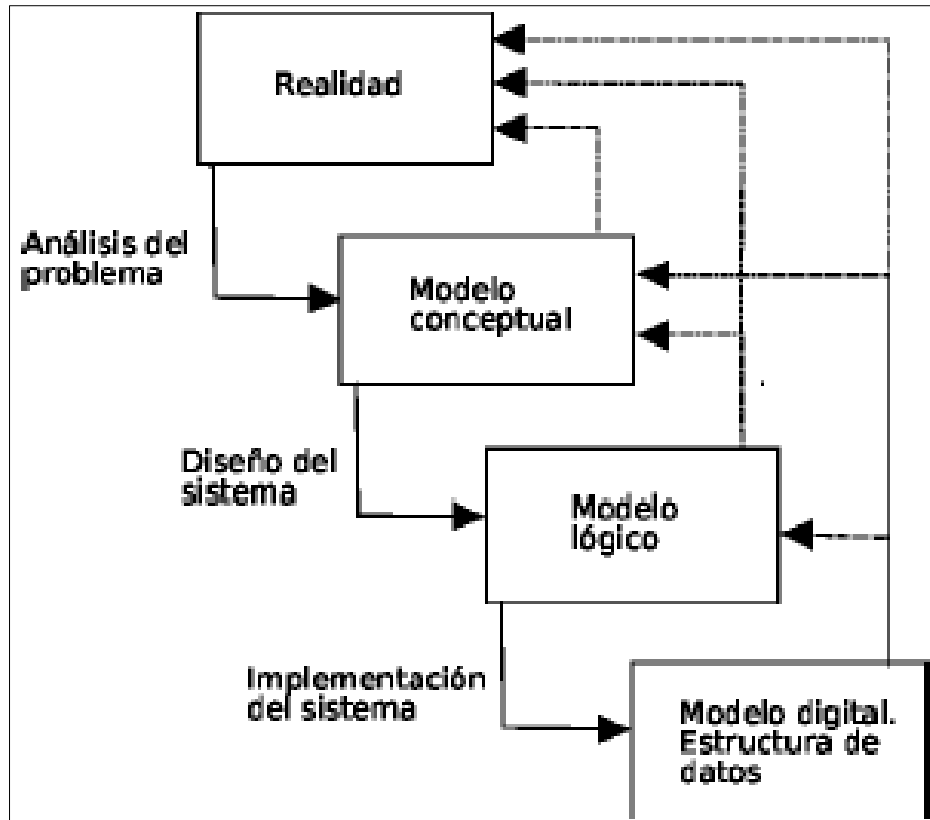


Figura 3. Esquema de la modelización de datos en SIG. Fuente: Gatrell, 1991; Moolenaar, 1998.

### 2.2.7. Análisis Multicriterio

El Análisis de Evaluación Multicriterio, tiene como propósito investigar un número de alternativas mediante criterios múltiples con la finalidad de describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar alternativas de uso (Malczewski, 1999), o como para identificar los diferentes grados de aptitud de un área para un fin específico. Como característica principal de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo que se pueda comparar los elementos y establecer órdenes de prioridad (Arancibia et al., 2005).

#### 2.2.7.1. Proceso de Análisis Jerárquico

El Proceso de Análisis Jerárquico o AHP por sus siglas en inglés, es una metodología útil para la Evaluación Multicriterio que ha tenido un amplio uso; donde el experto brinda sus

preferencias relativas en términos de asignación de pesos de importancia a las distintas alternativas por medio de una serie de comparaciones en pares o pareadas, con las que se forma una matriz de comparación; las prioridades o importancia relativa de las alternativas se obtienen a través de un método determinístico (Saaty, 1980).

El AHP se basa en el principio fundamental de que la experiencia y el conocimiento de la gente respecto a un problema en cuestión, es tan valioso como los datos que se usan (Saaty, 1980).

### 2.2.7.2. Matriz de confusión

La matriz de confusión es una matriz cuadrada en la que se compara la clasificación de la imagen con la verdad observada en el terreno (Figura 4). A través de la matriz de error o de confusión se evalúa la exactitud de la clasificación, colocando en las filas las categorías del mapa y en las columnas las mismas categorías para la verdad del terreno (Boca y Rodríguez, 2012).

		CLASES EN EL CAMPO				Total mapa	EXACTITUD USUARIO	ERROR COMISION
		A1	A2	...	AM			
CLASES MAPA	A1	$a_{11}^*$	$a_{12}$	...	$a_{1m}$	$a_{.1}$	$a_{.1} / a_{..}$	$1 - (a_{.1} / a_{..})$
	A2	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2m}$	$a_{.2}$	$a_{.2} / a_{..}$	$1 - (a_{.2} / a_{..})$
	....			...				
	AM	$a_{m1}$		...	$a_{mm}$	$a_{.m}$	$a_{.m} / a_{..}$	$1 - (a_{.m} / a_{..})$
	Total campo	$a_{.1}$	$a_{.2}$	...	$a_{.m}$	$a_{..}$		
	EXACTITUD PRODUCTOR	$a_{.1} / a_{..}$	$a_{.2} / a_{..}$	...	$a_{.m} / a_{..}$			
ERROR OMISION	$1 - (a_{.1} / a_{..})$	$1 - (a_{.2} / a_{..})$	...	$1 - (a_{.m} / a_{..})$				

Figura 4. Esquema general de la matriz de confusión. Fuente: Boca y Rodríguez, 2012.

El experto provee sus preferencias relativas (en términos de asignación de pesos de importancia a las distintas alternativas - criterios) por medio de una serie de comparaciones en pares o pareadas, este procedimiento permite realizar comparaciones tanto en factores cuantitativos como cualitativos utilizando una escala diseñada por Saaty (1980). De esta manera, se reducen los niveles de incertidumbre y subjetividad, propios de todo proceso de decisión humano reconsiderando, si fuese necesario, la asignación del valor realizada (Celemín, 2010).

Los valores en la matriz de comparación son numéricos y para garantizar la lógica del resultado se debe considerar lo siguiente: (i) al comparar un criterio contra sí mismo, el valor es 1, es decir



“igual de importante”, y (ii) si al comparar A con B se le asigna un valor “x”, entonces al comparar B con A, el valor asignado será el recíproco, es decir “1/x” (Figura 5).

Luego de completar la matriz con los valores y sus recíprocos se procede a realizar la normalización de esta, sumando las filas y volviendo a normalizar para alcanzar el vector propio ‘W’ (Rosales, 1999), el cual supone el peso obtenido por cada criterio o variable (Saaty, 2003).

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$w$
$C_1$	1	3	6	0,60
$C_2$	1/3	1	3	0,23
$C_3$	1/6	1/3	1	0,17

Figura 5. Matriz de comparación. Fuente: Rosales, 1999.

Cx: Criterio o variable x

W: Vector propio o peso de criterio

### 2.2.7.3. Consistencia de la matriz

Los instrumentos que se utilizan en el método, que son fundamentalmente matrices, tienen que cumplir una serie de características como son la reciprocidad, la homogeneidad y la consistencia. Las matrices de dos por dos, son consistentes siempre, mientras que las matrices de tres por tres no deben superar el 5% de ratio de consistencia (CR). El ratio de consistencia se expresa como el cociente entre el índice de consistencia de la matriz (CI) y el índice de consistencia aleatorio (RI) (Saaty, 1980).

Para determinar si una matriz es consistente o no, es necesario estimar el índice de consistencia (CI) que es definido por:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$\lambda_{\max}$ : máximo autovalor de la matriz

n: número de criterios o indicadores usados en una matriz n x n

### III. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. Área de estudio

##### 3.1.1. Ubicación

La provincia de Talara está ubicada en la parte noroccidental del departamento de Piura, entre las coordenadas 04°45' y 05° 23' Sur, 80°49' y 81° 14' Oeste; limitando por el norte y noroeste con el departamento de Tumbes y el Océano Pacífico, por el sur con la provincia de Paita, por el este con la provincia de Sullana y por el oeste con el Océano Pacífico, cuenta con una superficie de 2 799,49 km<sup>2</sup>, además es una de las ocho provincias que constituyen el departamento de Piura y está dividida en seis distritos como se observa en la Figura 6 (Gore Piura, 2012). Talara posee una población censada al año 2017 de 144 150 habitantes y una proyección estimada al 30 de junio del 2020 de 154 268 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1,1%, asimismo, la densidad poblacional es de 51,49 hab/km<sup>2</sup> (INEI, 2017).

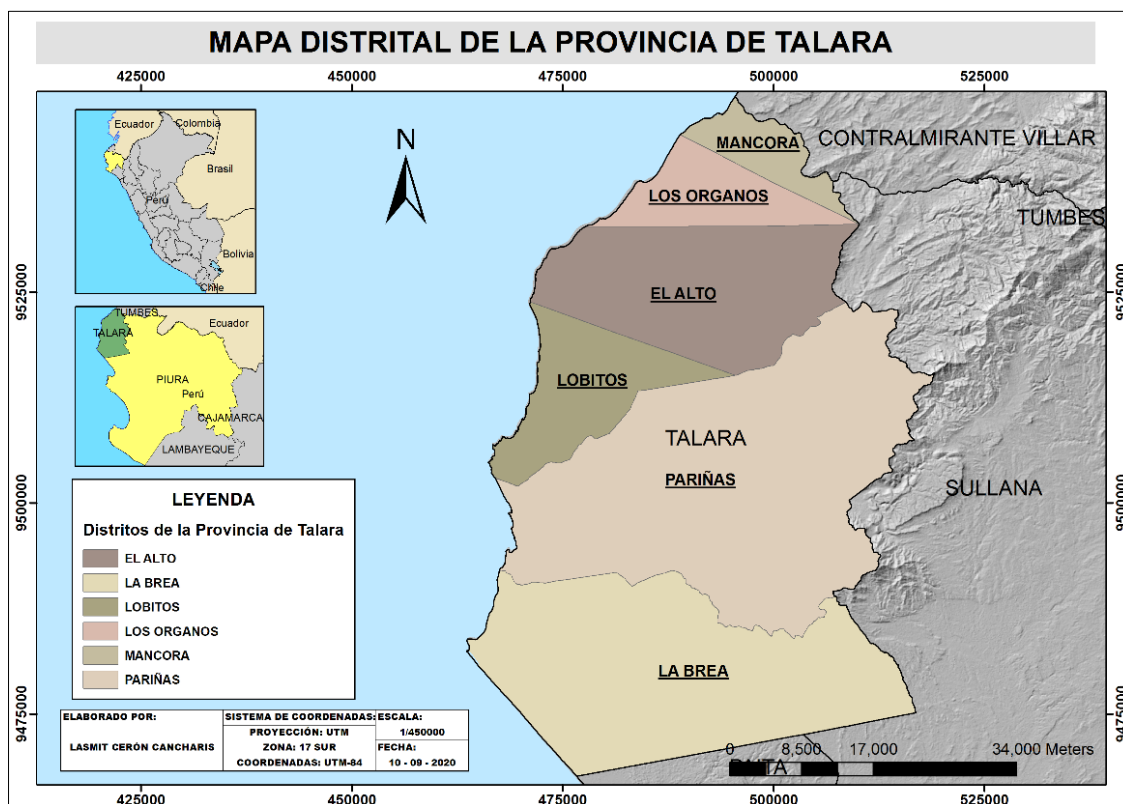


Figura 6. Mapa distrital de la provincia de Talara.

### 3.1.2. Condiciones biofísicas y ambientales

#### 3.1.2.1. Clima

El clima de Talara es considerado cálido desértico (BWh) según la clasificación de Köppen y Geiger, con una temperatura que varía entre 17 °C en invierno y 32°C en verano (Weather Spark, 2020; Climate Data, 2020). Según Senamhi (2019) el mes con la temperatura más alta es de 30,8 °C en marzo y durante setiembre la temperatura baja hasta los 15,5 °C.

En la Figura 7 se observa durante los meses de enero a junio se da el periodo de lluvias, además la precipitación anual alcanza los 26 mm y la temperatura promedio es de 22,3 °C (Climate Data, 2020).

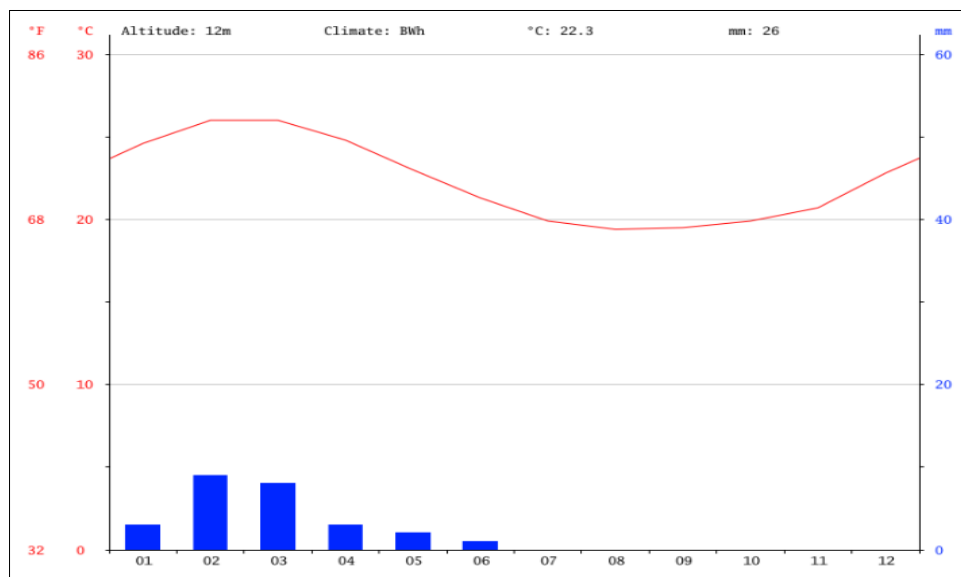


Figura 7. Climatograma de la provincia de Talara. Fuente: Climate Data, 2020.

#### 3.1.2.2. Ecología – Zonas de Vida

Siguiendo el sistema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, la provincia de Talara presenta las siguientes zonas de vida:

Tabla 1

*Zonas de Vida de la provincia de Talara*

N°	Símbolo	Descripción
1	ds-S	Desierto Superárido Subtropical
2	ds-PT	Desierto Superárido Premontano Tropical
3	md-T	Matorral Desértico Tropical
4	md-PT	Matorral Desértico Premontano Tropical (transición a matorral)
5	mte-T	Monte Espinoso Premontano Tropical

Fuente: Mapa Ecológico del Perú, 1995.

### **3.1.2.3. Topografía**

El relieve de la provincia de Talara es variado, está cubierta por Planicies, Llanuras Onduladas y Disectadas, Colinas, Montañas, Valles Estrechos y Ribera Litoral (GORE Piura, 2012). El rango de altitud va desde los tres a los 250 msnm aproximadamente, el área de tablazos y algunas playas presentan franjas planas (3 a 50 msnm), en las llanuras y depresiones costeras suavemente inclinadas (50 a 100 msnm), mientras que en la zona montañosa fuertemente disectada con zonas abruptas las altitudes están entre los 100 a 250 msnm (Calle, 2014).

En las zonas de desierto el relieve varía desde plano u ondulado hasta inclinado e incluso empinado. Mientras que en las zonas de matorral el relieve topográfico es predominantemente suave llegando a un relieve ondulado. En las zonas de monte el relieve es quebrado con escasas áreas suaves que se sitúan a lo largo de ríos o fondo de valles (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

### **3.1.2.4. Suelo**

Los suelos de desierto son en su mayoría arenosos, de arena muy fina o mezclada con piedras y rocas. Inicialmente la arena fue roca y a lo largo de los años la erosión por vientos y agua dieron origen a las dunas en los desiertos (Castillo, 2005), los ecosistemas aquí presentes son frágiles y los factores climáticos, fisiográficos, edáficos y de vegetación tienen una íntima relación (LGEEPA, 1996).

Posee suelos yermisoles y xerosoles, generalmente profundos, de texturas variables y naturaleza calcárea ya que acumulan calcio y yeso, además el contenido de materia orgánica es bajo como en los suelos vertisoles. En las zonas con arena están los regosoles mientras que los litosoles son suelos superficiales donde predominan materiales fragmentados o rocosos. Los suelos fluvisoles tienen una morfología estratificada y aparecen a lo largo de los cursos o valles aluviales (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

### **3.1.2.5. Vegetación**

En las zonas con humedad existen arbustos xerófilos y gramíneas pequeñas y de corto período vegetativo, además están las especies “algarrobo”, “sapote” y “faique” de los géneros (*Prosopis*, *Capparis* y *Accasia*, respectivamente), entre los más importantes (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995). Dos tipos de vegetación de matorral son los llamados "zapotal" y "algarrobal" descritos por (Ferreya, 1983) y que se caracterizan por la presencia dominante de *Colicodendron scabridum* (o *angulata*) "sapote".

Romo y Rosina (2012) en su estudio mencionan que las plantas más frecuentes en Talara fueron: *Prosopis pallida* "algarrobo", *Capparis ovalifolia* "vichayo" y *Colicodendron scabridum* "sapote", encontrándose la primera en situación vulnerable y la última en peligro crítico según SERFOR y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, debido al cambio de uso del suelo y la tala indiscriminada.

MINAM (2019) indica que en el bosque estacionalmente seco de llanura existen pocas especies, entre ellas: *Prosopis sp.*, *Vachellia macracantha* “faique” y *Colicodendron scabridum* “sapote”. Mientras que, en el bosque estacionalmente seco de colina y montaña, se registra mayor cantidad de especies, entre ellas: *Eriotheca ruizii* “pasallo”, *Bursera graveolens* “palo santo”, *Loxopterigium huasango* “hualtaco”, *Ceiba trichistandra* “ceibo”, *Terminalia valverdae* “huarapo”, *Geoffroea striata* “almendro”, *Cochlospermum vitifolium* “polo-polo”, *Erythrina smithsiana* “porotillo”, *Tillandsia usneoides* “salvaje”, *Pithecellobium multiflorum* “angolo”, *Handroanthus chrysanthus* “guayacán”, *Caesalpinia paipai* “charán”. Ambos ecosistemas están presentes en la provincia de Talara.

### **3.2. Materiales**

#### **3.2.1. Materiales de Gabinete**

- Límites Político Digital Oficial del 2016 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2016)
- Información cartográfica y climática digital del departamento de Piura en formato vectorial del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2017)
- Información digital de áreas potenciales para plantaciones forestales determinado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2018)
- Imágenes ASTER GDEM: ASTGTM\_S05W081 y ASTGTM\_S05W082

#### **3.2.2. Herramientas de Software**

- ArcGIS 10.5

#### **3.2.3. Materiales de Campo**

- Formato de campo (Anexo 1)
- Mapa de puntos de validación (Anexo 2)
- Mapa de ubicación de la Provincia de Talara
- Movilidad
- Lápiz, borrador, micas, etc.

#### **3.2.4. Equipos**

- Brújula
- Equipo GPS Garmin 64S
- Tablet con cámara

### **3.3. Metodología**

La presente investigación es de tipo descriptiva, donde la metodología emplea el análisis espacial para diseñar un modelo con el fin de identificar áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales con dos especies nativas de la costa peruana. Asimismo, es de tipo experimental, ya que el modelo fue desarrollado empleando variables que representaban las características del sitio, en este caso la provincia de Talara, departamento de Piura; y, los requerimientos ambientales de las especies *Prosopis pallida* y *Colicodendron*

scabridum. Haciendo uso de un software de Sistemas de Información Geográfica, se realizó el proceso de análisis jerárquico para agrupar áreas similares que cumplieran con los requisitos de cada especie en estudio y generar mapas de aptitud por cada especie.

Para el proceso de elaboración del modelo se siguió la metodología que comprende las 2 etapas esquematizadas en la Figura 8.

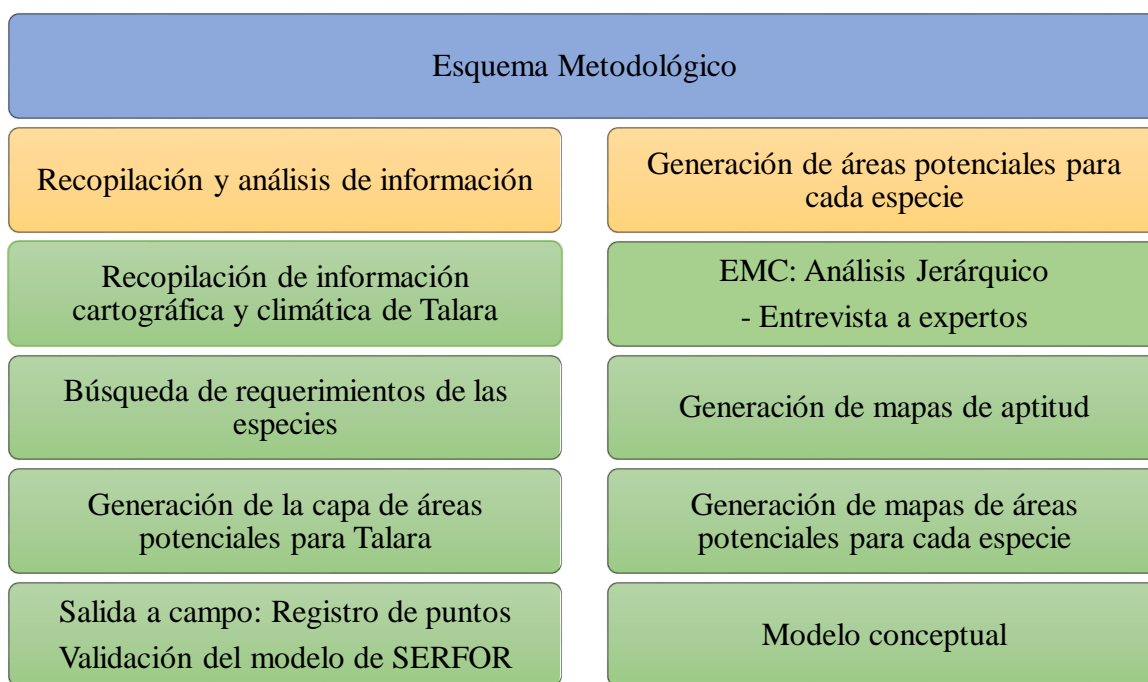


Figura 8. Secuencia metodológica.

### 3.3.1. Recopilación y análisis de información

Esta primera etapa consistió en la revisión y recopilación de información básica, especializada y temática oficial, así como de revisión bibliográfica de los requerimientos de las especies. Asimismo, se generó la capa de áreas potenciales para Talara extraída del modelo de áreas potenciales para plantaciones forestales en el territorio peruano, y posteriormente con la salida a campo se realizó la validación de la capa. Finalizando con la entrevista a expertos.

#### 3.3.1.1. Recopilación de información del área de estudio

Se obtuvieron los datos de la información cartográfica y climática (altitud, temperatura media, precipitación media, pendiente y tipo de suelo) del departamento de Piura en formato vectorial proporcionados por el Servicio Forestal Nacional y de Fauna Silvestre – SERFOR; a partir de

estos datos se extrajo la información de la provincia de Talara, empleando ArcMap del software ArcGis 10.5. Las capas se trabajaron en proyección UTM Zona 17S y Datum WGS 84 (Tablas 2, 3, 4, 5 y 6).

Tabla 2

*Rango altitudinal de la provincia de Talara*

N°	Nombre de Distrito	Rango (msnm)
1	Máncora, Los Órganos, El Alto, Lobitos, Pariñas y La Brea	0 - 500
2	Pariñas y La Brea	500 - 1000
3	Pariñas	1000 - 2000

Fuente: Elaborado a partir de SERFOR (2017).

Tabla 3

*Rango de temperatura media de la provincia de Talara*

N°	Nombre de Distrito	Rango (°C)
1	Máncora, Los Órganos, El Alto, Lobitos, Pariñas y La Brea	22 - 23
2	El Alto, Pariñas y La Brea	23 - 24
3	La Brea	24 - 25

Fuente: Elaborado a partir de SERFOR (2017).

Tabla 4

*Rango de precipitación media de las áreas potenciales de la provincia de Talara*

N°	Nombre de Distrito	Rango (mm)
1	Lobitos, Pariñas y La Brea	100 - 200
2	Lobitos, Pariñas y La Brea	200 - 300
3	El Alto, Lobitos, Pariñas y La Brea	300 - 400
4	Máncora, Los Órganos, El Alto, Lobitos, Pariñas y La Brea	400 - 500
5	Máncora, Los Órganos, El Alto, Pariñas y La Brea	500 - 600
6	Pariñas y La Brea	600 - 700

Fuente: Elaborado a partir de SERFOR (2017).



Tabla 5

*Rango de pendiente de la provincia de Talara*

N°	Rango (%)	Descripción
1	0 - 4	Plana a Ligeramente inclinada
2	4 -8	Moderadamente inclinada
3	8 - 15	Fuertemente inclinada
4	15 - 25	Moderadamente empinada
5	25 - 50	Empinada
6	50 - 75	Muy Empinada

Fuente: Elaborado a partir de SERFOR (2017).

Tabla 6

*Tipos de suelo de la provincia de Talara*

N°	Tipo de suelo
1	Arenosol
2	Arenosol/Fluvisol
3	Arenosol/Yermosol
4	Fluvisol
5	Leptosol
6	NS
7	NS/Leptosol
8	NS/Regosol
9	Regosol
10	Regosol/Arenosol
11	Solonchacs/Yermosol
12	Yermosol
13	Yermosol/Arenosol
14	Yermosol/NN

Fuente: Elaborado a partir de SERFOR (2017).

Asimismo, se optó por trabajar con el Modelo Digital de Elevación (DEM) para obtener los rangos altitudinales de la provincia de Talara. Se descargaron las imágenes ASTER GDEM de los cuales se obtuvo la capa altitudinal de 30m de tamaño de pixel, ya que las capas brindadas por SERFOR fueron generadas a nivel de píxel con una resolución de 30 metros, este proceso se realizó en el software ArcGIS 10.5.

### **3.3.1.2.Requerimientos ambientales de las especies empleadas**

Se hizo una revisión bibliográfica para obtener información de la distribución natural y los requerimientos ambientales de cada especie en estudio, particularmente con los trabajos de Díaz (1995), Vilela (1985), Galera (2000), FAO (1997), Begazo et al. (s.f.), Gutiérrez (1953), Gonzales et al. (2015). Los criterios considerados relevantes para el establecimiento de ambas especies estuvieron basados en variables climáticas, topográficas y edáficas. Con la información colectada que está en base a las experiencias de la distribución y desarrollo de las especies en la costa norte peruana, se establecieron rangos de aptitud para cada especie, teniendo así intervalos de aptitud alta, media, baja y no apto.

No apto = 0 Comprende áreas que no presentan condiciones propicias para el desarrollo y crecimiento de las especies en estudio.

Aptitud baja = 1 Comprende las áreas o regiones que presentan las mínimas condiciones para el desarrollo de las especies.

Aptitud media = 2 Comprende las áreas o regiones donde la especie se desarrolla bien pero no es su faja ideal.

Aptitud alta = 3 Comprende las áreas o regiones que garantizan la adaptación de las especies, al presentar condiciones propicias para su desarrollo.

Se empleó la herramienta “*polygon to raster*”, que convierte polígono a ráster, para generar las capas en formato ráster de cada una de las variables (precipitación, temperatura, pendiente y suelo, la variable altitud se obtuvo en formato ráster a partir del DEM). Luego se empleó la herramienta “*reclassify*”, que reclasifica una capa ráster, para clasificar las capas en función a los rangos y grados de aptitud establecidos para cada especie.

### **3.3.1.3. Generación de la capa de áreas potenciales para plantaciones forestales en Talara**

En base al modelo generado por la Dirección de Catastro, Zonificación y Ordenamiento de SERFOR (DCZO – SERFOR), que siguió una metodología multicriterio basada en la exclusión e intersección de áreas determinadas del ámbito nacional relacionadas con aspectos de la zonificación forestal y aspectos territoriales, se identificaron áreas con potencial para plantaciones forestales en todo el territorio peruano. Se empleó la herramienta “*geoprocessing clip*”, que corta los elementos geográficos dentro de los límites establecidos por una capa poligonal, y se obtuvo la capa de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales en la provincia de Talara en formato vectorial.

### **3.3.1.4. Salida a campo**

Se realizó la visita a la provincia de Talara (área de estudio) para la colección de puntos que permita validar la capa vectorial de áreas potenciales obtenida de SERFOR, el proceso de validación resultó en un porcentaje de precisión del mapa.

Con la herramienta “*buffer*”, que crea zonas de influencia alrededor de entidades, se creó un buffer de 50 metros para las vías departamentales y nacionales que recorren la provincia de Talara. Luego, empleando la herramienta “*random points*”, que crea puntos aleatorios, se generaron aleatoriamente 70 puntos como muestra sobre las áreas identificadas como potenciales por la DCZO – SERFOR. La información fue recolectada en fichas de campo elaboradas para el estudio (Anexo 1).

Durante la salida de campo se colectaron tres puntos adicionales en el mismo punto para verificar la ubicación y se tomó nota de la cobertura presente en los puntos muestreados y de datos relevantes para el estudio, así como la captura de fotografías siguiendo los puntos cardinales (Anexo 3). También se tomaron puntos adicionales donde se observó presencia de alguna de las especies estudiadas. Asimismo, se emplearon Google Earth y Maps en la Tablet para reconocimiento de la ruta, y mapas digitales impresos con los puntos a evaluar.

### **3.3.1.5. Validación**

El proceso de validación fue necesario para evaluar la precisión de las áreas potenciales para plantaciones del modelo formulado por la Dirección de Catastro, Zonificación y Ordenamiento de SERFOR (DCZO – SERFOR).

Para evaluar la consistencia del mapa se emplearon técnicas descriptivas como la matriz de confusión, que ayuda a determinar el grado de correlación de la capa temática con la realidad medida en campo.

### **3.3.2. Generación de áreas potenciales para cada especie**

En esta fase se procesó la información temática obtenida de las entrevistas con los expertos y se realizó el análisis jerárquico, determinando las áreas potenciales para cada especie y la posterior elaboración de los mapas de aptitud por especie. Finalmente se detalla el modelo generado.

#### **3.3.2.1. Evaluación Multicriterio**

##### **a. Identificación de criterios y subcriterios**

Una de las metodologías útiles de la Evaluación Multicriterio es el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) desarrollado por Saaty (1980) basado en la evaluación de criterios con el fin de resolver problemas. Esta metodología se empleó para determinar la jerarquía de las variables empleadas en el estudio.

Las variables o criterios empleados para identificar las áreas potenciales en el estudio se detallan en la Figura 9.

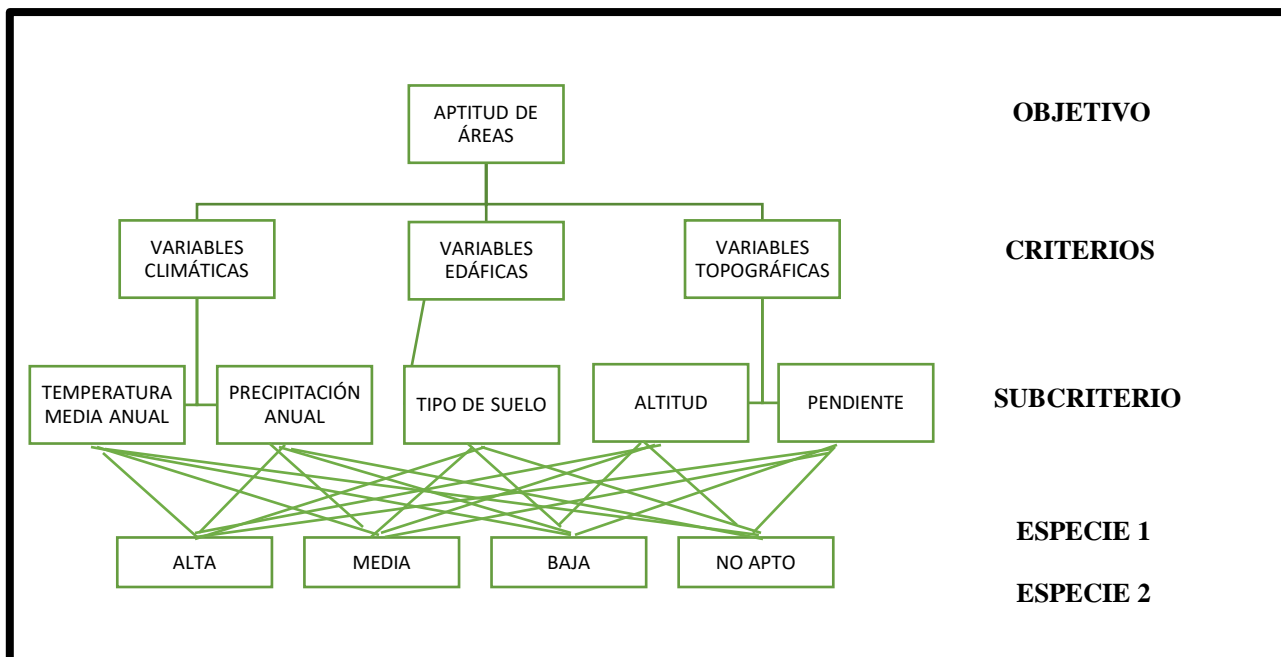


Figura 9. Diagrama jerárquico de criterios y subcriterios para la identificación de áreas potenciales para establecer plantaciones con dos especies nativas.

### b. Entrevista a expertos

Se elaboró una encuesta (Anexo 5) que fue respondida por un panel de ocho expertos especialistas en el establecimiento de plantaciones forestales, reforestación y restauración de áreas para evaluar el grado de importancia de cada criterio y subcriterio. Asimismo, detallaron información relevante en base a su experiencia y comentaron diversos puntos a considerar en futuros estudios.

### c. Asignación del valor de importancia de los criterios y subcriterios

Los expertos señalaron sus preferencias relativas (en términos de asignación de pesos de importancia a las variables) por medio de una serie de comparaciones en pares o pareadas. El grado de importancia se asigna en base a puntajes, en una escala del uno al nueve en una matriz de comparación que considera también los recíprocos de esos puntajes. Los valores fueron asignados en base a la escala que se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

*Escala de Jerarquización AHP*

Valor	Definición	Comentario
1	<b>Igual de importante</b>	A y B tienen la misma importancia
3	<b>Moderadamente más importante</b>	A es moderadamente más importante que B
5	<b>Bastante más importante</b>	A es más importante que B
7	<b>Mucho más importante</b>	A es mucho más importante que B
9	<b>Extremadamente más importante</b>	A es extremadamente más importante que B

Fuente: Modificado de Saaty, 1977.

**d. Consistencia de la matriz**

Para determinar la consistencia de las matrices obtenidas, se estimó el índice de consistencia (CI) que es definido por:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$\lambda_{\max}$ : máximo autovalor de la matriz

n: número de criterios o indicadores usados en una matriz  $n \times n$

El índice de consistencia aleatorio (RI) es el valor aleatorio promedio de CI para una matriz  $n \times n$ . Los valores de RI se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

*Valores de RI para matrices de diferentes órdenes*

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: Saaty, 1980.

Cuando el ratio de consistencia (CR) para una matriz  $n \times n$  excede el porcentaje establecido, es posible revisar la matriz e intentar volverla consistente. Para los casos en que la matriz resultó inconsistente, se planteó una reunión con los expertos para reevaluar las opiniones y juicios de manera conjunta, obteniendo una matriz consistente.

**e. Agregación de preferencias y ponderación final de los criterios y subcriterios.**

Para obtener una opinión agregada de todos los expertos que participaron de la encuesta, se realizó una media geométrica entre los distintos vectores propios de cada experto, luego se normalizó hasta llegar a un nuevo vector propio que fue la suma de todas las opiniones. Esto se realizó para todas las matrices que compararon criterios, así como las que compararon los subcriterios (Tabla 9). Luego se realizó la ponderación final de criterios y subcriterios por medio de una multiplicación entre la ponderación primaria y la ponderación secundaria (Tabla 10).

Tabla 9

*Agregación de opiniones de expertos*

Criterio o subcriterio	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7	Experto 8	Agregación	Normalización
Criterio 1										
Criterio 2										
Criterio 3										

Tabla 10

*Ponderación final de los criterios y subcriterios*

Criterio	Ponderación primaria	Subcriterio	Ponderación secundaria	Ponderación final	Porcentaje de influencia (%)
Criterio 1		Subcriterio 1			
Criterio 2					
			Total	1	100

### **3.3.2.2. Generación de mapas de aptitud**

Para generar los mapas de aptitud se empleó la Superposición Ponderada que permite evaluar varios criterios y a su vez darles un peso de influencia en el resultado, peso que se obtuvo del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

Se utilizó la herramienta “*Weighed overlay*” que realiza una superposición por pesos según su importancia. En este proceso se añadieron las capas ráster de cada subcriterio clasificadas según el rango de aptitud determinado para cada especie, y se añadieron los porcentajes de influencia obtenidos en el proceso AHP. De esta forma se obtuvieron dos mapas de aptitud, uno para cada especie.

### **3.3.2.3. Generación de mapas de áreas potenciales para cada especie**

Con la capa vectorial de áreas potenciales correspondiente a la provincia de Talara y las capas de aptitud de cada especie en estudio, se procedió a emplear la herramienta “*Raster processing*” (preparación de datos ráster) y se obtuvieron dos capas finales de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales con la especie *Colicodendron scabridum* “sapote” y la especie *Prosopis pallida* “algarrobo”.

### **3.3.2.4. Modelo conceptual**

El Modelo de Áreas Potenciales para Plantaciones Forestales con Especies Nativas se determinó en función a criterios de clima, suelo y topografía del área de estudio. Se identificaron variables temáticas con sus respectivas unidades o atributos, que, de forma cuantitativa y cualitativa, permitieron determinar la potencialidad del área de estudio para establecer plantaciones con especies nativas.

Para la generación del submodelo 1, interactuaron las variables de temperatura, precipitación, suelo, pendiente y altitud del sitio de estudio con la base de datos que contó con los requerimientos de las especies. Con el Modelo de plantaciones forestales de SERFOR se obtuvo el submodelo. Para la generación del submodelo 3 se empleó el submodelo 1 y el proceso de análisis jerárquico. Finalmente, el Modelo de Áreas Potenciales para Plantaciones Forestales con Especies Nativas se generó del submodelo 2 y 3.



Dentro del Sistema de Información Geográfica se construyó la base de datos geoespacial del Modelo de Áreas Potenciales para Plantaciones Forestales con Especies Nativas, diseñándose, en primer lugar, un modelo conceptual el cual permitió modelar cual será la realidad operacional del SIG, de acuerdo a las variables y procesos implementados. El modelo conceptual se presenta en la Figura 10.

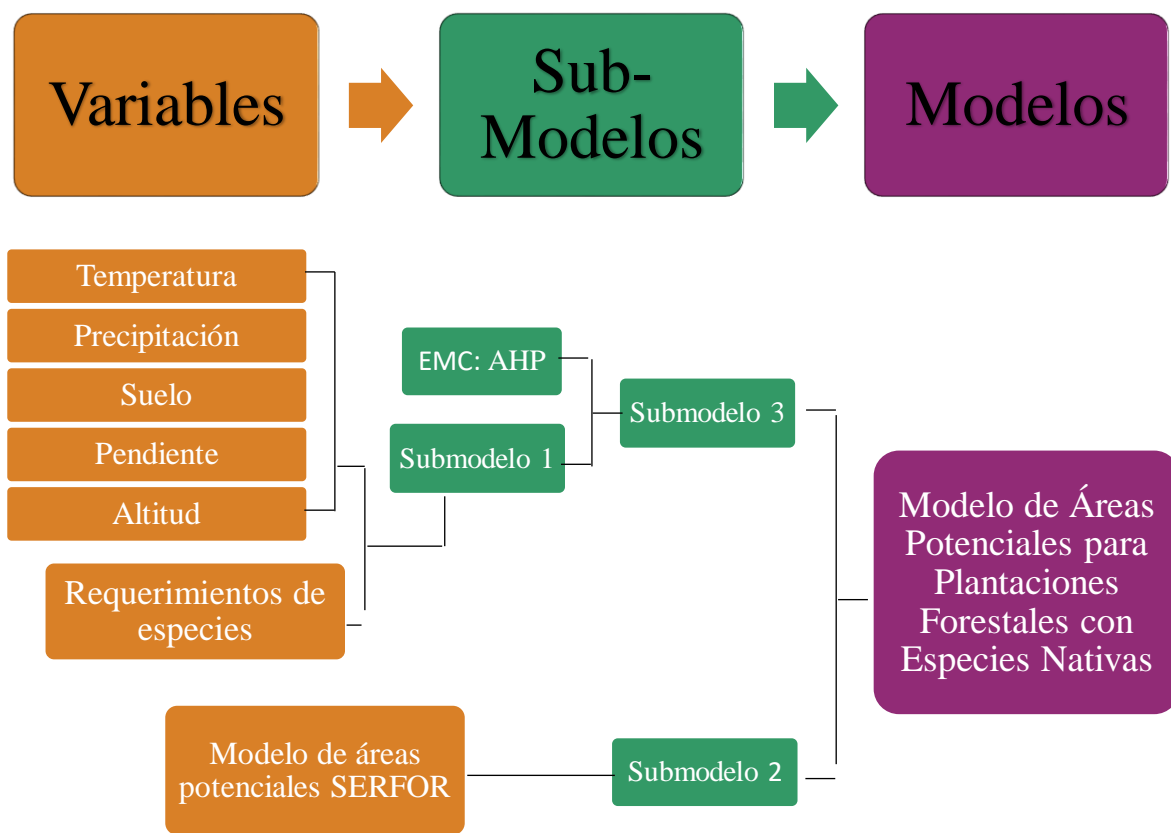


Figura 10. Modelo conceptual.

Finalmente, un modelo geoespacial con el proceso realizado para obtener cada submodelo y el modelo final de áreas potenciales para plantaciones (Anexo 6).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El modelo generado a partir de la combinación de los criterios establecidos y la aplicación del análisis multicriterio mediante los SIG permitió generar las áreas aptas para establecer plantaciones forestales con las especies *Prosopis pallida* y *Colicodendron scabridum*.

A partir de la información obtenida del Servicio Forestal Nacional de Flora y Fauna Silvestre – SERFOR y de la revisión bibliográfica de las variables climáticas, edáficas y topográficas tanto del sitio como de las especies estudiadas, se pudo diferenciar áreas con características que propician ambientes favorables para el desarrollo de cada especie.

Primero se generó la información con las características del sitio y los requerimientos de las especies. Por otro lado, se extrajo la capa de área potencial para plantaciones en la provincia de Talara, la cual fue validada con la salida de campo donde se colectaron puntos para determinar la precisión del mapa. Finalmente se aplicó el análisis multicriterio con la información colectada de los expertos y se obtuvieron las áreas aptas para plantaciones para cada especie estudiada, las cuales se representaron en mapas de aptitud para cada especie.

### 4.1. Aptitud de variables para cada especie forestal

En la Tabla 11 se detallan los requerimientos ambientales de ambas especies. Asimismo, se agruparon según el grado de aptitud establecido para cada especie en estudio: un grado de aptitud alto equivale a un valor de 3, aptitud media un valor de 2, aptitud baja un valor de 1 y, no apto un valor de 0; estos valores fueron aplicados para ambas especies en estudio. Los rangos se establecieron en base a la revisión bibliográfica hecha para cada especie, considerando que el rango de aptitud alta es donde las especies desarrollan los mejores individuos gracias a las condiciones que se presentan en el sitio. El rango de aptitud medio y bajo reúne condiciones que la especie puede tolerar en diferentes grados, siendo su desarrollo limitadamente favorable. Por último, el rango de no aptitud incluye condiciones que resultan extremas y limitan el desarrollo de las especies en estudio en el sitio con esas características de temperatura, precipitación, altitud, pendiente y suelo.

Tabla 11

*Requerimientos ambientales de las especies forestales*

Especie	Aptitud	Temperatura (°C)		pp (mm/año)		Altitud (msnm)		Pendiente (%)	Suelo
		Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx		
Sapote	Alto	22	30	100	200	100	600	0-4	Fluvisol, Arenosol
	Medio	30	35	200	500	600	1200	4-8	Yermosol, Regosol
	Bajo	15	22	500	600	0	100	8-15	Otros
	No apto	-	-	600	más	-	-	15-50	No data/NS
Algarrobo	Alto	20.5	29	100	300	50	400	0-4	Fluvisol, Fluvisol calcárico, Arenosol
	Medio	29	35	300	500	0	50	4-8	Regosol, Yermosol
	Bajo	35	45	500	600	400	500	8-15	Otros
	No apto	-	-	600	más	500	1200	15-50	No data/NS

**4.2. Mapa de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales**

La Figura 11 muestra el producto del Submodelo 2 que son las áreas potenciales para establecer plantaciones forestales en la provincia de Talara que fue obtenido del Modelo de Áreas Potenciales para Plantaciones Forestales de la Dirección de Catastro, Zonificación y Ordenamiento de SERFOR, que siguió una metodología multicriterio de exclusión de capas, donde los criterios se basaron en aspectos de zonificación forestal y aspectos territoriales. Factores que fueron determinados en base al objetivo de obtener áreas para plantaciones con

finés múltiples, lo que hace la particular y única como mencionan Arancibia et al. (2005), cuando se refieren a las diversas metodologías multicriterio.

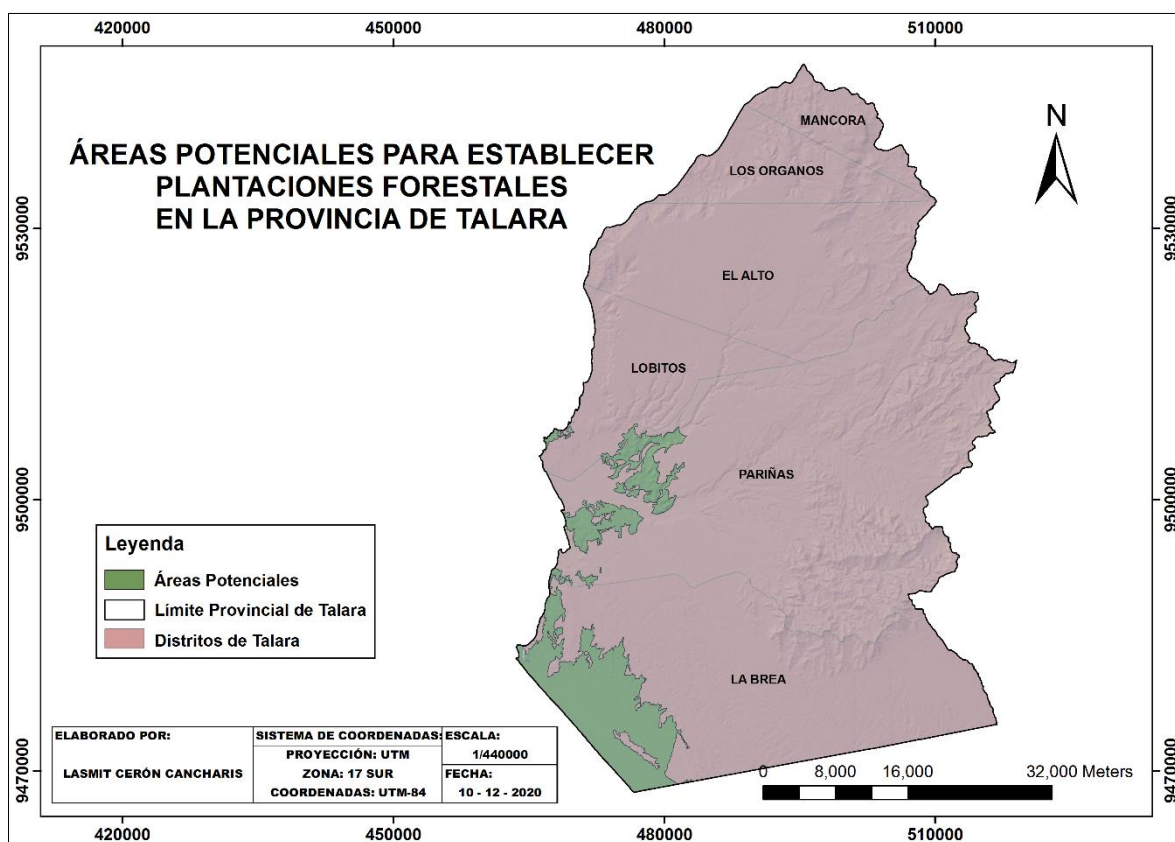


Figura 11. Mapa de Áreas Potenciales para la provincia de Talara.

#### 4.2.1. Salida de campo y validación

La salida de campo se llevó a cabo del 28 de noviembre al 03 de diciembre del 2019. Como resultado se obtuvieron 120 puntos colectados (ver Figura 12), en los recorridos realizados que permitieron recabar información sobre la cobertura de suelo, textura del suelo, coberturas presentes en los alrededores, acceso a ríos o quebradas, propiedad del terreno que en varias ocasiones resultó estar bajo privatización por empresas petroleras (Anexo 3).

Durante el recorrido se presentaron algunas limitaciones al momento de tomar los puntos, y en algunos casos no se logró registrar la ubicación con el aparato GPS, ya que se encontraban en un predio privado o a distancias muy lejanas de la carretera y sin acceso. Sin embargo, sí se

recogió la información observada en el área, a excepción del punto 43 del cual no se tiene información registrada (Anexo 3).

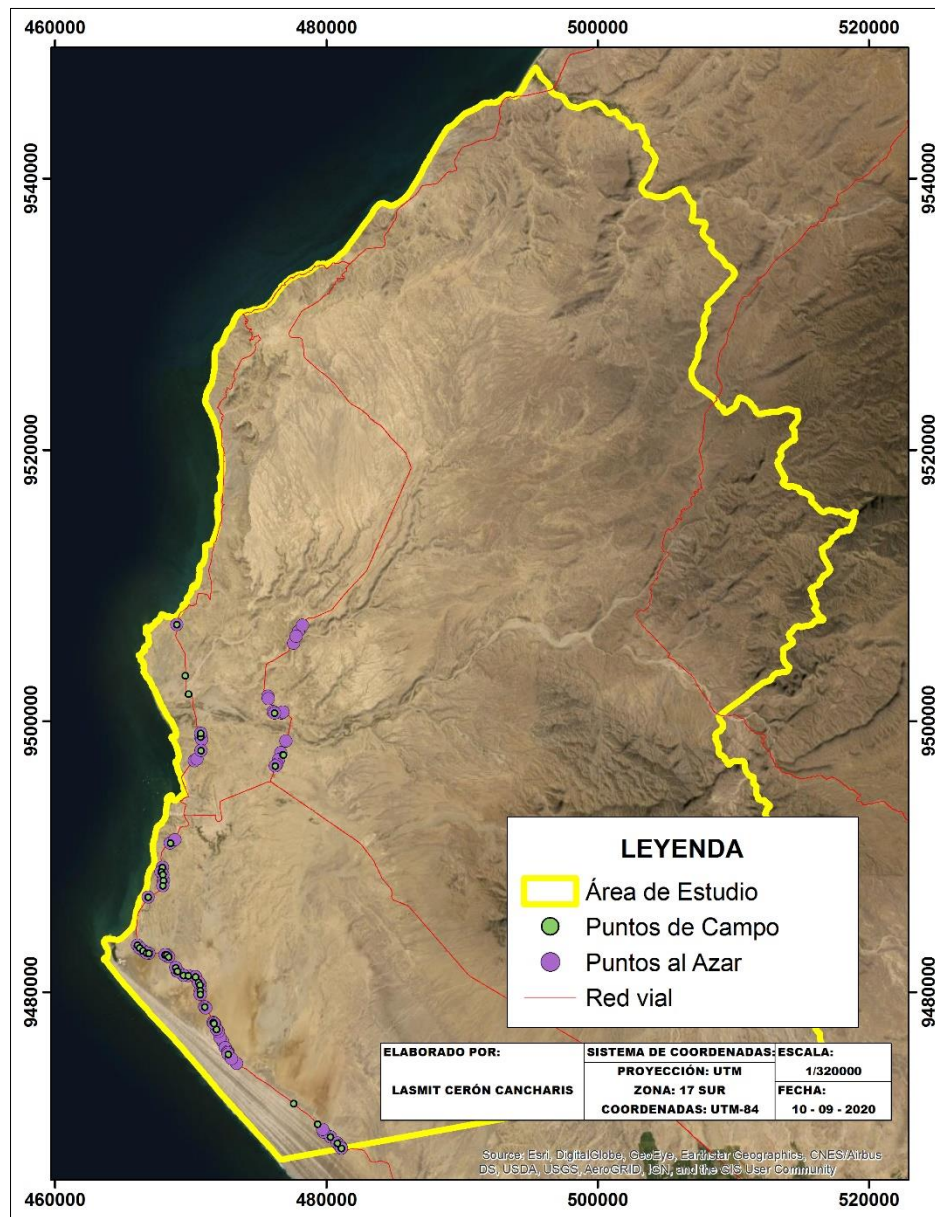


Figura 12. Mapa de la ruta y puntos colectados en campo.

La validación de las áreas presentadas como potenciales por la Dirección de Catastro, Zonificación y Ordenamiento de SERFOR (DCZO – SERFOR) fue realizada empleando la matriz de confusión, de esta forma se calculó la precisión del mapa, determinando el grado de correlación de las áreas elegidas como potenciales para la provincia de Talara con lo observado en la salida de campo.

La Tabla 12 muestra la precisión global del mapa con un valor de 0,81; la diagonal de la matriz muestra los puntos que coincidentes en el mapa y en el campo. Los puntos fuera de la diagonal suponen errores de omisión y comisión. El valor obtenido de la matriz considera la relación entre el número de puntos correctamente clasificados (sumatoria de la diagonal) y el total de puntos de validación (campo).

Tabla 12

*Matriz de confusión correspondiente al modelo de plantaciones de SERFOR con los puntos de validación de campo*

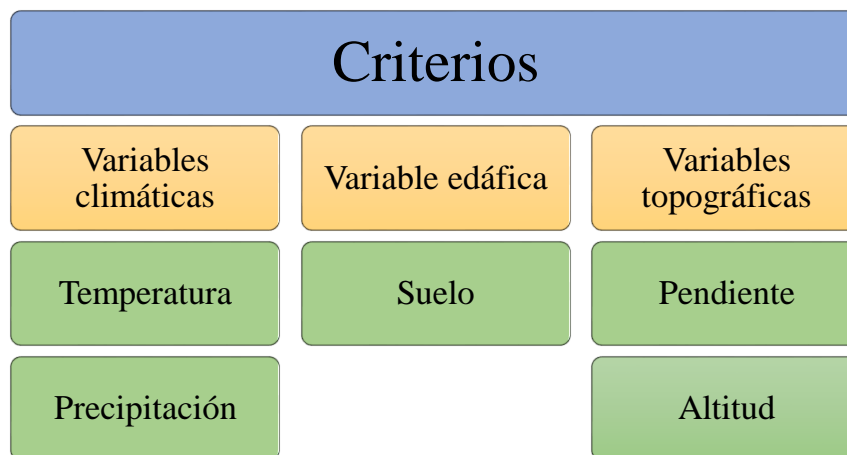
		Modelo		
		APP	ANoP	Total
Real	APP	56	0	56
	ANoP	13	0	13
	Total	69	0	69
Precisión global del mapa*				0,81

### 4.3. Análisis Jerárquico

El Proceso de Análisis Jerárquico incorpora la opinión de los expertos, en este caso especialistas en el establecimiento de plantaciones forestales. La identificación de criterios y subcriterios son elegidos en función de los objetivos, la teoría no indica un número determinado, sin embargo, la poca cantidad de criterios puede significar excluir parámetros importantes del análisis y lo opuesto, es decir considerar muchos criterios puede sesgar la evaluación de la importancia relativa de los criterios.

En el presente estudio se consideraron tres criterios (clima, topografía y suelo) y cinco subcriterios (temperatura, precipitación, suelo, pendiente y altitud), basados en los requerimientos para establecer plantaciones forestales y la disposición de la información de manera espacial (Figura 13). Similares a los considerados por Olivas et al. (2007), que empleó aspectos de clima (temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación), del suelo (profundidad, textura y pH) y de la topografía (altitud y pendiente), junto con la información de expertos para determinar áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey. El estudio

presentado por García (2009) que determinó áreas potenciales para reforestar empleando Sistemas de Información Geográfica (SIG), empleó 6 coberturas temáticas digitales: pendiente, edafológica, precipitación, temperatura, altitud y exposición.



*Figura 13.* Criterios y subcriterios elegidos.

Se realizó la comunicación con diez expertos, de los cuales se obtuvo respuesta de nueve expertos interesados en ser entrevistados y contribuir con el estudio, los expertos pertenecen a diferentes entidades tanto públicas como privadas, de las nueve encuestas se eliminó una ya que presentó inconsistencia en la matriz, obteniendo 8 entrevistas en total. Olivas et al. (2007) mencionan que para establecer plantaciones forestales exitosas es necesario considerar aspectos como los requerimientos climáticos, edáficos y fisiográficos de las especies, las características edafoclimáticas y fisiográficas del sitio donde se planea plantar y el método que permita unir los aspectos mencionados.

La Tabla 13 muestra la comparación pareada (en pares) de criterios realizada por uno de los expertos encuestados, se observa que, para el entrevistado, la variable climática y edáfica son iguales de importante, lo que transformado en la matriz toma el valor de 1. La variable topográfica es mucho más importante que la variable climática y que la variable edáfica, lo que transformado en la matriz toma un valor de 7. El valor de 3 se considera para una importancia moderada, el valor de 5 para bastante más importante y el valor de 9 para extremadamente más importante. Estos juicios de valor que favorecen o influyen un fenómeno de forma absoluta o relativa fue dada por los expertos en base a su experiencia en plantaciones forestales.

Tabla 13

*Matriz de comparación pareada de criterios*

CRITERIO	Extremadamente más importante	Mucho más importante	Bastante más importante	Moderadamente más importante	Igual de importante	Moderadamente más importante	Bastante más importante	Mucho más importante	Extremadamente más importante	CRITERIO
Variables climáticas					X					Variables edáficas
Variables climáticas								X		Variables topográficas
Variables edáficas								X		Variables topográficas

El criterio “variables climáticas” considera dos subcriterios: temperatura media anual y precipitación anual como se observa en la Tabla 14. El experto indicó que la precipitación anual es bastante más importante que la temperatura media anual lo que en la matriz toma el valor de 5.



Tabla 14

*Matriz de comparación pareada de subcriterios*

INDICADOR O SUB-CRITERIO	Extremadamente más importante	Mucho más importante	Bastante más importante	Moderadamente más importante	Igual de importante	Moderadamente más importante	Bastante más importante	Mucho más importante	Extremadamente más importante	INDICADOR O SUB-CRITERIO
Temperatura media anual							X			Precipitación anual

Para cada matriz obtenida se calculó la consistencia de modo que los juicios aplicados por los expertos sean consistentes. Las matrices de 2x2 resultaron consistentes siempre, en el caso de las matrices de 3x3 que resultaron inconsistentes se procedió a revisar los juicios de valor con los expertos para lograr su consistencia, Ramírez (2007) menciona que el Proceso de Análisis Jerárquico es uno de los más utilizados en la toma de decisiones, sin embargo, otros autores indican que la subjetividad usada para asignar los pesos a las variables es una debilidad de este proceso.

La Tabla 15 es el resultado de la agregación y ponderación de la opinión recogida por los ocho expertos. El criterio más importante fue el clima, seguido de la topografía y finalmente el suelo. Este resultado es apoyado por el estudio presentado por Fauset et al. (2019), donde mencionan la importancia relativa del clima para la productividad leñosa del árbol.

Dentro de cada criterio se estimó el peso de cada subcriterio. El subcriterio precipitación se consideró de mayor importancia en el proceso, en base a la opinión de los expertos, el agua disponible es determinante para el desarrollo de la especie, sobre todo en estas zonas secas del norte. Asimismo, los subcriterios altitud y suelo también fueron considerados. Los expertos

mencionaron que si no se cumplen alguno de los requerimientos puede repercutir en el establecimiento de la especie plantada.

Tabla 15

*Promedio de pesos asignados para criterios en función a la opinión de expertos*

Variabes	Ponderación primaria	Variabes	Ponderación secundaria	Ponderación final	% influencia
Climáticas	0,5749	Temperatura	0,2498	0,1436	14,36
		Precipitación	0,7502	0,4313	43,13
Topográficas	0,2416	Altitud	0,7443	0,1798	17,98
		Pendiente	0,2557	0,0618	6,18
Edáficas	0,1834	Suelo	1	0,1834	18,34

#### 4.4. Mapas de aptitud

La Figura 14 muestra al Submodelo 3, resultado del proceso de análisis jerárquico aplicado al submodelo 1. Se observan las zonas de aptitud (alta, media y baja) para la especie *Colicodendron scabridum* en la provincia de Talara.

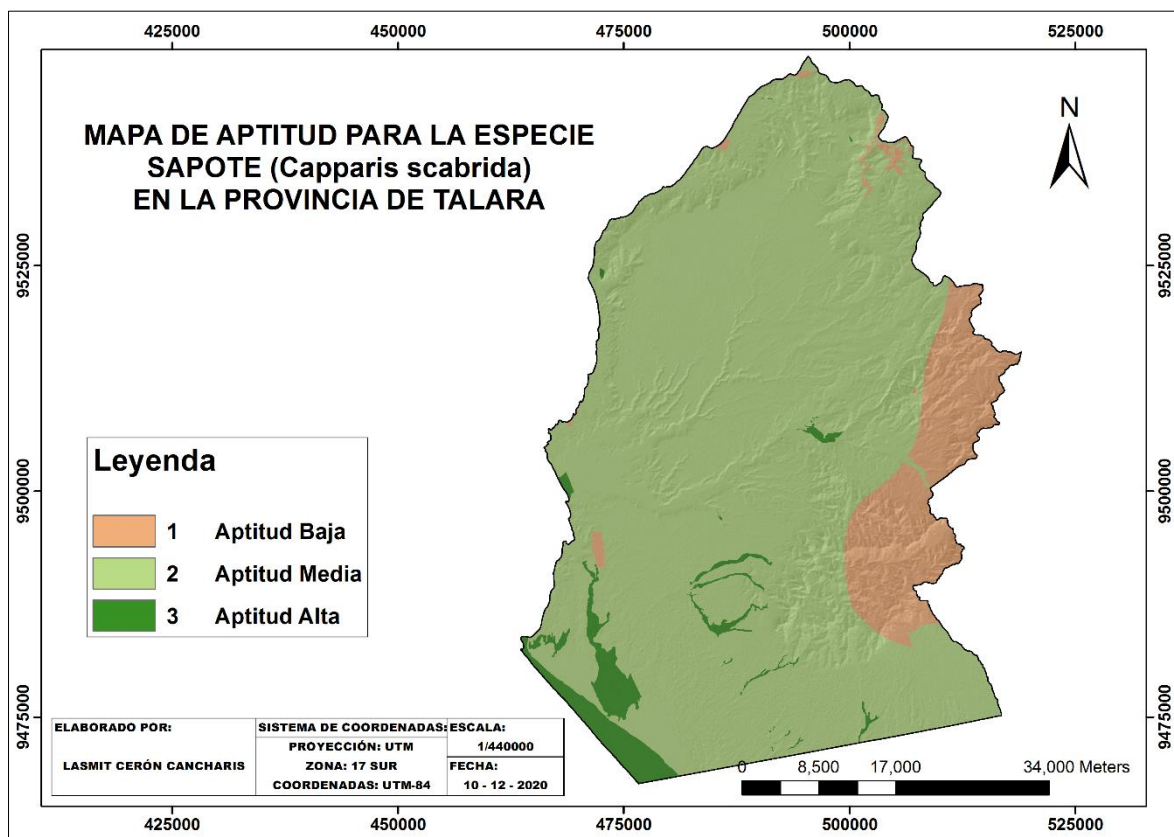


Figura 14. Mapa de Aptitud de la especie *Colicodendron scabridum*.

La Figura 15 muestra al Submodelo 3, resultado del proceso de análisis jerárquico aplicado al submodelo 1. Se observan las zonas de aptitud (alta, media y baja) y la zona determinada como no apta para la especie *Prosopis pallida* en la provincia de Talara.

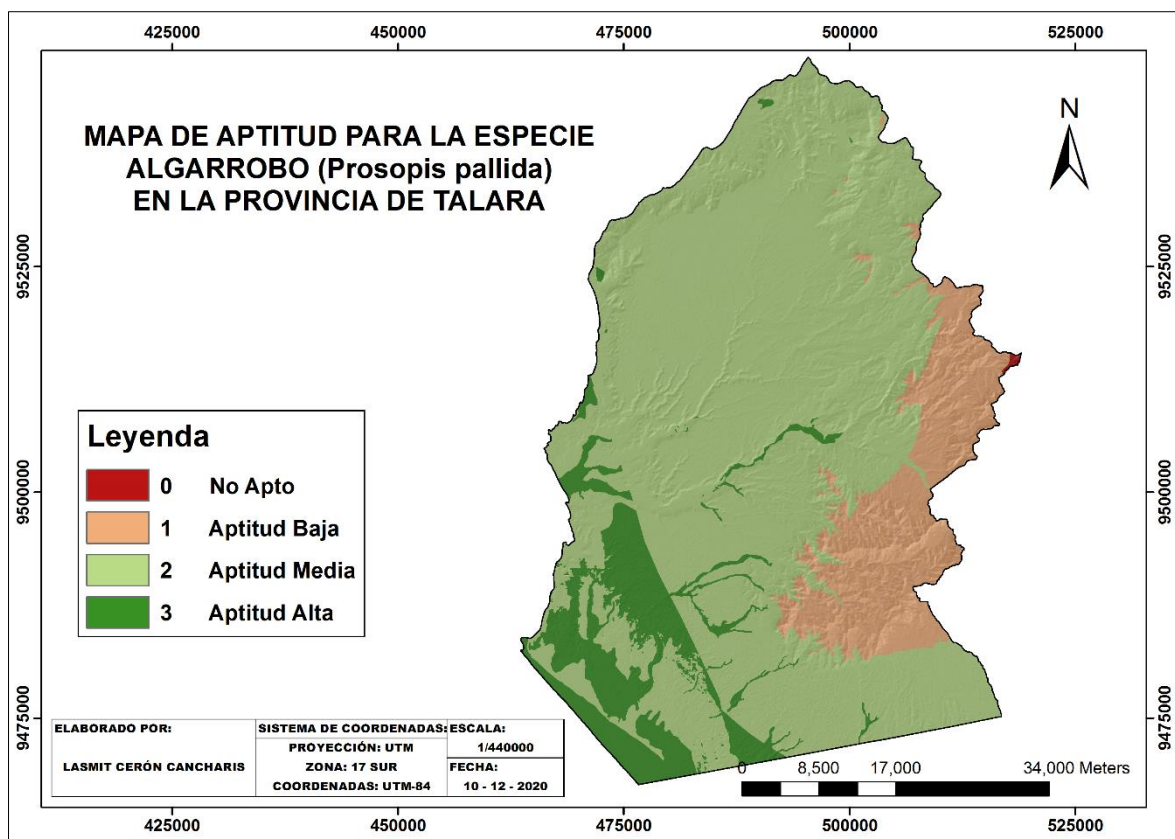


Figura 15. Mapa de Aptitud de la especie *Prosopis pallida*.

#### 4.5. Mapas de áreas potenciales para establecer plantaciones forestales con especies nativas

Las Figuras 16 y 17, muestran el resultado final del Modelo de Áreas Potenciales para Plantaciones Forestales con las especies nativas en estudio.

El área determinada reúne aptitudes alta y media para el establecimiento de la especie *Colicodendron scabridum* y para la especie *Prosopis pallida*, información que puede contribuir a los planes de reforestación que se tienen en la costa norte, asimismo, ambas especies son nativas del sitio, por ende, se adaptan a las condiciones extremas que pueden presentarse y a fenómenos naturales como El Niño, La Niña, sequías, etc. Marcos (2020), menciona la importancia de establecer plantaciones mixtas, es decir combinación de varias especies en lugar de monocultivos.

Los mapas de aptitud por cada especie se presentan como una información que puede ser considerada en proyectos de reforestación y entidades interesadas.

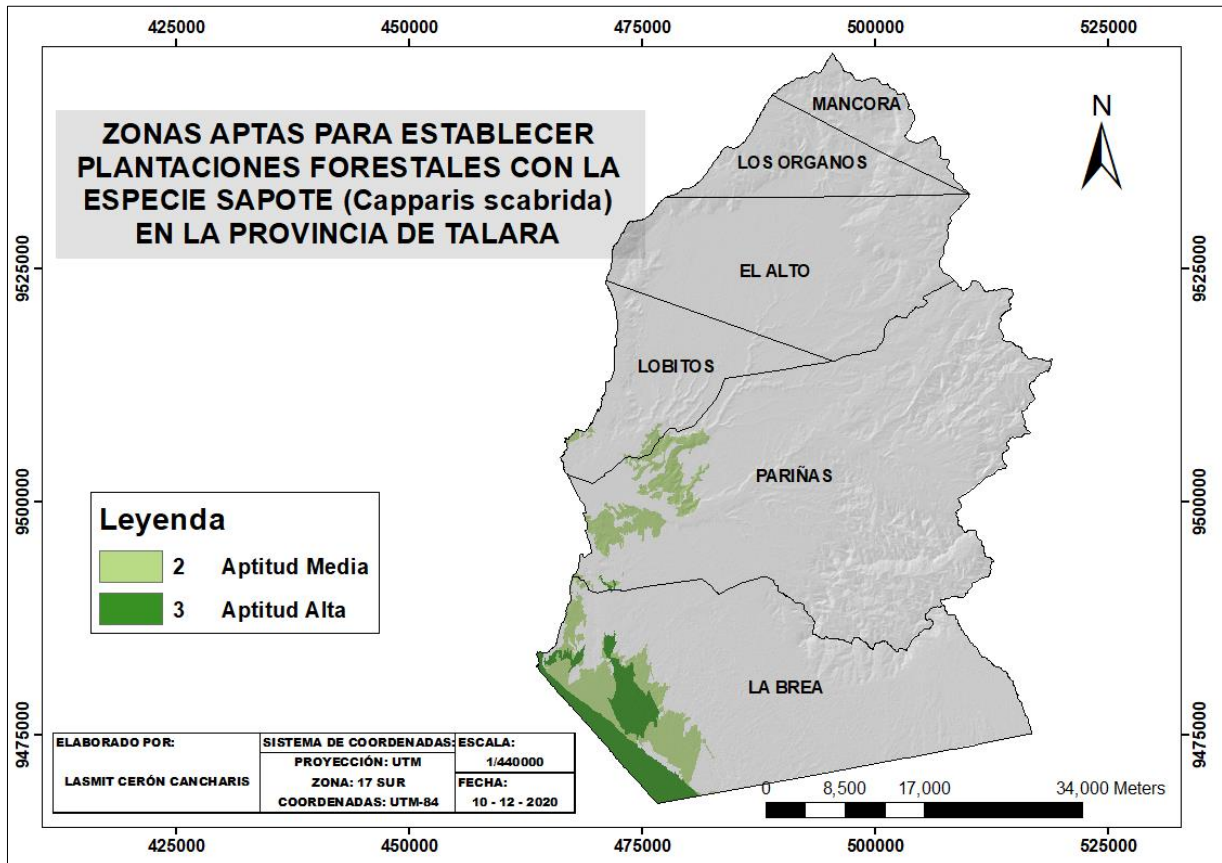


Figura 16. Mapa de Áreas Potenciales para la especie *Colicodendron scabridum*.

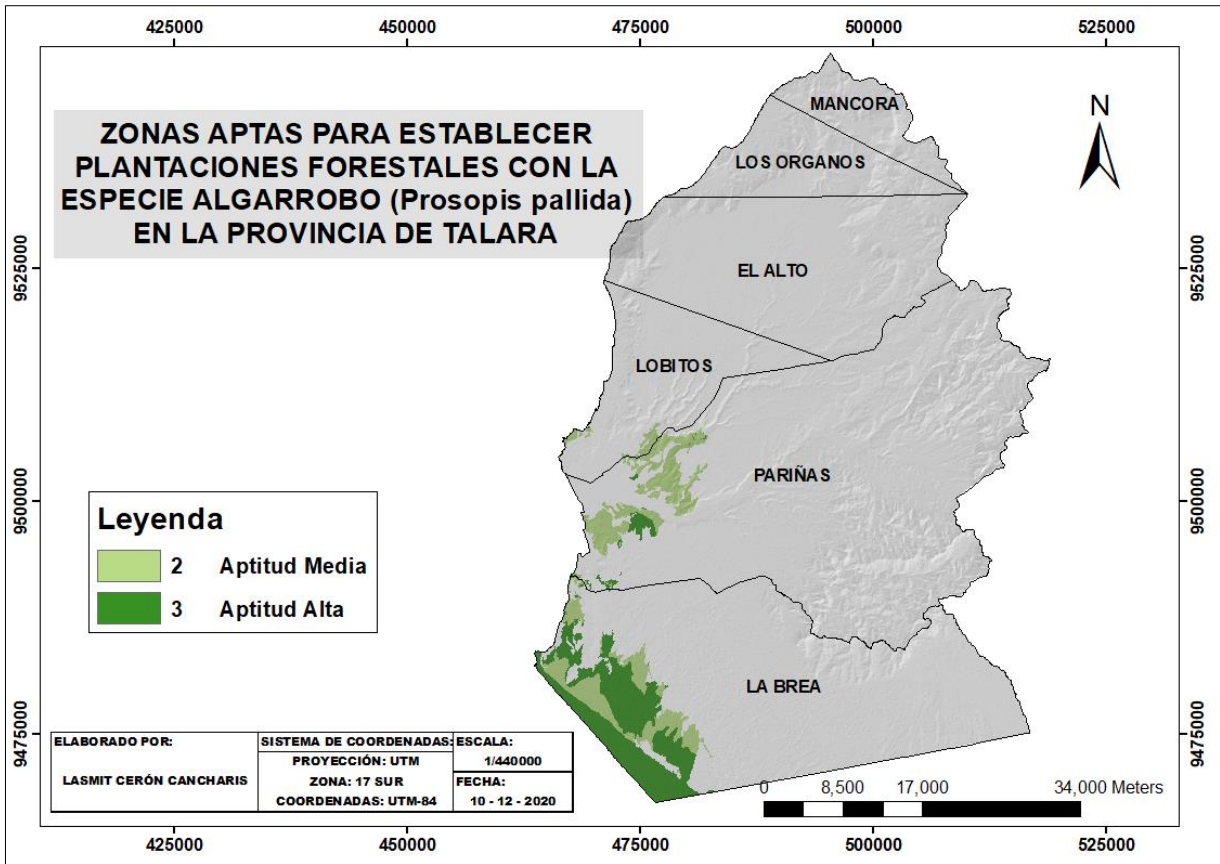


Figura 17. Mapa de Áreas Potenciales para la especie *Prosopis pallida*.

#### 4.6. Idoneidad de las especies

Se puede observar en la Tabla 16 que un área total de 21 822,41 ha fueron identificadas como potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales con las especies en estudio.

En el caso de la especie *Prosopis pallida* se observa que el 51,98% del área (11 343,97 ha) son altamente aptas para establecer plantaciones con esta especie nativa y que el 48,02% (10 478,44 ha) del área es medianamente apta. Por otro lado, la especie *Colicodendron scabridum* presenta un porcentaje de 34,98% (7 634,17 ha) de áreas altamente aptas para establecer plantaciones y un total de 14 188,24 ha (65,02%) con aptitud media.

Los resultados son favorables y se conectan con lo indicado por Olivas et al. (2007), que concluye que, para efectos de planificación, se deben considerar los resultados con aptitud alta y media, que fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico, debido a que esta

técnica es más selectiva en la definición de las áreas con aptitud alta, con relación a otras técnicas.

Tabla 16

*Áreas potenciales en hectáreas por especie y aptitud*

Rango de Aptitud	Especies forestales			
	<i>Prosopis pallida</i>		<i>Colicodendron scabridum</i>	
Descripción	Área (Ha)	%	Área (Ha)	%
Alto	11343,972	51,98	7634,172	34,98
Medio	10478,445	48,02	14188,245	65,02
Bajo	-	0	-	0
No Apto	-	0	-	0
Total	21822,417	100	21822,417	100

Los factores de clima, suelo y topografía, son importantes pero la especie y variedad a usar resulta determinante, ya que el medio puede no ser favorable, pero con la especie indicada pueden superarse las limitaciones, de ahí que Retamoso (2020) menciona la importancia del material genético de la especie empleada en la plantación.

Muñoz et al. (2015) empleó los siguientes requerimientos ambientales: altitud, precipitación total anual, temperatura media anual, pendiente y tipo de suelo, para determinar áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales. Del mismo modo, diversos autores emplearon variables como altitud, pendiente, clima, suelo, vegetación, para obtener áreas potenciales para plantaciones forestales (Martínez, 1998 y 1999; Sáenz et al., 2000; Meza, 2003; Díaz, 2007). Los resultados obtenidos se asemejan a los encontrados por los diversos autores, que apuntan a un objetivo común de determinar áreas aptas para establecer plantaciones, en este caso, con dos especies nativas de la costa peruana.

Adicionalmente a los criterios considerados, los expertos indicaron que hay variables que pueden adicionarse para mejorar los resultados, como pH del suelo, %MOS, factores fitosanitarios, cobertura vegetal, geología, humedad relativa, calidad de sitio, sistema de riego,

etc. (Elera, 2020; Quispe, 2020; Valdez, 2020; Martinez, 2020; Piqueras, 2020; Marcos, 2020). Asimismo, si el objetivo se orienta a plantaciones comerciales, deben considerarse hay factores relacionados a distancias, transporte y manejo silvicultural, que deben ser considerados en plantaciones con fines comerciales para lograr el éxito (Piqueras, 2020; Barriga, 2020). Considerando que el presente estudio tiene fines de conservación y protección, no se han considerado variables relacionadas a distancias y transporte a los centros de transformación.

La precisión de los resultados obtenidos depende la información espacial y la información bibliográfica colectada empleada en el proceso de determinación de áreas con aptitud. La información fue obtenida del Servicio Forestal de Flora y Fauna Silvestre – SERFOR y aunque pueden ser datos generales por la escala en que fue trabajada, los resultados obtenidos brindan información valiosa que puede usarse para proyectos de reforestación. Elera (2020), menciona que, para el trabajo en áreas más específicas con menor superficie, las variables y la información que se emplee deben ser más detalladas para obtener mejores resultados.

Si bien el presente estudio ha determinado áreas aptas para plantaciones con dos especies nativas, es importante que de establecerse la plantación se siga un monitoreo y acompañamiento posterior para evaluar cómo se comportan las especies en la zona. Navarro (2020), indicó la importancia de la actividad de monitoreo de la adaptabilidad donde se mida el crecimiento, desarrollo, vulnerabilidad (a estrés hídrico, plagas y enfermedades, características de suelo, etc.) de una especie forestal nacida en la zona y la misma especie, pero establecida mediante plantación.



## V. CONCLUSIONES

Con la revisión bibliográfica de los requerimientos de cada especie y la información digital del sitio de estudio generada por otras instituciones, se generaron las capas de requerimientos ambientales por rangos de aptitud de las especies nativas *Colicodendron scabridum* (Sapote) y *Prosopis pallida* (Algarrobo).

La metodología multicriterio permitió identificar zonas de aptitud media y alta para las especies nativas *Colicodendron scabridum* (Sapote) y *Prosopis pallida* (Algarrobo).

Tanto la especie *Prosopis pallida* como la especie *Colicodendron scabridum*, muestran que son potencialmente aptas para establecerse en la provincia de Talara y que la combinación de ambas especies plantadas en zonas altamente aptas es recomendable para asegurar el establecimiento de cada una.

La implementación del proceso en un Sistema de Información Geográfica por medio de un modelo, permitió identificar áreas potenciales para establecer plantaciones con las especies nativas. El modelo generado permite que puedan incluirse otras variables al estudio conforme a los objetivos que se requieran alcanzar; asimismo, el proceso de análisis jerárquico permite mejorar la consistencia de los juicios de los expertos mediante nuevas revisiones de las encuestas y modificación de la información.

## **VI. RECOMENDACIONES**

La metodología multicriterio permite incorporar diferentes criterios en base a los objetivos planteados y así obtener mejores resultados, por ello se recomienda replicar el estudio en otras áreas y empleando diversas especies. Asimismo, el análisis jerárquico permite dar prioridad a cada criterio en base a los objetivos planteados.

Para estudios en áreas más específicas, es decir con menor superficie, se recomienda emplear datos con mayor detalle, es decir mayor escala, para así generar resultados más precisos.

Se recomienda considerar las variables brindadas por los expertos: pH del suelo, %MOS, factores fitosanitarios, cobertura vegetal, geología, humedad relativa, calidad de sitio, etc., para estudios futuros con el fin de mejorar los resultados. Considerando que las variables empleadas estén en función de los objetivos de la investigación que se realice.

Se debe considerar este documento como una herramienta técnica para el desarrollo de proyectos de reforestación, ya que la metodología empleada brinda resultados acertados para la determinación de áreas con aptitud forestal.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral [AIDER]. (2016). Impacto del FEN en la conservación del Bosque Seco del noroeste del Perú, y lecciones aprendidas. <http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ICTA/2doSimposioFEN/AIDER.M.Palomares.pdf>

Arancibia, S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P., Villablanca, I. (2005). Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva.

Arnillas, C., Amorós, S., Luque, C., Regal, F., Tovar, L., Véliz, C., Vásquez, P. (2011). Zonificación para la Selección de Áreas Prioritarias para la Conservación de Tumbes y Lambayeque.

A Rocha. (2018). Boletín de Noticias: Número 18. <https://www.arochoa.pe/wp-content/uploads/sites/20/2018/11/Bolet%C3%ADn-de-noticias-%E2%80%93-N%C3%BAmero-18-julio-2018.pdf>

Bakker, X., Perez, F. (2001). Taller de análisis y modelamiento en el formato raster. Colombia.

Bare, M. y Ashton, M. (2015). Growth of native tree species planted in montane reforestation projects in the Colombian and Ecuadorian Andes differs among site and species. *New Forests*, 47(3), 333–355. doi:10.1007/s11056-015-9519-z

Barriga, C. (2020, 03 de junio). Entrevista virtual a Cesar Barriga.

Begazo, K., Llacsahuanga, D., Gonzales, H., Galindo, I., Venancio, M. (Sin fecha) Principales productos no maderables de sapote (*Capparis scabrida* H.B.K), Motupe, Lambayeque, Perú. Fondo VLIR.

Boca, T. y Rodríguez, G. (2012). Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos. Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_mtodos\\_est\\_\\_sensores.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_mtodos_est__sensores.pdf)

Bos, T. (2015). Trees in the desert. A suitability assessment for a future community forestry and reforestation project in the department of La Libertad, Peru.

Botero, L. (1996). Aproximación conceptual a la zonificación ambiental. Primer Simposio Nacional de Ecología del Paisaje. IDEADE - IGAC - IAVH, Bogotá. <http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros2/56/56034.htm>

Bustios, M. (1991). Productividad de vacas lecheras alimentadas con vainas de algarroba (*Prosopis pallida*) molida. [Tesis para optar el título de ingeniero zootecnista]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3369/BC-TES-TMP-2166.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Calle, C. (2014). Diagnóstico socio económico y ambiental de la zona marino costera de la provincia de Talara. <http://siar.regionpiura.gob.pe/documentos/repositorio/1960.pdf>

Calvo, J., Arias, D., Sibaja, A. (1995). Especies nativas para la reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=oet.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf=026261>

Castillo, A. (2015). Ecología. La vida en el desierto. México.

Celemín, J. (2010). Contribución metodológica a la ponderación de variables: Aplicación desde una perspectiva geográfica. *Revista Geográfica Venezolana*, 51(1), 45-58.

Centro para la Investigación Forestal Internacional [CIFOR]. (2017). Las plantaciones forestales en Perú. Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. [https://biblioteca.spda.org.pe/biblioteca/catalogo/\\_data/20181211101959\\_Las%20plantaciones%20forestales%20en%20Peru.pdf](https://biblioteca.spda.org.pe/biblioteca/catalogo/_data/20181211101959_Las%20plantaciones%20forestales%20en%20Peru.pdf)

Cerda, J. y Villarroel, del P.L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. Pontificia Universidad Católica de Chile. <http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v79n1/art08.pdf>

Cerrón, J., Fremout, T., Atkinson, R., Thomas, E., Cornelius, J. (2019). Experiencias de restauración y fuentes semilleras en el Bosque Seco Tropical del norte del Perú. Estado actual y lecciones aprendidas. <http://apps.worldagroforestry.org/sites/default/files/outputs/Report%20Dry%20Forest.pdf>

- Climate Data. (2020). Clima en Talara. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/piura/talara-37441/>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2010). [http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view](http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view)
- Cortés, J. e Islebe, G. (2005) Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 53(1-2), 115-133. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442005000100012](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000100012)
- Cruz, T. (2015). Caracterización fisonómica del bosque seco de quebrada Pariñas-Tañara. [Tesis para optar el título de biólogo]. Universidad Nacional de Piura. Perú. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/240/BIOGRU-ARI-15.pdf?sequence=1>
- Dayawansa, NDK y Ekanayake, GK. (2003). Identificación de la idoneidad de la tierra para un bosque de producción mediante técnicas GIS.
- Díaz, A. (1995). Los algarrobos. CONCYTEC. Lima, Perú.
- Díaz, F. (2007). Localización de zonas potenciales para el desarrollo de seis especies forestales en el Estado de Tlaxcala. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Elera, D. (2020, 02 de junio). Entrevista virtual a Duberli Geomar Elera Gonzales.
- Escorra, C. (1986). Obtención Química de la Harina de Sapote *Capparis angulata* y su Utilización en la Alimentación de Animales Domésticos. [Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista]. Lambayeque, Perú.
- Fauset, S., Gloor, M., Fyllas, N., Phillips, O., Asner, G., et al. (2019). Individual-Based Modeling of Amazon Forests Suggests That Climate Controls Productivity While Traits Control Demography. *Front Earth Sci.* <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00083>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1997). Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1980). Recursos genéticos de especies arbóreas en las zonas áridas y semiáridas. Roma.

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2001). Recursos Genéticos Forestales N° 29. <http://www.fao.org/3/y2316s/y2316s0b.htm>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2004). Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Términos y definiciones. Roma. <http://www.fao.org/forestry/9690-0d07adfee9364a4127238bf3ffc7d6ab2.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2005). Evaluación de los recursos forestales mundiales FRA 2005. <http://www.fao.org/3/y1997s/y1997s04.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2007). Estado de la información forestal en Perú. <http://www.fao.org/3/ad396s/AD396s04.htm>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Términos y definiciones. Roma. <http://www.fao.org/3/a-am665s.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2015). Plantaciones forestales pueden revertir alta tasa de deforestación en la región. <http://www.fao.org/peru/noticias/detail-events/en/c/344497/>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2016). Los bosques y el cambio climático en el Perú. <http://www.fao.org/3/i5184s/i5184s.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2018). Zonificación acuícola, selección de sitios y áreas de manejo bajo el enfoque ecosistémico a la acuicultura. <http://www.fao.org/3/I6834ES/i6834es.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales FRA 2020. Términos y definiciones. <http://www.fao.org/3/I8661ES/i8661es.pdf>

Ferreira, R. (1983). Tipos de vegetación de la costa peruana. Lima, Perú.

Galera, F. (2000). Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. <http://www.fao.org/3/AD314S/AD314S00.htm#TOC>

García, C., Álvarez, Y., Granell, M. (2004). El Empleo de los SIG y la teledetección en planificación territorial. Grupo de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información Geográfica, Teledetección. Universidad de Murcia.

García, L. (2009). Localización de áreas potenciales para reforestación de un área natural protegida en el estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo, México. <http://www.secforestales.org/web/images/serrada/41facecol.pdf>

Gholizadeh, A., Bagherzadeh, A. y Keshavarzi, A. (2020). Model application in evaluating land suitability for OAK and PINE forest plantations in Northeast of Iran.

Gatrell, A. (1991). “Concepts of space and geographical data” en Maguire, D.J.; Goodchild, M.F. Rhind, D.W. (Eds.) Geographical Information Systems: Principles and Applications. John Wiley & sons pp. 119-134 ([www.wiley.co.uk/wileychi/gis/resources.html](http://www.wiley.co.uk/wileychi/gis/resources.html))

Gobierno Regional de Piura [GORE Piura]. (2012). Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia de Talara.

Gonzales, H., Llacsahuanga, D., Valdiviezo, N. (2015). Compendio de trabajos de investigación realizados en el Subproyecto 1: Goma de sapote. Lima, Perú.

Gonzales, H. (2016). Productos forestales no maderables (Vegetales): Principios para su Transformación. Lima, Perú.

Gutiérrez, T. (1953). Contribución al estudio fitoquímico y bromatológico del fruto del *Capparis angulata*. [Tesis para optar el título de ingeniero químico]. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Haggar, J. P., Briscoe, C. B., y Butterfield, R. P. (1998). Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management*, 106(2-3), 195–203. doi:10.1016/s0378-1127(97)00311-3

Huerta, L. (1999). Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Hurtado, F. (2014). Reforestación con especies nativas en la Reserva Nacional Lago Peñuelas. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/20670>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1553/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/)

- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1995). Mapa Ecológico del Perú.
- Kang-tsung, C. (2008). Introduction to Geographic Information Systems.
- León, A. (1956). Purificación de la goma de Sapote – *Capparis angulata*. [Tesis para optar el título de ingeniero químico]. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- LGEEPA. (1996). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales. México.
- López de Ullibarri, I. y Pita, S. (2001). Medidas de concordancia: el índice Kappa. <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>
- López, V., Balderas, M., Chávez, M., Juan, J., Gutiérrez, J. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano.
- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria decision analysis.
- Marcos, H. (2020, 08 de junio). Entrevista virtual a Hugo Reynerio Marcos Loyola.
- Martínez, B. (1998). Determinación de áreas para plantaciones forestales en zonas áridas. In: Tecnologías Llave en Mano. División Forestal. SAGAR-INIFAP. México.
- Martínez, B. (1999). Metodología para ubicar áreas con potencial productivo de especies vegetales del estado Coahuila. In: 500 Tecnologías Llave en mano. División forestal. SAGAR-INIFAP. México.
- Martínez, O. y Lara, G. (2003). Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.
- Martínez, R., Azpíroz, H., Rodríguez J. L., Cetina, V. y Gutiérrez, M. (2006). Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus. Revista Ra Ximhai, 2(3). México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46120313>.
- Martínez, F. (2020, 08 de junio). Entrevista virtual a Fernando Martínez Guanilo.
- Meaden, G. y Kapetsky, J. (1992). Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura. <http://www.fao.org/3/t0446s/T0446S07.htm>



Meza, S. (2003). Identificación de áreas con potencial productivo para Damiana en Baja California Sur.

Meza, C. (2010). Aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG) en el modelamiento del río Ucayali. Lima, Perú.  
<http://industrial.unmsm.edu.pe/upg/archivos/libros/meza/SIGcorregido.pdf>.

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2017). Se impulsa reforestación para enfrentar los efectos del cambio climático en la Amazonía.  
<https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/minagri-se-impulsa-reforestacion-para-enfrentar-los-efectos-del-cambio-climatico-en-la-amazonia/>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). Guía de evaluación del estado de Ecosistemas de bosque seco: Bosque estacionalmente seco de llanura, bosque estacionalmente seco de colina y montaña.

Mollinedo, M. (2002). Las plantaciones forestales: catalizadoras de la conservación en Latinoamérica. CATIE.

Montagnini, F. (2003). Plantaciones forestales con especies nativas: Una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales.  
[http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6673/Plantaciones\\_forestales\\_con\\_especies\\_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6673/Plantaciones_forestales_con_especies_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Montagnini, F., Guariguata, M., Mariscal, A., Ribeiro, N., Shepherd, D. (1999). Reforestación con especies nativas para la recuperación de áreas degradadas: experiencias en tres regiones de Latinoamérica.

Moolenaar, M. (1998). An introduction to the theory of Spatial Object Modelling for GIS, Taylor & Francis, Londres, 246 pp.

Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. (1999). Plantaciones forestales: impactos y luchas. Selección de artículos publicados en el Boletín del Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (1997-1998).  
[https://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Plantaciones\\_forestales\\_Impactos\\_y\\_luchas.pdf](https://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Plantaciones_forestales_Impactos_y_luchas.pdf)

Muñoz, H., Sáenz, J., García, J., Coria, V., Muñoz, Y. (2015). Áreas potenciales para establecer plantaciones comerciales de pino en la sierra purépecha, Michoacán. *Foresta Veracruzana*, 17 (2), 35-42.

Navarro, A. (2020, 11 de julio). Entrevista virtual a Anabel Navarro Carrillo.

Olivas, U., Valdez, R., Aldrete, A., González, M., Vera, G. (2007). Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. [https://www.researchgate.net/publication/26604157\\_Areas\\_con\\_aptitud\\_para\\_establecer\\_plantaciones\\_de\\_maguey\\_cenizo\\_Definicion\\_mediante\\_analisis\\_multicriterio\\_y\\_SIG](https://www.researchgate.net/publication/26604157_Areas_con_aptitud_para_establecer_plantaciones_de_maguey_cenizo_Definicion_mediante_analisis_multicriterio_y_SIG)

Palmberg, C. y Ball, J. (1998). El estado actual de las plantaciones forestales en América Latina y El Caribe y examen de las actividades relacionadas con el mejoramiento genético. <http://www.fao.org/forestry/25871-07097f984c72179df8ec185fd30ae7faf.pdf>

Parrota, J. (1993). Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as “foster ecosystems”.

Piqueras, I. (2020, 09 de junio). Entrevista virtual a Ignacio Piqueras Villarán.

Piotto, D., Víquez, E., Montagnini, F., & Kanninen, M. (2004). Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management*, 190(2-3), 359–372.

Proyecto Algarrobo. (1991). Estudio: Comercialización de productos del Bosque Seco de la subregión Lambayeque. Chiclayo, Perú.

Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA), Huancayo, Junín.

Quispe, A. (2020, 02 de junio). Entrevista virtual a Armando Quispe Santos.

Ramírez, A. (2007). El Proceso de Análisis Jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal. [Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias]. Colegio de postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. <https://es.scribd.com/document/43803695/amr>

Retamoso, M. (2020, 06 de junio). Entrevista virtual a Martín Alain Retamoso Inuma.

Romo, M. y Rosina, M. (2012). Composición florística del hábitat de la cortarrama peruana (*Phytotoma raimondii*). *Revista Peruana de Biología*, 19(3), 261-265. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332012000300005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332012000300005&script=sci_arttext)

Rosales, H. (1999). Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgo para el Patrimonio Arqueológico: una aplicación Gis del método de jerarquías analíticas de TL Saaty. *SPAL: Revista de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla*, 8, 21-38.

Rubio, A. y Palomares, O. (2005). Definición de áreas potenciales paramétricas de especies forestales. El caso de *Pinus uncinata*. [http://oa.upm.es/48580/1/Rubio\\_Sanchez\\_2005\\_CuadSECF.pdf](http://oa.upm.es/48580/1/Rubio_Sanchez_2005_CuadSECF.pdf).

Sala de Observación Perú [SdO]. (2017). Validación del modelo que determina áreas potenciales para establecer plantaciones con fines múltiples. Lima, Perú.

Saaty, T. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3).

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York, US: McGraw-Hill.

Sáenz, R., Chávez, L., García, M. y Anguiano, C. (2000). Regionalización de áreas potenciales para plantaciones forestales en la región Oriente de Michoacán. México.

Salinas, E. (2011). Evaluación preliminar de la aptitud forestal – Subcuenca del Shullcas, Microcuenca de Yuraccyacu, Comunidad Andina - Secretaria General, Ministerio del Ambiente.

Sánchez, B., García, E., Reyes, Á., Romero, A. & Luna, M. (2016). Factores topográficos y edáficos que influyen en la estructura de especies perennes de islas de la costa de Sinaloa, México. *Botanical Sciences*, 94(1), 63-73. <https://doi.org/10.17129/botsci.219>

Serrada, R. (2011). Apuntes de selvicultura. [https://distritoforestal.es/images/Apuntes\\_de\\_Selvicultura\\_completo\\_2011.pdf](https://distritoforestal.es/images/Apuntes_de_Selvicultura_completo_2011.pdf)

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [Senamhi]. (2019). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=20&localidad=0034>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2015). Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2018, 11 de junio). Talara: Recuperan áreas deforestadas con aguas residuales tratadas. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/portal/noticias/talara-recuperan-areas-deforestadas-con-aguas-residuales-tratadas>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], Bioersity – Perú [ICRAF]. (2018). Experiencias de restauración en el Perú. Lecciones aprendidas. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2019/01/Experiencias-de-Restauraci%C3%B3n-en-el-Per%C3%BA-Lecciones-aprendidas.pdf>

Sierra, R. (2008). Taller: Introducción a Aplicaciones de Técnicas Espaciales para la Conservación de la Biodiversidad. Universidad Tecnológica de Panamá.

Sotelo, E., Cruz, G., González, A., Moreno, F. (2016). Determinación de la aptitud del terreno para maíz mediante análisis espacial multicriterio en el Estado de México. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n2/2007-0934-remexca-7-02-00401-en.pdf>

Tomlin, C. (1990). Geographic Information Systems and Cartographic Modeling.

Trucíos, R., Rivera, M., Delgado, G., Estrada, J., Cerano, J. (2013). Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n4/2395-8030-tl-31-04-00339.pdf>.

Valdez, J. (2020, 05 de junio). Entrevista virtual a Jose Valdez Campos.

Varmola, M., Lee, D., Montagnini, F., Saramäki, J. y Gautier, D. (2005). 7 Funciones diversificadas de los bosques plantados.

Vasconcelos Mendes B. (1988). “Potential Offered by *Prosopis juliflora* (sw) DC in the Brazilian Semi-Arid Region”. The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*; FAO.

Weather Spark. (2020). El clima promedio en Talara. <https://es.weatherspark.com/y/17410/Clima-promedio-en-Talara-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Zavala, P. (2012). Zonificación de áreas con aptitud forestal asistido por Sistemas de Información Geográfica en la provincia de Tarma-Junín. [Tesis para optar el título de ingeniero forestal y ambiental]. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Zevallos, P. (1998). Determinación Botánica de 24 Especies Arbóreas del Departamento de Larnbayeque. In Bosques Secos y Desertificación. Lima, Perú.

## VIII. ANEXOS

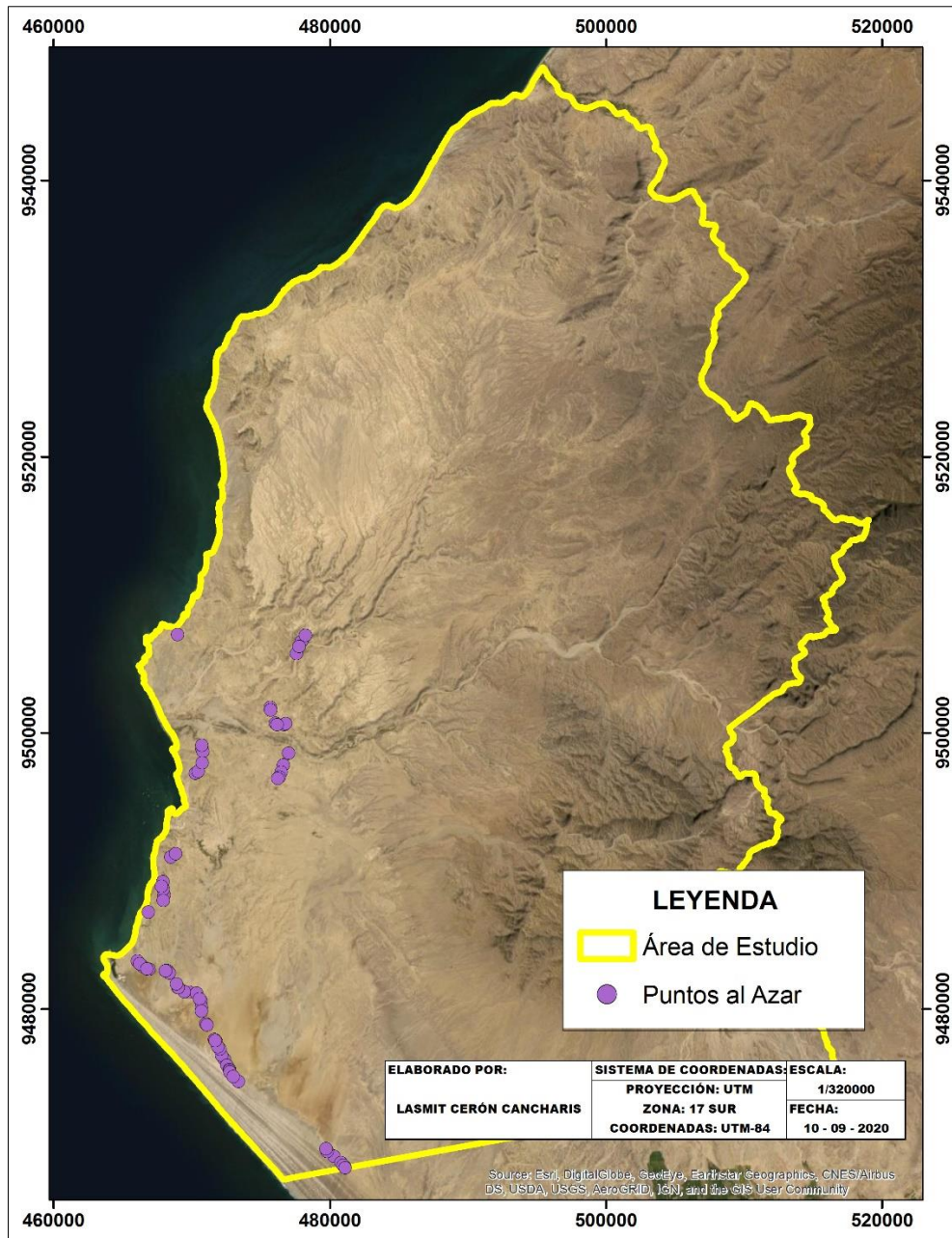
### ANEXO 1

- Formato de campo

EN GPS	ORIGEN	ESTE	NORTE	ALT	ESTE	NORTE	ALT	ESTE	NORTE	ALT	OBSERVACIONES	FOTO
pto 1	suelo											
pto 2	suelo											
pto 3	suelo											
pto 4	suelo											
pto 5	suelo											
pto 6	suelo											
pto 7	suelo											
pto 8	suelo											
pto 9	suelo											
pto 10	suelo											
pto 11	suelo											
pto 12	suelo											
pto 13	suelo											
pto 14	suelo											
pto 15	suelo											
pto 16	suelo											
pto 17	suelo											
pto 18	suelo											
pto 19	suelo											
pto 20	suelo											

## ANEXO 2

- Mapa de puntos de validación



### ANEXO 3

- Información colectada en campo para el proceso de validación

N°	EN GPS	ORIGEN	PTO EN SITIO	OBSERVACION
1	pto 21	via nac	107, 108 y 109	apto, algarrobo al NO
2	pto 22	via nac	espacial	apto, algarrobo al NE, tubo petrolero
3	pto 23	via nac	espacial	apto, privado parque eólico antes de fuerzas aéreas, algarrobo al SE, tubo petrolero
4	pto 24	via nac	espacial	apto
5	pto 25	via nac	espacial	no apto, difícil acceso, tubo petrolero
6	pto 26	via nac	espacial	terreno petrolero (SAPET) prestado
7	pto 27	via nac	espacial	privado agua potable, no apto
8	pto 28	via nac	100, 101 y 102	apto, parece privado
9	pto 29	via nac	espacial	apto, terreno petrolero
10	pto 30	via nac	espacial	observado a 30 m, apto, terreno petrolero, letrero de venta de terreno
11	pto 31	via nac	-	pista, hacia el pto 32 terreno alquilado por SAPET
12	pto 32	via nac	espacial	no hay acceso, quebrada río honda
13	pto 33	via nac	espacial	no hay acceso, mucha pendiente
14	pto 34	via nac	espacial	no hay acceso, mucha pendiente
15	pto 35	via nac	espacial	no hay acceso, mucha pendiente
16	pto 36	via dptal	121, 122 y 123	cerca al pueblo, apto, árboles algarrobo, sapote, palo santo y tamarix?, en la ruta hacia el pto 37 se visualiza sapote, algarrobo y palo santo
17	pto 37	via dptal	116, 117 y 118	apto, sp algarrobo, palo santo y tamarix alrededor, fauna aves
18	pto 38	via dptal	113, 114 y 115	apto, algarrobo y tamarix alrededor, al NO poco empinado
19	pto 39	via dptal	espacial	pto detrás de sequia, cerros sin acceso, cableado planta eléctrica, aguas servidas
20	pto 40	via dptal	110, 111 y 112	suelo con piedras, tamarix al N, algarrobo cerca
21	pto 41	via dptal	-	pista
22	pto 42	via dptal	-	pista
23	pto 43	via dptal		



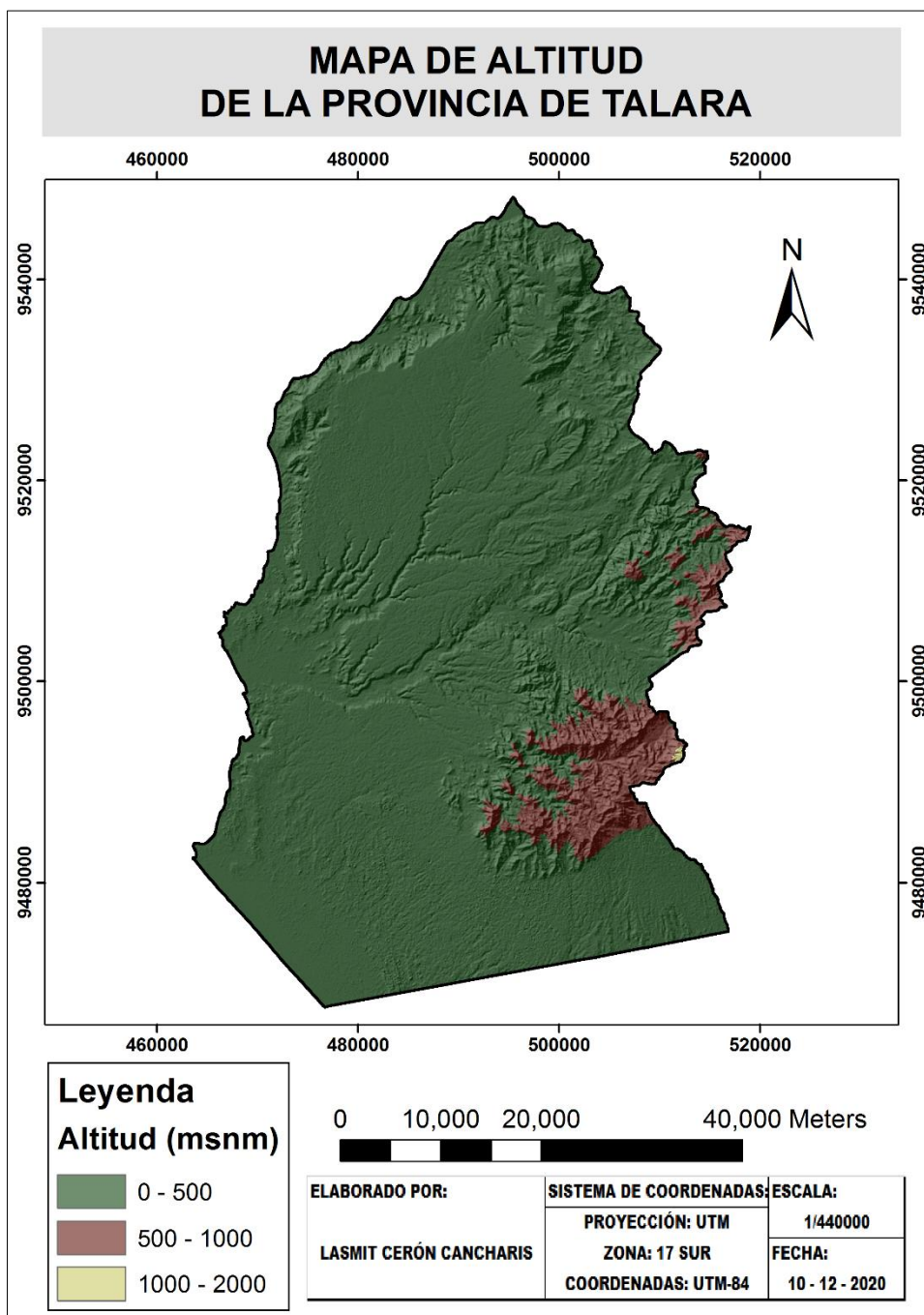
24	pto 44	via dptal	1, 2 y 3	suelo árido, con piedras, sp cerca palo santo
25	pto 45	via dptal	5, 6 y 7	suelos partidos alrededor pero no en el punto, tamarix cerca
26	pto 46	via dptal	8, 9 y 10	terreno vacío, hay arbustos, palo santo cerca
27	pto 47	via dptal	14, 15 y 16	terreno vacío con piedras
28	pto 48	via dptal	17, 18 y 19	terreno vacío, palo santo cerca
29	pto 49	via dptal	20, 21 y 22	terreno vacío con piedras superficiales, sps alrededor
30	pto 50	via dptal	23, 24 y 25	terreno vacío
31	pto 51	via dptal	26, 27 y 28	terreno vacío, inicio de cableado con postes
32	pto 52	via dptal	29, 30 y 31	terreno vacío, pared privado
33	pto 53	via dptal	32, 33 y 34	terreno vacío, privado, revisar empresa ARPI de relleno industrial
34	pto 54	via dptal	35, 36 y 37	terreno vacío
35	pto 55	via dptal	38, 39 y 40	terreno vacío
36	pto 56	via dptal	41, 42 y 43	terreno vacío
37	pto 57	via dptal	44, 45 y 46	terreno vacío, continúa el cableado, apto, altitud negativa
38	pto 58	via dptal	47, 48 y 49	terreno vacío, arbustos alrededor, altitud negativa
39	pto 59	via dptal	50, 51 y 52	terreno vacío, algarrobo verde en el camino
40	pto 60	via dptal	53, 54 y 55	terreno vacío con algunas piedras, apto
41	pto 61	via dptal	56, 57 y 58	terreno vacío, apto, sonido de aves al este
42	pto 62	via dptal	59, 60 y 61	terreno vacío, apto, algarrobo y palo santo alrededor
43	pto 63	via dptal	62, 63 y 64	terreno vacío, apto, algarrobo al NE
44	pto 64	via dptal	65, 66 y 67	terreno vacío, suelo arenoso, apto
45	pto 65	via dptal	68, 69 y 70	terreno vacío, apto, tubo petrolero al N, inicio SAPET al S, inicio terreno petrolero
46	pto 66	via dptal	71, 72 y 73	pista, apto alrededor
47	pto 67	via dptal	74, 75 y 76	apto, terreno petrolero, tubo, maquinaria al SE
48	pto 68	via dptal	77, 78 y 79	apto, terreno petrolero, algarrobo alrededor
49	pto 69	via dptal	80, 81 y 82	cableado presente, suelo salino, apto, terreno petrolero
50	pto 70	via dptal	espacial	al salirse el mal trae sal, 0471140 9478786
51	pto 71	via dptal	83, espacial	suelo salino, apto, terreno petrolero
52	pto 72	via dptal	84, espacial	suelo salino, apto, terreno petrolero

53	pto 73	via dptal	espacial	no se puede ir al pto, tubo pretolero, terreno petrolero, apto atrás
54	pto 74	via dptal	espacial	suelo salino, apto, terreno petrolero
55	pto 75	via dptal	espacial	suelo salino, apto, terreno petrolero
56	pto 76	via dptal	espacial	suelo salino, apto
57	pto 77	via dptal	espacial	no se puede ir al pto, tubo pretolero, terreno petrolero, apto atrás
58	pto 78	via dptal	espacial	suelo salino, apto
59	pto 79	via dptal	espacial	no se puede ir al pto, tubo pretolero, terreno petrolero, apto atrás
60	pto 80	via dptal	espacial	no se puede ir al pto, tubo pretolero, terreno petrolero, apto atrás
61	pto 81	via dptal	86, 87 y 88	suelo salino con conchas, apto
62	pto 82	via dptal	espacial	no se puede ir al pto, tubo pretolero, terreno petrolero, apto atrás
63	pto 83	via dptal	pista	-
64	pto 84	via dptal	espacial	terreno apto, lote III terreno graña y montero
65	pto 85	via dptal	espacial	terreno apto, lote III terreno graña y montero, como pto 93 con algarrobo
66	pto 86	via dptal	91, 92 y 93	terreno apto, lote III terreno graña y montero
67	pto 87	via dptal	94, 95 y 96	terreno apto, lote III terreno graña y montero, desierto c/ algarrobo muerto
68	pto 88	via dptal	espacial	terreno apto, lote III terreno graña y montero, desierto c/ algarrobo muerto
69	pto 89	via dptal	espacial	terreno apto, lote III terreno graña y montero, desierto c/ algarrobo muerto
70	pto 90	via dptal	97, 98 y 99	terreno apto, lote III terreno graña y montero, desierto c/ algarrobo muerto, tubo al O
71	pto 91		11, 12 y 13	sapote cerca a la pista?
72	pto 92		89	arbustos sapote y algarrobo
73	pto 93		90	algarrobo
74	-	parque eólico	103	plantación de algarrobo (individuo)
75	-	parque eólico	104	plantación de algarrobo (individuo)
76	-	parque eólico	105	plantación de algarrobo (individuo)
77	-	parque eólico	106	plantación de algarrobo (individuo)
78	-		119	qué cobertura tiene?, maquinaria petrolera
79	-		120	es matorral a izq y der?

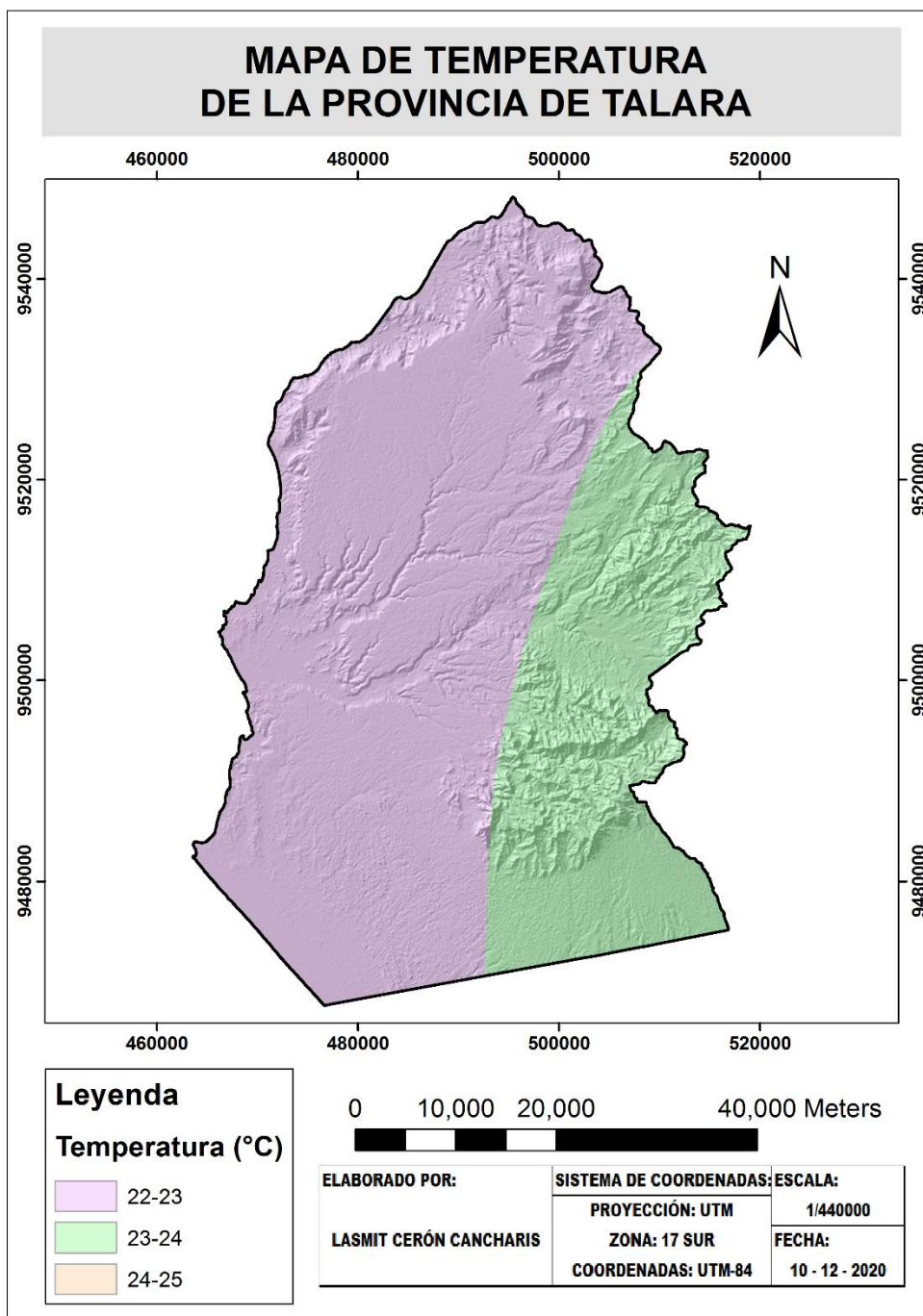
## ANEXO 4

### Mapas de rangos de las variables de la provincia de Talara

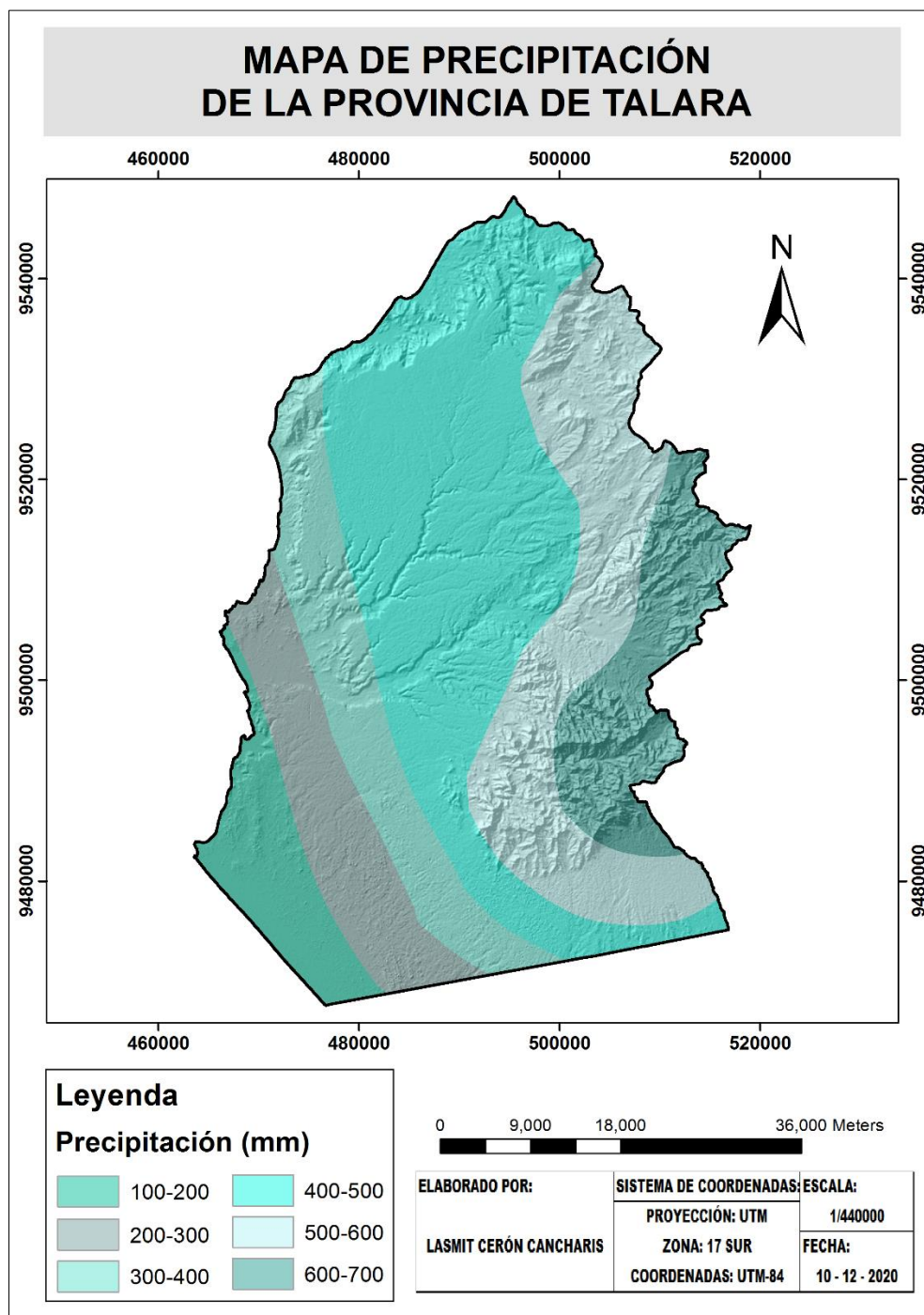
- Mapa de rango altitudinal de la provincia de Talara.



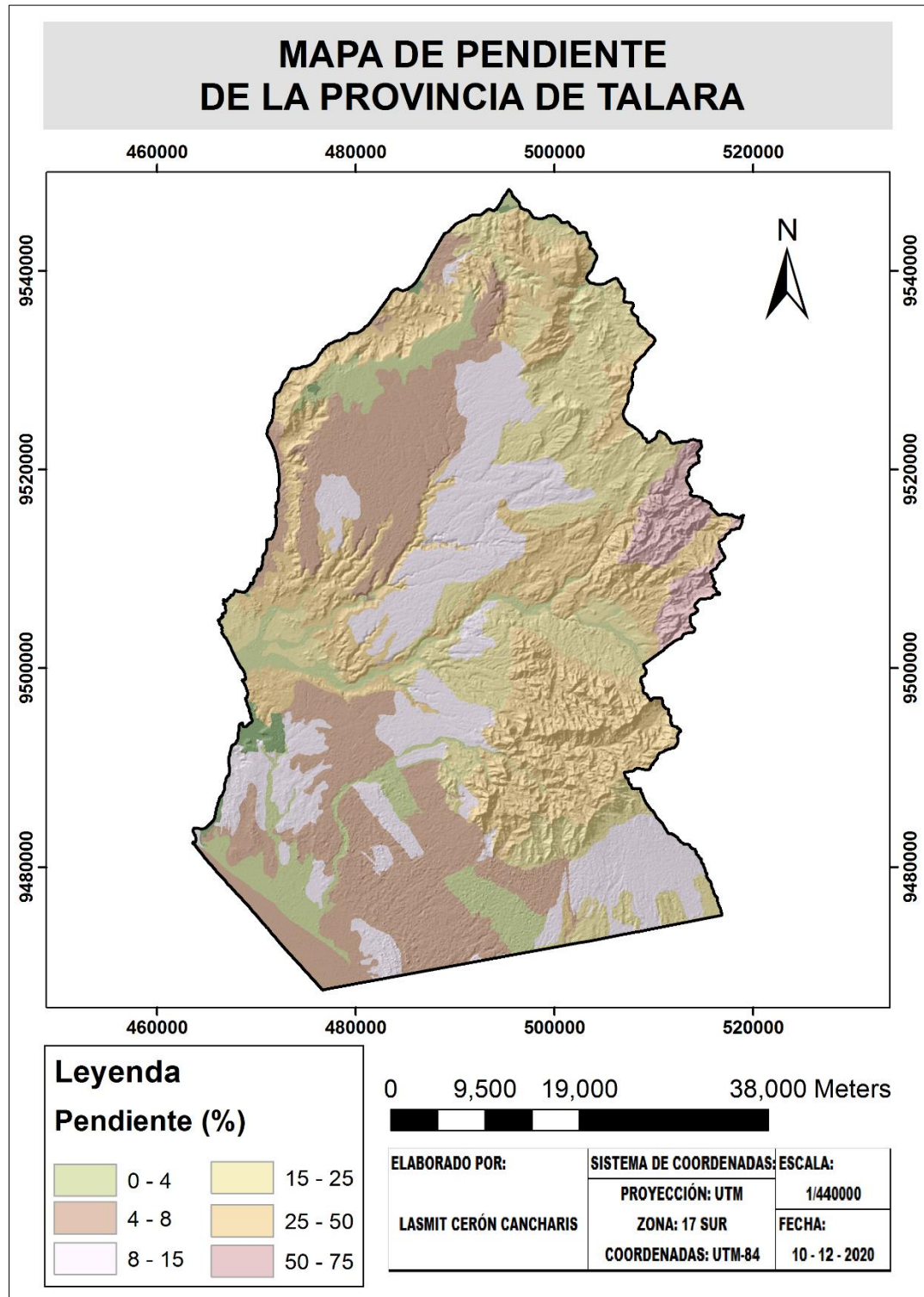
- Mapa de rango de temperatura media de la provincia de Talara.



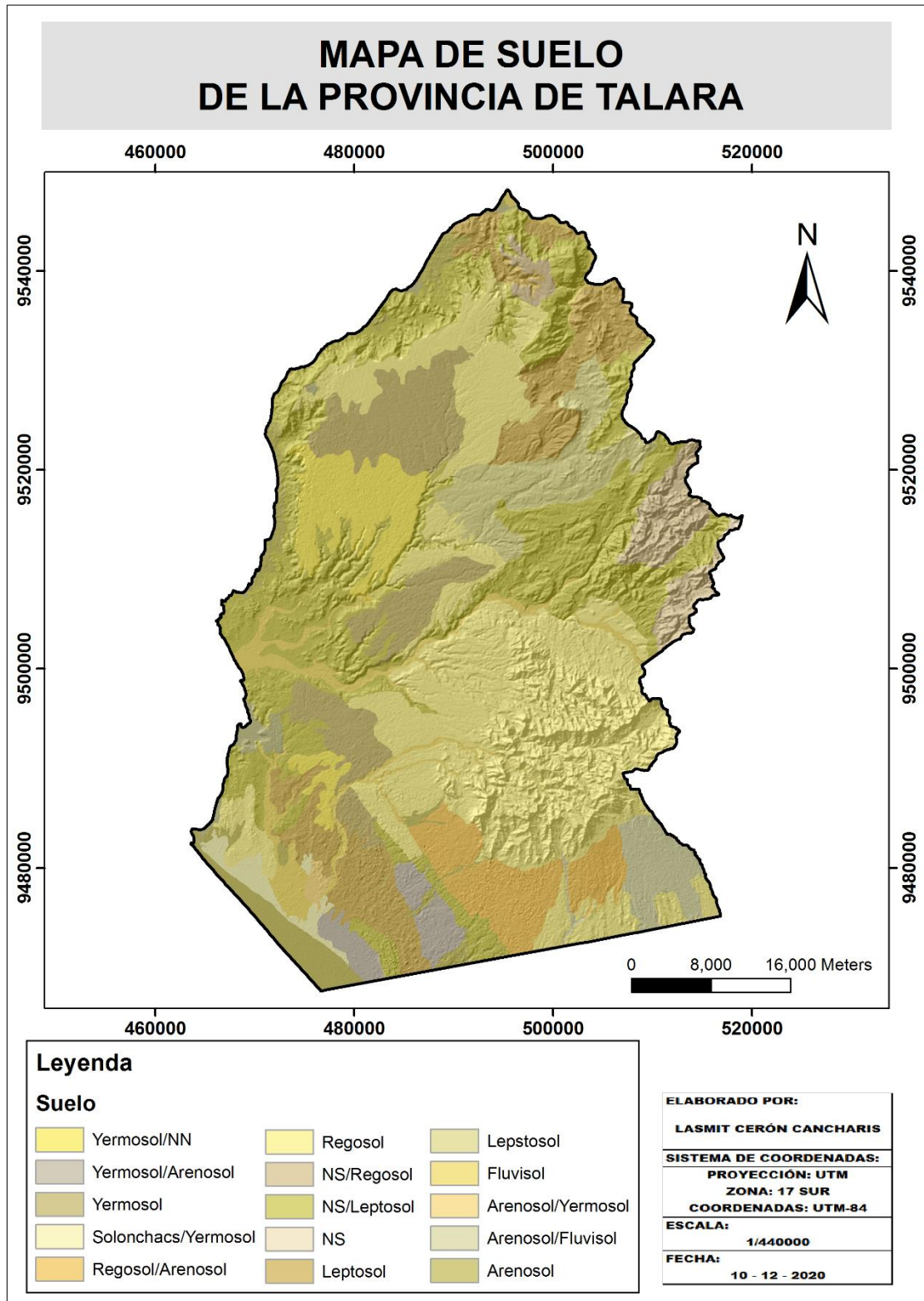
- Mapa de rango de precipitación media de la provincia de Talara.



- Mapa de rango de pendiente de la provincia de Talara.



- Mapa de tipos de suelo de la provincia de Talara.



## ANEXO 5

- Encuesta realizada a expertos

<b>Estimada (o) experta (o), desde ya agradezco el tiempo empleado para realizar esta encuesta y el aporte que está brindado a mi trabajo de tesis.</b>										
<i>*A continuación le pido que complete la información solicitada para tener registro de su participación:</i>										
<b>Nombre</b>										
<b>Cargo Actual</b>										
<b>Centro Laboral</b>										
<b>Fecha</b>										
<b>MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE LOS CRITERIOS Y SUBCRITERIOS</b>										
<i>* A continuación encontrará <b>03 cuadros</b> con las diferentes variables consideradas en el estudio, en base a su experiencia en plantaciones forestales, indique con una aspa (X) el nivel de importancia de cada variable sobre la otra; siendo <b>EXTREMA</b> el más relevante y <b>MODERADO</b> el más bajo.</i>										
<b>GRADO DE IMPORTANCIA ENTRE CRITERIOS</b>										
CRITERIO	Extremadamente más importante	Mucho más importante	Bastante más importante	Moderadamente más importante	Igual de importante	Moderadamente más importante	Bastante más importante	Mucho más importante	Extremadamente más importante	CRITERIO
Variables climáticas										Variables edáficas
Variables climáticas										Variables topográficas
Variables edáficas										Variables topográficas



GRADO DE IMPORTANCIA ENTRE INDICADORES O SUB-CRITERIOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS

INDICADOR O SUB-CRITERIO	Extremadamente más	Mucho más importante	Bastante más	Moderadamente más	Igual de importante	Moderadamente más	Bastante más	Mucho más importante	Extremadamente más	INDICADOR O SUB-CRITERIO
Temperatura media anual										Precipitación anual

GRADO DE IMPORTANCIA ENTRE INDICADORES O SUB-CRITERIOS VARIABLES TOPOGRÁFICAS

INDICADOR O SUB-CRITERIO	Extremadamente más importante	Mucho más importante	Bastante más importante	Moderadamente más importante	Igual de importante	Moderadamente más importante	Bastante más importante	Mucho más importante	Extremadamente más importante	INDICADOR O SUB-CRITERIO
Altitud										Pendiente

PREGUNTA

**\* Usted considera que hay otro indicador relevante en plantaciones forestales, que pueda ser analizado para la toma de decisión. ¿Cual? ¿Porque?**

Rpta:

OBSERVACIONES

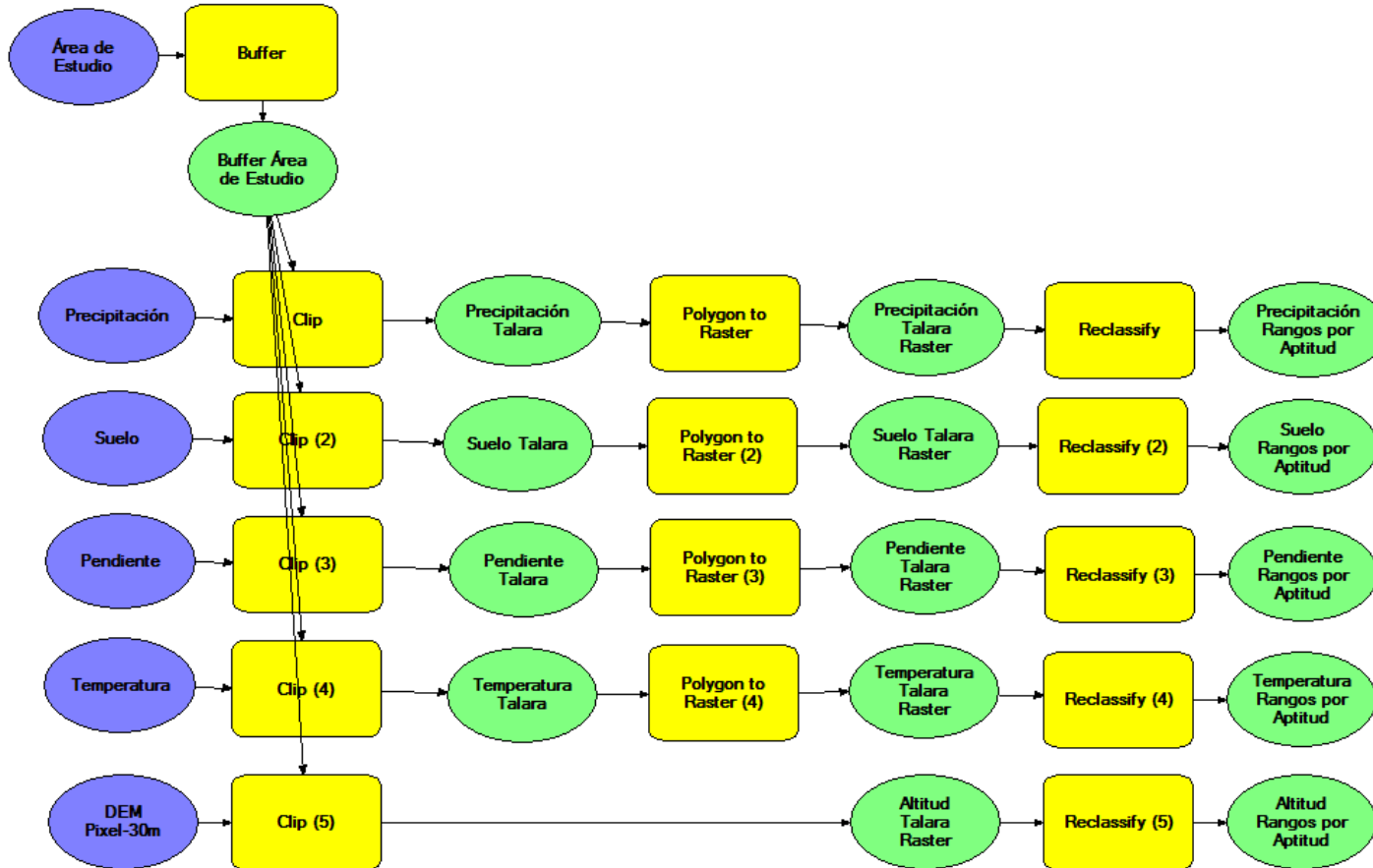
**\* Si tiene alguna observación o comentario puede dejarlo a continuación.**

Rpta:

## ANEXO 6

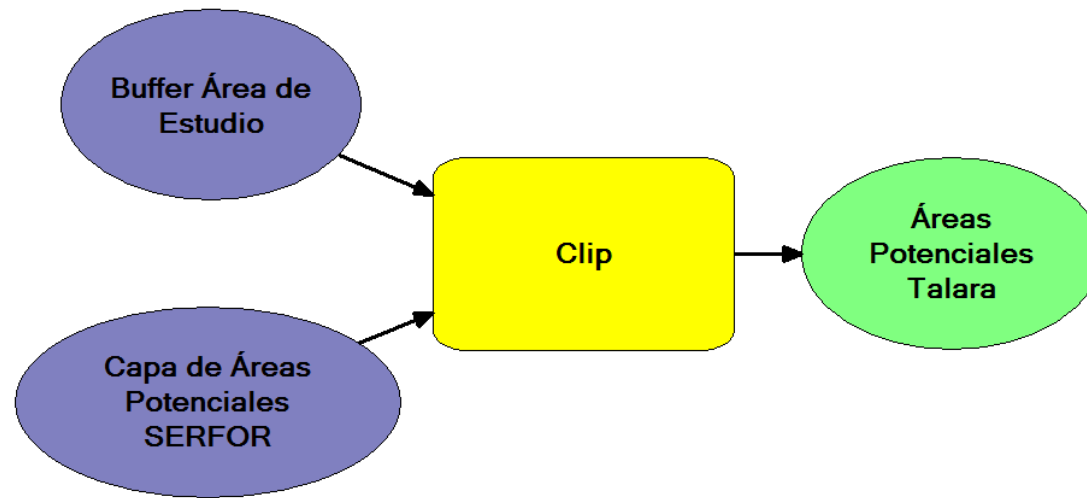
### Modelo geoespacial de áreas potenciales

- Modelo geoespacial para la identificación de zonas de aptitud para cada especie



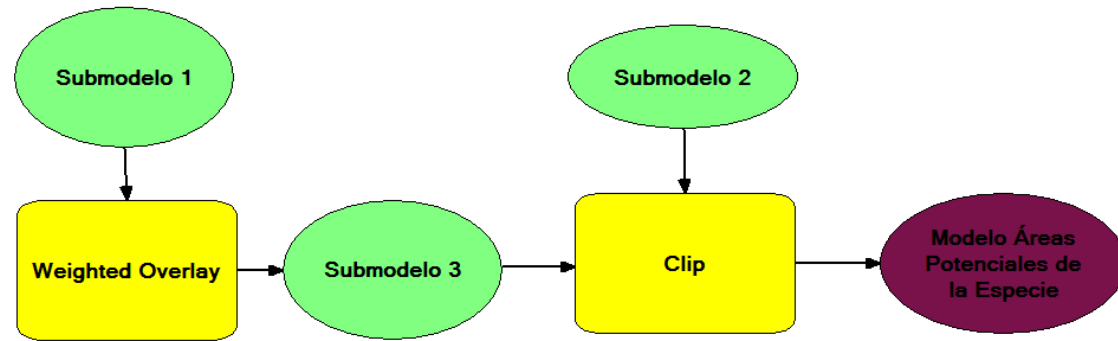
Fuente: Elaboración propia.

- Modelo geoespacial para la identificación de zonas potenciales para Talara.



Fuente: Elaboración propia.

- Modelo geoespacial de áreas potenciales para plantaciones por especie en Talara.



Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 7

- Listado de expertos entrevistados

N°	Experto	Cargo - Institución
1	Jose Valdez Campos	Especialista Plantaciones – CITE Forestal Pucallpa
2	Martín Alain Retamoso Inuma	Consultor Independiente
3	Fernando Martínez Guanilo	Regente Forestal – CC Santo Domingo de Olmos, Lambayeque
4	Duberli Geomar Elera Gonzales	Profesor Asociado – Universidad Nacional Autónoma de Chota
5	Armando Quispe Santos	Gerente – ARBORIZACIONES EIRL
6	Cesar Barriga	Gerente General – PEBANI INVERSIONES S.A.
7	Ignacio Piqueras Villarán	Coordinador de Bionegocios - PROFONANPE
8	Anabel Navarro Carrillo	Coordinadora de Proyecto de Reforestación - Pronaturaleza
9	Hugo Reynerio Marcos Loyola	Técnico de campo AZC – Programa Bosques

## ANEXO 8

- Materiales y equipos usados en campo y en laboratorio

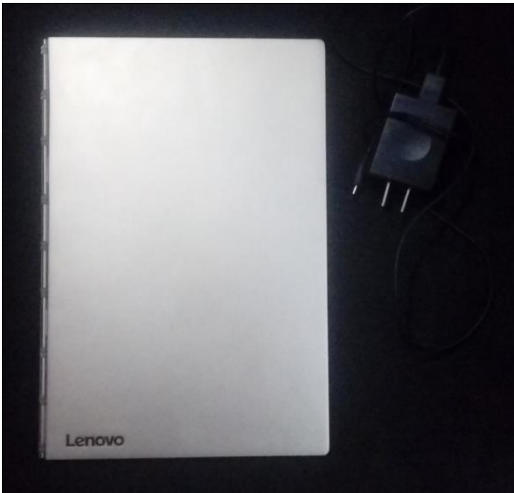
- Disco externo Toshiba



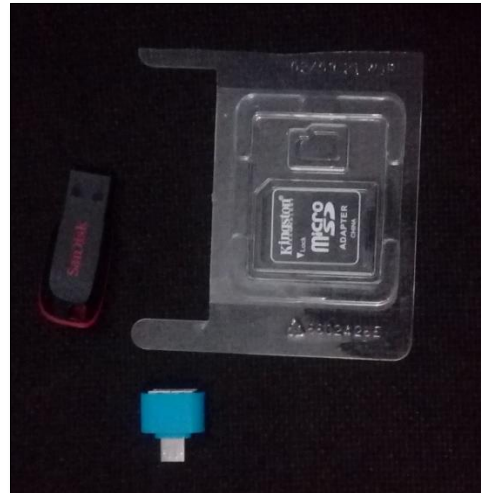
- Equipo Gps Garmin



- Tablet Lenovo



- Memoria micro SD



## ANEXO 9

- Fotos tomadas en la salida de campo.



Distrito de La Brea, 30 de noviembre del 2019.



Distrito de La Brea, 30 de noviembre del 2019.



Distrito de Pariñas, 30 de noviembre del 2019.



Distrito de Pariñas, 01 de diciembre del 2019.





Distrito de Paríñas, 30 de noviembre del 2019.