



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**APTITUD AGROCLIMÁTICA PARA MANEJO DE
PLANTACIONES FORESTALES SOSTENIBLES EN LA
INTERCUENCA HIDROGRÁFICA PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BRESANI RUTH CAÑAZACA CAÑAZACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

APTITUD AGROCLIMÁTICA PARA MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES SOSTENIBLES EN LA INTERCUENCA HIDROGRÁFICA PUNO

AUTOR

BRESANI RUTH CAÑAZACA CAÑAZACA

RECuento DE PALABRAS

38589 Words

RECuento DE CARACTERES

197659 Characters

RECuento DE PÁGINAS

162 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.9MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 14, 2023 3:43 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 14, 2023 3:45 PM GMT-5

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- 13% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


Mg. Flavio Ortiz Calcina
DOCENTE - UNA PUNO


ING. M. Sc. L. AMILCAR BUENO MACEDO
REG. CIP. 22203

Resumen



DEDICATORIA

A Dios, motor impulsor de mi vida, por su amor y protección, me acompaña y guía cada día de mi existencia.

A mi querida familia, el tesoro más grande que pude haber recibido. A mis padres, Martín Cañazaca Cayo y Balvina Cañazaca de Cañazaca, por todo el amor que me brindaron y el sacrificio que tuvieron que hacer para que yo salga adelante y pueda culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos Ovidio, Wilma y Jhon Marcos, por su comprensión, motivación y por el apoyo directo e indirecto que me demostraron que como familia no hay nada imposible.

A mis docentes, por la amistad, los momentos y conocimientos compartidos, A mis amigos, por su amistad, ayuda y paciencia para conmigo, y por todo el tiempo que disfrutamos juntos.

Bresani Ruth Cañazaca Cañazaca



AGRADECIMIENTOS

A Dios, nuestro padre celestial, por la oportunidad de poder hacer finalmente este sueño realidad.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, a los docentes de las diferentes materias que me inculcaron sus valiosos conocimientos impartidos.

Para mi asesor de tesis: M.Sc. Flavio Ortiz Calcina, por la inspiración, paciencia y dedicación al asesorarme. A los jurados de la presente investigación, M.Sc. Daniel Canaza Mamani, M.Sc. Julio Cesar Sosa Choque y el M.Sc. Rony Abel Ciprian Carreon por los enormes aportes proporcionadas durante la ejecución de mi investigación.

Con mucha gratitud a todos los que, de alguna u otra manera, me ayudaron a la culminación de esta investigación, y me dieron con su constancia la fuerza necesaria para llegar hasta el final.

A mis compañeros de estudios, por el tiempo vivido, los buenos y malos momentos compartidos, y su experiencia que defendió enormemente mi formación profesional.

Bresani Ruth Cañazaca Cañazaca



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN 20

1.1.1. Situación problemática a nivel internacional 20

1.1.2. Situación problemática a nivel nacional 20

1.1.3. Situación problemática a nivel regional 22

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 23

1.3 JUSTIFICACIÓN..... 25

1.4 OBJETIVO GENERAL 25

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 25

1.6 HIPÓTESIS GENERAL 26

1.7 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 26



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES	28
2.2	MARCO DE REFERENCIA	29
2.3	MARCO CONCEPTUAL	30
2.3.1.	Manejo forestal.....	31
2.3.2.	Zonificación forestal	31
2.3.3.	Ordenamiento del bosque.....	32
2.3.4.	El cambio climático y plantaciones forestales en el Perú	33
2.3.5.	Zonas Bioclimáticas de bosques	34
2.3.5.1.	Bosques andinos.....	34
2.3.5.2.	Bosques tropicales.....	35
2.3.6.	Variabilidad Agroclimática en bosques tropicales.....	35
2.3.7.	Clasificación de tierras por capacidad de uso mayor CT-CUM	36
2.3.8.	Cuenca hidrográfica como unidad de gestión integral	37
2.3.9.	Cuenca hidrográfica como unidad de planificación	38
2.3.10.	Gestión de recursos naturales y medio ambiente	39
2.3.11.	Cambio de uso forestal y presiones antrópicas	40
2.3.12.	Inventario forestal	41

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	MATERIALES	42
3.1.1.	Ubicación geográfica del área de Investigación.....	43
3.1.2.	Gestión de la Base de Datos y generación de la Información	44
3.2	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	45



3.2.1. Zonificación de cobertura forestal actual de plantaciones permanentes .	48
3.2.1.1. Zonificación de Cobertura Vegetal (bosques nativos y plantaciones)	48
3.2.2. Análisis de relaciones biofísicas agroclimáticas de la sostenibilidad forestal.....	52
3.2.2.1. Clasificación de Capacidad de Uso Mayor de Tierras CT-CUM	52
3.2.2.2. Radiación solar global extraterrestre.....	54
3.2.2.3. Bio-Temperatura	55
3.2.2.4. Análisis de la Precipitación e Hidrología.....	57
3.2.2.5. Análisis de la humedad relativa	59
3.2.2.6. Estimación de la velocidad del viento	61
3.2.2.7. Evapotranspiración Potencial ETo; Método Penman Monteith	62
3.2.2.8. Análisis de zonas de vida por el sistema Lesly Holdridge.....	62
3.2.3. Modelamiento de aptitud de tierras para el manejo sostenible de plantaciones permanentes.....	64
3.2.3.1. Zonificación de uso actual de tierras.	64
3.2.3.2. Conflictos de uso forestal de la tierra	65
3.2.3.3. Tasa de crecimiento Poblacional	66
3.2.3.4. Modelamiento de la sostenibilidad Agroclimática de la Intercuenca Puno.....	67

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ZONIFICACIÓN DE COBERTURA FORESTAL ACTUAL DE PLANTACIONES PERMANENTES	68
--	-----------



4.1.1	Zonificación de uso actual forestal	68
4.1.2	Cobertura Vegetal de la Intercuenca	70
4.2	ANÁLISIS DE RELACIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA SOSTENIBILIDAD FORESTAL.....	74
4.2.1	Parámetros del suelo	74
4.2.2	Clasificación de Capacidad de Uso Mayor de Tierras CT-CUM	76
4.2.3	CUM Forestal de la Intercuenca	78
4.2.4	Temperatura y sus relaciones con la aptitud forestal	79
4.2.5	Precipitación y relaciones con la aptitud forestal.....	84
4.2.5.1.	Análisis estadístico no paramétrico por la prueba de Wilcoxon	86
4.2.6	Radiación solar y aptitud forestal.....	88
4.2.6.1.	Prueba de consistencia de los datos históricos de Radiación Solar Global	89
4.2.7	Relaciones de la humedad relativa y aptitud forestal.....	91
4.2.7.1.	Análisis estadístico de prueba de consistencia de datos de humedad relativa	94
4.2.8	Relaciones de la velocidad del viento y aptitud forestal.....	95
4.2.9	Relaciones de las regiones altitudinales y aptitud forestal.....	97
4.2.10	Evapotranspiración potencial de la Intercuenca ETo.....	99
4.2.11	Zonas de Vida Bioclimática de la Intercuenca.....	100
4.3	MODELAMIENTO DE APTITUD DE TIERRAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE PLANTACIONES PERMANENTES	101
4.3.1	Selección de Criterios por el Método Multicriterio y SIG	101
4.3.2	Jerarquización de los indicadores de las variables biofísicas (EMC-SIG)	102



4.3.2.1. Clases de Aptitud de precipitaciones para las plantaciones forestales	103
4.3.2.2. Clases de Aptitudes de Temperatura para las plantaciones forestales	104
4.3.2.3. Clases de Aptitud de Radiación Solar Global para las plantaciones forestales	105
4.3.2.4. Distancia de fuentes hídricas a plantaciones forestales	106
4.3.2.5. Distancia de Centros Urbanos a plantaciones forestales.....	107
4.3.2.6. Distancia de la carretera Panamericana a plantaciones.....	111
4.3.2.7. Jerarquización de la importancia de distribución espacial de CUM Forestal.....	112
4.3.2.8. Clases de Aptitud de Altitud para plantaciones forestales.....	113
4.3.2.9. Clases de Aptitud de pendiente de tierras de plantaciones forestales	113
4.3.3 Modelamiento de zonas agroclimáticas óptimas para plantaciones.....	115
4.3.3.1. Sub Modelo Tierras Marginales para las plantaciones forestales	116
4.3.3.2. Sub Modelo Agroclimático Relacional.....	119
4.3.3.3. Sub Modelo Agrológico por vocación de tierras y uso actual forestal.....	121
4.3.3.4. Sub Modelo Topográfico	123
4.3.3.5. Modelación de Aptitud Forestal Agroclimática por el método Evaluación Multicriterio y Superposición Ponderada (Overlay) en SIG	125
V. CONCLUSIONES.....	130



VI. RECOMENDACIONES	131
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXO	136

AREA: Recursos Naturales

TEMA: Cambio climático y Agricultura

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 de diciembre del 2023



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	14 estaciones Agrometeorológicas seleccionadas para la evaluación 48
Tabla 2	Biotemperatura y pisos altitudinales 54
Tabla 3	Uso actual de tierras forestales 69
Tabla 4	Clasificación de cobertura vegetal de la Intercuenca..... 71
Tabla 5	Puntos de control, muestreo y resultados de análisis de suelos 74
Tabla 6	Descripción de clasificación de Uso Mayor de Tierras CT-CUM..... 77
Tabla 7	Temperatura media anual y su relación con la vocación forestal 81
Tabla 8	Datos históricos en generación de Isotermas (50 años de registro SENAMHI) 82
Tabla 9	Precipitación anual y relaciones con la vocación forestal 85
Tabla 10	Estadístico de Prueba No Paramétrica Signo de Wilcoxon 87
Tabla 11	Clasificación de Radiación Solar Global 88
Tabla 12	Base de datos de radiación solar global 90
Tabla 13	Estaciones Agrometeorológicas de registros de Humedad Relativa..... 92
Tabla 14	Distribución Espacial de la Humedad Relativa 93
Tabla 15	Estaciones agrometeorológicas de registro de velocidad de viento..... 96
Tabla 16	Zonas altitudinales de plantaciones forestales 97
Tabla 17	Parámetros agroclimáticos de evapotranspiración potencial 100
Tabla 18	Ponderación de parámetros en el modelamiento forestal 102
Tabla 19	Modelación de áreas de influencia de la precipitación en la aptitud 103
Tabla 20	Modelamiento de áreas de influencia de la temperatura en la aptitud 104
Tabla 21	Modelamiento de áreas de influencia de la RSG en la aptitud 105



Tabla 22	Márgenes de ríos inaceptables para plantaciones	107
Tabla 23	Zonas marginales de centros urbanos y carreteras.....	108
Tabla 24	Áreas marginales de influencia inaceptables en plantaciones	112
Tabla 25	Distribución espacial de subclases de tierras forestales y aptitud.....	112
Tabla 26	Aptitud de tipos de pendientes para las plantaciones.....	114
Tabla 27	Márgenes inaceptables en plantaciones permanentes	118
Tabla 28	Resumen de márgenes inaceptables en plantaciones en el CUMT	118
Tabla 29	Áreas de influencia de clase de aptitud de RSG	121
Tabla 30	Distribución de tipos de aptitud forestal en el ámbito de la Intercuenca ...	122
Tabla 31	Distribución espacial de plantaciones de Ciprés, Eucalipto y Pino	123
Tabla 32	Conflicto de uso actual de las tierras forestales	123
Tabla 33	Influencia de la altitud en la aptitud forestal.....	124
Tabla 34	Distribución espacial de uso actual de especies forestales	124



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Mapa Base de la Intercuenca de los ríos de Puno 44
Figura 2	Procedimiento de zonificación de variables biofísicas 49
Figura 3	Imagen satelital Landsat7 del área de investigación 50
Figura 4	Diagrama bioclimático de L. Holdridge 64
Figura 5	Mapa de Uso Actual Forestal de la Intercuenca de los ríos de Puno 70
Figura 6.	Mapa de Cobertura Vegetal de la Intercuenca de los ríos de Puno 72
Figura 7	Mapa de clasificación de tierras por Capacidad de Uso Mayor CT-CUM.. 78
Figura 8.	Clasificación de tierras de Capacidad de Uso Mayor Forestal CUM-F..... 79
Figura 9	Mapa de Isotermas de la Intercuenca de los ríos Puno 81
Figura 10	Correlación entre la Temperatura y Altitud 83
Figura 11	Mapa de Calor e Isotermas de la Intercuenca 83
Figura 12	Mapa de Isoyetas y su relación con la vocación forestal 86
Figura 13	Mapa de Isohélias y su relación con la vocación forestal 89
Figura 14	Correlación Lineal entre la Radiación Solar Global y Altitud..... 91
Figura 15	Mapa de Isohumas y su relación con la vocación forestal..... 93
Figura 16	Correlación Lineal entre la Humedad Relativa y Altitud 95
Figura 17	Mapa de Isotacas y su relación con la vocación forestal 96
Figura 18	Mapa de Altitud y su relación con la vocación forestal..... 98
Figura 19	Mapa de Aptitud de la Pendiente para las plantaciones forestales 115
Figura 20	Mapa de vocación de Tierras forestales inaceptables por marginalidad.... 118
Figura 21	Mapa de modelamiento de Aptitud Agroclimática de la Intercuenca de Puno 129



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Aptitud agroclimática de Capacidad de Uso Mayor de Tierras.....	137
ANEXO 2 Clasificación de tierras por Capacidad de Uso Forestal	140
ANEXO 3 Áreas marginales inaceptables en plantaciones forestales	150
ANEXO 4 Base de datos de zonificación agroclimática en la Intercuenca Puno	153
ANEXO 5 Estaciones meteorológicas SENAMHI para Isoyetas	155
ANEXO 6 Punto de muestreo de suelos C.E Illpa - PUNO (Terraza Media).....	156
ANEXO 7 Punto de muestreo de suelos C.E Illpa - PUNO (Colina Media).	157
ANEXO 8 Punto de muestreo de suelos Camacani UNA Puno (Terraza alta).	158
ANEXO 9 Punto de muestreo de suelos Camacani UNA Puno (Colina Media).	159
ANEXO 10 Punto de muestreo de suelos Microcuenca de la ciudad de Puno - Escalerani.....	160
ANEXO 11 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	161
ANEXO 12 Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional..	162



ACRÓNIMOS

SIG:	Sistema de Información Geográfica
ZEE:	Zonificación Ecológica Económica
SIF:	Sistema de Información Forestal
CIF:	Centro de Información Forestal
CIEF:	Centro de Información Estratégico Forestal
CT-CUM:	Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor
UAT:	Uso Actual de Tierras
ZAC:	Zonificación Agroclimática
RSG:	Radiación Solar Global
RE:	Resolución Espacial
IVDN:	Índice Vegetativo de Desarrollo Normalizado
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
IPCC:	Grupo Intergubernamental de Cambio Climático
EMC:	Evaluación Multicriterio
EMCP:	Evaluación Multicriterio Ponderado
DEM:	Modelo de Elevación Digital del Terreno
D.S:	Decreto Supremo
CE:	Centro Experimental
INRENA:	Instituto Nacional de Recursos Naturales
RA/DÍA:	Radiación Extraterrestre Diaria



RESUMEN

Esta investigación permitió calificar los espacios con vocación forestal y sobre esta base recomendar a los agricultores la producción de madera altoandina. Para ello, se han seleccionado los terrenos de la Intercuenca de los ríos Puno, que, abarcan 5 distritos; desde Paucarcolla hasta el distrito de Ácora de la provincia y región Puno. La Intercuenca, se ubica entre las coordenadas UTM, 413241m. Oeste y 8231940m. Sur. El tipo de investigación es descriptiva relacional, cuantitativa y cualitativa. Los objetivos establecidos fueron: 1) Zonificar la cobertura forestal actual de plantaciones permanentes en la Intercuenca. 2) Analizar las relaciones agroclimáticas de la sostenibilidad forestal, y 3) Modelar la aptitud forestal de tierras para el manejo sostenible de plantaciones permanentes. Los resultados fueron: Área total de la Intercuenca 86,142.71ha, uso actual forestal 953.72ha, vocación forestal 4,982.72ha, también se encontró plantaciones forestales adecuadas en 454.57ha, plantaciones tipo sobreuso 336.31ha y plantaciones tipo subuso 163.44ha. Asimismo, se analizaron las relaciones agroclimáticas: temperatura media anual 4 a 8°C, precipitación anual media 792mm/año, radiación solar global RSG de 6 a 8 Mj/m²/día. Finalmente, se modeló: dos categorías de aptitud agroclimática: adecuada y optima en el primer caso se calculó 163 ha, que representa el 4.03% y para la segunda categoría optima se estimó en 3886.32 ha, y la vocación de tierras forestales futura disponible es 4,029ha. Esta investigación permitirá planificar las actividades de gestión forestal sostenible en la producción de madera en la Intercuenca.

Palabras clave: Agroclimático, forestal, Intercuenca Puno, ordenamiento Zonificación.



ABSTRACT

his research made it possible to qualify the spaces with a forestry vocation and on this basis to recommend the production of high Andean wood to farmers. For this, the lands of the Inter-basin of the Puno rivers have been selected, which cover 5 districts; from Paucarcolla to the Ácora district of the Puno province and region. The Interbasin is located between the UTM coordinates, 413241m. West and 8231940m. South. The type of research is descriptive, relational, quantitative and qualitative. The established objectives were: 1) Zoning the current forest cover of permanent plantations in the Interbasin. 2) Analyze the agroclimatic relationships of forest sustainability, and 3) Model the forestry suitability of lands for the sustainable management of permanent plantations. The results were: Total area of the Interbasin 86,142.71ha, current forest use 953.72ha, forestry vocation 4,982.72ha, suitable forest plantations were also found in 454.57ha, overuse type plantations 336.31ha and underuse type plantations 163.44ha. Likewise, the agroclimatic relationships were analyzed: average annual temperature 4 to 8°C, average annual precipitation 792mm/year, global solar radiation GSR of 6 to 8 Mj/m²/day. Finally, it was modeled: two categories of agroclimatic suitability: adequate and optimal, in the first case 163 ha were calculated, which represents 4.03% and for the second optimal category it was estimated at 3886.32 ha, and the available future forest land vocation is 4,029 ha. This research will allow planning sustainable forest management activities in wood production in the Interbasin.

Keywords: Zoning, forestry, Puno Interbasin, Agroclimatic, planning.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Perú posee terrenos y temperaturas ventajosos para el establecimiento de plantaciones forestales, una amplia disponibilidad de mano de obra y un cómodo acceso a los mercados mundiales. Las estimaciones actuales sugieren que existen alrededor de 10,5 millones de hectáreas de tierra que son ideales para plantaciones, con la mayoría de ellas ubicadas en la región de la Sierra. El proceso de catastro y categorización de estas tierras determinará su capacidad final para la reforestación industrial INRENA (2005).

En la producción de madera ocupamos el 64 lugar en el mundo, sin embargo, somos considerados el cuarto país en la extensión del bosque tropical en Latinoamérica. Para subsanar esta situación, se propone el presente trabajo de investigación, estimar la demanda forestal futura, disponibilidad de los espacios forestales en función de la aptitud de tierras forestales en la zona Altoandina, además, de una serie de parámetros relacionales; agroecológicos, agroclimáticos, actividades antropogénicas y socioeconómicos.

Las razones señaladas y otras justificaciones nos obligan a plantear el siguiente cuestionario: ¿Dónde están y qué espacio ocupan las plantaciones permanentes, ¿cómo son sus relaciones ambientales, ¿cuál es la tendencia en la producción de madera, qué usos le están dando, y qué se asevera del futuro, qué disponibilidad de vocación forestal tenemos en el ámbito de la Intercuenca Puno?

La primera actividad que se realizará es la recopilación y sistematización de la información primaria y secundaria, revisar los trabajos de zonificación de tierras por aptitud forestal, luego; la preparación de materiales y métodos de trabajo en el campo a



fin de coleccionar las muestras de agua, tierras, horizontes de los suelos, muestreo florístico y faunístico, localización geográfica de los puntos de control de campo en muestreo y validación de mapa base, y mapas temáticos.

En primer lugar, en el campo se realizó el reconocimiento del área de estudio. En esta fase se logró el reconocimiento in situ del área de estudio. El fin fue tener una visión general y el estado en que se encuentra la Intercuenca Puno comprendido desde el ámbito de los distritos; Paucarcolla, Puno, Chucuito, Platería y Ácora.

El MIDAGRI ha autorizado la normativa para la Clasificación del Suelo por su Capacidad de Uso Mayor, el propósito es fomentar y difundir el uso sostenible de la tierra, asegurando su uso continuo para lograr los mejores resultados sociales, económicos y ambientales, estos esfuerzos se ajustan a los principios del desarrollo sostenible y pretenden evitar la degradación de los ecosistemas. MIDAGRI (2022).

En el presente trabajo se utilizó el método de modelamiento “Superposición de capas de Alta probabilidad ponderada”. Las ponderaciones fueron: Hidrografía 10, Clima 30, Suelos 30, Zonas marginales 10, y Topografía 20. El total de los valores ponderados es 100 puntos. Ver Tabla 40.

Por todo lo manifestado, como herramienta de modelación se utilizó la superposición de capas o temas denominada “Multicriterio de Máxima Probabilidad” en el entorno de ARC GIS10.8. Se tuvo como resultado la Zonificación Agroclimática (ZAC), en el cual, claramente se describe la Aptitud de tierras para las diferentes actividades forestales. Con este indicador los agricultores planificarán el uso sostenible de las tierras, por su puesto, las prácticas silviculturales serán prioritarias dentro del manejo de bosques. Asimismo, planificarán el ordenamiento de las actividades en el espacio territorial de la Intercuenca.



1.1 PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Situación problemática a nivel internacional

En los últimos 50 años las actividades económicas en la región subtropical de la región Puno, han aumentado considerablemente; la minería, la agroindustria, la agricultura, la pesca, la medicina folclórica, la refinera de petróleo, la explotación de gas. Estas han sido las prioridades del hombre y no así, el manejo sostenible del bosque. Por otro lado, la desmedida deforestación y cada vez las plantaciones relegadas y escaso manejo de medidas de conservación y protección del bosque.

La tecnología SIG y Teledetección y de más componentes geoinformáticos en el Perú en los últimos 20 años están evolucionando favorablemente en la academia e investigación. Ello, permite en el desarrollo del presente trabajo ahorrar el tiempo, economizarlo el costo y abrir fronteras informáticas.

El alcance de la investigación es determinar los problemas, limitaciones y aptitudes en el manejo de los rodales de los bosques Altoandinos, para luego, plantear las soluciones a nivel de gestión y manejo. Ortiz (2012).

1.1.2. Situación problemática a nivel nacional

En el Perú el sector forestal sigue adoleciendo de inversión y financiamiento. Para subsanar esta situación, propone el presente trabajo de investigación, estimar la demanda forestal futura, disponibilidad de los espacios forestales en función de la aptitud de tierras forestales en la zona Altoandina,



además de un conjunto de variables relacionales; la agroecología, agroclimátología, las actividades antropogénicas y socio-económicas.

Chirif en 2018 hace mención a Godoy y Papageorgiou, quienes opinaron en 2011; La tasa de deforestación excepcionalmente rápida de San Martín puede atribuirse a la explotación excesiva de los bosques y a una importante falta de supervisión por parte de las autoridades regionales. Múltiples factores contribuyen a la rápida tasa de deforestación, entre ellos el cultivo de café y arroz, el establecimiento de pastizales para la ganadería, la conversión excesiva de tierras, la construcción de carreteras, el desarrollo de zonas densamente pobladas y la recolección no regulada de leña.

Afortunadamente, la administración regional ha asumido recientemente un papel más proactivo para disminuir la deforestación y paliar sus consecuencias. Para alcanzar este objetivo, ha encabezado un esfuerzo en el que han participado partes interesadas de la sociedad civil y ha obtenido apoyo financiero de inversores locales, nacionales y mundiales. Los datos demuestran los resultados favorables de diversas políticas e iniciativas. Chirif (2018).

Claudia Gálvez fue citada por Chirif; un gran conocedor de la fauna y la pesca, sobre todo en el contexto de la gestión de la gran variedad de especies que se encuentran en los bosques tropicales. Estos ecosistemas son de enorme importancia para mantener el equilibrio climático mundial en comparación con otros tipos de ecosistemas terrestres. Examina la importante disminución de las poblaciones de numerosos mamíferos, sobre todo los de mayor tamaño, causada principalmente por las actividades humanas que provocan la pérdida o degradación de los bosques. Dado que los bosques y la fauna silvestre



desempeñan un papel crucial en las actividades económicas de los grupos indígenas y ribereños, sobre todo en términos de consumo y comercialización a pequeña escala, las consecuencias negativas de estos impactos tienen un efecto significativo y perjudicial para estas comunidades. El tema gira en torno a la importante interdependencia de los bosques y la fauna salvaje. Los animales son esenciales para la regeneración de los bosques, ya que sirven como dispersores de semillas, lo que les hace tan dependientes del bosque para su supervivencia como el bosque lo es de ellos.

SERFOR (2019), Indica; para continuar con el desarrollo sostenible de nuestro país, requiere de un Estado capaz de proveer de manera eficaz, oportuna y eficiente; información técnica, suficiente, actualizada e idónea sobre las potencialidades y limitaciones de las tierras forestales con la finalidad de contar con las herramientas necesarias para la óptima toma de decisiones sobre el Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre de la Nación. Entre los procesos más importantes para lograrlo, se encuentra la zonificación forestal, proceso regulado en la Ley N°29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, y en el Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, estas normas sirven de base técnica y jurídica autorizada que determina la gestión forestal y es un componente integral de la planificación del uso del suelo.

1.1.3. Situación problemática a nivel regional

Se sabe que; si un país adolece de una base de datos ambiental, como es el caso del sector forestal, también adolece de información, si no tiene



información desconoce la realidad del sector y hará falta este instrumento para tomar las decisiones adecuadas.

Por esta razón y otras creemos importante contar con una línea base ambiental para plantear una gestión sostenible de las plantaciones permanentes en el ámbito de la Intercuenca.

Los recursos forestales tienen un ritmo de crecimiento que puede ser superado por la tasa de aprovechamiento de los mismos, el conocimiento de tipo de gestión de los recursos forestales permite planificar y tomar decisiones en la optimización del uso de los recursos forestales, y realizar medidas de prevención a los cambios de escenarios futuros, implementar mejoras en el sistema de gestión del bosque de plantaciones y otras especies de cobertura.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la planificación del desarrollo de los programas y proyectos de la gestión de los rodales se recomienda utilizar la tecnología SIG y Teledetección. Estas herramientas tienen alcance universal. Es decir; su uso se está aplicando en todos los sectores económicos. En nuestro caso, se levantará la información siguiente: Línea de base ambiental de flora y fauna silvestre, clasificación de tierras por su capacidad de uso, uso actual de tierras, conflictos de uso de tierras, utilizada en la investigación del comportamiento de los rodales. El alcance de la investigación es determinar los problemas, limitaciones y aptitudes en el manejo de los rodales, para luego plantear las soluciones a nivel de gestión y manejo. Ortiz (2012).

impactos del cambio climático y, por lo tanto, aboga por su conservación y restauración como estrategia para paliar estos cambios y adaptarse a ellos. Apoya la



investigación científica y la plantación de árboles para restaurar el equilibrio ecológico o establecer nuevos bosques en regiones concretas, al tiempo que fomenta su utilización responsable y a largo plazo, según lo establece el reglamento de la Ley N°29763. Ley forestal y de fauna silvestre.

Congreso (2000), En la Ley Forestal y de Fauna Silvestre D.L. N°29763 dice; el manejo forestal es el conjunto de servicios y bienes creados y manipulados por el hombre con la finalidad de mantener, bajo condiciones adecuadas, ejemplares vivos de una determinada especie. Por eso es necesario buscar espacios con aptitud forestal natural que deban cumplir con esa función también natural.

Entonces; será necesario desarrollar una serie de actividades, como revisar la base de datos, información, conocimientos de los expertos, organizaciones sociales y gubernamentales, estudios en material forestal y ambiental en el espacio territorial indicado.

Las razones señaladas y otras justificaciones nos obligan a interponer planteamientos adecuados en la gestión forestal bajo el siguiente cuestionamiento:

¿Dónde están y qué espacio ocupan las plantaciones permanentes de las especies forestales en el ámbito de la Intercuenca Puno?

¿Cuáles son los requerimientos biofísicos dependientes e influyentes en el manejo forestal sostenible de plantaciones permanentes en la Intercuenca hidrográfica Puno?

¿Cuál es la demanda forestal futura y la disponibilidad de tierras con vocación forestal en el espacio territorial de la Intercuenca hidrográfica Puno?



1.3 JUSTIFICACIÓN

El trabajo de identificación de vocación de tierras con aptitud forestal constituye una herramienta de orientación y planificación al menos sería el punto de partida para impulsar la actividad forestal en la Intercuenca Puno.

La evaluación de los recursos forestales dentro de un bosque es crucial por las siguientes razones: El ritmo de crecimiento de los recursos forestales puede verse superado por el ritmo al que se cosechan, el conocimiento de tipo de gestión de los recursos forestales permite planificar y tomar decisiones en la optimización del uso de los recursos forestales, y realizar medidas de prevención a los cambios de escenarios futuros, implementar mejoras en el sistema de gestión del bosque de plantaciones y permite implementar los modelos de desarrollo forestal sostenibles.

La investigación apoyará a los futuros investigadores y a los agricultores de la zona a planificar actividades de investigación, desarrollo de la agricultura sostenible, producción de madera, sistemas agroforestales, adoptar medidas de mitigación a los impactos negativos de cambio climático en la Intercuenca hidrográfica Puno.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Determinar la aptitud forestal para el desarrollo sostenible de plantaciones forestales en la Intercuenca hidrográfica Puno.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Zonificar la cobertura forestal actual de plantaciones permanentes en la Intercuenca Puno.



- Analizar las relaciones agroclimáticas de la sostenibilidad forestal; como la aptitud de tierras, clima, zona de vida bioclimática, tipo de uso forestal de la tierra en la Intercuenca hidrográfica Puno.
- Modelar la aptitud forestal de tierras para el manejo sostenible de plantaciones permanentes en la Intercuenca hidrográfica Puno.

1.6 HIPÓTESIS GENERAL

Los espacios que actualmente están establecidos de plantaciones forestales en la Intercuenca, están relacionados con su aptitud forestal, clima, calidad del suelo, zonas de vida, topografía, tipo de vegetación, y actividades que el hombre realiza en los ecosistemas altoandinos.

1.7 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La cobertura forestal actual de plantaciones permanentes en la Intercuenca Puno, no están relacionada con la vocación y uso actual forestal de tierras.
- Las relaciones biofísicas o agroclimáticas; como la variabilidad climática, zona de vida bioclimática, tipo de uso forestal en tipos de pendientes de la tierra, son variables influyentes en la toma de decisiones en la planificación de manejo sostenible de las plantaciones forestales en la Intercuenca hidrográfica Puno.
- Las variables dependientes, como; la demanda forestal futura, la disponibilidad de tierras con aptitud para las plantaciones permanentes, tipo de uso de la tierra, la tasa de crecimiento poblacional, la fragmentación de la tierra (Malthus), definen la producción forestal sostenible en la Intercuenca Hidrográfica Puno.



En resumen, la hipótesis del primer objetivo es válida, el segundo objetivo tiene enunciadas las hipótesis específicas por parámetros, pero no todo el objetivo y finalmente, el tercer objetivo no tiene hipótesis por ser netamente descriptivo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

La zonificación forestal se refiere a la delimitación de diferentes categorías de bosques mediante un proceso participativo que tiene en cuenta las prácticas y costumbres históricas de las tierras comunales. Congreso R. P., (1993).

La gestión del sistema de información forestal en Perú estará a cargo del CIF (Centro de Información Forestal), que se creará como resultado de la ejecución del Proyecto CIEF (Centro Estratégico de Información Forestal). Este proyecto comprende dos bases de datos, una centrada en datos estadísticos y económicos, y la otra en información geográfica. Actualmente, este proyecto funciona en colaboración con 4 nodos repartidos por todos los departamentos de producción forestal primaria del país. Utiliza un sistema de información forestal (SIF) específicamente desarrollado para recoger, tratar y evaluar la información pertinente relativa a la industria forestal. Los datos producidos son utilizados directamente por la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre del INRENA y serán distribuidos a través de material impreso y un sitio web. FAO (2001).

Debido a la creciente preocupación internacional desde la década de los 70 por la incontrolable deforestación y deterioro de la masa boscosa en el mundo es que se vio la necesidad de ir logrando su paulatina reposición y conservación, tomando acciones encargadas a trabajos pioneros y aplicación de metodologías versadas en cuestiones de inventariado de bosques, monitoreo y evaluación de la deforestación, formulación de



planes de manejo del bosques y hasta la zonificación ecológica económica para el ordenamiento del bosque.

En la localidad. Cervante (2012), realiza un trabajo de investigación en la Escuela Profesional de Agronomía de la UNA Puno, titulado “Zonificación y análisis de la potencialidad agrícola y forestal de las tierras del CE. Camacani para su ordenamiento territorial”. En la cual concluye; mediante la aplicación de la herramienta SIG, se reclasificó las clases de capacidad de uso de suelo, se integró el uso actual y las áreas especiales, obteniendo como resultado final dos categorías de manejo, principal de las cuales; la predominante en la zona de Camacani es el desarrollo potencial forestal con un 49.06% y Agrícola de 33.37% del área total. Además; el 25.21% del área total se encuentra en conflicto de uso por subuso, principalmente en la zona de colina con praderas naturales que económicamente no representan un uso económicamente representativo para la zona”.

Maquera, D. & Huanacuni, C. (2012), Determinaron que la mayor captura de carbono en la biomasa aérea del bosque CIP Camacani, la tuvo el Eucalipto con 1 399.86 tn de carbono seguido por el Pino con 510.42 tn de carbono y Ciprés con 203.79 tn de carbono, haciendo un total de 2 377.66 tn de carbono capturado en todo el bosque.

Estos trabajos de la localidad corresponden al área de investigación planteada en el presente estudio.

2.2 MARCO DE REFERENCIA

A nivel nacional se hicieron varios ensayos sobre la zonificación del bosque. Uno de ellos en la región San Martín. Marjorie Espíritu (2014), Indican, que el estudio de Zonificación Forestal se dio a nivel de macro zonificación, con apoyo del análisis a



mayor detalle de imágenes satelitales al 2013. Para ello, han tenido en cuenta los distintos criterios empleados en la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Estos criterios pertenecen a la evaluación de las unidades biofísicas generalmente uniformes dentro del territorio, con el objetivo de identificar el potencial y las limitaciones del departamento. El análisis se ha centrado en las diversas clasificaciones de uso que se establecieron recientemente en el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica, aprobado mediante D.S. N° 087-2004-PCM.

El cambio climático y la gestión forestal sostenible son componentes integrales de las estrategias de gestión. El cambio climático se ha integrado progresivamente en diversas políticas públicas e instrumentos de gestión centrados en el desarrollo y la planificación del país. Entre ellas se encuentran el Sistema de Evaluación Ambiental de Proyectos, la Política de Responsabilidad Social, la Política Nacional de Desarrollo Rural, la Política Ambiental para el sector agropecuario, la Estrategia Nacional de Desarrollo Rural, la Biodiversidad, la Política de Ordenamiento Territorial, la Política de Gestión de Riesgos de Desastres Naturales, entre otras.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Gonzáles (2019), la reforestación se refiere al proceso de establecer o restaurar la vegetación en un área específica, lo que resulta en la transformación del área en un bosque. Este bosque es capaz de generar riqueza y bienestar de manera justa y sostenible, a la vez que está en armonía con el medio ambiente. En definitiva, la reforestación contribuye al desarrollo económico y social de la Región de Arequipa. Simultáneamente, la plantación de árboles implica la creación de plantaciones forestales en diversas formas para aumentar la cantidad de espacio verde por habitante dentro de un ecosistema urbano. Esto sirve para mitigar los efectos perjudiciales de la



contaminación en la calidad de vida, al tiempo que mejora el atractivo visual y estético de las ciudades.

2.3.1. Manejo forestal

Congreso (2011), En la Ley Forestal y de Fauna Silvestre D.L. N°29763 dice; la gestión forestal se refiere a la creación y manipulación deliberada de ecosistemas por parte del ser humano para garantizar la conservación de especies específicas en condiciones adecuadas. De ahí que sea imperativo buscar regiones que posean una idoneidad inherente para la silvicultura y sean capaces de cumplir esta función ecológica.

La Ley Forestal peruana en su Artículo 73. Denota la práctica de gestión de los bosques en la región andina. El Estado reconoce la susceptibilidad de los ecosistemas forestales andinos a los impactos del cambio climático y, en consecuencia, apoya activamente su preservación y restauración como estrategia de mitigación y adaptación a estos cambios. La ley apoya y fomenta la investigación y los esfuerzos para restaurar el equilibrio natural y aumentar la cubierta forestal en determinadas regiones. También subraya la importancia de utilizar estas zonas de forma sostenible, como se indica en las disposiciones de la ley.

2.3.2. Zonificación forestal

Según la nueva ley forestal, Ley N°29763, la zonificación forestal “constituye un proceso obligatorio técnico de delimitación de tierras forestales que se realiza en el marco de enfoque ecosistémico y siguiendo la normativa de la Zonificación Ecológica Económica en lo que corresponda, considerando los



procesos en marcha los instrumentos de planificación y gestión territorial regional con los que se cuente respetando los usos y costumbres tradicionales de las tierras comunales con forme a la Constitución política y la Ley. Congreso (2011).

La zonificación forestal es un método obligatorio para delimitar las zonas forestales. La zonificación forestal da lugar a la determinación de las opciones de utilización de los recursos forestales y de fauna y flora silvestres, y debe aplicarse obligatoriamente.

2.3.3. Ordenamiento del bosque

La norma técnica peruana define la zonificación y ordenamiento como procesos vinculantes e indica, que, la zonificación forestal se refiere a la demarcación obligatoria, técnica y colaborativa de las zonas forestales. La zonificación forestal da lugar al establecimiento de las directrices necesarias para la utilización de los recursos forestales y animales.

La gestión forestal implica la identificación y asignación de zonas forestales y la concesión de derechos de propiedad. Es un componente de la planificación del uso del suelo.

Las normas de esta Ley describen el enfoque específico, el calendario, los requisitos y las consideraciones relacionadas con la zonificación y la gestión forestal, con el objetivo de defender los derechos de los habitantes locales y, al mismo tiempo, tener en cuenta los factores sociales, económicos, culturales y medioambientales. Congreso (2011).



2.3.4. El cambio climático y plantaciones forestales en el Perú

De acuerdo al IPCC (2007, 2014), se espera que, a mediano y largo plazo, el cambio climático afecte América Latina de la siguiente manera:

- Los incrementos en la concentración de Gases de Efecto Invernadero en los bosques montanos resultan en una mayor altitud de las nubes que en los bosques tropicales con un impacto fuerte en el régimen hidrológico, reducción del ingreso de agua de neblina y lluvia horizontal.
- Hasta mediados de siglo, el aumento de las temperaturas y la reducción simultánea de la humedad del suelo provocarían una sustitución gradual de los bosques tropicales.
- La vegetación semiárida iría siendo sustituida por vegetación de tierras áridas.
- Puede producirse una disminución significativa de la biodiversidad debido a la extinción de especies en numerosas regiones tropicales de la zona.
- Los cambios en los patrones de precipitación y el deshielo de los glaciares tendrían un impacto sustancial en la disponibilidad de agua.

Carlos A. Llerena Pinto (2014).

Además, se ve influido por acontecimientos globales, como los relacionados con el cambio climático, que repercuten en las variaciones geográficas y temporales del clima dentro del país. Esto se manifiesta principalmente en alteraciones de los patrones de temperatura y precipitaciones. De acuerdo con el Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile (MMA, 2014b), en el país hay alrededor de 30.000 especies, contando animales, plantas



y hongos endémicos. Las características geográficas y la variabilidad latitudinal y altitudinal del país son la causa de esta singularidad, que otorga a nuestra biodiversidad un gran valor ecológico. PNUD (2016).

Congreso (2011), La Ley Forestal y de Fauna Silvestre peruana se refiere a la gestión de plantaciones forestales. El Artículo 111, indica, que el gobierno peruano fomenta el establecimiento de plantaciones forestales en tierras que carecen de cubierta forestal primaria o secundaria. Estas plantaciones son beneficiosas para la producción de madera y productos no madereros, la mejora del suelo y la facilitación de la sucesión vegetal. Además, contribuyen a la restauración de zonas degradadas, la estabilización de laderas, la recuperación de ecosistemas, el mantenimiento del régimen hídrico, la mejora del hábitat de la fauna silvestre, la mitigación y adaptación al cambio climático y el suministro de energía a través de la biomasa forestal, entre otras ventajas.

2.3.5. Zonas Bioclimáticas de bosques

2.3.5.1. Bosques andinos.

Las investigaciones reportadas a la FAO, refieren a los remanentes de grandes extensiones de bosques de quinal (*Polylepis* spp.) y colle (*Buddleia* spp.) los Andes peruanos han sido extensamente deforestados con el fin de ampliar las tierras agrícolas, producir leña y carbón vegetal, y apoyar las actividades mineras, desde la época precolonial hasta la actualidad. Estos bosques se han reducido a menos de 940 km², situados a una altitud de entre 3.000 y 4.500 m sobre el nivel del mar. Se encuentran en lugares extremadamente aislados que



están protegidos debido a su difícil accesibilidad y a su condición de áreas naturales protegidas FAO (2014).

2.3.5.2. Bosques tropicales.

Los bosques secos tropicales del norte de Perú se extienden por las regiones costeras de Tumbes, Piura, Lambayeque y el norte de La Libertad, así como por la zona baja del valle del Marañón. El algarrobo es la especie más destacada de los bosques secos bajos (*Prosopis pallida*).

Los bosques tropicales son proveedores cruciales de bienes y servicios valiosos tanto para el planeta como para las comunidades que dependen de ellos. Sin embargo, el cambio climático y la alteración de los ecosistemas están aumentando la vulnerabilidad de estas poblaciones a los impactos del cambio climático.

Los ecosistemas forestales de Perú, incluidos los bosques húmedos tropicales, los bosques nublados y los bosques secos, así como otras formaciones vegetales a lo largo de la costa y en la Amazonia, se ven afectados principalmente por amenazas como las sequías y las inundaciones. Los resultados de estos eventos, ya sea que produzcan pérdidas, daños o beneficios y oportunidades, dependen del área específica, la frecuencia y la intensidad de ocurrencia. Locatelli (2009).

2.3.6. Variabilidad Agroclimática en bosques tropicales

Se exponen los escenarios que se van construyendo en base a modelos globales, con técnicas de incremento de la resolución (*downscaling*) enfrentado la gran variabilidad del territorio peruano (clima, fisiografía, biodiversidad),



reduciendo la incertidumbre y buscando las proyecciones más probables de los cambios en la temperatura y la precipitación que permitan tomar mejores decisiones de gestión forestal. FAO (2014).

Todo este desempeño climático nacional “normal” o variabilidad climática natural, se altera cuando ocurren los eventos “El Niño” y “La Niña” (ENSO, El Niño Southern Oscillation) que vienen alterando su frecuencia e intensidad en las últimas décadas aparentemente debido al cambio climático.

La sensibilidad de los bosques húmedos tropicales al clima se acentúa debido a interacciones con la vasta fragmentación que se encuentra en curso. En la Amazonia, las interacciones entre expansión agrícola, incendios forestales y cambio climático podrían acelerar el proceso de degradación. Sin embargo, algunos impactos del cambio climático en los bosques húmedos tropicales siguen siendo inciertos. Locatelli et al. (2009).

2.3.7. Clasificación de tierras por capacidad de uso mayor CT-CUM

El sistema de clasificación considera cinco grupos de capacidad de uso mayor, se definen individualmente o en forma asociada, cuyas limitaciones se incrementan desde tierras de cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos, producción forestal y tierras de protección.

El D. S. en el Artículo 37. Prohíbe de cambio de uso actual de tierras de capacidad de uso mayor forestal y de protección. “En tierras de capacidad de uso mayor forestal y de capacidad de uso mayor para protección, con o sin cobertura vegetal, se prohíbe el cambio de uso actual a fines agropecuarios”.



Se prohíbe el otorgamiento de títulos de propiedad, certificados o constancias de posesión en tierras de dominio público con capacidad de uso mayor forestal o de protección con o sin cobertura forestal, así como cualquier tipo de reconocimiento o instalación de infraestructura pública de servicios, bajo responsabilidad de los funcionarios involucrados. Congreso (2011).

2.3.8. Cuenca hidrográfica como unidad de gestión integral

Congreso (2011), La Ley forestal y de fauna silvestre del Perú, en el artículo 44. Sobre “Lineamientos generales de manejo forestal”. Se entiende por manejo forestal las actividades de caracterización, evaluación, investigación, planificación, aprovechamiento, regeneración, reposición, enriquecimiento, protección y control del bosque y otros ecosistemas de vegetación silvestre, conducentes a asegurar la producción sostenible de bienes, la provisión sostenible de servicios y la conservación de la diversidad biológica y el ambiente.

CEPLAN (2021), destaca dentro de otras Políticas de Estado hasta 2050, que; constituyen orientaciones que deben guiar el proceso de formulación o actualización de políticas y planes, destacándose en el ámbito territorial la Política de Estado 34 “Ordenamiento y gestión territorial”. Así mismo; se define el “enfoque territorial”. Como una noción conceptual e instrumental que reconoce las características y particularidades del territorio para impulsar el desarrollo, y al territorio como unidad, tanto para la observación y la actuación, así como para la gestión y planificación estatal. Este enfoque plantea una mirada multidimensional del desarrollo que incluye el desarrollo humano, el desarrollo social e institucional, el desarrollo ambiental y el desarrollo económico.



Franco (2018), Una de las unidades de ordenamiento es la cuenca hidrográfica la cual permite desarrollar una visión integral, considerando al agua como principal eje de desarrollo y calidad de vida. Esta unidad territorial base, define integralmente a los factores biofísicos, sociales y económicos. El diagnóstico permite la zonificación y en ellas se esquematizan: las unidades de aprovechamiento agrícola sostenible, aprovechamiento forestal sostenible, conservación, protección y restauración. Ramírez, Cruz, & Morales (2016). La aplicación de SIG tiene mucha importancia por cuanto presenta los diferentes escenarios en modelos actuales y prospectivos. Faustino (2006).

2.3.9. Cuenca hidrográfica como unidad de planificación

La hidrografía estudia características como el caudal, el fondo, base local, la cuenca y la sedimentación fluvial de las aguas continentales. Es habitual que se considere la cuenca hidrográfica de un río como una región natural específica y que se desarrollen análisis detallados de sus especificidades. MIDAGRI (2023).

La Ley de Gestión Integral de Recursos Hídricos N°29338, se refiere a la Planificación de Gestión del Agua. En su Artículo 97. manifiesta, sobre; El objetivo de la planificación de la gestión del agua. Qué; la planificación de la gestión del agua tiene por objetivo equilibrar y armonizar la oferta y demanda de agua, protegiendo su cantidad y calidad, propiciando su utilización eficiente y contribuyendo con el desarrollo local, regional y nacional. Por lo tanto, se considera un instrumento de planificación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. CONGRESO (2009).



sí mismo en la misma Ley, Art. 84. En el régimen de insectivos, decreta; la Autoridad Nacional, en coordinación con el Consejo de Cuenca, otorga reconocimientos e incentivos a favor de quienes desarrollen acciones de prevención de la contaminación del agua y de desastres, forestación, reforestación o de inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a la protección del agua y la gestión integrada del agua en las cuencas.

2.3.10. Gestión de recursos naturales y medio ambiente

CONGRESO (1997), La Ley Aprovechamiento y uso sostenible de los recursos naturales. A los recursos naturales define; Artículo 3. Se consideran recursos naturales a todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado, tales como: Entre otras menciona; a las aguas: superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección,

Se entiende por recursos naturales renovables aquellos que son regenerados en el tiempo mediante procesos ecológicos, tales como bosques y pesquerías, pero que pueden ser agotados como consecuencia de su extracción o uso.

Las investigaciones en materia de gestión de recursos naturales y acción climática rara vez son utilizadas en la toma de decisiones por los decisores en las políticas públicas. Por lo general, los estudios se plantean de forma independiente a la necesidad de política y, por lo tanto, no responden a la



necesidad de la acción política. Se encontró que una buena parte de los estudios proviene de universidades públicas del interior del país, lo cual es un detalle alentador. Lamentablemente, el impacto de las investigaciones en políticas públicas ha sido muy limitado.

Los documentos en materia de gestión de recursos naturales y acción climática rara vez son utilizados en la toma de decisiones. Por lo general, las instituciones a cargo de elaborar políticas públicas recurren a consultorías puntuales para generar la información necesaria. Orihuela (2021).

2.3.11. Cambio de uso forestal y presiones antrópicas

Es importante recordar, sin el mínimo desmedro de la credibilidad y la importancia del cambio climático y las intenciones principales de este trabajo, que los bosques peruanos siguen soportando seculares impactos negativos y presiones antrópicas crecientes por acción u omisión, que no tienen nada que ver con los cambios en el clima, pero cuyos destructivos y continuos efectos pasados y actuales pueden ser tanto o más destructivos que las alteraciones climáticas, por lo que no se deben perder de vista, ni dejar de afrontar en forma prioritaria y urgente.

La cobertura que permite las mejores dimensiones de calidad y cantidad de agua es el bosque denso altoandino. La influencia de la intervención antrópica en el área y la presencia de invasoras afectan negativamente estas variables. Donato (2019).



2.3.12. Inventario forestal

Según Rivas (2006), El inventario físico de plantaciones es la evaluación de los recursos de forestal primarios en pie de bosque y es importante mencionar las siguientes razones: (1) los recursos forestales a pesar de ser un recurso natural renovable tienen un ritmo de crecimiento que puede ser superado por la tasa de aprovechamiento de los mismos, (2) la cuantificación de los recursos forestales permite la toma de decisiones en cuanto a la optimización sobre la base de la elaboración de los planes de manejo forestal, (3) el conocimiento de los recursos forestales permite definir planes de desarrollo local y regional integrales, incluyen el crecimiento en el sector industrial forestal, infraestructura productiva y apoyo a los espacios territoriales rurales. Finalmente, los inventarios en términos generales otorgan la totalidad de unidades de árboles de todas las especies mediante sus códigos patrimoniales expresados en precios en pie del bosque.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Se utilizaron materiales de precisión, así como, cartografía a escala grande del Instituto Geográfico Nacional IGN, imágenes satelitales de precisión de resolución espacial RE mayor a 5m, del Satélite Sentinel 2, en manejo de bosques de ZEE de la región Puno, se descargó del repositorio de la NASA los datos históricos de Radiación Solar Global, de SENAMHI Perú los datos históricos de Temperatura media anual de 50 años, igualmente para la precipitación, humedad relativa y velocidad de viento. Ver Tabla del anexo 42.

La delimitación de la Intercuenca de los ríos Puno e Hidrología se descargó del geoservidor de la ANA – Perú. Los formatos a utilizados en la elaboración de mapas se consultaron la página de WORDCLIM cambio climáticos y FAO.

El modelo digital de elevación (DEM), proveniente del satélite ASTER, de alta resolución.

Los equipos con que se contó fueron; un GPS, Cámara fotográfica, Software ARC GIS10.8, para los análisis hidrológicos se complementará con HECRAS al ARCGIS, y el Mapsource para procesamiento de mapas topográficos,

Laptop con programas de ingeniería de Suelos y gestión forestal, para los cálculos estructurales el AutoCAD 2016, Software Civil 3D 2013, WIAP, Cropwate, Aquapro para programación de obras hidráulicas y recomendaciones de zonas marginales direccionadas al uso agropecuario.



Además, se utilizarán en la categorización de los estudios temáticos las siguientes normas técnica peruana e instructivas:

- D.S. N°05-2022-MIDAGRI Reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor.
- D. Ley N°29763-12 Ley Forestal y de Fauna Silvestre.
- Ley N° 28611 Ley General del Ambiente
- Ley N° 28245 Ley Marco Sistema Nacional de Gestión Ambiental
- D.S. N°019-2012-AG Reglamento de Gestión Ambiental AG.
- D.S. N° 065-2004-PCM. Estrategia Nacional de Desarrollo Rural
- D.L. N°27446-2001-CR. Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Perú
- D. S. N°11-2017-MINAM. Calidad ambiental del suelo,
- UGI. Unión Geográfica Internacional, Clasificador de Uso de Atierras,
- Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Boletín N°56 de la FAO, BH.
- Guía “Inventario de los Recursos Naturales. 2012. MINAM”
- Guía “Relaciones Comunitarias” Ministerio de Energía y Minas. República del Perú. 2001 y 2011.

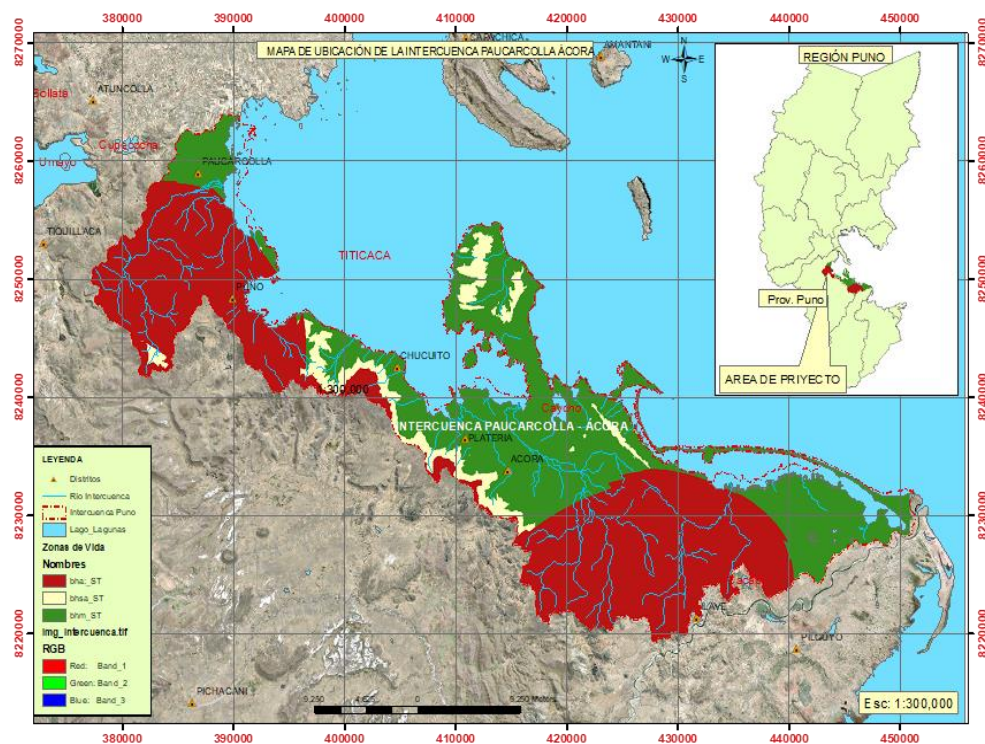
3.1.1. Ubicación geográfica del área de Investigación

Se ha seleccionado las tierras de la Intercuenca de los ríos Puno, abarca 5 distritos desde Paucarcolla hasta el distrito de Ácora de la provincia y región Puno. La Intercuenca se encuentra localizada entre las coordenadas UTM, 413241m. Oeste y 8231940m. Sur.

Figura 1. Mapa Base. Se ha utilizado para determinar la delimitación de la Intercuenca más no como delimitación de las microcuencas hidrográficas. Esta división es una unidad de cuenca hidrográfica, porque sus aguas de todos los cauces llegan directamente a la masa de agua del lago Titicaca y esta área delimitada ocupa 86,142.71ha y en este espacio se desarrolló la investigación científica.

Figura 1

Mapa Base de la Intercuenca de los ríos de Puno



Nota: elaboración propia.

3.1.2. Gestión de la Base de Datos y generación de la Información

La primera actividad que se realizó es la recopilación y sistematización de la información primaria y secundaria sobre la zonificación de tierras por aptitud forestal, luego; la preparación de materiales y métodos de trabajo en el campo a fin de coleccionar las muestras de agua, tierras, horizontes de los



suelos, muestreo florístico y faunístico, localización geográfica de los puntos de control de campo en muestreo y validación de mapa base, y mapas temáticos.

El trabajo de campo para estimar las potencialidades y limitaciones de los recursos forestales en primer lugar, se realizó el reconocimiento del área de estudio, tanto el ámbito y el estado en que se encuentra la Intercuenca Puno, comprendido desde el distrito de Paucarcolla, Puno, Chucuito, Platería hasta Ácora. Con la ayuda de un GPS navegador se comprobaron los datos espaciales de la línea de partición de las aguas de la Intercuenca que fuera delimitada por la Autoridad Nacional de Agua ANA.

Se inventariaron los puntos de control de las estaciones meteorológicas, si visitaron a las estaciones meteorológicas de SENAMHI, se identificaron las categorías de las estaciones y se descargaron los datos climatológicos históricos de los Geo servidores.

3.2 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de la Geoestadística y de los sistemas de información geográfica fueron importantes para conocer la distribución espacial de los datos climáticos, la distribución de potencialidades y limitaciones de los recursos del suelo y localización de forestales. En primer lugar, la Geoestadística nos sirvió para analizar los diferentes datos climáticos y poder analizar e interpretar la gran cantidad de información que estos poseen. En segundo lugar, los sistemas de información geográfica SIG nos ayudaron a representar todos estos datos espacialmente.

Además, se utilizó la herramienta Model Builder, es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos y también proporciona métodos avanzados para



ampliar la funcionalidad de ArcGIS, que permite crear y compartir los modelos a modo de análisis de variables. En el presente trabajo se analizaron las siguientes variables: Clasificación de tierras por capacidad de uso mayor CT-CUM, clima, uso actual de la tierra, conflictos de uso de la tierra y cobertura de la tierra y distanciamiento de márgenes de ríos y vías, de centros urbanos. Su categorización está basada en el DS.05-2022-MIDAGRI. Finalmente, en la modelación Agroclimática se empleó la herramienta de superposición de capas o evaluación Multicriterio de Máxima Probabilidad (Overlay) en el entorno de ARC GIS10.8. Se obtuvo el resultado de la Zonificación Agroclimática (ZAC), en el cual, claramente se puso de manifiesto la aptitud de las tierras para las diferentes actividades forestales. Con este indicador los agricultores planificarán el uso sostenible de las tierras. Por su puesto, las prácticas silviculturales serán prioritarias dentro del manejo de bosques, además se utilizará en la planificarán del ordenamiento de las actividades inadecuadas en el espacio territorial de la Intercuenca.

En resumen, los pasos que se siguieron en el desarrollo de la aptitud Agroclimática de la Intercuenca obedecieron el siguiente esquema de la Figura 2.

- Se caracterizó el área de estudio en la etapa del diagnóstico (Línea de Base Ambiental) en función de los indicadores que influyen en el desarrollo de los cultivos, como; agroclimáticos, edafológicos, topográficos, vegetación y socio-económicos.
- Las herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG) y Teledetección se aplicaron en el modelamiento y zonificación del bosque, análisis de la información y procesamiento de los distintos mapas temáticos a nivel de submodelos y modelo ZAC, y en la toma de decisiones al momento de planificar las medidas de gestión del bosque.



- Modelación del escenario deseado a nivel del instrumento de gestión integrado participativo, mediante el Plan de ordenamiento agroclimático de plantaciones permanentes (POACPP) el que contó con la participación ciudadana a nivel de microzonificación.
- Así mismo, se espera implementar el plan operativo agroclimático de las plantaciones forestales (POACPF) por zonas prioritarias (Microcuencas Hidrográficas, Agroecosistemas, distritos y C.P. C.)
- Monitorear y evaluar la gestión territorial en el OACPP a partir del principio de la sustentabilidad, indicadores y parámetros (Evaluación Multicriterio EMC) para la mejora continua del sistema de gestión forestal).

Análisis estadístico de la investigación para puntos de control agroclimático

• *Diseño muestral*

- Al inicio de los análisis de los datos históricos de temperaturas circundantes al área de estudio se seleccionaron 14 estaciones meteorológicas o Puntos de Control, y al realizar las pruebas de Consistencia el R2 resultó 0.0045. Significa no consistente, y posteriormente opté por tomar 9 Puntos de Control para una correlación mejor en temperaturas.
- La correlación lineal simple efectuada entre la altitud de las estaciones y temperaturas medias anuales de los mismos Puntos de Control, requirieron determinar la temperatura (Temp. Dert.) para el promedio de altitudes de las estaciones. Ver Tabla 08 y Figura 15 y Mapa 16.
- Para realizar la prueba de consistencia de los datos históricos de las precipitaciones totales anuales se seleccionaron 13 Puntos de Control con los cuales se realizaron los cálculos de los valores de la precipitación total anual



para cualquier punto del área de estudio. El método adecuado fue el de Kriging. Este método matemático es probabilístico o estocástico geoestadístico que predice el valor en un área geográfica a partir de un conjunto de datos conocidos.

Tabla 1

14 estaciones Agrometeorológicas seleccionadas para la evaluación

ID	COORD_X	COORD_Y	ALTITUD	ESTACION	CATEGORIA	DISTRITO	TEM_MED	PRECIP
1	391618	8250023	3820	Puno	CP	Puno	8.9	718.8
2	410793	8274432	3828	Capachica	CO	Capachica	7.9	795.8
3	425965	8261863	3850	Isla Taquil	CO	Amantaní	10.1	1216
4	450843	8208469	3812	Juli	CO	Juli	8.2	868.4
5	385967	8213658	3900	Laraqueri	CO	Laraqueri	7.2	742.8
6	413241	8231937	3935	Acora	CO	Acora	8.5	781.9
7	429200	8223485	3871	San Miguel	CO	Ilave	8.1	646.7
8	431020	8221195	3880	Ilave	CO	Ilave	8.1	700.4
9	399758	8251197	3808	Los Uros	CO	Puno	9.7	719
10	447586	8279422	3815	Isla Soto	CO	Conima	8.1	868.4
11	409104	8194347	3830	Isla Suana	CO	Anapia	10.1	846
12	352948	8266710	3892	Lampa	CO	Lampa	8.4	773
13	365334	8253691	3820	Ilpa	CO	Atuncolla	8.8	709.0
14	408098	8236434	3840	Camacani	CS	Platería	8.89	747

Nota: elaboración propia.

3.2.1. Zonificación de cobertura forestal actual de plantaciones permanentes

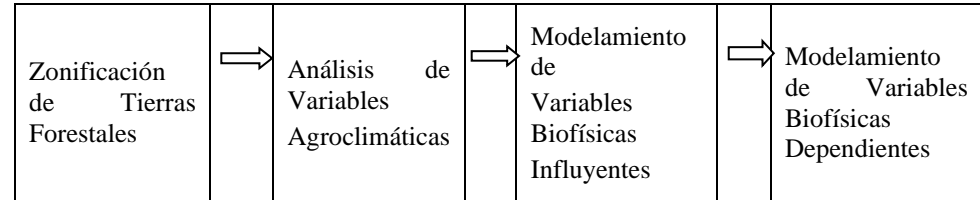
3.2.1.1. Zonificación de Cobertura Vegetal (bosques nativos y plantaciones)

El uso de esta herramienta en la zonificación forestal contempla el análisis de factores espaciales relacionados a los criterios establecidos para cada categoría o etapa que la conforman. La metodología proporciona un conjunto de herramientas para realizar una zonificación forestal basada en la Zonificación Ecológica Económica (ZEE), tal como

lo contempla la Ley N°29673 Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Ver la metodología en la Figs; 2 y 3, en las cuales se describe la metodología de la zonificación forestal. En cada etapa se utilizaron distintas herramientas y se visualizaron el ámbito del estudio, se geolocalizaron los objetos que ocupan la tierra de los bosques permanentes, se analizaron la relación que mantienen los rodales de los bosques con su medio ambiente, y se seleccionaron los distintos algoritmos en la interpolación de los valores biofísicos (uso de los algoritmos y materiales). Asimismo, el procedimiento de la zonificación de las plantaciones permanentes se observa en la Fig. 2.

Figura 2

Procedimiento de zonificación de variables biofísicas



Nota: elaboración propia.

Figura 3

Imagen satelital Landsat7 del área de investigación



Nota: elaboración propia.

Congreso (2011), En el Artículo 5, de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°29763 publicada en el diario El **Peruano**, cita que los recursos forestales, cualquiera sea su ubicación en el territorio nacional, los siguientes:

- Los bosques naturales.
- Las plantaciones forestales.
- Las tierras cuya capacidad de uso mayor sea forestal y para protección, con o sin cobertura arbórea.

Los objetivos de la zonificación planteadas tuvieron las siguientes interrogantes:



- ¿Cuál es la distribución geográfica de las especies vegetales en el área del proyecto?
- ¿Qué especies forestales hay en la Intercuenca y qué superficie abarcan?
- ¿Cuál sería la composición de la base de datos de la cobertura vegetal y especies forestales permanentes?

En la Ley Forestal citada. República (2011); indica, que “La zonificación forestal determina las potencialidades y limitaciones para el uso directo e indirecto de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, incluyendo el mantenimiento de su capacidad para brindar bienes y servicios ecosistémicos, definiendo las alternativas de uso de los recursos forestales y de fauna silvestre”. Así mismo, el ordenamiento forestal es el proceso de determinación de unidades de ordenamiento forestal y el otorgamiento de derecho de aprovechamiento. Forma parte del ordenamiento territorial, que son de carácter vinculante para la gestión forestal.

La metodología aplicada se basó en el uso de los criterios de territorialidad, clasificación de especies vegetales, ordenamiento de actividades forestales y uso sostenible de los recursos suelo. Para el cual, se estimaron las potencialidades y limitaciones de clase y sub clase de tierras forestales de la Intercuenca.



3.2.2. Análisis de relaciones biofísicas agroclimáticas de la sostenibilidad forestal

3.2.2.1. Clasificación de Capacidad de Uso Mayor de Tierras CT-CUM

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N°29763 plantea la metodología de zonificación el bosque de acuerdo a las modalidades. Así mismo, el Gobierno Regional de Puno empleó esta recomendación durante el desarrollo de la ZEE. En la investigación presente se plantearon 4 etapas; La zonificación de tierras forestales, análisis de variables agroclimáticas, modelamiento de variables biofísicas influyentes y modelación de variables dependientes de la producción forestal sostenible. Para ello, se utilizó técnicas geomáticas en la superposición de capas de información, apoyándose en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Se zonificaron las unidades territoriales que presentan homogeneidad de la más alta abstracción, agrupando suelos de acuerdo a su vocación máxima de su uso en cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos y producción forestal, también las unidades de protección. MIDAGRI (2022).

Para la generación de mapa de suelo se muestreó el suelo en cada uno de los nueve puntos de control.

El sistema de clasificación de capacidad de uso mayor de tierras considera cinco grupos, que se pueden presentar



individualmente o en forma asociada, y sus limitaciones se van sumando a los grupos desde tierras de cultivos en limpio hasta tierras de protección.

MIDAGRI (2022), La adecuación del referido reglamento tiene por finalidad promover y difundir el uso racional continuado de las tierras, conseguir el óptimo beneficio social y económico dentro de la concepción y principios del desarrollo sostenible, evitando la degradación de los ecosistemas; sin perjuicio de las modificaciones que pudieran generarse, como consecuencia de los nuevos conocimientos sobre el comportamiento y respuestas de las tierras a las prácticas y sistemas de manejo.

- **Pendientes de la Intercuenca**

Para este caso, se utilizaron la siguiente jerarquía:

- 0 – 2% pendiente plano, casi a nivel
- 0 - 4% pendiente casi plano a ligeramente inclinado
- 4 - 8% pendiente moderadamente inclinada
- 8 – 15% pendiente fuertemente inclinada
- 15 – 25% pendiente moderadamente empinada
- 25 – 50% pendiente empinada
- 50 – 75% pendiente muy empinada
- Mayor a 75% pendiente fuertemente empinada

- **Pisos altitudinales por el método L. Holdridge**

Entre los materiales utilizados se determinó la altitud mínima de 3825msnm, y máxima de 4250msnm. Ver Tabla 38.

Las regiones altitudinales son estimadas según lo planteado en la Tabla 38, en bosque húmedo sub tropical, con **respecto** a las regiones latitudinales, se tomó en cuenta los rangos definidos por L. Holdridge Figura 4. Finalmente, los pisos altitudinales son calculadas a partir de la tabla 2. En el caso del área de estudio corresponde al piso Montano.

Tabla 2

Biotemperatura y pisos altitudinales

ID	Regiones Latitudinales	Biotemperatura BT	Pisos Altitudinales
1	Polar	0 a 1.5 °C	Nival
2	Sub Polar	1.5 a 3 °C	Alpino
3	Boreal	3 a 6 °C	Subalpino
4	Templado frio	6 a 12 °C	Montano
5	Templado Calido	12 a 18 °C	Montado bajo
6	Sub tropical	18 a 24 °C	Premontano
7	Tropical	Mayor a 24 °C	Basal

Nota: elaboración propia.

Se utilizarán los siguientes tipos:

- Menor a 4000 msnm, Montano Subtropical bhm-ST
- 4000 – 4500 msnm, Subalpino Subtropical bhsa-ST
- 4500 – 5000 msnm, Alpino bha-ST

3.2.2.2. Radiación solar global extraterrestre

La radiación solar extraterrestre es la energía que recibe, durante un periodo de tiempo, una superficie del plano tangencial al planeta tierra en un punto situado al exterior de la atmósfera. Plano que será también horizontal de ese punto. Por lo tanto, se trata de una densidad de flujo de radiación solar. Cuyas unidades en el Sistema Internacional está dada en Mj/m² o W/m².



La radiación extraterrestre diaria ($R_a/\text{día}$) dependerá de la declinación solar (δ) y del número de horas teóricas de sol ($N_{\text{día}}$) del día del año, del valor del parámetro solar para ese día y de la altitud del lugar, φ .

Se demuestra que la expresión de la radiación extraterrestre diaria es:

$$S_{\text{día}} = S_0 \cdot 3600 \cdot (\text{sen}(90 - \varphi + \delta)) \cdot (2N_{\text{día}}/\pi) \text{ J m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

La radiación solar extraterrestre (S) está relacionada con el parámetro solar; S_0 , o densidad de flujo de radiación que se recibe sobre una superficie perpendicular a los rayos solares en función de la inclinación de los rayos solares, o altura solar.

El estudio del parámetro de RSG debe responder al siguiente cuestionamiento:

¿Cómo se distribuye la radiación solar global en el área de estudio?

¿Cuál es la radiación solar global media de la Intercuenca?

¿Cuáles la energía óptima que influye en el crecimiento y producción de madera en la Intercuenca?

3.2.2.3. Bio-Temperatura

En esta variable climática, lo que se quiere calcular es la media de todo un mes, La media aritmética $(M + m) / 2$, está sujeta a los valores

extremos; por tanto, cuanto más extremos sean estos valores, más dispersión tendrá dicha media calculada con la fórmula citada.

Los modelos matemáticos determinísticos utilizados en la generación de mapa de calor e isothermas fueron:

- Modelo Fries et al 2009 para calcular la temperatura determinada del área de estudio

$$T_{Det} = T_{manual} + (\Gamma (Z_{Det} - Z_{estación}))$$

- Modelo Fries et al 2009 para generar el mapa de calor e Ysoterma

$$T_{x,y} = T_{Det} + \left(\Gamma \left(Z^{DEM(x,y)} - Z_{Det} \right) \right)$$

Donde:

Txy; Temperatura espacial,

Tdet; Temperatura determinada interpolada en raster,

r; Gradiente de la pendiente de la tendencia,

DEM; Modelo de elevación de terreno en 3D del área de la microcuenca Illpa

Zdeter; Altura media del área experimental

Los requerimientos de la biotemperatura en el área de estudio son:

- Distribución de la biotemperatura en el área de estudio,
- La biotemperatura media del área de estudio,
- Biotemperatura optima que requiere las plantaciones forestales en la Intercuenca.
-



3.2.2.4. Análisis de la Precipitación e Hidrología

A partir de los datos históricos de la precipitación media total de 50 últimos años de más de 10 estaciones meteorológicas de la zona de estudio se han determinado la cartografía de las s Isoyetas.

En esta variable agroclimática se plantearon las siguientes preguntas para la formulación de los objetivos del estudio:

- ¿Cuál es la distribución geoespacial de los valores de la precipitación total anual de los últimos 50 años en la Intercuenca?
- ¿Cómo influyen las diferentes categorías de precipitación en la producción forestal del ámbito de la microcuenca?
- ¿La Isoyeta es una curva que indica similar valor de precipitación, se adaptará esta metodología a la categorización de lluvias por zonas y cuál es la precipitación total anual de la Intercuenca en los últimos 50 años?
- Uno de los objetivos de estudio fue; determinar la distribución geoespacial de la precipitación

Kriging es un método geoestadístico que predice el valor en un área geográfica a partir de un conjunto de datos conocidos y su procedimiento metodológico es:

- Primero, pruebe la consistencia de los datos con regresión lineal simple para la hipótesis; $H_0 =$ “La precipitación depende de la altitud”,



- Si la precipitación no depende de la altitud, entonces abra Explorer data de Geoestadística en ARC GIS: compare la distribución de los datos, los datos deberían tener distribución normal y los valores de la media y mediana serían similares, si no, transforme a logaritmo,
- Analice la tendencia de los datos de las precipitaciones y determine la función de la tendencia transformada (cuál será el orden: primero, segundo o tercer orden)
- Seleccione en método estadístico Kriging ordinario, tipo predictivo y coloque en tipo transformado a Log y orden de tendencia a second,
- En el siguiente paso déjelo el Kernel en exponencial y anota las coordenadas de los valores del centroide (Centro del Semivariograma),
- En el modelamiento del Semivariograma seleccione el tipo de Anisotropía (falso o verdadero) y habilite ver en pantalla el ángulo en 45°,
- Seleccione la robustez del modelo (raíz media-cuadrada estandarizada, el resultado debería acercarse a 1 y el error cuadrático medio lo más pequeño),
- Seleccione la ecuación de la tendencia y termine el modelamiento de mapa de distribución espacial de la precipitación,
- En el programa geoestadística genere las Ysoyetas, y aplíquelo en el área de interés (en nuestro caso en el área de estudio Intercuenca Puno).

Sobre la metodología empleada fue; El uso de las funciones no paramétricas de la geoestadística “*método Kriging Ordinario*”. En los últimos años, es la técnica más utilizada. Predice los resultados como una combinación lineal de valores medidos cuyos pesos dependen de la correlación espacial entre ellos, la suma de los pesos es igual a uno. Esta premisa lleva a la suposición de estacionariedad intrínseca, es decir, que la información de entrada de las precipitaciones no cambiará con el tiempo o espacio por lo que la media y la varianza deben permanecer constantes en toda el área de estudio.

El método Kriging se expresa de la siguiente manera

$$\gamma(h, \alpha) = \frac{1}{2N(h, \alpha)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2$$

Donde:

$\gamma(h, \alpha)$: Semivarianza como una función de la magnitud de la distancia entre puntos o vector y su dirección de separación entre estaciones meteorológicas,

$N(h, \alpha)$: Número de pares de observación separado por la distancia y su dirección,

$Z(x_i)$: Variable aleatoria en la posición espacial x_i , o coordenadas de los puntos de control de las precipitaciones.

3.2.2.5. Análisis de la humedad relativa

En el análisis de esta variable se partió del criterio; balance de energía (temperatura y presión atmosférica), que mide la masa de aire húmedo y hay que restarle la masa de aire seco.



En el cálculo de los valores de la presión de vapor de la humedad relativa se empleó la ecuación matemática determinística siguiente:

$$1P_v = P_{Vs,bh} - a_1 * P * (T - T_{bh})$$

Donde:

P_v = Presión o tensión de vapor

P_{vs, bh} = Presión de vapor de saturación a la Temperatura de bulbo húmedo

a₁ = Factor psicrométrico

P = Presión atmosférica

La humedad relativa se calcula a partir de dos valores T y T_{bh} (Temperatura y Temperatura de bulbo húmedo). Con estos valores podemos obtener la P_v (Presión de vapor) Medir la masa de aire húmedo y restarle la masa de aire seco; de este modo determinamos la cantidad de humedad en el aire.

(T - T_{bh}) = Diferencia o depresión psicrométrica (diferencia entre las temperaturas del termómetro de bulbo seco y el de bulbo húmedo)

La humedad relativa se puede obtenerse con la siguiente fórmula:

$$\phi = (P_v / P_{vs}) * 100$$

La P_{vs} se obtiene para cada valor de temperatura.

La hipótesis alterna para cada una de las preguntas fue:



- La distribución geográfica de los valores de la humedad relativa fueron distintos en cada punto de control.
- El valor medio de la humedad relativa influye positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de la Intercuenca hidrográfica de los ríos Puno.

3.2.2.6. Estimación de la velocidad del viento

El viento no es más que aire en movimiento originado por diferencias de presión atmosférica entre dos puntos distintos, y su velocidad o intensidad depende de forma directa de la diferencia de presión entre ambos.

El viento se caracteriza por su dirección y su velocidad. La dirección del viento se refiere a la dirección de la cual el viento está soplando. Para el cómputo de la evapotranspiración, la velocidad del viento es una variable importante. Como la velocidad del viento en una localidad dada varía con el tiempo, es necesario expresarla como el promedio sobre un intervalo determinado de tiempo. La velocidad del viento se mide en metros por segundo ($m\ s^{-1}$) o kilómetros por día ($km\ día^{-1}$).

La determinación de la velocidad de viento media VV para la Intercuenca integral y de recepción se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$VV_{total} = 2.3.m/s$$

$$VV_{recepción} = 1.8.m/s$$

3.2.2.7. Evapotranspiración Potencial ETo; Método Penman Monteith

“*Penman-Monteith*” es un modelo matemático determinístico, modificado por la FAO, a partir de la ecuación original de Penman-Monteith y de las ecuaciones de resistencia aerodinámica y del cultivo, consiste en:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

donde:

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm día-1)

Rn = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1)

Ra = Radiación extraterrestre (mm día-1)

G = Flujo del calor de suelo (MJ m-2 día-1)

T = Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u2 = Velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)

es = Presión de vapor de saturación (kPa)

ea = Presión real de vapor (kPa)

es - ea = Déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C-1)

γ = Constante psicrométrica (kPa °C-1)

3.2.2.8. Análisis de zonas de vida por el sistema Lesly Holdridge

Para calcular las zonas de vida por sistema L. Holdridge se utilizaron las siguientes categorías:

- Menor a 3°C Alpino
- Menor 6°C Subalpino



- Entre 6 – 9°C Montano

Los objetivos esperados en el análisis de zonas de vida de la Intercuenca fueron:

- Calcular los parámetros intervinientes en el modelo Bioclimático de L. Holdridge.
- Calcular la distribución espacial de las zonas de vida en la Intercuenca.
- Determinar la clase de zona de vida que ocupan las plantaciones permanentes en la Intercuenca.

El diagrama Bioclimático presenta las posiciones climáticas de las zonas de vida en los pisos basales de seis regiones latitudinales, basados en la Bio Temperatura BT a nivel del mar, desde el Ecuador cálido (Región Latitudinal Tropical) hasta los polos fríos (Región Latitudinal Polar) de los hemisferios. En el lado izquierdo del diagrama se tiene los límites correspondientes de BT para cada región latitudinal, en el lado derecho se indica los límites correspondientes de BT media anual para cada piso altitudinal. En este sentido, el número de pisos altitudinales que pueden existir arriba del piso basal es mayor en la región tropical y va disminuyendo progresivamente con el aumento latitudinal hacia los polos.



- Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos perennes
- Terrenos con cultivos extensivos, (papa, camote, yuca, etc.)
- Áreas de praderas mejoradas permanentes
- Áreas de praderas naturales
- Terrenos con bosques
- Terrenos pantanosos y/o cenagosos
- Terrenos sin uso y/o improductivos: (tierras en barbecho, “preparación o descanso temporal”, terrenos agrícolas sin uso “actualmente abandonados”, terrenos de litoral, caja de río, áreas sin uso no clasificadas).

3.2.3.2. Conflictos de uso forestal de la tierra

Un mapa de conflictos del uso de la tierra ayuda analizar las relaciones mutuas entre la oferta potencial de la tierra y el uso actual de la misma, para determinar los niveles o categorías del conflicto basta comparar en el sistema digital un mapa el uso actual versus el uso potencial (aptitud) de la tierra, para este caso tenemos una comparación para tres casos:

- **Adecuado:** Indica que el suelo esta utilizado de forma correcta, significa que el uso existente tiene exigencias similares a su potencialidad ambiental, es decir se encuentra en equilibrio.
- **Subuso:** Cuando las exigencias del uso o cobertura vegetal actual son menores a las potencialidades ambientales ofertadas, se puede decir que el suelo puede dar más de lo actual.



- **Sobreuso:** Cuando las exigencias del uso o cobertura vegetal actual son mayores al potencial ambiental ofertado, es decir el suelo esta degradado o degenerado por empobrecimiento de sus condiciones iniciales.

Asimismo, sobre la base del diagrama se muestra las provincias de humedad limitadas por las líneas de la relación de la evapotranspiración potencial. Para finalizar, una escala vertical ubicada en el extremo derecho del diagrama sirve para determinar directamente la evapotranspiración potencial total anual en milímetros.

3.2.3.3. Tasa de crecimiento Poblacional

Uno de los parámetros intervinientes en el análisis de sostenibilidad de las plantaciones es la tasa de crecimiento poblacional multitemporal.

Este parámetro se calculó por el método lineal y exponencial de Malthus;

$$a_n = (a_1) * (r)^{n-1} \quad (1)$$

$$r = (N_t / N_0)^{1/t} - 1$$

En donde a_n ; es la población futura calculada a partir de la población en referencia, a_1 es la población base para proyectar o de referencia, r es la tasa de cambio calculada para el tiempo requerido, n número de años en el periodo estudiado. N_t población ultima y N_0 población inicial, t tiempo del periodo estudiado en años.



3.2.3.4. Modelamiento de la sostenibilidad Agroclimática de la Intercuenca Puno

La ordenación sostenible de los bosques pretende lograr; que, mediante el manejo apropiado de las tierras forestales y el aprovechamiento adecuado de sus recursos, los bienes y servicios que ofrecen y se obtienen de las plantaciones permanentes cubran las necesidades de la población humana presente, además aseguren la existencia para las poblaciones futuras



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de información primaria y otras fuentes privadas, como los resultados de los estudios realizados por el comité técnico del programa Zonificación Ecológica Económica de la región Puno del año 2012, exploración de las imágenes satelitales Sentinel 2B de la zona de estudio y siguiendo los protocolos de Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú y la norma técnica peruana Ley Forestal y Fauna Silvestre Ley N°29763, también de otras fuentes se obtuvieron las imágenes de satélites, métodos de estudio, procedimientos metodológicos que sirvieron de consulta.

En el presente objetivo se relaciona las actividades que el hombre realiza en los ecosistemas de la Intercuenca Puno, especialmente el uso actual forestal de la tierra, las potencialidades de tierras aptas para plantaciones forestales y cobertura forestal nativa permanente y los conflictos de uso de tierras forestales que ha generado el agricultor.

Para la ejecución del siguiente objetivo se tuvo en cuenta las especificaciones definidas en el capítulo de métodos de estudio.

4.1 ZONIFICACIÓN DE COBERTURA FORESTAL ACTUAL DE PLANTACIONES PERMANENTES

4.1.1 Zonificación de uso actual forestal

La evaluación del uso actual de las tierras, tiene como objeto básico conocer y evaluar las diferentes formas de utilización actual de las tierras en el área del proyecto.



Se identificaron las áreas de uso actual de tierras forestales y se evaluaron sus potencialidades y limitaciones de uso y la cobertura vegetal en el área de la Intercuenca, asimismo, las actividades antrópicas propias del ámbito de estudio. Ver Tabla 3 y Figura 5.

La identificación y descripción de las unidades de uso de la tierra se realizó tomando como base, la información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000, imágenes de satélite Landsat y Sentinel 2, e información de campo. Luego la información obtenida se agrupó en áreas de especies forestales. Ver. Tabla 3.

Tabla 3

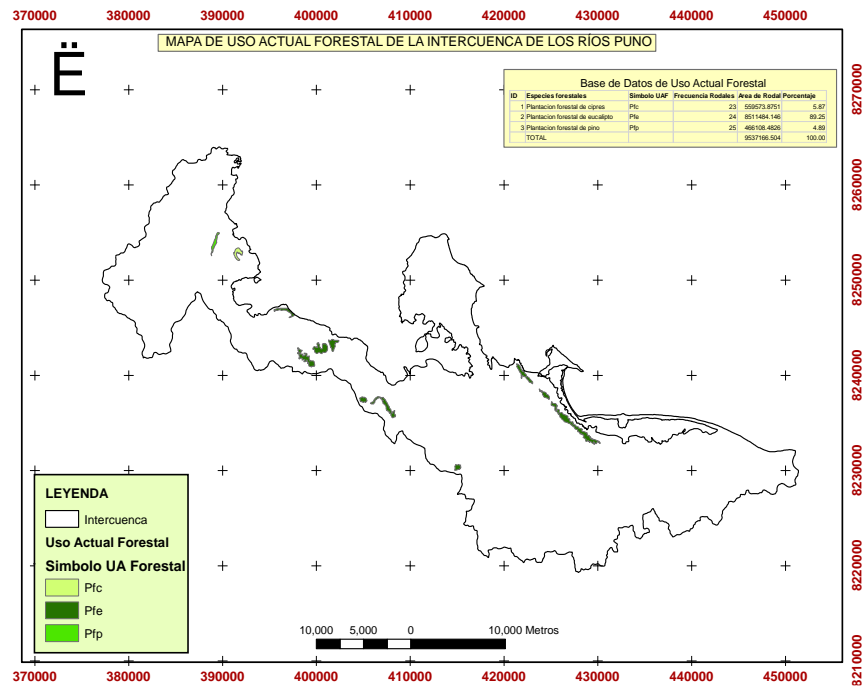
Uso actual de tierras forestales

ID	Especies forestales	Símbolo UAF	Frecuencia	Área Rodal	Porcentaje
					5.87
1	Plantación forestal de ciprés	Pfc	23.00	559573.88	89.25
2	Plantación forestal de eucalipto	Pfe	24.00	8511484.15	4.89
3	Plantación forestal de pino	Pfp	25.00	466108.48	
TOTAL				9537166.50	100.00

Nota: elaboración propia.

Figura 5

Mapa de Uso Actual Forestal de la Intercuenca de los ríos de Puno



Nota: elaboración propia.

4.1.2 Cobertura Vegetal de la Intercuenca

La clasificación de uso de la tierra está centrada en las instrucciones del sistema de clasificación de la Unión Geográfica Internacional (UGI). Es un instrumento de uso de carácter internacional y sus categorías básicas pueden ampliarse en forma que describan completamente como fuera necesaria a la variedad agrícola y usos encontrados en el área de trabajo de investigación. Tabla 4.

Guía de clasificación de Categorías de Uso de la Tierra UGI. Considera lo siguiente:

- Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales y/o privadas
- Terrenos con cultivos de hortalizas



- Terrenos con huertos, frutales y otros cultivos permanentes (perennes)
- Terreno con cultivos extensivos
- Terrenos con praderas mejoradas permanentes
- Terrenos con praderas naturales
- Terrenos con bosques
- Terrenos húmedos
- Terrenos sin uso y/o improductivos Fuente: ONERN, 1985.

Los resultados de la clasificación de uso de la tierra de la Intercuenca, como describiera (Sabattini, 2009), corresponden a la funcionalidad del monte nativo, tanto en lo ambiental ecológico como a la productividad, está ligada al uso que por lo general es ganadero (bovinos, ovinos y equinos) y en menor escala forestal (leña, madera y vigas). Lógicamente el sistema productivo el monte altiplánico cumple un rol fundamental en la cadena de pastos nativos y forrajes cultivados.

Tabla 4

Clasificación de cobertura vegetal de la Intercuenca

ID	V_SIM_COBV	Uso Actual de la Tierra	Suma área ha	Porcentaje
0	Au	Area urbana	1854.07	2.15
1	B	Bofedales	451.75	0.52
2	Bc	Bosques de ciprés	55.96	0.06
3	Be	Bosques de Eucalipto	851.15	0.99
4	Bp	Bosques de Pino	46.61	0.05
5	Ca	Cuerpos de agua	371.56	0.43
6	Mt-i	Matorral de tolla e ichu	266.98	0.31
7	Pacre	Pastizales de Crespillo Pastizales de Ichu y	5127.36	5.95
8	Pchi-cre	Crespillo	2433.79	2.83
9	Pi	Pajonal de Ichu	21432.12	24.88
10	R	Ríos Afloramiento rocoso sin	9.01	0.01
11	Rev	vegetación	1437.74	1.67
12	Tc	Terrenos de cultivo	50346.92	58.45

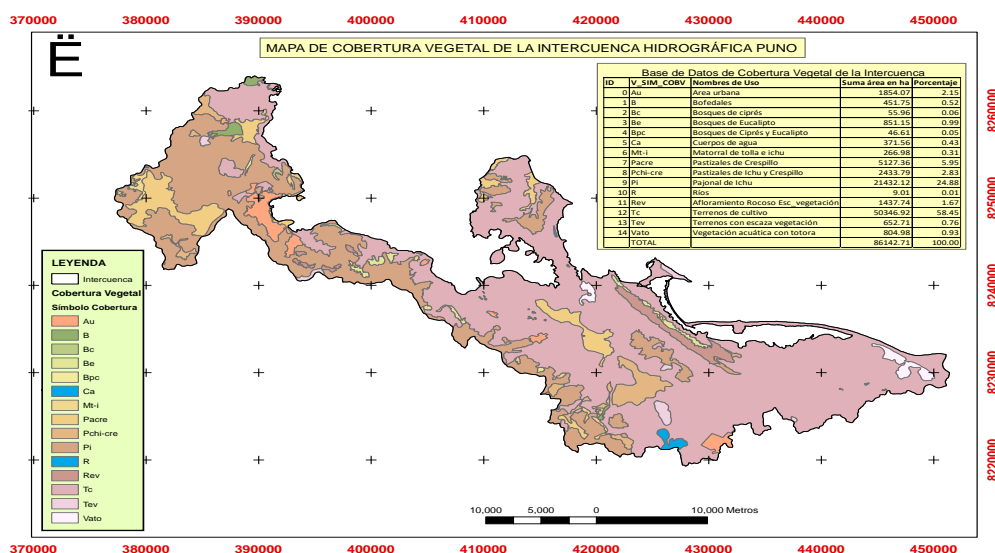
13	Tev	Terrenos con escasa vegetación	652.71	0.76
14	Vato	Vegetación acuática con totora	804.98	0.93
TOTAL			86142.71	100.00

Nota: elaboración propia.

En la Tabla 4 y Figura 6. “Uso Actual de la Tierra”, se detallan; Las áreas urbanas con 1,857.07ha, representa el 2.15% del área de la Intercuenca, las tierras con cultivos transitorios abarcan 50,346.92ha ocupando el 58.45% de superficie (cultivos de papa, tuberosas menores, quinua, cebada, habas, cañahua), tierras con pastos nativos y cultivos forrajeros ascienden a 28,993.26ha con 33.80%, tierras con bosques de plantaciones forestales ocupan 953.72ha con 1.11%, tierras de protección y conservación 1,785.20ha representan 2.89%, y las tierras erosionadas se extienden en 652.70ha con 0.76% y otros usos de la tierra llegan a ocupar el 3.75% del área de estudio.

Figura 6.

Mapa de Cobertura Vegetal de la Intercuenca de los ríos de Puno



Nota: elaboración propia.



Estas tierras se caracterizan principalmente por ser de uso agrícola y pecuario, seguido tierras de protección y conservación mediante plantaciones permanentes practicados por los mismos agricultores.

Hablar de especies forestales, implica hablar de bosque de plantaciones de Eucalipto, Ciprés y Pino. Plantaciones en el área de estudio resulta una de las actividades de importancia económica, ecológica, social, cultural y ambiental de la vida local y provincial. (MINAM, 2019)

Un bosque de plantaciones es “una tierra de extensión superior a 0,5ha con árboles de más de 5m de altura y una cubierta superior al 10 % o árboles capaces de alcanzar esos umbrales in situ”.

Los usos potenciales más recurrentes en los árboles registrados en la Intercuenca, se relacionan con la provisión de madera para la construcciones rurales y viviendas (18%), seguido de leña (15%), comercio local en pie de bosque (16%) y medicinal (4%). En menor medida, se registraron usos potenciales para artesanía, carbón, mesadas, material para propagación y forraje, los cuales alcanzan en conjunto el 7.5%, y 39.50% queda en pie de bosque para la protección y conservación del suelo.

El eucalipto es particularmente apreciado por su capacidad de rebrotamiento con lo cual, el cerco se hace más denso y provee mejores condiciones de protección

4.2 ANÁLISIS DE RELACIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA SOSTENIBILIDAD FORESTAL

La ordenación de cuencas hidrográficas es una forma muy racional de proteger y rehabilitar zonas propensas a la degradación y erosión de los suelos en las tierras altas. Las características de los bosques y los suelos figuran entre los parámetros clave evaluados en la planificación de la gestión de cuencas hidrográficas. Además, las medidas destinadas a restaurar y mejorar la fertilidad de los suelos, mediante la reforestación, aportan muchos beneficios. Para que ocurra ello, será necesario determinar cuál es la oferta y los requerimientos geo-biofísicos del bosque.

4.2.1 Parámetros del suelo

Los parámetros del suelo analizados fueron la textura, permeabilidad, el contenido de materia orgánica los niveles de fertilidad. Estas variables se manipularon a nivel semidetallado, en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNA Puno, con el objetivo de determinar la oferta de las plantaciones y cotejarlos con los requerimientos o disponibilidad en el momento del estudio de la aptitud de tierras en el interior de la Intercuenca Puno.

Tabla 5

Puntos de control, muestreo y resultados de análisis de suelos

ID	Punto Control	Coord X	Coor Y	Altitud Z	Arcilla	Arena	Limo	Textura	pH	MatOrg	Permb	Nomb_Permb
1	Totorani	388229	8249247	4119	10	20	70	F.L	7.68	5.15	0.57	Moderada
2	Asoguine	388611	8249430	4097	25	55	20	F.Ar.A	5.5	2.85	0.45	Lenta
3	Ilpa	385779	8263203	3828	25	49	26	F.Ar.A	4.4	2.5	0.6	Moderada
4	Ilpa	383393	8262214	3955	35	45	20	F.Ar.A	8.4	1.8	0.48	Lenta



5	Vini	384605	8261842	3828	45	40	15	F.Ar.A.	5.8	2.8	0.49	Lenta
6	Huerta Camacani, cerca a	391572	8253247	3890	35	35	30	F.Ar.L.	4.8	4.5	0.6	Moderada
7	Carretera Camacani	408400	8236200	3846	20	24	56	F.L.	6	5.19	0.54	Moderada
8	Bosque	408560	8235750	3885	30	25	45	F.A.	6.2	2.85	0.45	Lenta
9	Escalerani	389056	8248919	3947	23	55	22	F.Ar.A.	5.8	2.9	0.4	Lenta

Nota: elaboración propia.

En La Tabla 5. Se muestran los resultados del análisis de suelos para los 9 puntos de control: altitud de las plantaciones evaluadas entre 3828 hasta 4119msnm, suelos Franco con ligeras variaciones entre Franco arcillosos y limoso, promedio de arcilla 26.40%, arena 40.30% y Limo 33.30%, el nivel de materia orgánica es de 1.18%, hasta 5.19% y permeabilidad Moderada. Los mismos vienen a ser la oferta ambiental para las plantaciones permanentes. Sin embargo, los requerimientos de tipo de suelos para las plantaciones de árboles Pino y Ciprés son: Textura franco arcilloso, con elementos entre 40% de arena, 30% de arcilla y 30% de limo, materia orgánica en promedio 2%, pH entre 4.4 a 6.2 y permeabilidad Moderada. Esta demanda se encuentra en el espacio territorial zonificado o vocación Forestal de la Intercuenca de los ríos Puno.

Las zonas aptas para las plantaciones forestales se tienen: distrito de Platería zona Camacani, Chucuito zona Chichera, Puno zona microcuencas de la ciudad de Puno, y Huerta Huaraya y en el distrito de Parcarcolla zonas Antoniani, Ccato Pata e Ilpa. Ver Fig. 21 (Mapa de Modelamiento Agroclimático).

MONTOYA (2004). Como indicara Montoya; que, en estos puntos localizados, se recogieron muestras para determinar los valores físicos del suelo,



que servirán para elaborar el Plan de Gestión Ambiental del Bosque, contempla uno de sus objetivos, el de conservar la biodiversidad con el propósito de mantener, restaurar y aprovechar sosteniblemente la oferta ambiental del territorio a escala local, distrital y regional. Por consiguiente, recomendamos para los trabajos sucesivos se complemente con el Plan de Gestión Forestal en el ámbito de la Intercuenca.

4.2.2 Clasificación de Capacidad de Uso Mayor de Tierras CT-CUM

Se identificaron y clasificaron las tierras de la Intercuenca por el método de “Capacidad de Uso Mayor de Tierras”, en 4 grupos de tierras; Cultivos en Limpio, Pastos, Forestales y Tierras de Protección, 3 clases agrológicas y subclases.

El espacio territorial de la Intercuenca ocupa una extensión total de 86,142.71ha, que representa el 100% de área de estudio. En este espacio se determinó 4,982.57ha de vocación forestal. Ver Tabla 6 y Fig. 7. Esta área constituye el Mapa Base para sub modelar las variables biofísicas y modelar la zonificación agroclimática, materia de esta tesis.

El objetivo principal del presente objetivo es determinar la potencialidad y limitaciones de uso de las tierras forestales del área de estudio. También se categorizó el nivel de estudio Semidetallado y se basó a las especificaciones normativas de la Ley N05-2022-MIDAGRI, es que esta norma difiere de la anterior, por que explora el índice vegetativo de desarrollo normalizado IVDN, es el giro que dio a la anterior (Ley N°017-2009-AG). En cada uno de los resultados de los objetivos se adjunta la base de datos, el análisis estadístico y el mapa temático a escala geográfica 1:300 000. Tabla 42.

Cervantes (2012). En su trabajo de investigación para optar el grado de Ingeniero Agrónomo define “La capacidad de uso mayor de las tierras, determina el potencial máximo del suelo para sustentar diferentes usos de la tierra”. Cárdenas M. A (2010), Determinó siguiendo las instrucciones del reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor del Ministerio de MIDAGRI. Los criterios considerados fueron:

- Aptitud para cultivos en Limpio (Grupo A)
- Aptitud para Cultivos Permanentes (Grupo C)
- Aptitud para Pastos (Grupo C)
- Aptitud para Producción Forestal (Grupo F)
- Aptitud para Protección (Grupo X)

Tabla 6

Descripción de clasificación de Uso Mayor de Tierras CT-CUM

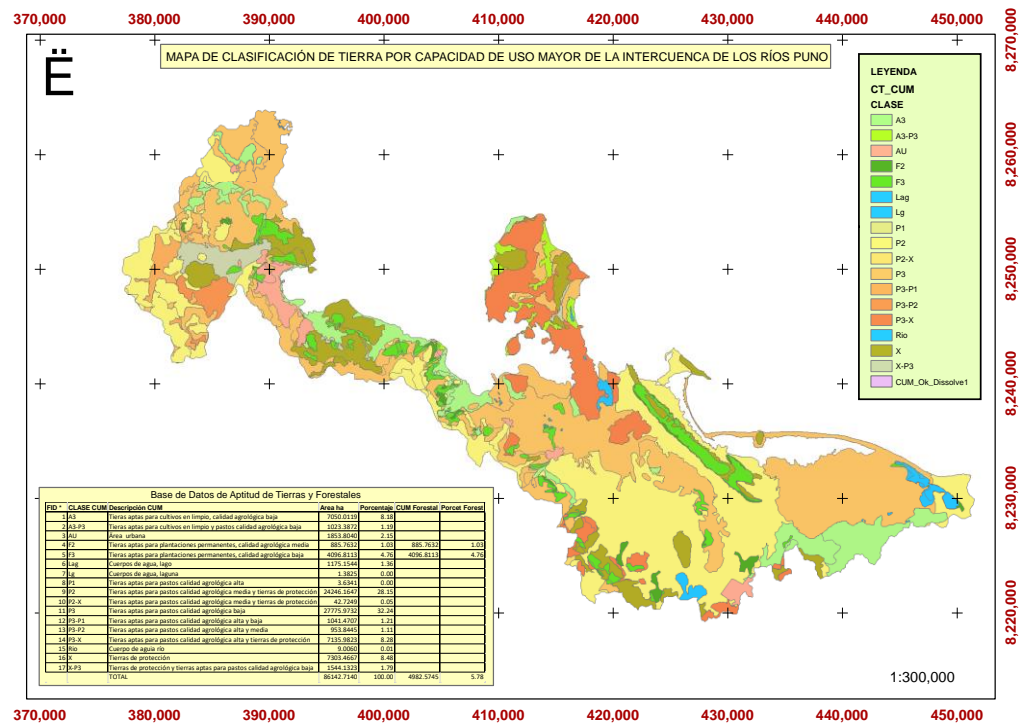
FID	CLASE	Descripción Clasificación por Uso Mayor CUM	Area ha	Porcentaje	CUM Forestal	Porcet Forest
1	A3	Tieras aptas para cultivos en limpio, calidad agrológica baja	7050.0119	8.18		
2	A3-P3	Tieras aptas para cultivos en limpio y pastos calidad agrológica baja	1023.3876	1.19		
3	AU	Área urbana	1853.8040	2.15		
4	F2	Tieras aptas para plantaciones permanentes, calidad agrológica media	885.7632	1.03	885.7632	1.03
5	F3	Tieras aptas para plantaciones permanentes, calidad agrológica baja	4096.8113	4.76	4096.8113	4.76
6	Lag	Cuerpos de agua, lago	1175.1544	1.36		
7	Lg	Cuerpos de agua, laguna	1.3825	0.002		
8	P1	Tieras aptas para pastos calidad agrológica alta	3.6341	0.004		
9	P2	Tieras aptas para pastos calidad agrológica media y tierras de protección	24246.1647	28.15		
10	P2-X	Tieras aptas para pastos calidad agrológica media y tierras de protección	42.7249	0.05		
11	P3	Tieras aptas para pastos calidad agrológica baja	27775.9732	32.24		
12	P3-P1	Tieras aptas para pastos calidad agrológica alta y baja	1041.4707	1.21		
13	P3-P2	Tieras aptas para pastos calidad	953.8445	1.11		

		agrológica alta y media			
14	P3-X	Tierras aptas para pastos calidad agrológica alta y tierras de protección	7135.9823	8.28	
15	Rio	Cuerpo de agua río	9.0060	0.01	
16	X	Tierras de protección	7303.4667	8.48	
17	X-P3	Tierras de protección y tierras aptas para pastos calidad agrológica baja	1544.1323	1.79	
TOTAL			86142.7140	100.00	4982.5745 5.78

Nota: elaboración propia.

Figura 7

Mapa de clasificación de tierras por Capacidad de Uso Mayor CT-CUM



Nota: elaboración propia.

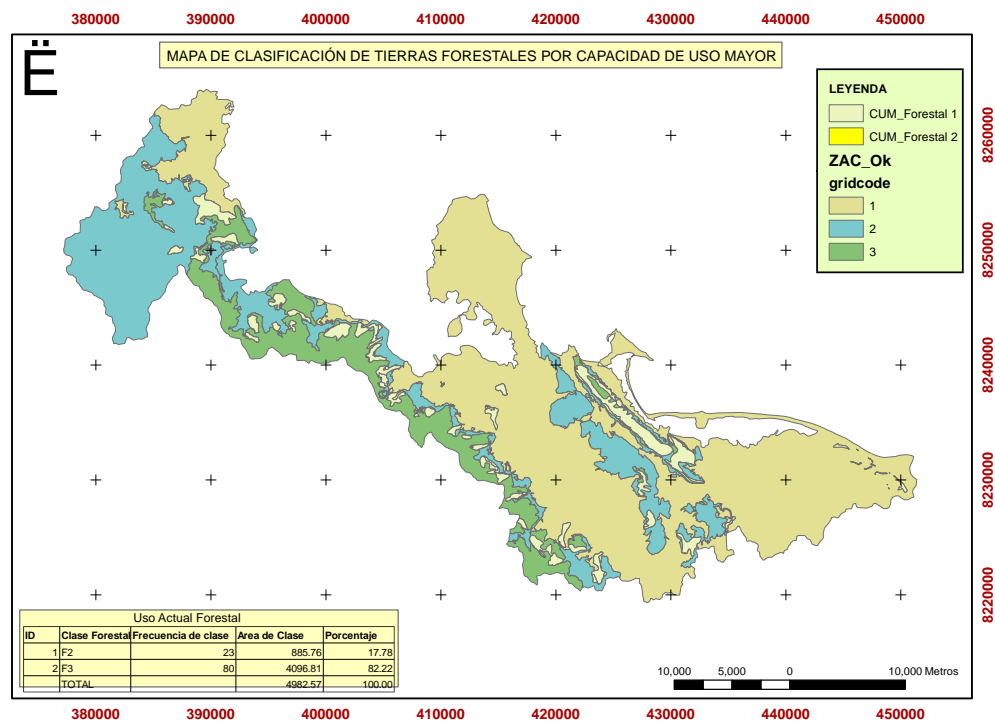
4.2.3 CUM Forestal de la Intercuenca

El punto de partida de análisis de los valores de vocación forestal tuvo como fuente de estudio a Nivel Semidetallado por el Programa Zonificación Ecológica Económica de la región Puno ZEE. Gobierno (2012). En la investigación se determinó un total de 4,982.57ha de tierras con vocación

forestal dentro de la Intercuenca, corresponden a las clases forestales de calidad Agrológica Media (F2) y forestales de calidad Agrológica Baja (F3). Esta representa la potencialidad forestal de la Intercuenca y las limitaciones expresadas fueron; suelos infértiles, en algunos sitios drenaje bajo, erosiones hídricas severas de suelos y climas extremos, con frecuentes riegos de sequías, inundaciones, granizadas y heladas. Ver Figura 8.

Figura 8

Clasificación de tierras de Capacidad de Uso Mayor Forestal CUM-F



Nota: elaboración propia

4.2.4 Temperatura y sus relaciones con la aptitud forestal

Las tierras con aptitud forestal son aquellas que, por su valor intrínseco, características ecológicas y edáficas, tienen capacidad para la producción permanente y sostenible de bienes y servicios forestales, o potencial para la



forestación o reforestación y esta aptitud va ser influenciada por ejemplo con los parámetros biofísicos de la atmósfera como la biotemperatura.

En la Tabla 7 y Figura 9. Se muestra la frecuencia de temperaturas aptas para el crecimiento y desarrollo de las plantaciones permanentes en el área de la Intercuenca y es como sigue: La clase de temperatura Media Alta de 6°C a 8°C se encuentra en la aptitud forestal clase agrológica Media (F2sc) con medianas limitaciones de fertilidad del suelo y clima, abarca un 61% del área forestal, calificada como mayor aptitud de tierras forestales de la Intercuenca. Mientras tanto, la clase de temperatura media 4°C a 6°C se encuentra la aptitud forestal en la clase agrológica Baja (F3), con mayores limitaciones de fertilidad, clima y erosión, representa el 23% de área forestal total. Se resume, que la temperatura influyente en la producción forestal está entre los 6°C a 8°C, representa el 61.24% (F3).

Según los estudios de modelamiento de la sostenibilidad de los rodales de bosque nativos en la cuenca hidrográfica de río Calacala, Ortiz (2018), provincia de Huancané de la cuenca hidrográfica del mismo nombre, indica, que estas temperaturas en los últimos 50 años habrían incrementado en 0.99°C, lo cual, beneficiaría en la zona con la producción forestal. Además, aumentan la humedad del suelo, incrementan el CO₂ y contribuyen con la sostenibilidad de la biodiversidad (Ver Fig. 9).

Tabla 7

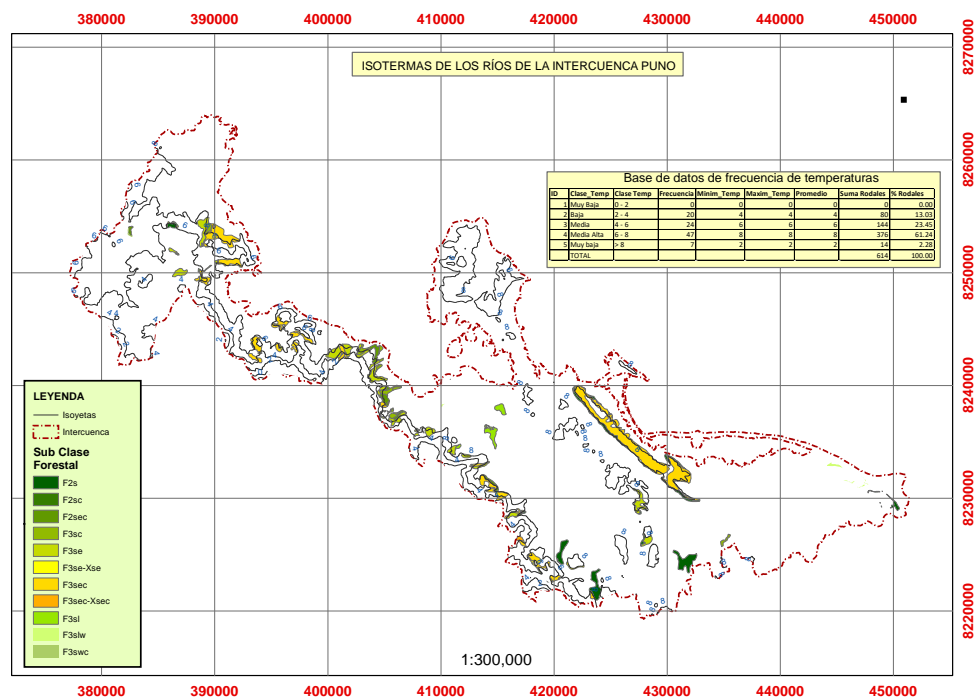
Temperatura media anual y su relación con la vocación forestal

ID	Categ. Temp	Clase Temp	Frecuencia	Minim_Temp	Maxim_Temp	Promedio	Suma Rodales	% Rodales
1	Muy Baja	0 - 2	0	0	2	1	0	0.00
2	Baja	2 - 4	20	2	4	3	80	13.03
3	Media	4 - 6	24	4	6	5	144	23.45
4	Media Alta	6 - 8	47	6	8	7	376	61.24
5	Alta	> 8	7	8	>8	>8	14	2.28
TOTAL							614	100.00

Nota: elaboración propia.

Figura 9

Mapa de Isotermas de la Intercuenca de los ríos Puno



Nota: elaboración propia.

El procedimiento seguido para la determinación de nivel de consistencia y la prueba de hipótesis de la temperatura media anual hasta llegar al producto mapa de calor e Isoyetas, fue lo siguiente:



- Calibración de datos (Método Estadístico: Distribución normal de puntos de control), mediante la prueba de Coeficiente de Determinación R²,
- Selección de Puntos de control PC, en base a niveles de confianza,
- Selección de altitud de estaciones meteorológicas de los Puntos de Control (Z),
- Calcular la temperatura determinada Temp. Deter. Se empleó el modelo matemático determinístico
- Generación de mapa raster de Temp. Tdeter con el algoritmo "Distancia Inversa a los valores de Puntos de Control" IDW.
- Generación de mapa de calor en el modelo matemático para mapa de calor Frees et al (2009),
- Diseño de las curvas Ysoyetas del área de estudio con el software ARC GIS10.8.

Tabla 8

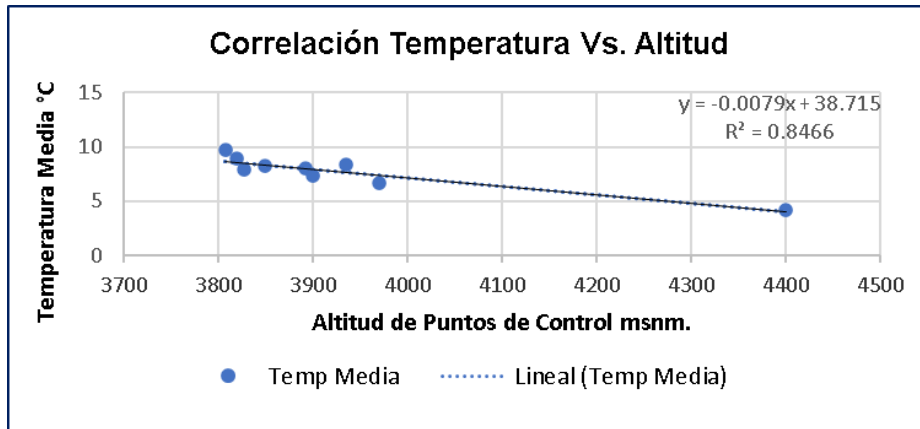
Datos históricos en generación de Isotermas (50 años de registro SENAMHI)

ID	COORD_X	COORD_Y	ALTITUD	ESTACION	CATEGORIA	Temp Media	Ddet
1	391618	8250023	3820	Puno	CP	8.9	7.87
2	410793	8274432	3828	Capachica	CO	7.9	7.90
3	352948	8266710	3892	Lampa	CO	8	8.00
4	385967	8213658	3900	Laraqueri	CO	7.3	7.30
5	320230	8287491	4400	Pampahuta	CO	4.2	8.54
6	413241	8231937	3935	Rincón de	CO	8.4	6.70
7	327577	8263529	3970	Santa Lucia	CO	6.7	8.20
8	368657	8289081	3850	Pte. Isla C	HLM	8.2	9.70
9	399758	8251197	3808	Los Uros	CO	9.7	9.37

Nota: elaboración propia.

Figura 10

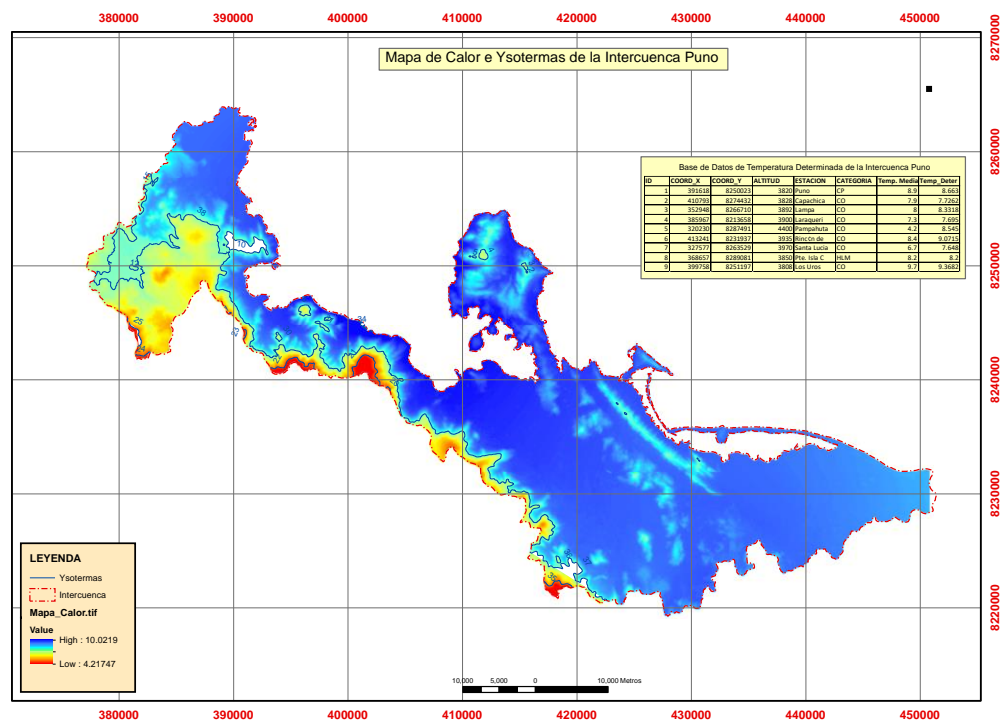
Correlación entre la Temperatura y Altitud



Nota: elaboración propia.

Figura 11

Mapa de Calor e Isotermas de la Intercuenca



Nota: elaboración propia.



En la Figura 12. Los valores de temperaturas de las estaciones meteorológicas tienen buena correlación lineal entre los valores de la temperatura media anual y altitudes del área de estudio. La evidencia es que el R^2 (0.8466) es alto tiene un nivel de correlación que se aproxima a 1. Por consiguiente, se aceptan los valores aleatorios muestreados. Asimismo, en el mapa de calor se observa una capa de altitud y otra de mapa de calor. Estos datos tienen base científica en la superposición de sus valores en el momento de correlacionar la variable altitud con la temperatura. Cuya respuesta final es que la temperatura depende de la altitud; que a “mayor altitud la temperatura es menor y a menor altitud hay mayor temperatura”. Entonces, las zonas de mayor altitud de la Intercuenca (6 a 10°C) son favorables en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales.

4.2.5 Precipitación y relaciones con la aptitud forestal

Una comunidad que depende de una agricultura de secano (lluvias estacionales) es mucho más sensible a los cambios en los patrones de precipitación que aquella en donde, por ejemplo, la minería es el medio de vida predominante. CONANP (2011).

Se utilizaron 12 estaciones meteorológicas de 50 años de datos históricos en la generación de las Isoyetas y se ordenaron en categorías. Finalmente, el método empleado fue el Kriging Ordinario, una función probabilística no paramétrica. Ver Tabla 45 Anexo y Fig. 12.

En la Tabla 9 y Figura 12, Se muestra la relación de la precipitación total media anual de los últimos 50 años, calculadas a partir de 12 estaciones meteorológicas de la zona de estudio. Son precipitaciones aptas para el

crecimiento y desarrollo de las plantaciones permanentes. En la Intercuenca llueve de 735 hasta 792mm/año, pero las plantaciones requieren de 755mm/año hasta 792mm/año.

Tabla 9

Precipitación anual y relaciones con la vocación forestal

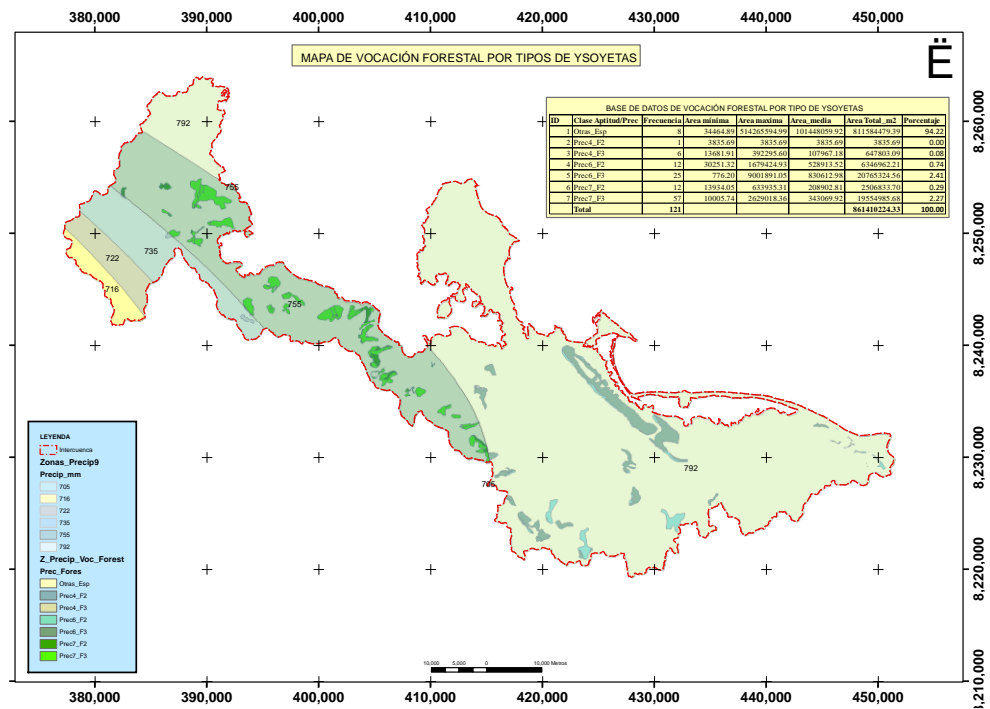
ID	Relación Aptitud forestal y precipitación	Simb_Aptitud	Area ha	Porcentaje
1	Aptitud forestal, clase agrológica media con 735 mm precipitación	F2_preci735	0.3836	0.01
2	Aptitud forestal, clase agrológica media con 755 mm precipitación	F2_preci755	252.2704	5.13
3	Aptitud forestal, clase agrológica media con 792 mm precipitación	F2_preci792	600.8085	12.21
4	Aptitud forestal, clase agrológica baja con 735 mm precipitación	F3_preci735	64.7803	1.32
5	Aptitud forestal, clase agrológica baja con 755 mm precipitación	F3_preci755	1955.6153	39.75
6	Aptitud forestal, clase agrológica baja con 792 mm precipitación	F3_preci792	2045.7751	41.58
TOTAL			4919.6332	100

Nota: elaboración propia.

Ortiz (2018). En los resultados del estudio de modelamiento de la sostenibilidad de los rodales de bosque nativos en la cuenca hidrográfica de río Calacala, provincia de Huancané. Explica, la precipitación total anual en los últimos 50 años habría disminuido en 37.5mm. Esta disminución, indica impacto negativo para el crecimiento y desarrollo de las especies de flora y fauna en la zona. (Ver Figura 12, mapa de Isoyetas).

Figura 12

Mapa de Isoyetas y su relación con la vocación forestal



Nota: elaboración propia.

4.2.5.1. Análisis estadístico no paramétrico por la prueba de Wilcoxon

Los valores resultantes de las estaciones meteorológicas tuvieron que ser analizados estadísticamente. En el caso de la precipitación por ser de característica auto correlacional se empleó la Estadística No Paramétrica de Prueba de Wilcoxon. Es una técnica que combina la estadística y la geografía y que juntamente con el uso de técnicas informáticas buscan alcanzar su principal objetivo, que es el de realizar el análisis en base a estimaciones, predicciones de variables y simulaciones de su comportamiento o distribución de los valores de precipitación en el espacio. En nuestro caso de la Intercuenca.



Se efectuaron las correlaciones entre la precipitación de las estaciones meteorológicas con las distancias a partir del centroide de la Intercuena Puno. El método aplicado fue el de Signos de Wilcoxon, que estima el estadístico de prueba no paramétrica para dos parámetros relacionadas en el software SPSS. El resultado fue; Para la hipótesis nula; rechazar el valor asintótico menor a 0.05% de significancia (0.002) y aceptar la hipótesis alternativa, que significa, “la precipitación varía con la distancia” entre el centroide y con las estaciones Capachica hasta Laraqueri, llueve menos por Laraqueri y llueve más por Capachica, entre 743 a 796mm anuales, respectivamente. Lo que quiere decir; que existe vocación forestal (F2 y F3) en esta amplitud. Y la Intercuena, se ubica dentro de ella íntegramente, con excepción en la zona de la estación llave. Ver Tabla 10.

Tabla 10

Estadístico de Prueba No Paramétrica Signo de Wilcoxon

Estadísticos de Prueba^a		
	Distancia - Precipitación	
Z		-3,059 ^b
Sig. Asintótica (bilateral) Se acepta la hipótesis alternativa para datos relacionadas	< 0.05	,002
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon, que la precipitación varía con la distancia		
b. Se basa en rangos negativos.		

Nota: elaboración propia.

4.2.6 Radiación solar y aptitud forestal

En las Tablas 11 y 12. Muestran los valores de la radiación solar global aptas para el crecimiento y desarrollo de las plantaciones permanentes en el área de la Intercuenca y es como sigue. Figura 13. La clase de radiación solar global RSG se expresan desde 6.00 Mj/m²/día hasta 7.25 MJ/m²/día, estos valores en la Intercuenca son considerados Muy Bajo hasta Muy Alto y en este ámbito se encuentran las vocaciones de tierras forestales entre F2 aptitud forestal clase agrológica Media y aptitud forestal clase agrológica Baja, con medianas limitaciones de fertilidad del suelo y clima, abarca un 45% de, seguida por las zonas de 19% entre 6.25 a 6.75Mj/m²/día. Estas son las zonas de mayor frecuencia de vocación forestal. Ver Tabla 11.

También, estos valores formaron de insumos para la estimación de la evapotranspiración referencial ETo. Fernandez (2013), indica, que, este fenómeno climático, requiere; temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, vientos, radiación solar global o brillo solar y humedad.

Tabla 11

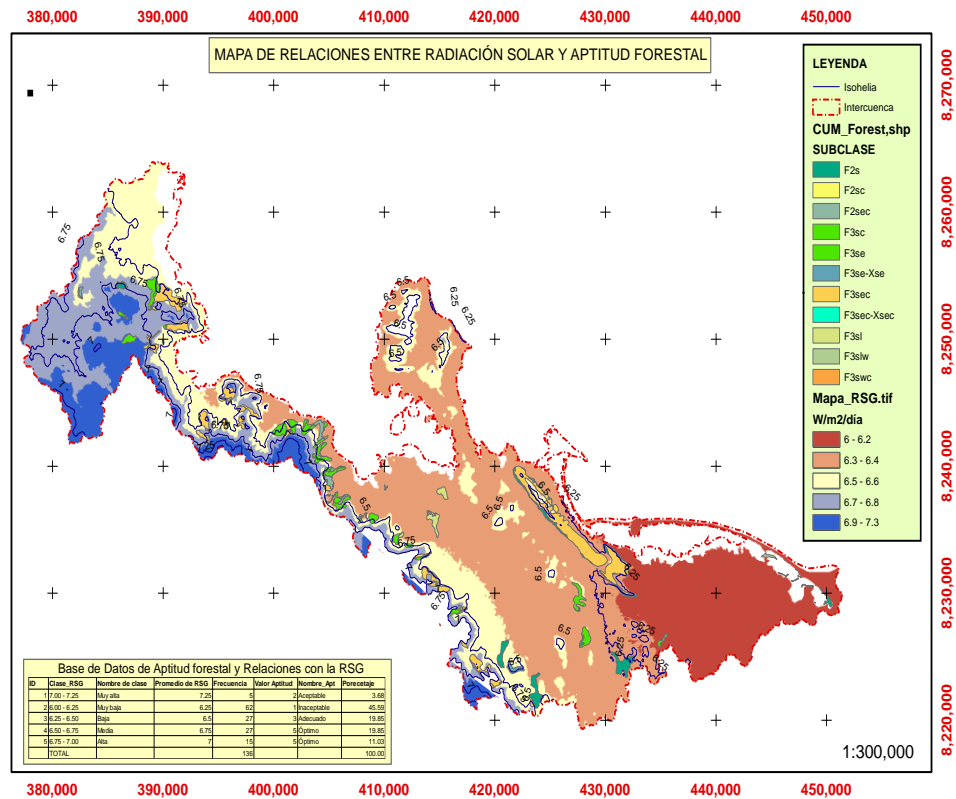
Clasificación de Radiación Solar Global

ID	Clase_RSG	Nombre de clase	Promedio de RSG	Frecuencia	Porcentaje
0	7.00 - 7.25	Muy alta	7.25	5	3.68
1	6.00 - 6.25	Muy baja	6.25	62	45.59
2	6.25 - 6.50	Baja	6.5	27	19.85
3	6.50 - 6.75	Media	6.75	27	19.85
4	6.75 - 7.00	Alta	7	15	11.03
TOTAL				136	100.00

Nota: elaboración propia.

Figura 13

Mapa de Isohélias y su relación con la vocación forestal



Nota: elaboración propia.

4.2.6.1. Prueba de consistencia de los datos históricos de Radiación Solar Global

Los datos históricos de la radiación solar de 8 estaciones meteorológicas fueron relacionados con la altitud de la aptitud forestal, pasaron por la prueba estadística de nivel de confianza por el método R2 y resultó 0.9075 de coeficiente de determinación. El Valor de R2 es Alto, significa buena correlación entre la RSG Y altitud, por consiguiente, se aceptan los valores de las estaciones o puntos de control. Tabla 12.

La radiación solar global en el área de estudio se distribuye por épocas del año; entre agosto a noviembre buena energía radiante y entre

diciembre a abril menor energía y con respecto a la latitud para la zona Sur de la región hay mayor radiación solar.

Estos valores, a la hora de comprobar el estadístico de prueba de las hipótesis, indican; “La radiación solar depende de la altitud” a mayor altitud mayor radiación solar y a menor altitud menor radiación solar”.

Figura 14.

Se ha observado niveles de energía en promedio para la época agosto a noviembre 7.53Mj/m2/día (buena energía) y para los meses de diciembre a abril 5.14Mj/m2/día en promedio. Entonces, sería importante realizar los programas de riego complementario en el área de estudio para la época de agosto a noviembre con el fin de incrementar la producción fotosintética de las plantaciones. Ver Tabla 12 y Figura 14.

Tabla 12

Base de datos de radiación solar global

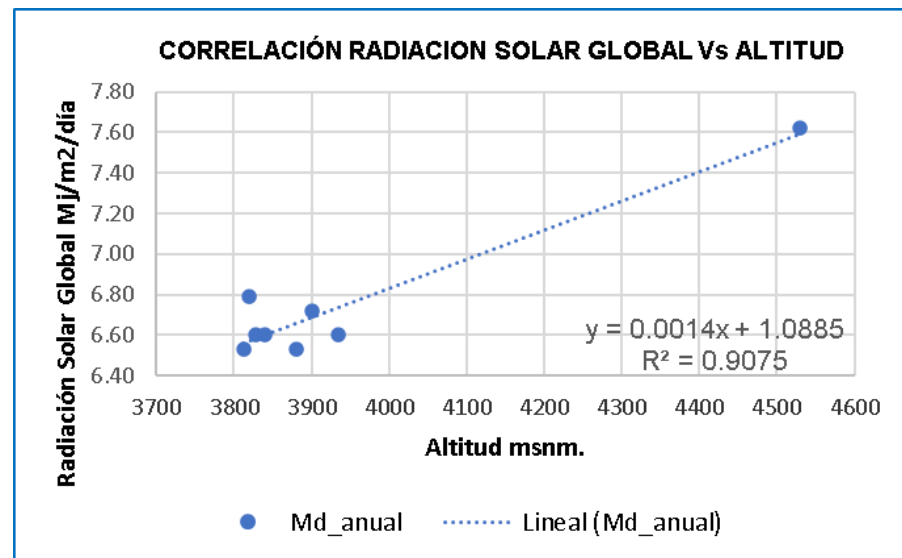
MODELAMIENTO DE MAPA DE ISOHÉLIAS (MAPA DE R. SOLAR) POR EL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO FRIE ET AL 2009																				
I D	Esta cion	Co ord _X	Co ord _Y	A lti tud d	Pr eci piti t	Te mp	Tde ter	E ne	Fe b	M ar	A br	M ay	Ju n	J ul	A go	S et	O ct	N ov	D ic	Md _an ual
1	Cap azo	421 788	8.00 E+0 6	45 30	53 7	3.7	7.7	5	4. 8	6	7. 5	8.7	8. 8	8. 8	9.1	8. 8	8. 8	8.7	6. 6	7.6
2	Ilave	431 020	8.00 E+0 6	38 80	70 0	8.1	7.9	4. 3	4. 3	4.9	6. 4	7.8	8. 2	8. 2	7.9	7. 1	7	7.1	5. 3	6.5
3	Juli	450 843	8.00 E+0 6	38 12	86 8	8.2	7.6	4. 3	4. 3	4.9	6. 4	7.8	8. 2	8. 2	7.9	7. 1	7	7.1	5. 3	6.5
4	Cap achi ca	410 793	8.00 E+0 6	38 28	76 4	7.9	7.4	4. 5	4. 4	5.3	6. 5	7.9	8. 2	8. 3	8	7. 2	6. 9	6.8	5	6.6
5	Lara quer i	385 967	8.00 E+0 6	39 00	74 3	7.3	7.3	4. 2	3. 7	4.7	6. 4	8.1	8. 3	8. 2	8.3	7. 8	7. 7	7.5	5. 6	6.7
6	Pun o	391 618	8.00 E+0 6	38 20	71 9	8.9	8.4	4. 7	4. 6	5.3	6. 5	8.1	8. 5	8. 5	8.3	7. 4	7	7.1	5. 4	6.8
7	Acor a	413 241	8.00 E+0 6	39 35	78 2	8.5	8.7	4. 5	4. 4	5.3	6. 5	7.9	8. 2	8. 3	8	7. 2	6. 9	6.8	5	6.6

8	Cam acan i	408 098	8.00 E+0 6	38 40	4. 5	4. 4	5.3	6. 5	7.9	8. 2	8. 3	8	7. 2	6. 9	6.8	5	6.6
---	------------------	------------	------------------	----------	---------	---------	-----	---------	-----	---------	---------	---	---------	---------	-----	---	-----

Nota: elaboración propia.

Figura 14

Correlación Lineal entre la Radiación Solar Global y Altitud



Nota: elaboración propia.

4.2.7 Relaciones de la humedad relativa y aptitud forestal

La humedad relativa (HR), se dice; “el porcentaje de agua contenida en una masa de aire, relacionado con la máxima humedad absoluta que podría admitir, sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión.

La humedad relativa es importante para calcular la evapotranspiración referencial ETo, esta variable se ha calculado en el software CROPWAT, es un software que fue utilizado para estimar la pérdida de agua para las plantaciones permanentes en la Intercuenca Puno. Se calculó con datos climáticos mensuales de 8 estaciones meteorológicas de la zona Sur de la región Puno. Los promedios



mensuales de temperaturas máximas y mínimas, de humedad relativa media, de velocidad de viento, de horas de insolación, radiación solar global, así como de precipitación son parámetros que integran en la estimación de ETo. El método recomendado utilizado fue el de FAO Penman-Monteith. A continuación, se presentan para condiciones medias. FAO (1990).

Finalmente, los valores resultantes de la humedad relativa media anual de la Intercuenca, para las tierras aptas (F2 y F3) fluctúan entre 68.51% a 59.90%, son valores medios que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantaciones permanentes. Ver Tabla 13-14 y Figura 15.

Tabla 13

Estaciones Agrometeorológicas de registros de Humedad Relativa

ID	COORD_X	COORD_Y	ALTITUD	ESTACION	CATEGORIA	DISTRITO	H°_RELAT	HR deter
1	450843	8208469	3812	Juli	CO	Juli	64.74	61.59
2	385967	8213658	3900	Laraqueri	CO	Laraqueri	57.71	61.86
3	413241	8231937	3935	Acora	CO	Acora	60	67.06
4	429200	8223485	3871	San Miguel	CO	Ilave	61.9	63.64
5	431020	8221195	3880	Ilave	CO	Ilave	61.7	64.19
6	399758	8251197	3808	Los Uros	CO	Puno	72	68.51
7	447586	8279422	3815	Isla Soto	CO	Conima	64.74	61.84
8	352948	8266710	3892	Lampa	CO	Lampa	56.5	59.99

Nota: elaboración propia.

Tabla 14

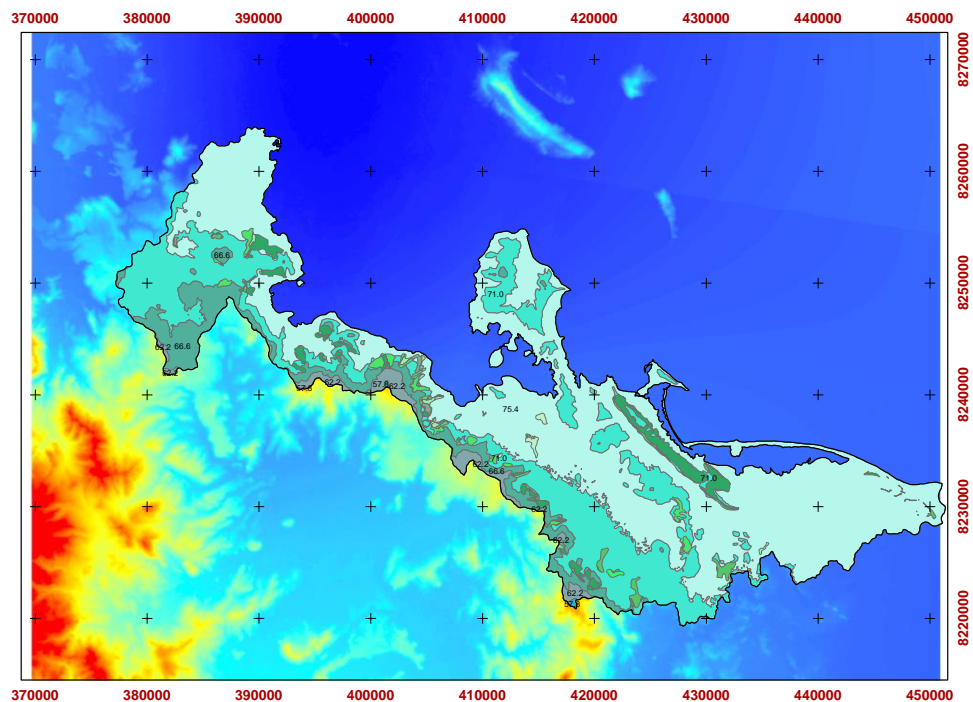
Distribución Espacial de la Humedad Relativa

OBJE CTID *	Shape *	Nomb_Clase	Shape_Length	Shape_Area	Simb_nomb	HRelativa
1	Polygon	Alto	619636.654	271066596	Al	71
2	Polygon	Bajo	93095.2038	21063065.6	Ba	62.2
3	Polygon	Medio	246360.2356	74601056.1	Me	66.6
4	Polygon	Muy Alto	707332.8716	494075265	Mal	75.4
5	Polygon	Muy Bajo	6745.092275	629587.248	Mba	57.8

Nota: elaboración propia.

Figura 15

Mapa de Isohumas y su relación con la vocación forestal



Nota: elaboración propia.



4.2.7.1. Análisis estadístico de prueba de consistencia de datos de humedad relativa

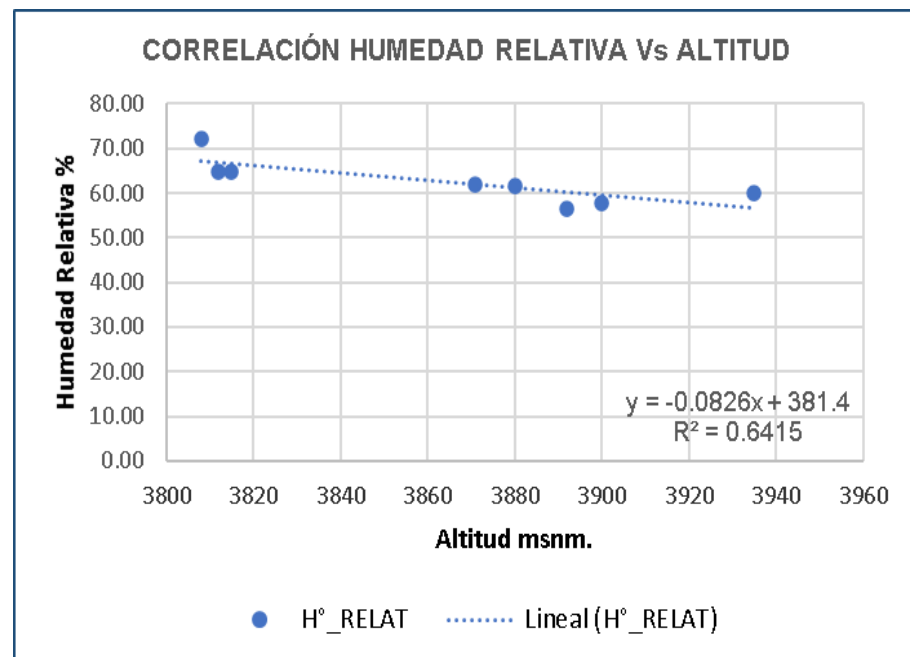
La prueba de consistencia de los datos históricos de la humedad relativa se generó con la correlación lineal simple entre los valores de la humedad relativa de la Intercuenca con la altitud de la distribución normal de los valores de 8 estaciones meteorológicas o puntos de control, se probó en el método R², (Coeficiente de determinación). El Valor de R² fue; 0.6415 es un indicador de nivel de confianza media y aceptable entre la correlación de la humedad relativa y la altitud. Significa que los valores de la correlación de la humedad relativa permitirán procesar las tablas y mapas de Isohumas y su distribución en el espacio. Ver Figura 16.

Se aceptó la hipótesis alterna porque, a la hora de superposición de capas entre la altitud y humedad relativa se comprobaron que; “*a mayor altitud hay menor humedad relativa y menor altitud hay mayor humedad relativa*”, lo que quiere decir; que la humedad relativa depende de la altitud.

Se ha observado resultados de distribución espacial para el área de estudio entre 65 a 72% de HR, en la zona baja o circundante al Lago y comprende las estaciones; Los Uros, Juli, Isla Soto y Puno. Mientras para las estaciones de las zonas Media y Alta de la Intercuenca entre 56 a 64%. Ello indica que las altitudes de 3820 a 4000 son aptas para las plantaciones. Ver Figura 16.

Figura 16

Correlación Lineal entre la Humedad Relativa y Altitud



Nota: elaboración propia.

4.2.8 Relaciones de la velocidad del viento y aptitud forestal

Las masas forestales proveen sombra e influyen los regímenes de lluvias y de vientos tanto a nivel local como regional. Los bosques y otra vegetación también cumplen un importante papel en la regulación de la calidad del aire al remover partículas contaminantes.

Las velocidades de vientos en el ámbito de la Intercuenca de los ríos Puno fluctúan entre 3.25 a 3.75 m/seg. Estos valores forman parte de la zona de desarrollo sostenible de las plantaciones permanentes para las categorías F2 y F3 del ámbito de la Intercuenca. Ver Tabla 15 y Figura 17. La comisión de inventarios de las plantaciones en los CE de la UNA Puno, (2016), señalan, que en el CE. Camacani la velocidad promedio de viento en los últimos 50 años es de 3.00m/seg a 3.25m/seg. Esta velocidad es considerada como la media de la

Intercuenca Puno. Sin embargo, en los meses de agosto a octubre superaran estas velocidades en el CE. Camacani y causan daños a las plantaciones sobre todo en la etapa de senectud del bosque.

Tabla 15

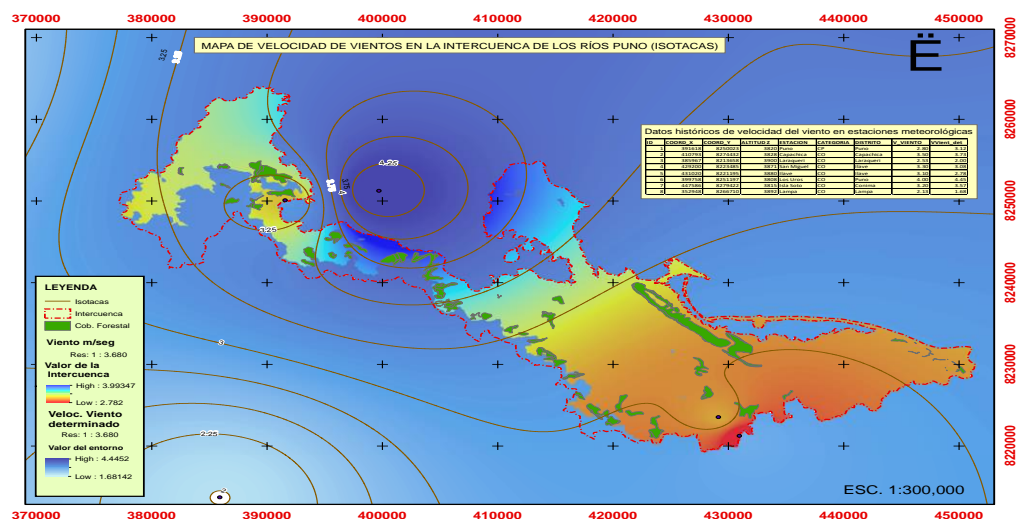
Estaciones agrometeorológicas de registro de velocidad de viento

I D	COORD_ X	COORD _Y	ALTIT UD Z	ESTACI ON	CATE GORI A	DISTRIT O	V_VI ENT O	VVient _det
1	391618	8250023	3820	Puno	CP	Puno	2.8	3.12
2	410793	8274432	3828	Capachica	CO	Capachica	3.5	3.73
3	385967	8213658	3900	Laraqueri	CO	Laraqueri	2.53	2
4	429200	8223485	3871	San Miguel	CO	Ilave	3.3	3.08
5	431020	8221195	3880	Ilave	CO	Ilave	3.1	2.78
6	399758	8251197	3808	Los Uros	CO	Puno	4	4.45
7	447586	8279422	3815	Isla Soto	CO	Conima	3.2	3.57
8	352948	8266710	3892	Lampa	CO	Lampa	2.13	1.68

Nota: elaboración propia.

Figura 17

Mapa de Isotacas y su relación con la vocación forestal



Nota: elaboración propia.

4.2.9 Relaciones de las regiones altitudinales y aptitud forestal

Con el programa Arc Gis10.8, a partir de la base de datos de una figura vectorial (curvas de nivel) se generó el modelo digital de elevaciones DEM, y se determinaron tres zonas altitudinales a partir de una cota umbral de 3812 a 4000msnm, 4000 a 4500msnm, y mayores de 4500msn. Ver Tabla 16 y Figura 18.

La categorización de las zonas altitudinales que aparecen en líneas abajo son las propuestas de L. Holdridge. (Ver la figura Triangulo Bioclimático):

- Menor a 4000 msnm, Bosque Húmedo Montano Subtropical bh-MST
- 4000 – 4500 msnm, Subalpino Subtropical sa-MST
- 4500 – 5000 msnm, Alpino a-MST

Tabla 16

Zonas altitudinales de plantaciones forestales

ID	Región Altitud	ID_Ufor	Código Clas	Piso_Altitud	Clase_Altitud	UAF_Intercuencia	Simb_UAF	Área m2	Rel_UAF_Altitud	Porcentaje
51	9	10	2	Páramo	4000 - 4500	Plantacion forestal de cipres	Pfc	5320.59	P_Pfc	0.06
80	26	27	2	Páramo	4000 - 4500	Plantacion forestal de eucalipto	Pfe	813126.34	P_Pfe	8.53
81	27	28	1	Montano	3812 - 4000	Plantacion forestal de cipres	Pfc	554246.94	M_Pfc	5.81
82	27	28	1	Montano	3812 - 4000	Plantacion forestal de eucalipto	Pfe	769822.167	M_Pfe	80.72
83	27	28	1	Montano	3812 - 4000	Plantacion forestal de pino	Pfp	466108.52	M_Pfp	4.89
84	9	10	2	Páramo	4000 - 4500	Plantacion forestal de cipres	Pfc	5.43	P_Pfc	0

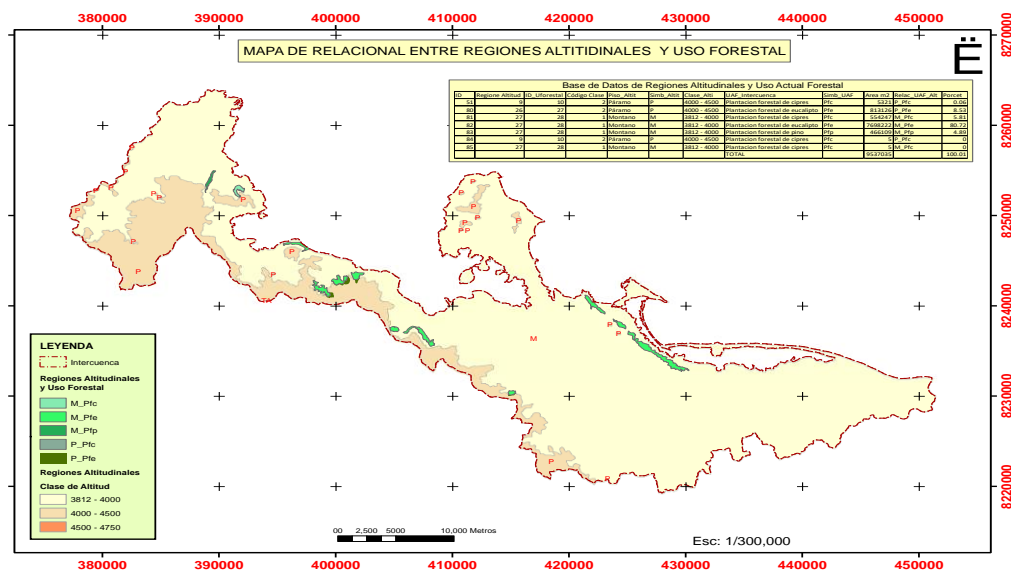
8	27	28	1	Montano	3812 - 4000	Plantacion forestal de cipres	Pfc	5.43	M_Pfc	0
5						TOTAL		953703		100.
								4.92		01

Nota: elaboración propia.

En cuanto al régimen climatológico, existen variados aspectos que influyen en su caracterización. Por ejemplo, la irregularidad de la topografía en las depresiones Interandinas, determina una serie de micro zonas de vida en el valle y zonas altas distintas a los climas típicos de otras regiones. Además, ha evidenciado una tendencia de aumento de temperatura en 0.99°C para una serie de estaciones meteorológicas analizadas entre 1964 y 2010 de la zona de Calacala, provincia de Huancané. Ortiz (2018). Probablemente se deba a la influenciada por la cordillera Illimani cerca de la ciudad de la Paz Bolivia y relativamente cercana a la zona de estudio. Lo que se relacionaría con un ascenso altitudinal.

Figura 18

Mapa de Altitud y su relación con la vocación forestal



Nota: elaboración propia.



4.2.10 Evapotranspiración potencial de la Intercuenca ETo

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo.

Contar con valores de evapotranspiración potencial es importante para determinar las zonas de vida, para reponer el agua perdida del suelo y la vegetación. En el cálculo de los valores se utilizan diferentes softwares, por ejemplo, el Cropwate. El primero es el de clima (temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, vientos, radiación o brillo solar y humedad). El módulo del cultivo requiere datos de fenología, raíces, índice de cosecha, fecha de siembra, densidad de siembra y desarrollo de follaje.

En la determinación de los valores biogeoclimáticos se utilizó la información histórica de SENAMHI y La NASA desde 1964 al año 2010, provenientes de 14 estaciones agroclimáticas de la zona de estudio. Los resultados fueron para; Temperatura anual 8.9 °C, 51% de Humedad Relativa, 2.8 m/s de promedio anual de velocidad de viento, 8.3 horas de Insolación Solar media anual y 20.5 Mj/m²/día de Radiación Solar. Bajo estas condiciones señaladas en la Tabla 17. La Evapotranspiración potencial ETo resulta igual a 541.2 mm/año. (Ver el diagrama Bioclimático). Este valor no supera al valor de la precipitación total media anual de la Intercuenca, por estas consideraciones la zona de vida de la Intercuenca dada por Lesly Holdridge se denominaría “Bosque Húmedo”.

Tabla 17*Parámetros agroclimáticos de evapotranspiración potencial*

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MÉTODO PENMAN MONTIETH							
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	5.5	15.2	62	3	5.7	19.3	3.73
Febrero	5.4	15	63	2.9	6.2	19.8	3.69
Marzo	5.1	14.8	63	2.7	6.8	19.6	3.55
Abril	3.5	14.9	55	2.6	8.6	20.3	3.59
Mayo	0.8	14.5	46	2.4	9.8	19.5	3.35
Junio	-0.9	13.8	42	2.4	10	18.4	3.11
Julio	-1.3	13.7	42	2.5	10.2	19.3	3.21
Agosto	0	14.5	44	2.7	9.5	20.4	3.58
Septiembre	1.9	15.4	45	3	9.1	22.3	4.11
Octubre	3.4	16.2	46	3.1	8.8	23.5	4.5
Noviembre	4.3	16.6	48	3.1	7.8	22.6	4.51
Diciembre	5	16.1	54	3.1	6.6	20.7	4.17
Promedio	2.7	15.1	51	2.8	8.3	20.5	3.76
Suma Anual							541.2

Nota: elaboración propia.

4.2.11 Zonas de Vida Bioclimática de la Intercuenca

El procedimiento metodológico utilizado fue el método de Lesly Holdridge de “Triángulo Bioclimático”, con el cual, se determinó la zona de vida de la Intercuenca de los ríos Puno.

La evapotranspiración potencial ETo es igual a 541.2 mm/año, este promedio anual es superior a la precipitación promedio total anual de 755mm/año. Por lo tanto, corresponde a la zona Húmeda, por la temperatura media anual se encuentra en la región Latitudinal Templado y altitudinalmente a Montano y finalmente la región Puno se encuentra en la Región Sub Tropical.



Por estas consideraciones la zona de vida del área de estudio en el método Bioclimático de Lesly Holdridge se determinó como: Zona de vida Bosque Húmedo Sub Tropical bh-MST.

4.3 MODELAMIENTO DE APTITUD DE TIERRAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE PLANTACIONES PERMANENTES

4.3.1 Selección de Criterios por el Método Multicriterio y SIG

Las variables claves se seleccionaron utilizando el software MIC-MAC, cuyos resultados fueron para los criterios;

- Hidrografía: Red hidrográfica, consistencia de la cuenca, base local geográfica y delimitación de mapa base,
- Suelo: CT- por Capacidad de Uso Mayor (especialmente la aptitud forestal),
- Vegetación: Cobertura vegetal,
- Clima: temperatura media anual, precipitación total anual, radiación solar global RSG,
- Biogeografía: Zonas de Vida,
- Socioeconómico: Uso actual de la tierra (Uso actual forestal),
- Topografía: Altitud y tipos de pendientes de la Intercuenca de los ríos Puno,

En esta investigación se aplicaron los fundamentos de la Evaluación Multicriterio y los Sistemas de Información Geográfica: Antes, se seleccionaron y establecieron los criterios, indicadores de los parámetros o variables como alternativa de análisis de aptitud para implementar las plantaciones en la Intercuenca de los ríos Puno. También se analizó y se dieron las ponderaciones o valores a los parámetros aplicando el modelo matemático denominado “Distancia Euclidiana”. En su aplicación se partió de la localización geográfica

de un centroide de la Intercuenca, ¿que a partir de este punto cómo varían los valores de las variables biofísicas y cuáles son las zonas que ofrecen mayor aptitud? De esta manera la Evaluación multicriterio o EMC y SIG, puede servir como, “un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones” a la hora de planear el desarrollo de las actividades afines a la gestión forestal. Tabla 18.

Tabla 18

Ponderación de parámetros en el modelamiento forestal

ID	Criterios	Variables	Indicadores	Código	Ponderación %
1	Hidrografía	Ríos	Distancia	R-1	10
	Infraestructura	Núcleos			
2	Urbana	urbanos	Distancia	UN-2	5
	Infraestructura	Carretera			
3	Vial	Nacional	Distancia	IV-3	5
			Promedio		
4	Agroclimatología	Precipitación	mm/año	Ppt-4	10
			Promedio	Temp-5	
5	Agroclimatología	Temperatura	°C/año	5	10
		Radiación Solar			
6	Agroclimatología	Global	W/m2/dia	RSG-6	10
		Clasificación		CUM-7	
7	Edafológico	tierras CUM	ha/uso	7	30
8	Topográfico	Altitud	msnm	Alt-8	10
			Tipo pend		
9	Topográfico	Pendiente	%	Slop-9	10
	TOTAL				100

Nota: elaboración propia.

4.3.2 Jerarquización de los indicadores de las variables biofísicas (EMC-SIG)

En principio la intervención de una serie de variables biofísicas se agrupa en criterios, los cuales tienen indicadores, parámetros y terminan en actividades de desarrollo.

Las actividades de plantaciones en la Intercuenca requieren de una serie de medidas de gestión, para los cuales, se han seleccionado los siguientes criterios Tabla 18; Agroclimáticos, Edáficos, Biológicos, Hidrológicos, Topográficos, y Desarrollo Urbano. Entre tanto las respectivas variables fueron; los Isotermas, Isoyetas, Isohélias, Calidad y aptitud de tierras por capacidad de uso mayor, uso actual de la tierra uso actual forestal, la hidrografía, la altitud, la pendiente, distancia de las obras civiles y centros urbanos al bosque.

4.3.2.1. Clases de Aptitud de precipitaciones para las plantaciones forestales

Tabla 19. Muestra la jerarquía de las precipitaciones media total anual entre 716 a 792mm, luego los valores de aptitud de la precipitación de 1 a 5, para el mismo orden se dieron los nombres; para la categoría 1 Inaceptable, 2 Aceptable, 3 Adecuado, 4 Muy Adecuado y 5 Óptima. Esta zona última abarca 58,105ha con 67% de área de buena influencia de la precipitación, seguida por la zona Muy adecuada con 22%. A los agricultores de la Intercuenca se les recomienda, primero deberán aprovechar la zona Óptima para sus plantaciones, luego la zona Muy adecuada.

Tabla 19

Modelación de áreas de influencia de la precipitación en la aptitud

ID	Clase Precipitación	Valor Aptitud	Nombre de Aptitud	Prerímetro Polígono	Area de Influencia m2	Porcentaje
1	< 716	1	Inaceptable	26030.65	14955821.95	1.74
2	716 - 722	2	Aceptable	25717.52	21482860.85	2.49
3	722 - 735	3	Adecuado	50128.52	47333004.38	5.49

		Muy			
4	735 - 755	4	Adecuado	116564.31	196572394.65
5	755 - 792	5	Óptimo	306282.62	581051848.39
			TOTAL		861395930.23
					100.00

Nota: elaboración propia.

4.3.2.2. Clases de Aptitudes de Temperatura para las plantaciones forestales

Tabla 20. Se describen las clases de los valores de las temperaturas medias anuales de la Intercuenca. La misma que muestra temperaturas entre 8-10°C con una aptitud optima, seguida por la zona de clase Muy adecuada con 6-8°C y el área de influencia de la temperatura es alta (72,777.93ha). A la hora de la toma de decisiones probablemente se utilicen estas dos zonas en la implementación de las masas forestales.

Tabla 20

Modelamiento de áreas de influencia de la temperatura en la aptitud

ID	Clase Temperatura	Valor Aptitud	Nombre Aptitud	Area de Influencia m2	Porcentaje
1	0 - 2	1	Inaceptable	0.00	0.00
2	2 - 4	2	Aceptable	7610088.42	0.88
3	4 - 6	3	Adecuado	124966220.4	14.52
4	6 - 8	4	Muy Adecuado	727779324.2	84.58
5	8 - 10	5	Óptimo	140648.41	0.02
			TOTAL	860496281.4	100.00

Nota: elaboración propia.

4.3.2.3. Clases de Aptitud de Radiación Solar Global para las plantaciones forestales

La radiación solar se puede considerar el factor ambiental más importante en los cultivos bajo invernadero, pues influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, los balances de agua y energía, y el crecimiento y desarrollo del cultivo.

El área foliar del cultivo crece hasta que la fenología comience con la fase de la senescencia, momento a partir del cual comienza a disminuir el área de hojas expuesta a la radiación solar y, con ello, la fotosíntesis hacia el final del ciclo.

Las clases de radiación solar en la Intercuenca varían desde 6 a 7.5Mj/m²/día, las zonas óptimas presentan radiaciones entre 6.5 a 7.00, son recomendables en el uso de las tierras de vocación forestal. Tabla 21.

Tabla 21

Modelamiento de áreas de influencia de la RSG en la aptitud

ID	Clase_RSG	Nombre de clase	Promedio de RSG	Frecuencia	Valor Aptitud	Nombre_Apt	Porcentaje
1	7.00 - 7.25	Muy alta	7.25	5	2	Aceptable	3.68
2	6.00 - 6.25	Muy baja	6.25	62	1	Inaceptable	45.59
3	6.25 - 6.50	Baja	6.5	27	3	Adecuado	19.85
4	6.50 - 6.75	Media	6.75	27	5	Óptimo	19.85
5	6.75 - 7.00	Alta	7	15	5	Optima	11.03
TOTAL				136			100

Nota: elaboración propia.



4.3.2.4. Distancia de fuentes hídricas a plantaciones forestales

En el análisis de la Intercuenca, se han determinado dos tipos de ríos por tamaño de longitud; ríos “Quebrada” con margen de 50m y ríos principales con 100m. Estas fueron consideradas como separaciones entre el río y plantaciones y acumulan 288.58ha. Estas extensiones disminuirían a la vocación forestal en la Intercuenca. Además, se sugiere, que en estas fajas marginales se complementen con las obras de defensas ribereñas o de protección. Ver Tabla 22.

CORMA (2015), Menciona dos importantes aspectos; Si comparamos la cubierta forestal con una pradera respecto a la disponibilidad de agua de la cuenca existen dos componentes del balance hídrico que determinan diferencias entre ambos tipos de coberturas:

La intercepción: Evaporación del agua de lluvia que queda en las hojas de los árboles, arbustos y pastizales. Ésta es mayor en árboles que en pastizales.

La transpiración: Consumo de agua de las plantas, que absorben desde sus raíces y que luego evaporan a la atmósfera. Ésta puede ser mayor en árboles que en pastizales.

Por otra parte, también deberíamos tener cuidado de la localización geográfica de los bosques con respecto a la distancia que guardan a los ríos. Por ejemplo, en la Tabla 22. Señalamos con el código 2, para tierras de vocación forestal una distancia de longitud marginal del río de 100m, en el cual resulta una extensión (328.23 ha) a lo largo de 28

tramos de los ríos de la Intercuenca. Así como en estos tramos, necesariamente será bueno dejar una faja marginal mínima de 100m, entre el río y zonas de plantaciones con el fin de evitar las continuas pérdidas de bosques por deforestación, inundaciones y erosión hídrica. Obviamente, este tipo de fenómenos dependerán del comportamiento, variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones.

Tabla 22

Márgenes de ríos inaceptables para plantaciones

ID	Aptitud margen de río	Suma de perímetros m.	Área m2	Porcentaje
1	Adecuado_50m	441,679.63	21743685.25	39.85
2	Optimo_100m	329,734.15	32823389.27	60.15
	TOTAL		54567074.51	100.00

Nota: elaboración propia.

4.3.2.5. Distancia de Centros Urbanos a plantaciones forestales

La ubicación de las plantaciones forestales en la Intercuenca con relación a los centros urbanos, presencia de obras civiles, (caminos, drenajes, taludes punto de intersección de los ríos, tipos de rodales, edad, densidad, especie, etc) influyen en las plantaciones cercanas a estas obras, se deforestan, cambian de uso de la cobertura forestal y son sujetos a invasiones muchas veces. Por ello, es conveniente separar un espacio marginal de acuerdo a la normatividad para cada caso. Ver Tabla 22.

La Tabla 23. Expone la diferencia entre las áreas de vocación forestal y los centros urbanos de la Intercuenca, márgenes de ríos

principales se separaría 100 a la plantación y en los ríos secundarios a 50m. Resulta, que por ninguna razón se implementarían plantaciones a menos de 1000 m de distancia al futuro bosque en el caso de centros urbanos. En resumen, a la vocación forestal se disminuiría o no se aceptaría las plantaciones en 360.92 ha. Ver Tablas 23 y 24.

Ortiz, (2018) Sobre los factores que influyen en la deforestación señala; la deforestación está ocurriendo con mayor frecuencia en las cercanías a las carreteras y centros poblados. Se determinó 189.00 árboles talados en una población total estudiada (1085 árboles) distribuidas en 27 unidades experimentales y cada unidad tuvo 1000m². (2.70ha). Esta deforestación en 25 años, representa el 17.42% del área total del bosque. Esta referencia se ubica muy cercana al área de estudio.

Emiliano Chuvieco, en su libro de Teledetección Agrícola indica; que la mayor deforestación está ocurriendo en Europa en los bosques próximos de los centros urbanos y en las cercanías a los ríos. Chuvieco (1995).

Tabla 23

Zonas marginales de centros urbanos y carreteras

FI D	GRUP O	CLAS E	SUBCLAS E	Descripción de CUM	Perímetr o	Area m ²	Porcentaj e
1	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	198.36	1727.52	0.05
2	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por	1286.54	67733.79	1.88



				suelo y clima			
				Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	5434.65	614882.04	17.04
3	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	892.92	23210.03	0.64
4	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	813.13	25134.74	0.70
5	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	1450.39	75582.26	2.09
6	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	2742.31	143840.54	3.99
7	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	1663.21	103552.45	2.87
8	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y sales	1506.93	101430.91	2.81
9	F	F3	F3sl	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosion y clima	3229.49	387235.69	10.73
10	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por	1987.25	118093.23	3.27
11	F	F3	F3sc				



				suelo y clima			
				Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima			
12	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	2659.54	87592.51	2.43
13	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	449.21	4904.53	0.14
14	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y clima	2784.18	149676.52	4.15
15	F	F3	F3sc	Tierras aptas para cultivos en limpio de calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	305.25	3797.68	0.11
16	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	1432.45	27887.74	0.77
17	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	666.27	15839.44	0.44
18	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	1542.89	99594.39	2.76
19	F	F3	F3sec	Tierras aptas	176.47	522.94	0.01
20	F	F3	F3sec	Tierras aptas	3527.25	428261.47	11.87



				para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima			
21	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	5763.38	820865.63	22.74
22	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y erosión	2326.68	307856.54 3609222.5	8.53
				TOTAL		7	100.00

Nota: elaboración propia.

4.3.2.6. Distancia de la carretera Panamericana a plantaciones

La Tabla 24. Expresa la diferencia entre las áreas que interfiere la vía Panamericana a áreas de vocación forestal de la Intercuenca. Esta distancia, que separa el centro urbano, por ninguna razón se debería ocupar, esta tiene una longitud de 1000m lineales al bosque.

Se determinó 430.57ha en las cercanías a los centros urbano, lo cual, disminuirá a la extensión de la vocación forestal de la Intercuenca.

Finalmente, se tiene un total de área marginal a 1037.17ha, es área inaceptable para las plantaciones forestales. Ver Tabla 24.

Tabla 24

Áreas marginales de influencia inaceptables en plantaciones

ID	Distancia Euclidiana	Distancia	Area Inaceptable ha	Porcentaje
1	Proximidad del bosque al río	Entre 50 y 100 m.	286.60	27.63
2	Proximidad del bosque al Centro Urbano	Mayor a 1000 m.	320.00	30.85
3	Proximidad del bosque Carretera Panamericana	Mayor a 500 m.	430.57	41.51
TOTAL			1037.17	100.00

Nota: elaboración propia.

4.3.2.7. Jerarquización de la importancia de distribución espacial de CUM Forestal

Tabla 25

Distribución espacial de subclases de tierras forestales y aptitud

ID	Sub Clase de CUMT	Código de CUMT	Descripción Aptitud	Valor_Apt	Area ha	Porcentaje %
			Muy			
1	F3sc	100	Adecuado	4	215.5775	4.33
2	F3sc	200	Inaceptable	1	11.8093	0.24
3	F2s	700	Óptimo	5	2227.3479	44.70
4	F3sec-Xsec	900	Adecuado	3	137.9253	2.77
5	F3sec	1200	Óptimo	5	2318.2265	46.53
6	F3se	1500	Aceptable	2	71.6877	1.44
TOTAL					4982.5742	100.00

Nota: elaboración propia.

En la investigación se determinó un total de 4,982.57 ha de tierras con vocación forestal dentro de la Intercuenca, corresponden a las clases forestales de calidad Agrológica Media (F2) 44.69% y 55.31% corresponde a aptitud forestal de calidad Agrológica Baja (F3).



Asimismo, están calificados como Sub clases con diferentes limitaciones desde suelos infértiles, drenaje bajo, erosiones severas y climas extremos. Su importancia en la distribución espacial radica en la clase de zona de vida que ocupan, tipo de altitud, rangos de temperaturas y radiación solar, etc.

4.3.2.8. Clases de Aptitud de Altitud para plantaciones forestales

Ortiz (2018). Los resultados de la correlación entre las unidades de árboles y zonas altitudinales indican que hay relación inversa. Lo que significa que a menor altitud hay mayor deforestación, que a la lejanía hay menor deforestación, complementada con la localización de las vías de transporte o acceso a las comunidades, la relación es directa donde existan estos servicios.

En los Andes peruanos, si bien las prácticas locales y otras presiones antrópicas han generado en el pasado pérdida de áreas del bosque, actualmente las poblaciones locales tienen más conciencia sobre la necesidad de conservar y recuperar el bosque. FDA (2016). Entonces la altitud óptima para las plantaciones resulta desde 3825 hasta 4000msnm. Tabla 33.

4.3.2.9. Clases de Aptitud de pendiente de tierras de plantaciones forestales

Se han hallado al menos en su mayoría tres tipos de pendientes; Casi Planos, Inclutados y Fuertemente Empinados. Hay mejor relación con el tipo de pendiente y distribución espacial de zonas con vocación



forestal en pendientes de 25 a 50%, seguido por pendientes de 15 a 25%, también presentan aptitudes topográficas muy adecuadas. Tabla 26 y Figura 19.

Tabla 26

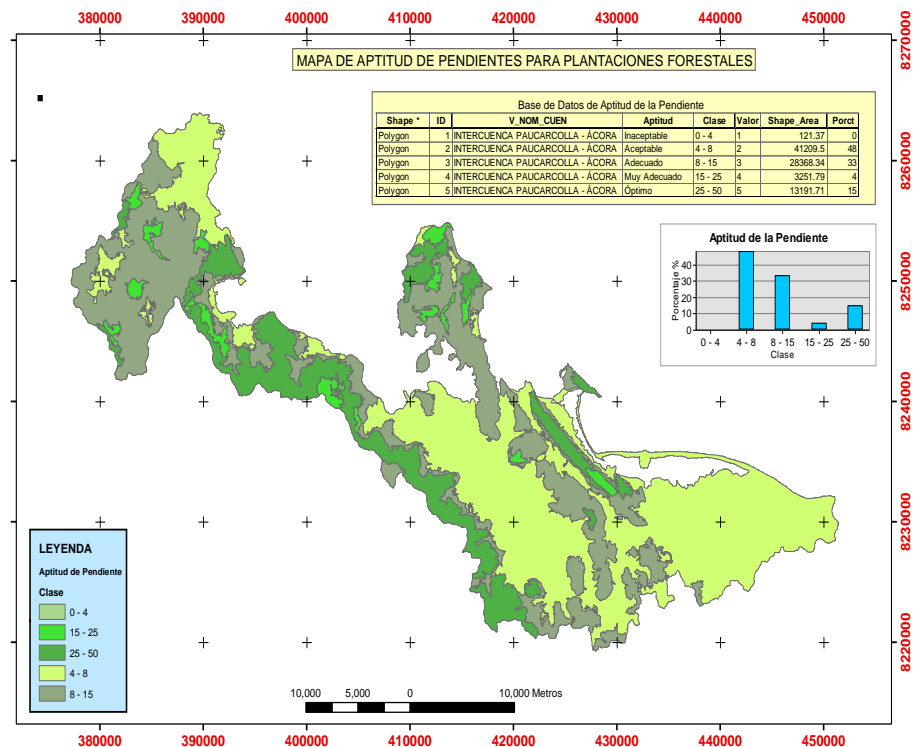
Aptitud de tipos de pendientes para las plantaciones

ID	Nombre de la Intercuenca	Aptitud Pendiente	Clase %	Valor	Perímetro	Area Interc ha	Porcentaje
N	INTERCUENCA PAUCARCOLLA - ÁCORA	Inaceptable	0 - 4	1	433531.311	121.373341	0.14
	INTERCUENCA PAUCARCOLLA - ÁCORA	Aceptable	4 - 8	2	759540.405	41209.4986	47.84
	INTERCUENCA PAUCARCOLLA - ÁCORA	Adecuado	8 - 15	3	1026852.17	28368.3361	32.93
	INTERCUENCA PAUCARCOLLA - ÁCORA	Muy Adecuado	15 - 25	4	225211.912	3251.79487	3.77
	INTERCUENCA PAUCARCOLLA - ÁCORA	Óptimo	25 - 50	5	395609.925	13191.7109	15.31
	TOTAL					86142.7139	100.00

Nota: elaboración propia.

Figura 19

Mapa de Aptitud de la Pendiente para las plantaciones forestales



Nota: elaboración propia.

4.3.3 Modelamiento de zonas agroclimáticas óptimas para plantaciones

Modelamiento de aptitud de tierras de la Intercuenca, consistió en representar digitalmente los objetos del mundo real en un sistema de información geográfica utilizando la herramienta Overlay del software Arc Gis10.8, que significa superponer los sub modelos; Mapa base, Hidrografía, suelos y tierras, climatología, topografía y zonas marginales es decir ocupadas por obras civiles, ríos y caminos o carreteras. Se utilizó la herramienta de selección de criterios la Evaluación Multicriterio Ponderado, EMCP, que consiste en agrupar las variables de cada sub modelo por jerarquías, por ej. El sub modelo Clima agrupa las variables temperatura, precipitación y radiación solar global. Luego cada criterio se ponderó por, ej. Suelos entre los 6 criterios



tuvo mayor valor de 30%. Porque, si no existiera esta condición de tierras con vocación forestal no habría la posibilidad de realizar las plantaciones forestales. Por ello lleva un peso mayor.

Los valores de ponderación en la superposición de los sub modelos fueron; Hidrografía 10 %, Clima 30 %, Suelos 30 %, Zonas marginales 10 %, y Topografía 20 %. Sumados los valores se tiene 100 puntos. Tabla 18.

4.3.3.1. Sub Modelo Tierras Marginales para las plantaciones forestales

Según la Tabla 27. Tenemos ríos de Quebrada y tiene una distancia de separación entre el río e inicio de la plantación de 50m y ríos principales 100m. En el mapeo de estas distancias se utilizó el método de la Distancia Euclidiana; en el software ArcGis, se separó distancias a cada 10 metros para los ríos de Quebrada y preguntada a la población que conoce el lugar nos sugerían, que tuviéramos en lo mínimo 50m de distancia, lo mismo se hicieron para los ríos Principales separados a cada 20m. y aceptamos 100m de separación marginal. Estas consideraciones se prevén a efecto de evitar los riesgos por fenómenos naturales y antrópicas en la cercanía de los río y edificaciones.

La distancia de separación considera entre la vía Panamericana y futuros bosques lleva 500m. por cada margen. Ortiz (2018), indica, que el Padre de la Teledetección, E. Chuvieco, dice; las carreteras son medios de transporte de madera ilegalmente talada. Y Ortiz. F. recomienda, que no se debería realizar plantaciones a menos de 500m de distancia entre el bosque y carreteras con el fin de evitar la deforestación masiva.



Por otra parte, se evitará la implementación de plantaciones antrópicas a menos de 750 metros alrededor de un Centro Urbano. En la Tabla 27. Se describe las áreas inaceptables por márgenes de los ríos, cercanías a la vía Panamericana y Centro urbanos de los distritos de la Intercuenca; Paucarcolla, Puno, Chucuito, Platería y Ácora, hacen una total de 965,1ha marginales, que por razones indicadas se tomarían estas decisiones a la hora de la planificación de las actividades en el ámbito de la Intercuenca.

CORMA (2015), ¿Qué medidas contribuyen a mejorar la cantidad y calidad de agua en una microcuenca de aptitud forestal? Existen varias prácticas de manejo forestal que contribuyen a mejorar la cantidad y calidad del agua. Respecto a la calidad, las franjas o zonas de protección de cauces permiten atrapar sedimentos y evitar que éstos alcancen los cauces. Estas zonas son áreas adyacentes a un cauce o humedal, con reconocida fragilidad biológica y física, que sirven para atenuar impactos generados por actividades en las laderas del cauce. Su función es ayudar a mantener la integridad hidrológica y ecológica del cauce, fauna, suelo y vegetación asociada. Por ley, en nuestro país existe un sistema de protección en estas zonas, conservando un ancho variable de resguardo en torno al cauce, basado en las condiciones específicas del sitio: composición, edad y condición de la vegetación; geomorfología del sitio; especies; animales y plantas presentes en el sitio; hidrología de la cuenca; uso del terreno adyacente, susceptibilidad del sitio a la degradación; entre otros criterios.

Tabla 27

Márgenes inaceptables en plantaciones permanentes

ID	Márgenes de Objetos	Distancias Inaceptables m.	Valor Aptitud	Nombre Aptitud	Área Márgenes ha	Porcentaje
1	Ríos Quebrada Óptimos_50m	50	1	Inaceptable	127.5870	13.22
2	Ríos Principales Óptimo_100m	100	1	Inaceptable	156.9846	16.27
3	Panamericana Centros	500	1	Inaceptable	181.1633	18.77
4	Urbanos	750	1	Inaceptable	499.3771	51.74
TOTAL					965.1119	100.00

Nota: elaboración propia.

Tabla 28

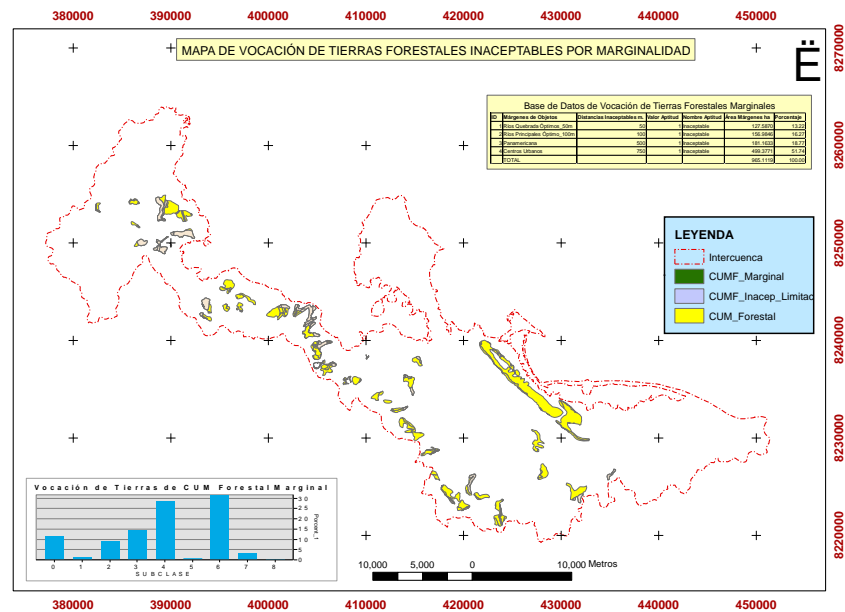
Resumen de márgenes inaceptables en plantaciones en el CUMT

ID	Subclase CUMF Marginal	Shape_Leng	Area CUMF Marginal ha	Porcentaje %
1	F2s	18197.7898	108.6013	11.3
2	F2sc	4550.75947	14.0827	1.5
3	F2sec	11370.887	88.3999	9.2
4	F3sc	22438.2392	138.8375	14.4
5	F3se	34086.8183	272.3042	28.2
6	F3se-Xse	2476.02426	7.0915	0.7
7	F3sec	37178.2878	304.3687	31.5
8	F3sl	4674.17651	28.5561	3.0
9	F3swc	1768.91295	2.8701	0.3
			965.1119	100.0

Nota: elaboración propia.

Figura 20

Mapa de vocación de Tierras forestales inaceptables por marginalidad



Nota: elaboración propia.

4.3.3.2. Sub Modelo Agroclimático Relacional

El sub modelo considera los datos de los últimos 50 años de 9 estaciones Agroclimáticas de la Administración de SENAMHI Perú. Los valores relacionales con la vocación forestal se determinaron en el objetivo 2 de este informe. Aquí, se continuo con la reclasificación de los valores de los 3 parámetros por el método de la Distancia Euclidiana por ejemplo para la temperatura media anual entre 0 a 2°C, 2 a 4, 4 a 6, 6 a 8 y 8 a 10°C. Luego se visualizó la unión de capas entre las jerarquías de las temperaturas y vocación forestal con la herramienta Overlay del ARC GIS, y se clasificó mediante sus atributos en zonas Inaceptables, Aceptables, Adecuadas, Muy Adecuadas y Óptimas. Este método distribuye las zonas de vocación forestal entre los espacios de las clases de temperaturas. Y la Importancia de las frecuencias de distribución



señalan la Aptitud Óptima entre los valores 6 a 10°C de temperaturas calificadas como muy adecuadas y óptimas para las plantaciones de Ciprés, Eucalipto y Pino y ocupan más de 84% de área de la Intercuenca. Tabla 29.

Precipitación y sus relaciones agroclimáticas

Para el caso de la obtención de los valores de la precipitación se aplicó el modelo matemático estocástico y se adecuó a las funciones de la matemática probabilística y para el análisis estadístico empleó el método No Paramétrico. Los resultados se aprecian el objetivo 2 de este informe. Con los resultados indicados se graficó el mapa de Isoyetas, que distribuye los diferentes valores de la precipitación y la zona de importancia de la vocación forestal se encuentra entre las precipitaciones 755 y 792mm anuales y representa el 67% de importancia, calificada como precipitación de aptitud óptima para las plantaciones forestales de la Intercuenca. Tabla 19.

Radiación Solar Global y relaciones agroclimáticas

La radiación solar global (RSG) es uno de los parámetros Agrometeorológicos relacionado a la obtención de la celulosa, mediante el fenómeno de la fotosíntesis, siempre ha sido el objetivo principal para incorporar dentro de los análisis del criterio Agroclimático. Los valores obtenidos en la investigación fueron de 6.0 a 6.8 Mj/m²/día. Realizada la distribución de los valores medio anuales de 9 estaciones Agrometeorológicas, resultado para la aptitud Muy Adecuada y Óptima de la Intercuenca los valores entre 6.2 a 6.8 Mj/m²/día de RSG. Ocupa un

59% entre las clases Muy Adecuada y Óptima de la Intercuencia. Tabla 29.

Tabla 29

Áreas de influencia de clase de aptitud de RSG

ID	Clase RSG Mj/m2/día	Aptitud RSG	Valor_Apt	Área_ha	Porcentaje %
1	> 6.8	Aceptable	2	500.65	10.17
2	6 - 6.2	Adecuado	3	871.34	17.70
3	6.2 - 6.4	Muy Adecuado	4	1694.77	34.43
4	6.4 - 6.6	Óptimo	5	1256.26	25.52
5	6.6 - 6.8	Óptimo	5	598.67	12.16
				4921.68	100.00

Nota: elaboración propia.

4.3.3.3. Sub Modelo Agrológico por vocación de tierras y uso actual forestal

En la Tabla 30. Se observa el resumen de vocación de tierras forestales a nivel de Sub clase, la misma que proviene de la clasificación de tierras por Capacidad de Uso Mayor. Esta información, fue contrastada con el Uso Actual Forestal para obtener el tipo de uso de la tierra denominada Conflicto de Uso de la Tierra. Cuenta con 4982.57ha de tierras de vocación forestal. De esta superficie, actualmente las plantaciones forestales ocupan 953.72ha con especies; Pinus radiata, Eucaliptos blobulos, y Cupresus macrocarpa .

De la superficie actual se desprende; Tierras con uso adecuado 48%, tierras con sobre uso 35% y Sub uso 17%. ¿Este resultando es un indicador de uso inadecuado alto, tal vez esté representando el

desconocimiento; dónde están las tierras con vocación forestal y cuanta superficie ocupan? Están entre las tierras de la Intercuenca, pero sin planificación de actividades económicas, ecológicas y ambientales.

Esta evaluación, permitirá aprovechar los recursos naturales adecuadamente, sobre la base de su aptitud vocacional de la tierra y sus relaciones con los parámetros ambientales. De esta manera se minimizarán los costos de instalación, se maximizarán los beneficios netos y se optimizarán los recursos en las áreas óptimas localizadas en los planos de zonificación.

Tabla 30

Distribución de tipos de aptitud forestal en el ámbito de la Intercuenca

ID	Sub Clase de CUMT	Código CUMT	Descripción Aptitud	Valor_ Aptitud	Área ha	Porcentaje %
1	F3sc	100	Muy Adecuado	4	215.5775	4.33
2	F3sc	200	Inaceptable	1	11.8093	0.24
3	F2s	700	Óptimo	5	2227.3479	44.70
4	F3sec-Xsec	900	Adecuado	3	137.9253	2.77
5	F3sec	1200	Óptimo	5	2318.2265	46.53
6	F3se	1500	Aceptable	2	71.6877	1.44
TOTAL					4982.5742	100.00

Nota: elaboración propia.

Las plantaciones de pino y eucalipto son un recurso natural renovable y sustentable, que genera empleo, bienes y servicios, que mitiga los efectos del cambio climático, protege el suelo y disminuye la presión de uso sobre los bosques nativos por madera, leña y fibra natural. CORMA (2015). Asimismo, se observa la distribución espacial de las actuales plantaciones y comparada con la vocación forestal tenemos

como resultado de usos inadecuados de la tierra. Los cuales, deben considerarse en el ordenamiento del bosque de plantaciones. Tabla 32.

Tabla 31

Distribución espacial de plantaciones de Ciprés, Eucalipto y Pino

ID	Especies forestales	Simbolo UAF	Frecuencia	Area Rodal	Porcentaje
	Plantacion forestal de cipres	Pfc	23.00	559573.88	5.87
1	Plantacion forestal de eucalipto	Pfe	24.00	8511484.15	89.25
2	Plantacion forestal de pino	Pfp	25.00	466108.48	4.89
	TOTAL			9537166.50	100.00

Nota: elaboración propia.

Tabla 32

Conflicto de uso actual de las tierras forestales

ID	CU_Forestal	Simb_Uso	Area ha	Porcentaje %
1	Adecuado	Ad	454.15	48
2	Sobre Uso	SU	336.13	35
3	Sub Uso	SbU	163.44	17
	TOTAL		953.72	100

Nota: elaboración propia.

4.3.3.4. Sub Modelo Topográfico

Altitud y relaciones agroclimáticas

La altitud es considerada como un parámetro limitante para las actividades agropecuarias en cualquier Agroecosistema, se ha trabajado en el área de la Intercuenca tomando en cuenta toda la extensión territorial. Se determinó, la altitud base local a partir de 3825msnm, hasta la elevación máxima de 4,500msnm, entre este espacio se evaluaron las

aptitudes para las plantaciones permanentes en 4 categorías; clasificadas en Montano, Páramo y sus respectivas subclasificaciones en Suni Alta (3825 a 4000msnm.) Puna Baja (4000 a 4250msnm), Puna Media (4259 a 4500msnm.) y Puna Alta (> a 4500msnm.) La mayor frecuencia en la distribución de las zonas de vocación forestal se encuentra la zona Óptima entre 3825 a 4000msnm, denominada Montano según la clasificación que le diera L. Holdridge. Tabla 33.

Creo necesario mencionar al equipo técnico de Gobierno Regional Ayacucho; manifiesta “Los Recursos Naturales de la Región Ayacucho, se distribuyen en diferentes altitudes, zonas de vida, relieves que los hace diferente en su calidad y en su aptitud; donde el suelo constituye en sí mismo un recurso muy importante para las distintas actividades; su uso y ocupación inadecuada y desordenada por parte de las sociedades humanas, son los que genera conflictos”. GRA (2012).

Tabla 33

Influencia de la altitud en la aptitud forestal

ID	Nombre Altitud	Clase Altitud	Nombre Aptitud	Valor Aptitud	Frecuencia Aptitud	Área m2	Porcentaje
1	Montano	< 3825 - 3825	Inaceptable	1	8	39085.12	45.37
2	Montano Sub	4000 - 4000	Óptimo Muy	5	54	33630.24	39.04
3	Alpino	4250	Adecuado	4	21	12387.50	14.38
4	Alpino	> 4250	Adecuado	3	9	1039.88	1.21
TOTAL						86142.74	100.00

Nota: elaboración propia.

Tabla 34

Distribución espacial de uso actual de especies forestales

I D	Regio ne Altitud	ID_Ufores tal	Códi go Clase	Piso_Al tit	Simb _Altít	Clas e_Al ti	UAF_Inter cuenca	Simb _UA F	Area m2	Relac UAF_ Alt	Por cet
1	9	10	2	Páramo	P	4000 - 4500	Plantacion forestal de cipres	Pfc	5321	P_Pfc	0.06
2	26	27	2	Páramo	P	4000 - 4500	Plantacion forestal de eucalipto	Pfe	81312 6	P_Pfe	8.53
3	27	28	1	Montan o	M	3812 - 4000	Plantacion forestal de cipres	Pfc	55424 7	M_Pfc	5.81
4	27	28	1	Montan o	M	3812 - 4000	Plantacion forestal de eucalipto	Pfe	76982 22	M_Pfe	80.7 2
5	27	28	1	Montan o	M	3812 - 4000	Plantacion forestal de pino	Pfp	46610 9	M_Pfp	4.89
6	9	10	2	Páramo	P	4000 - 4500	Plantacion forestal de cipres	Pfc	5.43	P_Pfc	0
7	27	28	1	Montan o	M	3812 - 4000	Plantacion forestal de cipres	Pfc	5.43	M_Pfc	0
TOTAL									9537 035		100

Nota: elaboración propia.

4.3.3.5. Modelación de Aptitud Forestal Agroclimática por el método Evaluación Multicriterio y Superposición Ponderada (Overlay) en SIG

Luego de haber zonificado las unidades homogéneas de las tierras forestales de la Intercuenca, se aplicó el método Evaluación Multicriterio y SIG, para seleccionar en 6 criterios, 10 variables, utilizando los respectivos indicadores y valores de ponderaciones.

Similar Microzonificación Agroecológica (Salas y otros, 2017) realizaron en los sistemas agrosilvopastoriles empleando un modelo de



procesamiento basado en SIG en parcelas en la provincia de Bongará, Amazonas (Perú), en la exploración se evaluaron siete especies entre cultivos agrícolas, forestales y pastos, dejando claro los requerimientos agroecológicos de los mismos. Se concluye que los mapas de zonificación agroecológica para sistemas agrosilvopastoriles conforman una iniciativa de administración ambiental en la utilización de suelo en cada parcela estudiada.

El Perú es uno de los países andinos que siempre ha descuidado el uso sostenible de sus recursos naturales. Tal vez las presiones antrópicas, sumado los impactos negativos del cambio climático, estos escenarios ambientales, tienen una larga historia de usos inadecuados de los bosques andinos, aún no es posible establecer con claridad el origen de los impactos; es decir, si se deben al cambio climático o a las presiones antrópicas, o, más bien, a la actuación conjunta de ambos factores.

En los estudios de análisis de sostenibilidad de bosques andinos de especies nativas de la microcuenca hidrográfica de río Calala Llachi, región Puno, Ortiz (2018), señala; se generaron informaciones sobre la tasa de pérdida de los bosques altoandinos basados en diferentes fuentes; abandono de los bosques por las sucesivas migraciones de los lugareños, deforestación masiva, cambio de uso de la cobertura forestal, invasiones de los espacios boscosos por nuevos matrimonios y talas altas por crecimiento poblacional.

Determinó un 28.58% de cambio de cobertura de bosques nativos en 35 años. Luego proyectó la pérdida de cobertura desde el año 2015 al



año 2040, y manifestó que es preocupante la tendencia de pérdida de los rodales, en este período se estaría reduciendo el bosque de 440 ha a 151.82ha. Concluye manifestando su preocupación; se no se controla esta tasa de reducción a corto y mediano plazo, los bosques nativos de *Polylepis spp* de Cala Cala, desaparecerían por completo en el año 2080.

Bajo estas premisas se cita a, SERFOR (2019), e indica; continuar con el desarrollo sostenible de nuestro país, requiere de un Estado capaz de proveer de manera eficaz, oportuna y eficiente información técnica, suficiente, actualizada e idónea sobre las potencialidades y limitaciones de las tierras forestales con la finalidad de contar con las herramientas necesarias para la óptima toma de decisiones.

Sumamos a las series de preocupaciones de, López (2018), señala varias alternativas, dentro de ellas; la implementación de los sistemas de producción agroforestal, porque, presentan grandes expectativas para los agricultores. Hoy las agencias de investigación y desarrollo están proponiendo como una alternativa de uso de la tierra en los diferentes agroecosistemas, sobre todo por los beneficios agregados que generan en lo social, en los servicios ecológicos y en las funciones productivas, como consecuencia del manejo e interacción entre árboles (leñosos y no leñosos), suelo, pastos y animales.

INRENA (2005). Sobre la planificación del manejo forestal sostenible, manifiesta “La estimación de la demanda forestal futura y disponibilidad de los espacios para las plantaciones permanentes están relacionadas con los criterios socio-económicos, que permitirán tomar



decisiones en la gestión forestal en base a los espacios territoriales de cuencas hidrográficas.

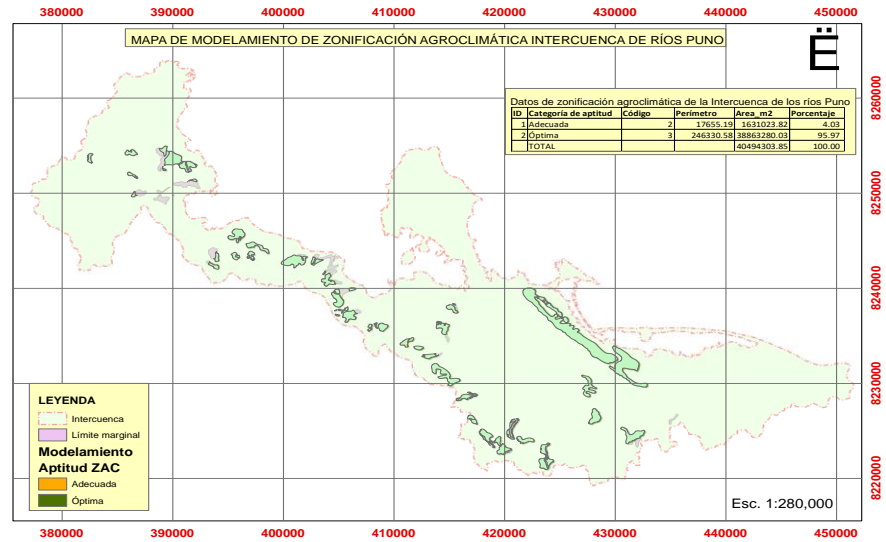
Las razones señaladas en líneas arriba, fortalecerían la toma de decisiones en la gestión de las plantaciones, obviamente contribuirán en la regulación de uso del recurso hídrico, suelo, clima, vegetación nativa, además en el uso sostenibles, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales.

En la modelación de la zonificación Agroclimática de la Intercuenca Puno, se plantearon los criterios: Edafológico, Hidrológico, Ocupación de la tierra, Climatológico y Topográfico con la herramienta Overlay del software Arc Gis10.8 o superposición de capas ponderadas al 100%.

En la zonificación agroclimática de la intercuenca de los ríos de Puno se ha determinado dos categorías de aptitud agroclimática: adecuada y optima en el primer caso se calculó 163 ha, que representa el 4.03% y para la segunda categoría optima se estimó en 3886.32 ha, que representa el 95.97% del área total estudiada. Ver Figura 21

Figura 21

Mapa de modelamiento de Aptitud Agroclimática de la Intercuenca de Puno



Nota: elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Las tierras del espacio estudiado cuentan con 4,982.71ha de vocación forestal de la clase F2 y F3. Además, el uso forestal actual comprende una extensión de 953.72ha. En esta última extensión se encontró plantaciones forestales adecuadas en 454.57ha, plantaciones tipo sobreuso 336.31ha y plantaciones tipo subuso 163.44ha y las especies forestales que actualmente ocupan el ámbito son; *Pinus radiata* en 46.61ha, *Eucaliptus globulos* 851.15ha y *Cupresus macrocarpa* 55.57ha.

SEGUNDA: El área total de la Intercuenca es de 86,142.71ha, uso actual forestal 953.72ha, también se encontró plantaciones forestales adecuadas en 454.57ha, plantaciones tipo sobreuso 336.31ha y plantaciones tipo subuso 163.44ha. Asimismo, se analizaron las relaciones agroclimáticas: temperatura media anual 4 a 8°C, precipitación anual media 792mm/año, radiación solar global RSG de 6 a 8 Mj/m²/día. Estas son las relaciones que influyen positivamente en la producción de madera.

TERCERA: Por último, se modeló: dos categorías de aptitud agroclimática: adecuada y optima en el primer caso se calculó 163 ha, que representa el 4.03% y para la segunda categoría optima se estimó en 3886.32 ha, representa el 95.97% y la vocación de tierras forestales futura disponible es 4,029ha.

CUARTA: Esta investigación permitirá, tomar decisiones en la gestión forestal futura, planificar las actividades de gestión forestal sostenible en la producción de madera en la Intercuenca.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Algunas actividades, resultan indispensables para generar información actualizada con adecuado nivel de detalle orientado a la gestión sostenible del bosque altoandino. El trabajo de investigación ha logrado identificar estas actividades que son necesarias desarrollar para sentar las bases en la zonificación, ordenamiento y monitoreo forestal.

SEGUNDA: Las plantaciones forestales en el Perú son de baja productividad, resultado de un deficiente manejo silvicultural y del uso de semillas de baja calidad genética, entre otras razones. Esta apreciación indica también que el uso de semillas mejoradas y técnicas modernas de propagación han demostrado que es posible hasta triplicar los actuales rendimientos; lo cual, abre un espacio para concluir que se requieren nuevas y mejores semillas.

TERCERA: La información obtenida en esta investigación permitirá planificar las actividades de una gestión sostenible de los recursos Agroclimáticos en la producción de madera en la Intercuenca. Cada distrito, cada comunidad campesina o sector tendrá que elaborar su proyecto de inversión sobre la presente línea base.

CUARTA: Las autoridades del sector agricultura y forestal deberían buscar los canales de coordinación para tomar decisiones con los actores locales y plantear las líneas de acción adecuadas y pertinentes sobre la base de los resultados que en esta investigación se ha determinado.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas M. A. (2010). *Metodología general para presentación de estudios ambientales*. Colombia: Subdirección de Geografía y Cartografía del IGAC.
- CEPLAN. (2021). *Proyecto de Guía para el Plan de Desarrollo Local Concertado Provincial*. Lima: CEPLAN.
- Cervantes, E. (2012). *Zonificación y análisis de la potencialidad agrícola y forestal de las tierras del CIP Camacani para su ordenamiento territorial*. Puno - Perú: UNA Puno.
- Chuvieco, E. (1995). *Teledetección Agrícola*. Madrid.
- CONANP, F. T. (2011). *Guía para la elaboración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas*. Mexico: Conservación de la Naturaleza A. C . 57 p.
- CONGRESO. (23 de Marzo de 2009). Ley N°29338. *El Peruano*, pág. 40.
- Congreso. (22 de Julio de 2011). Aprueban la Ley forestal y de fauna silvestre Ley N°29763. *El Peruano*, pág. 20.
- Congreso, R. P. (31 de 10 de 1993). Aprueban la Constitución de la República del Perú. *El Peruano*, pág. 103.
- CORMA. (2015). *El agua y las plantaciones forestales*. Concepción. Chile: Corporación Chilena de la Madera.
- Donato, J. C. (2019). *Interceptación y escorrentía del bosque altoandino en la reserva forestal protectora "EL MALMO"*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- FAO. (1990). *Evapotranspiración de cultivo*. Roma: FAO.
- FAO. (2014). *Los bosques y el cambio en el Perú; Situación y Perspectivas*. Lima: FAO.
- Faustino, J. (2006). *Documento base. Manejo de cuencas II. Curso de postgrado*. Torrealba: CR. 213p.



- FDA, F. p. (2016). *El estudio VuInerabilidad frente al cambio climático y las presiones antrópicas de los bosques de montaña en Apurímac*. Lima: UNALM.
- Fernandez, M. (2013). *Diagnostico de modelos agrclimaticos*. Colombia: FONADE - IDEAM.
- Franco, A. (2018). *Zonificación de Unidades de Gestión Ambiental de Tierras Agrícolas en la microcuenca de río Ticaraya*. Puno, Perú: E. P. Grado UNA Puno.
- Gobierno, R. P. (2012). *Zonificacion Ecologica Economica de la region Puno*. Puno: ZEE - Puno.
- GRA, E. T. (2012). *Zonificacion Ecologica Economica del departamento de Ayacucho*. Huamanga: GR-Ayacucho.
- Ingenieros, C. (2013). *Uso Actual de la Tierra*. Quillabamba.
- INRENA. (2005). *Plan Nacional de Reforestacion*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- Locatelli, B. K. (2009). *Ante un futuro incierto: cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático*. Bogor: Perspectivas forestales No. 5. CIFOR, 90 p.
- López, C. (2018). *Propuestas de sistemas agroforestales para recuperar las especies forestales maderables en los bosques del eje carretero el Muyo –Chiriaco, 2018*. Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Martínez, A. V.-R. (2000). *Modelación distribuida de la escorrentía superficial en pequeñas cuencas mediante SIG. Evaluación experimental*. Revista Ingeniería Civil (CEDEX)(117).
- MIDAGRI. (24 de abril de 2022). Arueban el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor. *El Peruano*, pág. 28.
- MIDAGRI. (22 de Febrero de 2022). Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor. *Decreto Supremo que aprueba la Clasificación de Teirras por Capacidad de Uso Mayor*, pág. 131.



- MIDAGRI. (7 de Febrero de 2023). *I Symposium Internacional sobre Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/51-sector-agrario>
- MINAM. (2019). *Línea de base de especies forestales (Pinus sp y Eucalyptus sp.) con fines de bioseguridad*. Lima: MINAM.
- MONTOYA, S. (2004). *Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el distrito capital*. Bogotá: Bogotá D.S.
- Moya, R. (2006). *Climas Del Ecuador*. Quito - Ecuador: Citado por Peña, P.
- Orihuela, C. (2021). *Gestión ambiental de recursos naturales y acción climática*. Lima: CIES-La Molina.
- Ortiz, F. (2018). *Modelamiento de la sostenibilidad de los rodales nativos en la microcuenca de río Calacala*. Puno, Perú: UNA Puno.
- PACC-Perú. (2014). *Programa de Adaptación al Cambio Climático. 2014. Explorando respuestas adaptativas a la variabilidad y cambio climático con familias y comunidades altoandinas de Cusco y Apurímac*. Lima: PACC-Perú.
- Peralvo, & C. (2014). *Conversión de ecosistemas altoandinos*. Lima: B. De Bièvre y J. Posner (eds.).
- PNUD. (2016). *Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Santiago de Chile: Ministerio del Ambiente.
- Ramírez, A. G., Cruz, A., & Morales, N. (2016). *El ordenamiento ecológico territorial instrumento de política ambiental para la planeación del desarrollo local*. Mexico: Estudios Sociales, vol. 26, núm. 48, julio-diciembre, 2016, pp. 69-99.
- República, C. (12 de Abril de 2022). D. S. 05-2022-MIDAGRI "Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor". *Diario El Peruano*, pág. 42.
- Sabattini, R. (2009). *Zonificación bosques nativos Dpto. La Paz*. La Paz Bolivia: E.R. Oro Verde,.



Sabattini, R. (2009). *Zonificación de los bosques nativos en el departamen La Paz*. La Paz: FCA UNER.

SENAMHI. (2019). *Estimación de Zonas de Vida Holdridge Perú*. Lima: SENAMHI.

SERFOR. (2019). *Guía metodológica para la zonificación forestal*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.

Wikipedia. (22 de enero de 2023). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_vida



ANEXOS



ANEXO 1: Aptitud agroclimática de Capacidad de Uso Mayor de Tierras

ID	Descripción de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor	Cód. Apt	GRUPO	CLASE	SUBCLASE	ZAC_CUMF	Area m2	Porct. %
0	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada	1	F	F2	F2sec	ZAC1_CUMF2	43046.84	0.00
1	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F3	F3swc	ZAC1_CUMF3	1006925.15	0.12
2	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3sec	ZAC1_CUMF3	42449433.81	4.93
3	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	274996.72	0.03
4	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F3	F3se	ZAC1_CUMF3	79691.93	0.01
5	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F2	F2s	ZAC3_CUMF2	23191.41	0.00
6	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	2570364.40	0.30
7	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	76494.89	0.01
8	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	3579245.98	0.42
9	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	3643777.28	0.42
10	Tierras aptas para cultivos en limpio de calidad agrologica baja, limitada por s	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	15060.53	0.00
11	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	73376.71	0.01
12	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	61885.33	0.01
13	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	17485612.22	2.03
14	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	20112.36	0.00
15	Tierras de proteccion, limitada por suelo y erosion - Tierras aptas para pastos	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	79259.37	0.01
16	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	2	F	F2	F2sec	ZAC2_CUMF2	145070.43	0.02
17	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F2	F2sc	ZAC2_CUMF2	37690.12	0.00
18	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica me	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	21216.84	0.00
19	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3swc	ZAC2_CUMF3	18199.87	0.00
20	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	294363.04	0.03
21	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	117760614.58	13.67
22	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	57044.87	0.01
23	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	68723.06	0.01
24	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	54633.72	0.01
25	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	19074.73	0.00
26	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	42471.42	0.00
27	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	571640.71	0.07
28	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	23351.18	0.00
29	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	4205563.90	0.49
30	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	131107.87	0.02
31	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	355198.43	0.04
32	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	142019.23	0.02
33	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	2	F	F2	F2sc	ZAC2_CUMF2	16103.17	0.00
34	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	2	F	F2	F2sec	ZAC2_CUMF2	13334.16	0.00
35	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	2	F	F2	F2sec	ZAC2_CUMF2	15922582.49	1.85
36	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	2	F	F2	F2sec	ZAC2_CUMF2	316161.92	0.04
37	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	2	F	F2	F2sec	ZAC2_CUMF2	139401.02	0.02
38	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	114621.79	0.01
39	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	137054.01	0.02
40	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	135250.32	0.02
41	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	71491.72	0.01
42	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	41862.16	0.00
43	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sl	ZAC2_CUMF3	56851.38	0.01
44	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	118093.23	0.01
45	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica me	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	12524.26	0.00
46	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	313529.90	0.04
47	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	129184.81	0.01
48	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	12172.25	0.00
49	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	113028.99	0.01
50	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	17247.33	0.00
51	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	1	F	F3	F3sec	ZAC1_CUMF3	11430960.83	1.33
52	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	2601332.80	0.30
53	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	120777.66	0.01
54	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	50057.18	0.01
55	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	11149878.34	1.29
56	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	1089732.83	0.13
57	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo	3	F	F2	F2s	ZAC3_CUMF2	729885.07	0.08
58	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	3	F	F2	F2s	ZAC3_CUMF2	151933.15	0.02
59	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	71886.93	0.01
60	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	5798681.18	0.67
61	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	481243.18	0.06
62	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	1056004.41	0.12
63	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3sc	ZAC3_CUMF3	305592.99	0.04
64	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3sc	ZAC3_CUMF3	118986.53	0.01
65	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	65267.63	0.01
66	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	24144.24	0.00
67	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	116274.24	0.01
68	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	276530.52	0.03
69	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	74702.12	0.01
70	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limita	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	138684.98	0.02
71	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	808792.32	0.09
72	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	36464.10	0.00
73	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	153147.41	0.02
74	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	253071.04	0.03
75	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limita	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	319899.84	0.04



76	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	70909.53	0.01
77	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	131551.67	0.02
78	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	1383470.91	0.16
79	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	475640.97	0.06
80	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	250971.36	0.03
81	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	512255.63	0.06
82	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	469002.35	0.05
83	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	210895.40	0.02
84	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	86783673.77	10.08
85	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	1734619.98	0.20
86	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	387235.69	0.04
87	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	815277.53	0.09
88	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	415283.89	0.05
89	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	262415.16	0.03
90	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	3	F	F2	F2sc	ZAC3_CUMF2	49924.71	0.01
91	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	12978.52	0.00
92	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo, erc	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	33592.82	0.00
93	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	209981.30	0.02
94	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	171970.68	0.02
95	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	229178.89	0.03
96	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	219407.69	0.03
97	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	64172.65	0.01
98	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sc	ZAC3_CUMF3	17589.35	0.00
99	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	42866.05	0.00
100	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec-Xsec	ZAC3_CUMF3	45724.77	0.01
101	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec-Xsec	ZAC3_CUMF3	186129.51	0.02
102	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	172266.26	0.02
103	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	184637.05	0.02
104	Tierras aptas para cultivos en limpio de calidad agrologica baja, limitada por suelo	3	F	F3	F3sc	ZAC3_CUMF3	12827.22	0.00
105	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	318918.89	0.04
106	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	828051.05	0.10
107	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	33746.90	0.00
108	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	26156.03	0.00
109	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	333312.81	0.04
110	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	67923.84	0.01
111	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	1113140.48	0.13
112	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	251091.00	0.03
113	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	277755.74	0.03
114	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	78428.04	0.01
115	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	15591.74	0.00
116	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada	2	F	F2	F2sc	ZAC2_CUMF2	74085.52	0.01
117	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada	2	F	F2	F2sec	ZAC2_CUMF2	7032536.89	0.82
118	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	50579.31	0.01
119	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	28481.89	0.00
120	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	45975.58	0.01
121	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se-Xse	ZAC3_CUMF3	1517962.08	0.18
122	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	108598.29	0.01
123	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	777177.12	0.09
124	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	40107194.21	4.66
125	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	124607.04	0.01
126	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	71799.82	0.01
127	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	32450.98	0.00
128	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	3538219.14	0.41
129	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	10866944.77	1.26
130	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media	3	F	F2	F2sec	ZAC3_CUMF2	66783.85	0.01
131	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	140735.88	0.02
132	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se	ZAC3_CUMF3	14381.35	0.00
133	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3se-Xse	ZAC3_CUMF3	118207.87	0.01
134	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	592025.62	0.07
135	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	3	F	F3	F3sec	ZAC3_CUMF3	13195251.40	1.53
136	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3se	ZAC2_CUMF3	16065.57	0.00
137	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3se-Xse	ZAC2_CUMF3	8283807.70	0.96
138	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	25775.52	0.00
139	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	175397.67	0.02
140	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F2	F2s	ZAC2_CUMF2	431797.95	0.05
141	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	2	F	F3	F3sec	ZAC2_CUMF3	49351.23	0.01
142	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	95803.59	0.01
143	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3sl	ZAC1_CUMF3	66276.46	0.01
144	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3sl	ZAC1_CUMF3	421152290.56	48.90
145	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3sl	ZAC1_CUMF3	543854.39	0.06
146	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada	1	F	F3	F3slw	ZAC1_CUMF3	31949.48	0.00
147	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	235554.60	0.03
148	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F3	F3se	ZAC1_CUMF3	73240.27	0.01
149	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja	1	F	F3	F3se-Xse	ZAC1_CUMF3	27216.17	0.00



150	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	61530.27	0.01
151	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	17288.26	0.00
152	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	25055.55	0.00
153	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F3	F3sc	ZAC1_CUMF3	43193.29	0.01
154	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	12933.41	0.00
155	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	61008.65	0.01
156	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	41300.85	0.00
157	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	877126.61	0.10
158	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	1	F	F2	F2s	ZAC1_CUMF2	972089.20	0.11
159	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	19491.01	0.00
160	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baj	2	F	F3	F3sc	ZAC2_CUMF3	19478.47	0.00
	TOTAL						861298498.53	100.00



ANEXO 2: Clasificación de tierras por Capacidad de Uso Forestal

ID	GRUPO	CLASE	SUBCLASE	Descripción Capacidad de Uso Mayor Forestal	Area Subclase m2	Porcentaje
1	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	43.814777	0.88
2	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	47.418496	0.95
3	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	23.782282	0.48
4	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	6.443592	0.13
5	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	1.610317	0.03
6	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	6.526763	0.13
7	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	3.74784	0.08
8	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	18.811726	0.38
9	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	63.393531	1.27
10	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	59.269244	1.19
11	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	21.410315	0.43
12	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	34.052721	0.68
13	F	F3	F3se	Tierras aptas para	92.679844	1.86



				plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion		
14	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	3.64641	0.07
15	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	15.314741	0.31
16	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	26.178052	0.53
17	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	32.954944	0.66
18	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	7.558226	0.15
19	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	14.384054	0.29
20	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	152.052494	3.05
21	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	61.089129	1.23
22	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	25.097136	0.50
23	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	58.374735	1.17



24	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	51.182901	1.03
25	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	21.08954	0.42
26	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosion y clima	143.371136	2.88
27	F	F3	F3sl	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y sales	1.000574	0.02
28	F	F3	F3sl	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y sales	12.312785	0.25
29	F	F3	F3sl	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y sales	92.81255	1.86
30	F	F3	F3sl	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y sales	54.385439	1.09
31	F	F3	F3slw	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, sales y drenaje	3.194948	0.06
32	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	262.901836	5.28
33	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	38.723569	0.78
34	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	81.527753	1.64
35	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja,	41.340159	0.83



				limitada por suelo, erosión y clima		
36	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	26.241516	0.53
37	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	900.189105	18.07
38	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	354.836357	7.12
39	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	11.809323	0.24
40	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo	34.401012	0.69
41	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	8.761482	0.18
42	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanantes calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	1.393405	0.03
43	F	F2	F2sec	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	3.359282	0.07
44	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	6.678385	0.13
45	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	1.252426	0.03
46	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	20.99813	0.42



47	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	14.073588	0.28
48	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	19.318752	0.39
49	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	22.917889	0.46
50	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	22.706709	0.46
51	F	F3	F3swc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, drenaje y clima	8.744894	0.18
52	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, drenaje y clima	37.770254	0.76
53	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y erosión	23.55546	0.47
54	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y clima	29.258607	0.59
55	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	31.755445	0.64
56	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y erosión	116.544673	2.34
57	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada	9.800776	0.20



				por suelos, y erosión		
58	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y erosión	14.521795	0.29
59	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y erosión	85.041739	1.71
60	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y erosión	105.689163	2.12
61	F	F3	F3slw	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y drenaje	31.294637	0.63
62	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	3.044692	0.06
63	F	F3	F3se-Xse	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y drenaje	59.296743	1.19
64	F	F3	F3se-Xse	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión	2.721617	0.05
65	F	F3	F3se-Xse	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión	11.820787	0.24
66	F	F3	F3sec-Xsec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	4.572477	0.09
67	F	F3	F3sec-Xsec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	18.698734	0.38



68	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	17.953347	0.36
69	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	18.463693	0.37
70	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	61.780113	1.24
71	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	120.579528	2.42
72	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	17.539767	0.35
73	F	F3	F3sc	Tierras aptas para cultivos en limpio de calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	2.788774	0.06
74	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	12.91848	0.26
75	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	6.153027	0.12
76	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	2.946051	0.06
77	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	1.14046	0.02
78	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	13.808454	0.28



79	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	6.044062	0.12
80	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	3.870837	0.08
81	F	F2	F2s	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo	98.263249	1.97
82	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	69.444203	1.39
83	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	13.280847	0.27
84	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	3.245098	0.07
85	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	167.942493	3.37
86	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	87.712661	1.76
87	F	F2	F2s	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos	140.388714	2.82
88	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	39.22956	0.79
89	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	88.993638	1.79



90	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	3.37469	0.07
91	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	25.471476	0.51
92	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	33.932667	0.68
93	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	12.240273	0.25
94	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	111.340552	2.23
95	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	1.907473	0.04
96	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	27.853304	0.56
97	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	26.871077	0.54
98	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	4.935123	0.10
99	F	F3	F3se	Tierras de proteccion, limitada por suelo y erosion - Tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, liitada por suelo y erosion	7.925937	0.16
100	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad	4.262626	0.09



				agrológica baja, limitada por suelos y erosión		
101	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrológica baja, limitada por suelos y erosión	57.164071	1.15
102	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrológica baja, limitada por suelos y erosión	2.335118	0.05
103	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrológica baja, limitada por suelos y clima	1.948647	0.04
Suma Total					4982.574503	100.00



ANEXO 3: Áreas marginales inaceptables en plantaciones forestales

ID	GRUPO	CLASE	SUBCLASE	Descripción de Capacidad de Uso Mayor	COD_CUM	Perímetro	Area m2	Porcentaje
1	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	100	198.36	1727.52	0.040
2	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	100	335.47	1997.58	0.046
3	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	100	4068.22	252693.18	5.869
4	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	100	2945.63	257434.50	5.979
5	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	700	331.07	6251.21	0.145
6	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	700	176.81	1351.34	0.031
7	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	700	5566.56	607849.15	14.117
8	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	700	2496.93	114630.43	2.662
9	F	F2	F2sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	700	1517.96	68649.55	1.594
10	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	700	3729.83	229317.24	5.326
11	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	700	2022.03	78442.05	1.822
12	F	F3	F3se	Tierras aptas para	700	2166.33	216605.40	5.031



				plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion				
13	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	700	4123.12	259249.56	6.021
14	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	700	1203.66	43160.02	1.002
15	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	700	1293.05	97224.42	2.258
16	F	F3	F3sl	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y sales	700	232.77	838.14	0.019
17	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	1200	1445.62	72139.91	1.675
18	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	1200	3192.66	298117.89	6.924
19	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima	1200	1095.23	46859.33	1.088
20	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	200	1959.63	113378.05	2.633
21	F	F2	F2sc	Tierras aptas para plantaciones permanentes calidad agrologica baja, limitada por suelo y clima	700	2659.54	87592.51	2.034
22	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	700	1876.75	103415.30	2.402
23	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por	100	1042.79	41724.73	0.969



				suelos, y clima				
24	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, y erosión	700	6307.96	824160.23	19.141
25	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	100	1752.11	123064.30	2.858
26	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	100	959.92	56927.04	1.322
27	F	F3	F3sc	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y clima	100	643.91	9706.01	0.225
28	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	1200	1960.53	64958.71	1.509
29	F	F3	F3sec	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos, erosión y clima	1200	3321.16	190371.36	4.421
30	F	F3	F3se	Tierras aptas para plantaciones de especies forestales calidad agrologica baja, limitada por suelos y erosión	1500	1284.83	35888.62	0.834
				TOTAL			4305725.28	100.000



ANEXO 4: Base de datos de zonificación agroclimática en la Intercuenca Puno

ID	Código Clase	Clase_ZAC	Simb_Clase	Perímetro_m	Area_m2	Porcentaje
1	3	Óptima	Óp	242.81	2763.5561	0.029
2	2	Adecuada	Ade	891.27	35010.1097	0.368
3	3	Óptima	Óp	908.16	19979.0410	0.210
4	3	Óptima	Óp	114.51	630.6968	0.007
5	3	Óptima	Óp	114.51	630.6968	0.007
6	3	Óptima	Óp	114.51	630.6967	0.007
7	2	Adecuada	Ade	385.99	9379.1351	0.099
8	3	Óptima	Óp	171.75	1257.7896	0.013
9	3	Óptima	Óp	114.51	630.6970	0.007
10	2	Adecuada	Ade	490.27	14234.0876	0.150
11	3	Óptima	Óp	114.51	630.7071	0.007
12	3	Óptima	Óp	894.75	35321.9072	0.372
13	3	Óptima	Óp	497.79	11366.4104	0.120
14	3	Óptima	Óp	7901.26	1175521.2206	12.365
15	3	Óptima	Óp	2305.42	103363.3897	1.087
16	3	Óptima	Óp	5912.60	1073089.5035	11.287
17	3	Óptima	Óp	114.51	630.6962	0.007
18	3	Óptima	Óp	2838.85	462395.0577	4.864
19	3	Óptima	Óp	448.99	11634.5994	0.122
20	3	Óptima	Óp	7310.75	782309.4043	8.229
21	3	Óptima	Óp	500.76	12597.1537	0.133
22	3	Óptima	Óp	3344.80	698523.4789	7.347
23	3	Óptima	Óp	713.04	23435.9599	0.247
24	3	Óptima	Óp	3469.14	296382.0533	3.117
25	2	Adecuada	Ade	1686.34	116219.1996	1.222
26	3	Óptima	Óp	2028.98	123669.1285	1.301
27	3	Óptima	Óp	182.11	1842.3707	0.019
28	3	Óptima	Óp	121.40	921.1854	0.010
29	3	Óptima	Óp	114.51	630.7181	0.007
30	3	Óptima	Óp	11951.11	1283921.6903	13.505
31	3	Óptima	Óp	1986.89	197333.9628	2.076
32	3	Óptima	Óp	1788.77	154661.9116	1.627
33	3	Óptima	Óp	561.82	17308.7971	0.182
34	3	Óptima	Óp	6049.37	581356.4259	6.115
35	2	Adecuada	Ade	333.48	6070.9649	0.064
36	3	Óptima	Óp	627.08	20815.0822	0.219
37	2	Adecuada	Ade	451.74	11492.5510	0.121
38	3	Óptima	Óp	590.34	20806.3599	0.219
39	2	Adecuada	Ade	114.51	630.7085	0.007
40	2	Adecuada	Ade	114.51	630.7085	0.007
41	2	Adecuada	Ade	2020.06	129107.8184	1.358
42	3	Óptima	Óp	1701.12	186754.2617	1.964
43	3	Óptima	Óp	422.49	8786.9687	0.092



44	3	Óptima	Óp	277.62	3506.3461	0.037
45	3	Óptima	Óp	838.06	29119.6247	0.306
46	3	Óptima	Óp	569.99	17499.6562	0.184
47	2	Adecuada	Ade	1938.17	142126.7320	1.495
48	3	Óptima	Óp	1456.64	85498.4273	0.899
49	3	Óptima	Óp	2106.33	86168.9913	0.906
50	3	Óptima	Óp	376.04	6686.1393	0.070
51	2	Adecuada	Ade	121.40	921.1854	0.010
52	2	Adecuada	Ade	114.51	630.7181	0.007
53	2	Adecuada	Ade	2306.00	156829.5356	1.650
54	2	Adecuada	Ade	3119.67	208414.4464	2.192
55	2	Adecuada	Ade	819.57	25223.8711	0.265
56	3	Óptima	Óp	709.91	13919.8808	0.146
57	3	Óptima	Óp	4027.73	323832.8254	3.406
58	3	Óptima	Óp	171.75	1257.7917	0.013
59	2	Adecuada	Ade	353.24	4806.8386	0.051
60	2	Adecuada	Ade	121.40	921.1854	0.010
61	2	Adecuada	Ade	170.09	1381.5222	0.015
62	3	Óptima	Óp	182.11	1842.3707	0.019
63	2	Adecuada	Ade	121.40	921.1854	0.010
64	2	Adecuada	Ade	1423.22	47769.4103	0.502
65	3	Óptima	Óp	722.04	29352.5506	0.309
66	2	Adecuada	Ade	344.13	4543.6861	0.048
67	2	Adecuada	Ade	470.64	10236.8345	0.108
68	3	Óptima	Óp	636.73	19452.6029	0.205
69	3	Óptima	Óp	2220.68	189966.5116	1.998
70	2	Adecuada	Ade	1379.55	48586.6377	0.511
71	3	Óptima	Óp	1990.04	122258.7077	1.286
72	3	Óptima	Óp	409.37	3895.8448	0.041
73	3	Óptima	Óp	1586.03	79228.2058	0.833
74	3	Óptima	Óp	114.51	630.7277	0.007
75	3	Óptima	Óp	4713.12	204405.7338	2.150
		TOTAL			9507145.5887	100.000



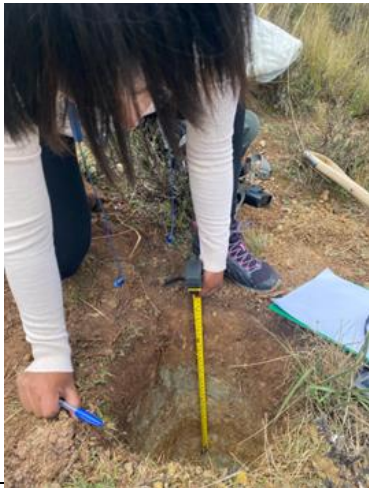
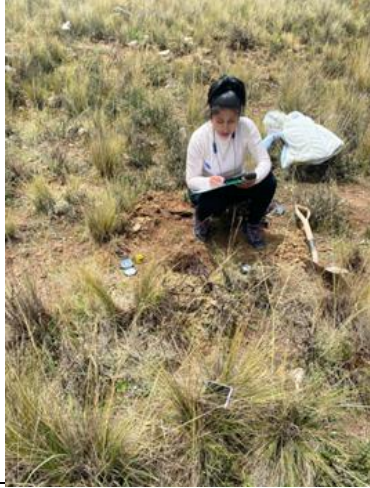
ANEXO 5: Estaciones meteorológicas SENAMHI para Isoyetas

ID	COORD_X	COORD_Y	ALTITUD	ESTACION	CATEGORIA	DISTRITO	TEM_MED	PRECIP	H°_RELAT	VIENTO
1	391618	8250023	3820	Puno	CP	Puno	8.90	718.80	50.80	2.80
2	410793	8274432	3828	Capachica	CO	Capachica	7.90	795.80	53.40	3.50
3	425965	8261863	3850	Isla Taquil	CO	Amantanj	10.10	1216.00	80.00	2.27
4	450843	8208469	3812	Juli	CO	Juli	8.20	868.40	64.74	2.70
5	385967	8213658	3900	Laraqueri	CO	Laraqueri	7.20	742.80	57.71	2.53
6	413241	8231937	3935	Acora	CO	Acora	8.50	781.90	60.00	2.80
7	429200	8223485	3871	San Miguel	CO	Ilave	8.10	646.70	61.90	3.30
8	431020	8221195	3880	Ilave	CO	Ilave	8.10	700.40	61.70	3.10
9	399758	8251197	3808	Los Uros	CO	Puno	9.70	719.00	72.00	4.00
10	447586	8279422	3815	Isla Soto	CO	Conima	8.10	868.40	64.74	3.20
11	409104	8194347	3830	Isla Suana	CO	Anapia	10.10	846.02	88.51	2.23
12	352948	8266710	3892	Lampa	CO	Lampa	8.00	713.76	56.50	1.13


ANEXO 6: Punto de muestreo de suelos C.E Illpa - PUNO (Terraza Media).

Nombre: CE ILLPA UNA PUNO			
UBICACIÓN			
Ubicación política		Coordenadas (UTM)	Datum: WGS-84 Zona 19s
Lugar: Illpa (Carretera)			
Distrito: Paucarcolla		Longitud:	385779
Provincia: Puno		Latitud:	8263203
Departamento: Puno		Cota:	3828
REGISTRO DE CAMPO			
Tipo de fuente: Puntos de control	Textura: F.A.Ar	Ambiente Geológico de la surgencia	
Código: 3	pH: 4.4	Intrusivo	
		Volcánico	
Materia Orgánica % 2.5	Permeabilidad cm/s 0.6 (Moderada)	metamórfico	
		Sedimentario	X
		Cuaternario	
Cuencas hidrográficas:	Por el Norte:	Cuenca Illpa Cuenca Ilave Aguas Calientes	
	Por el Sur:		
	Por el Oeste:		
Uso: Agropecuario		Parámetros	Muestreo
			X
Observaciones			
Punto de control de extracción de muestra para su análisis textural, drenaje, permeabilidad, pH y nivel de materia orgánica en el área de estudio, C.E ILLPA UNA (Terraza Media).			
			
Fecha: 14/05/2023			
Inventario por: B.Cañazaca			


ANEXO 7: Punto de muestreo de suelos C.E Illpa - PUNO (Colina Media).

Nombre: CE ILLPA UNA PUNO			
UBICACIÓN			
Ubicación Política		Coordenadas (UTM)	Datum: WGS-84 Zona 19s
Lugar: Illpa (Bosque)			
Distrito: Paucarcolla		Longitud:	383393
Provincia: Puno		Latitud:	8262214
Departamento: Puno		Cota:	3955
REGISTRO DE CAMPO			
Tipo de fuente: Puntos de control	Textura: F.Ar.A	Ambiente Geológico de la surgencia	
Código: 4	pH: 8.4	Intrusivo	
		Volcánico	
Materia Orgánica % 1.8	Permeabilidad cm/s 0.48 (Lenta)	Metamórfico	
		Sedimentario	X
		Cuaternario	
Cuencas hidrográficas:	Por el Norte:	Cuenca Illpa Cuenca Ilave Aguas Calientes	
	Por el Sur:		
	Por el Oeste:		
Uso: Agropecuario		Parámetros	Muestreo
			X
Observaciones			
Punto de control de extracción de muestra para su análisis textural, drenaje, permeabilidad, pH y nivel de materia orgánica en el área de estudio, Illpa bosque, C.E ILLPA UNA (Colina Media).			
			
Fecha: 14/05/2023			
Inventario por: B.Cañazaca			

ANEXO 8: Punto de muestreo de suelos Camacani UNA Puno (Terraza alta).


Nombre: CE CAMACANI UNA PUNO			
UBICACIÓN			
Ubicación Política		Coordenadas (UTM)	Datum: WGS-84 Zona 19s
Lugar:	Camacani (Carretera)	Longitud:	408400
Distrito:	Chucuito	Latitud:	8236200
Provincia:	Puno	Cota:	3846
Departamento:	Puno		
REGISTRO DE CAMPO			
Tipo de fuente:	Puntos de control	Textura:	F.L
Código:	7	pH:	6
Materia Orgánica %	5.19	Permeabilidad cm/s	0.54 (Moderada)
		Intrusivo	
		Volcánico	
		Metamorfico	
		Sedimentario	X
		Cuaternario	
Cuencas hidrográficas:		Por el Norte:	Cuenca Illpa
		Por el Sur:	Cuenca Ilave
		Por el Oeste:	Aguas Calientes
Uso:	Agropecuario	Parámetros	Muestreo
			X
Observaciones			
<p>Punto de control de extracción de muestra para su análisis textural, drenaje, permeabilidad, pH y nivel de materia orgánica en el área de estudio, Camacani cerca de carretera, C.E CAMACANI UNA (Terraza Alta).</p>			
			
Fecha: 16/05/2023			
Inventario por: B.Cañazaca			

ANEXO 9: Punto de muestreo de suelos Camacani UNA Puno (Colina Media).

Nombre: CE CAMACANI UNA PUNO			
UBICACIÓN			
Ubicación Política		Coordenadas (UTM)	Datum: WGS-84 Zona 19s
Lugar:	Camacani (Bosque)		
Distrito:	Chucuito	Longitud:	408560
Provincia:	Puno	Latitud:	8235750
Departamento:	Puno	Cota:	3885
REGISTRO DE CAMPO			
Tipo de fuente: Puntos de control	Textura: F.A	Ambiente Geológico de la surgencia	
Código: 8	pH: 6.2	Intrusivo	
		Volcánico	
Materia Orgánica % 2.85	Permeabilidad cm/s 0.45 (Lenta)	Metamorfico	
		Sedimentario	X
		Cuaternario	
Cuencas hidrográficas:	Por el Norte:	Cuenca Illpa	
	Por el Sur:	Cuenca Ilave	
	Por el Oeste:	Aguas Calientes	
Uso: Agropecuario	Parámetros	Muestreo	
			X
Observaciones			
Punto de control de extracción de muestra para su análisis textural, drenaje, permeabilidad, pH y nivel de materia orgánica en el área de estudio, C.E CAMACANI UNA (Colina Media).			
			
Fecha: 16/05/2023			
Inventario por: B.Cañazaca			




ANEXO 10: Punto de muestreo de suelos Microcuenca de la ciudad de Puno -

Escalerani

Nombre: ESCALERANI PUNO						
UBICACIÓN						
Ubicación Política		Coordenadas (UTM)	Datum: WGS-84 Zona 19s			
Lugar:	Escalerani		Longitud:	389056		
Distrito:	Puno			Latitud:	8248919	
Provincia:	Puno				Cota:	3947
Departamento:	Puno					
REGISTRO DE CAMPO						
Tipo de fuente: Puntos de control		Textura: F.Ar.A		Ambiente Geológico de la surgencia		
Código: 9		pH: 5.8		Intrusivo		
				Volcánico		
Materia Orgánica % 2.9		Permeabilidad cm/s 0.4 (Lenta)		metamórfico		
				Sedimentario		X
				Cuaternario		
Cuencas hidrográficas:		Por el Norte:		Cuenca Illpa Cuenca Ilave Aguas Calientes		
		Por el Sur:				
		Por el Oeste:				
Uso: Agropecuario				Parámetros		
				Muestreo		X
Observaciones						
<p>Punto de control de extracción de muestra para su análisis textural, drenaje, permeabilidad, pH y nivel de materia orgánica en el área de estudio, Escalerani, Puno.</p>						
						
Fecha: 14/05/2023						
Inventario por: B.Cañazaca						



ANEXO 11: Declaración jurada de autenticidad de tesis

 Universidad Nacional del Altiplano Puno	 Vicerrectorado de Investigación	 Repositorio Institucional
---	---	---

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo BRESANI RUTH CAÑAZACA CAÑAZACA
identificado con DNI 71016262 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada
" APTITUD AGROCLIMATICA PARA MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES
SOSTENIBLES EN LA INTERCUENCA HIDROGRAFICA PUNO
"

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.


Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de diciembre del 2023



FIRMA (obligatoria)


Huella

CS Escaneado con CamScanner



ANEXO 12: Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo BRESANI RUTH CAÑAZACA CAÑAZACA
identificado con DNI 71016262 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

APTITUD AGROCLIMATICA PARA MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES

SOSTENIBLES EN LA INTERCUENCA HIDROGRAFICA PUNO

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de diciembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella