



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO RURAL

TESIS

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EDÁFICAS EN MATORRAL
ARBUSTIVO CON T'ANKAR (*Berberis microphylla*) Y USO COMO
ESTRATEGIA AGROFORESTAL PARTICIPATIVA EN
COTAHUARCAY - CHUQUIBAMBILLA – APURÍMAC, 2024**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
DESARROLLO RURAL**

AUTOR:

Br. PASCUAL BAILON OROS QUISPE

ASESOR:

Dr. RICARDO GONZALES QUISPE

CODIGO ORCID: 0000-0003-0227-8770

**CUSCO - PERÚ
2025**

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Evaluación de Propiedades edáficas en material arbustivo con Tankar (Berberis microphylla) y uso como estrategia agroforestal participativa en Cotahuarcay-Chuquibambilla-Apurímac-2024

Presentado por: Pascual Bailon Orós Quispe DNI N° 23966017

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de maestro en desarrollo Rural

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 19 de julio de 2025

.....
Firma

Post firma Ricardo Gonzales Quispe

Nro. de DNI 2390379

ORCID del Asesor 0000-0003-0227-8770

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259474872356

PASCUAL BAILÓN OROS QUISPE

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EDÁFICAS EN MATORRAL ARBUSTIVO CON T'ANKAR (*Berberis microphylla*) Y USO CO

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:474872356

211 Páginas

Fecha de entrega

19 jul 2025, 6:20 p.m. GMT-5

56.659 Palabras

Fecha de descarga

19 jul 2025, 6:27 p.m. GMT-5

302.857 Caracteres

Nombre de archivo

MAESTRIA PASCUAL TURNITIN.pdf

Tamaño de archivo

6.5 MB

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
59 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
13 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dra. NELLY AYDE CAVERO TORRE, Directora (e) General de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EDÁFICAS EN MATORRAL ARBUSTIVO CON T'ANKAR (Berberis microphylla) Y USO COMO ESTRATEGIA AGROFORESTAL PARTICIPATIVA EN COTAHUARCAY - CHUQUIBAMBILLA – APURÍMAC, 2024** de la Br. Br. PASCUAL BAILON OROS QUISPE. Hacemos de su conocimiento que el (la) sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día VEINTISIETE DE JUNIO DE 2025.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN DESARROLLO RURAL.

Cusco, Julio del 2025

Dr. WILFREDO CATALAN BAZAN
Primer Replicante

Dra. CATALINA JIMENEZ AGUILAR
Segundo Replicante

Dr. DOMINGO GUIDO CASTELO HERMOZA
Primer Dictaminante

Mg. PURIFICACIÓN MUNA MARQUEZ
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

Al divino creador del alto, todo poderoso y eterno; a mi hermana Julia, A mi sobrina Magaly; A los doctores Silver y Anderson. En memoria de mis padres: Nicasio, Matilde y mi hermano Mario que ya tomaron la delantera, pero continúan vivos en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los docentes de la Escuela de Posgrado de la tricentenaria Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Mi más profundo agradecimiento al Dr. Ricardo Gonzales Quispe, patrocinador del presente trabajo de investigación, por su apoyo permanente en el proceso de ejecución.

Del mismo modo mis sinceros agradecimientos a las personas más importantes en mi vida y que entregaron su apoyo desinteresado; a mis hermanos Mario (Q.D.D.G) y Julia, sin la ayuda, sobre todo su infinito amor, sin ese aliento jamás hubiese podido lograr uno de mis anhelados objetivos.

.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XVI
ACRONIMOS.....	XVII
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRAC.....	XIX
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación de la investigación.....	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	6
CAPITULO II MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	7
2.1. 1. Propiedades físicas del suelo.....	7
2.1.1.9. Porosidad (f).....	14
2.1.2. Propiedades químicas.....	16
2.1.3. Propiedades biológicas.....	30
2.1.3.10. Definición de suelos.....	35
2.1.3.11. Funciones del suelo.....	35
Tipos de muestras.....	36
Cualidad para el desarrollo de las plantas.....	36
2.1.3.12. Ubicación taxonomico de Berberis microphylla.....	37
Superreyno: Eucaryota.....	37
2.1.3.13. Nombres comunes.....	37

2.1.3.14. Descripción botánica de la familia berberidaceae	38
2.1.3.15. Descripción del género Berberis.....	38
2.1.3.17. El Género Berberis	39
2.1.3.19. La cobertura vegetal	43
Sitio forestal.....	44
2.1.4.1. Análisis del suelo.....	47
2.1.4.2. Suelos forestales en comparación con suelos cultivados.....	48
2.1.4.3. Base legal.....	48
2.1.4.4. Relación de la silvicultura con la naturaleza y el paisaje.	49
2.1.4.5. Selección de variables	49
2.2. Marco conceptual	50
a. Hipótesis general.....	56
b. Hipótesis específicas.	56
2.5. Identificación de variables e indicadores.....	57
2.6. Operacionalización de variables.....	59
CAPITULO III METODOLOGIA.....	66
3.1. Ámbito de estudio: localización política y geográfica	66
3.1.1. Localización política y geográfica del proyecto de investigación.....	66
3.1.2. Localización geográfica:.....	66
3.1.3. Límites	66
3.1.4. Ubicación hidrográfica de la comunidad campesina de Cotahuarca- Chuquibambilla-Apurímac.	66
3.1.5. Ubicación fitogeográfica en el Perú.	67
3.2. Materiales y metodos.....	74
3.2.1. Materiales. - Se tiene los siguientes equipos utilizados.....	74
3.2.2. Metodos.	74
3.2.2.1. Diseño de tipo y nivel de la Investigación.....	74

3.2.4. Técnicas de muestreo de Suelo.....	75
3.3. Unidad de análisis.....	78
3.4. Técnicas de recolección de información.	78
3.5. Validacion de resultados.....	78
3.6. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas.....	78
3.7. Población de estudio.....	79
3.8. Tamaño de muestra.....	79
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
4.1. Propiedades físicas del suelo en el matorral arbustivo con t'ankar.....	80
4.1.1. Textura de suelo en matorral arbustivo de t'ankar	80
Prueba de hipótesis para clase textural- <i>Arena (%)</i>	81
4.1.1.2. Limo (%), en matorral arbustivo con t'ankar.	82
4.1.1.3. Contenido de Arcilla (%) en matorral arbustivo con t'ankar.....	85
4.1.2. Propiedades físicas complementarias.	87
Prueba de hipótesis para capacidad de campo <i>CC (%)</i>	90
4.1.2.4. Densida real (<i>Dr</i>) de suelos en matorral arbusto con t'ankar.	93
4.1.2.5. Punto de marchitez permanente - <i>pmp (%)</i> de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.....	96
4.1.2.6. Porosidad (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.	98
4.2. Propiedades químicas que determinan la fertilidad de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.	101
4.2.2. Potencial de hidrógeno (P^H) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.	103
4.2.3. Carbonato de calcio $CaCO_3$ (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar .	105
4.2.4. Materia Orgánica (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.	108
4.2.5. Nitrógeno total (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.....	110
Prueba de hipótesis para K_2O (ppm) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.....	116
Prueba de hipótesis calcio <i>Ca (meq/100)</i>	121

4.3. Propiedades biológicas de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.	133
4.2. Determinación de uso y propuesta de plan de manejo agroforestal de t'ankar en la comunidad de Cotahuarca del distrito de Chuquibambilla, Grau- Apurímac	134
4.2.1. Identificación de uso de t'ankar mediante tabla de frecuencias y representación gráfica en barras.....	134
4.4. Propuesta de plan de manejo agroforestal de t'ankar en la comunidad de Cotahuarca del distrito de Chuquibambilla, provincia Grau- región Apurímac.....	142
4.3. Presentación de resultados.....	152
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	154
5.1.1. Propiedades físicas.	154
5.1.2. Propiedades químicas.	154
5.1.3. Propiedades biológicas.	155
5.1.4. Identificación de usos y propuesta del plan de manejo agroforestal.	155
RECOMENDACIONES.	156
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	157
ANEXOS.....	168

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Descripción de las principales clases de partículas del suelo (USDA simple)</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2 Diámetro de granulos, espesor de lámina, diámetro de bloques y altural prisma de clase textural.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 3 Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez (PM) y Agua disponible</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 4 Clases texturales del suelo (USDA) y su densidad aparente ideal (g/cm³).....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 5 Funciones y tamaños de los poros del suelo.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 6 Porosidad y densidad aparente para distintas texturas.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 7 Clase de salinidad en función de la conductividad eléctrica (C.E) del suelo (USDA)</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 8 Clasificación de los suelos en función de la acidez medida en una relación suelo: agua (1:2).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 9 Tabla de interpretación de análisis de materia orgánica (%).....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 10 Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%).....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 11 Niveles de Fosforo (P) en el suelo</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 12 Tabla de interpretación de análisis de fósforo y potasio disponibles (ppm).....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 13 Tabla de interpretación de análisis de la Capacidad de Intercambio Cationico (meq/100g.).....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 14 Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 15 Categorías de disponibilidad de calcio.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 16 Categorías de disponibilidad de magnesio</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 17 Categorías de disponibilidad de potasio.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 18 Categorías de disponibilidad de Aluminio.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 19 Los 10 elementos más abundantes en la corteza terrestre.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 20. Clasificación de suelos salinos y sódicos.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 21 Categorías de disponibilidad de sodio.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 22 Categoría de Colonización en raíces por hongos micorrízicos arbusculares.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 23 Detalle de variables físico-químicas del suelo.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 24 Variables e indicadores.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 25 Sistema de Cuencas y Sub cuencas del Departamento de Apurímac.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 26 Datos observados de Arena (%)</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 27 Análisis de varianza entre los promedios de Arena (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>80</i>

<i>Tabla 28 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Arena (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 29 Datos observados de contenido de Limo (%)</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 30 Análisis de varianza entre los promedios de contenido de Limo (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 31 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de contenido de Limo (%) de los diferentes sectores</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 32 Datos observados de Contenido de Arcilla (%).....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 33 Análisis de varianza entre los promedios de Contenido de Arcilla (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 34 Datos observados de Humedad equivalente (HE %).</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 35 Análisis de varianza entre los promedios de HE (%) de los diferentes sectores... </i>	<i>87</i>
<i>Tabla 36 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de HE (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 37 Datos observados capacidad de Campo de CC (%).....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 38 Análisis de varianza entre los promedios de CC (%) de los diferentes sectores... </i>	<i>89</i>
<i>Tabla 39 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de CC (%) de los sectores</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 40 Datos observados de densidad aparente D_a (%).....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 41 Análisis de varianza entre los promedios de D_a (%) de los sectores evaluadas. ..</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 42 Comparación múltiple de Tukey (95%) de los sectores evaluados.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 43 Datos observados de densidad real D_r (%) de suelos muestreados.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 44 Análisis de varianza entre los promedios densidad real D_r (%) de los sectores evaluados</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 45 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de D_r (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 46 Datos observados de punto de marchitez permanente (PMP %)</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 47 Análisis de varianza entre los promedios de PMP (%) de los diferentes sectores</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 48 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de PMP (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 49 Datos observados de Porosidad (f %)</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 50 Análisis de varianza entre los promedios de Porosidad (%) de los diferentes sectores</i>	<i>99</i>

<i>Tabla 51 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Porosidad (%) de los sectores.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 52 Datos observados de conductividad eléctrica CE (mmhos/cm).....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 53 Análisis de varianza de los promedios de la CE (mmhos/cm) de los sectores en evaluación.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 54 Comparación múltiple de Tukey (95%) promedios de la CE (mmhos/cm) de los sectores</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 55 Datos observados de potencial hidrogeno (pH)</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 56 Análisis de varianza entre los promedios de pH de los sectores en evaluación..</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 57 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de pH de los sectores</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 58 Datos observados de Carbonato de calcio CaCO3 (%).....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 59 Análisis de varianza entre los promedios de CaCO3 (%) de los sectores.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 60 Comparación múltiple de Tukey entre los promedios de CaCO3 (%) de los sectores</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 61 Datos observados de Materia Orgánica (%).....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 62 Análisis de varianza entre los promedios de Materia Orgánica (%) de los diferentes sectores.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 63 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Materia Orgánica (%) de los diferentes sectores</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 64 Datos observados de Nitrógeno total (%).....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 65 Análisis de varianza entre los promedios de Nitrógeno total (%) de los diferentes sectores</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 66 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Nitrógeno total (%).....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 67 Datos observados de P2 O5 (ppm)</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 68 Análisis de varianza entre los promedios de P2O5 (ppm) de los sectores</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 69 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de P2O5 (ppm) de los sectores</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 70. Datos observados de K2 O (ppm)</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 71. Análisis de varianza entre los promedios de K2 O (ppm) de los sectores.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 72 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de K2O (ppm) de los sectores</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 73. Datos observados de capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100).....</i>	<i>118</i>

<i>Tabla 74 Análisis de varianza entre los promedios de CIC (meq/100) de los sectores</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 75. Comparación múltiple de Tukey (95%) entre promedios de CIC (meq/100) de los sectores</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 76 Datos observados de calcio (Ca meq/100) en los sectores evaluados.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 77 Análisis de varianza entre los promedios de Ca (meq/100) de los sectores en evaluación</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 78 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Ca (meq/100) de los sectores.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 79. Datos observados de magnesio Mg (meq/100)</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 80. Análisis de varianza entre los promedios de Mg (meq/100) de los sectores</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 81 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Mg (meq/100) de los sectores.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 82 Datos observados de potasio (K meq/100)</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 83 Análisis de varianza entre los promedios de K (meq/100) de los sectores en estudio</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 84 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de K (meq/100) de los sectores.</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 85 Datos observados de sodio (Na meq/100).....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 86 Análisis de varianza entre los promedios de Na (meq/100) de los sectores en evaluación</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 87 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Na (meq/100) de los sectores.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 88 Datos observados de aluminio (Al meq/100).....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 89 Análisis de varianza entre los promedios de Al (meq/100) de los sectores en estudio</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 90 Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Al (meq/100) de los sectores</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 91 Análisis microbiológico. Colonizacion de raíces por hongos y esporas</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 92 Los usos le da al arbusto no maderable del t'ankar</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 93 Encuesta sobre los usos en conservación y protección del t'ankar.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 94 Preferencias de consumo de los frutos de t'ankar en grupos etario.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 95 Encuesta sobre temporada de consumo de los frutos de t'ankar.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 96 Importancia económica tiene el t'ankar</i>	<i>138</i>

<i>Tabla 97 Estudios realizados por alguna ONG o agente del estado en la comunidad, si se tomó en cuenta el bosque de t'ankar</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 98 Usos del fruto de t'ankar.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 99 Cuántas hectáreas de cobertura de t'ankar dispone en su comunidad</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 100 El estado actual de la especie nativa de t'ankar en la comunidad.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 101 Sobre los principales medios de propagación del t'ankar.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 102 Manejo del sistema silvicultural de t'ankar.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 103 La edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad.</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 104 A favor de investigación para recuperar el bosque de t'ankar en la comunidad.</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 105. Coordenadas, altitudes y el área de los sectores en estudio.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 106 Densidad de plantas por hectárea</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 107 Presupuesto del plan de manejo</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 108 Ubicación de los sectores de muestreo</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 109 Análisis físico mecánico: propiedades físicas.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 110 Análisis de propiedades físicas complementarias.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 111 Análisis de fertilidad</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 112 Análisis de caracterización: propiedades químicas</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 113 a. Encuesta para la determinación de usos de t'ankar.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 114 b. Encuesta para plan de manejo agroforestal de t'ankar.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 115 Resultado de análisis físico- químico de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 116 Análisis microbiológico de rizosfera t'ankar (Berberis microphylla G. Forst). 184</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 117 Densidad de plantas encontradas y conversión de T'ankar/Ha</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 118 Clasificación de densidad de planta y ubicación de sectores según pendiente. 188</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 119 Coordenadas UTM de los sectores muestreadas.</i>	<i>189</i>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Triángulo de las clases texturales según las proporciones de arena, limo y arcilla en el suelo.....	9
Figura 2 Triángulo Moebius para las tres dimensiones.....	46
Figura 3 Unidad fitogeográfica del Perú	68
Figura 4 Croquis de ubicación mediante coordenadas UTM.	70
Figura 5 Estimacion de zonas de vida de Holdridge en el Perú	71
Figura 6 Ubicación de puntos de muestreo en los seis sectores del ambito de la comunidad de Cotahuarca- Provincia Grau- Region Apurímac	73
Figura 7 Promedio de Arena (%) de los diferentes sectores.....	82
Figura 8 Promedio de Arena (%) de los diferentes sectoresPromedio de Contenido de Limo (%) de los diferentes sectores, interpretación gráfica	84
Figura 9 Promedio de Contenido de Arcilla (%) de los diferentes sectoresPromedio de Contenido de Arcilla (%) de los diferentes sectores.....	86
Figura 10 Promedio de humedad equivalente (HE%) de los cinco sectores y el testigo.	88
Figura 11 Promedio de capacidad de campo (CC %) de los sectores.	91
Figura 12 Promedio de densidad aparente (Da %) de los sectores evaluados.....	93
Figura 13 Promedio de densidad real (Dr %) de los sectores evaluados.....	95
Figura 14 Promedio de PMP (%) de los diferentes sectores	98
Figura 15 Promedio de Porosidad (%) de los diferentes sectores.	100
Figura 16 Promedio de la CE (mmhos/cm) de los diferentes sectores.....	103
Figura 17 Promedio de pH de los diferentes sectores	105
Figura 18 Promedio de CaCO ₃ (%) de los diferentes sectores	107
Figura 19 Promedio de Materia Orgánica (%) de los seis sectores	110
Figura 20 Promedio de Nitrógeno total (%) de los sectores evaluados.....	112
Figura 21 Promedio de P ₂ O ₅ (ppm) de los sectores en evaluación	115
Figura 22 Promedio de K ₂ O (ppm) de los sectores estudiados.....	117
Figura 23 Promedio de CIC (meq/100) de los sectores muestreados.....	120
Figura 24 Promedio de calcio (Ca meq/100) de los sectores	122
Figura 25 Promedio de magnesio (Mg meq/100) de los sectores en evaluación.	124
Figura 26 Promedio de potasio (K meq/100) de los sectores en evaluación.....	126
Figura 27 Promedio de sodio (Na meq/100) de los sectores en estudio.....	129

Figura 28 Promedio de aluminio (Al meq/100) de los sectores en estudio.....	132
Figura 29 Usos que le da al arbusto no maderable del t'ankar.....	135
Figura 30 Los usos en conservación y protección del t'ankar.....	136
Figura 31 Preferencias de consumo de los frutos de t'ankar en grupos etario	137
Figura 32 Encuesta sobre temporada de consumo de los frutos de t'ankar.....	138
Figura 33 Importancia económica tiene el t'ankar	139
Figura 34 Estudios realizados por alguna ONG o agente del estado en la comunidad, si se tomó en cuenta el bosque de t'ankar.....	140
Figura 35 Usos del fruto de t'ankar	141
Figura 36 Hectáreas de cobertura de t'ankar se dispone en la comunidad.....	142
Figura 37 El estado actual de la especie nativa de t'ankar en la comunidad.....	143
Figura 38 Los principales medios de propagación del t'ankar.....	144
Figura 39 Manejo del sistema silvicultural de t'ankar	145
Figura 40 La edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad.....	147
Figura 41 A favor de investigación para recuperar el bosque de t'ankar en la comunidad.....	148

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Planta de <i>Berberis microphylla</i>	39
Fotografía 2 Partes de la planta de t'ankar	40
Fotografía 3 Propagacion sexual de t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>).....	42
Fotografía 4:Plantines de t'ankar (<i>Berberis sp</i>)	44
Fotografía 5:Plantines de t'ankar (<i>Berberis sp</i>),.....	44
con hojas verdes	43
Fotografía 6: Sustrato utilizado (<i>B. micro</i>).....	44
Fotografía 7:Repique de brinzales de t'ankar.....	43

ACRONIMOS

(Fr): Franco

(FrAr): Franco arenoso

(FrLi): Franco limoso

(FrAc): Franco arcilloso

(HE): Humedad equivalente

(CC): Capacidad de campo

(PMP): Punto de marchitez permanente

(DA): Densidad aparente

(DR): Densidad real

(CE): Conductividad eléctrica

(CIC): Capacidad de intercambio catiónico

(CICE): Capacidad de intercambio catiónico efectivo

(p^H): Potencial hidrogenión

(CaCO₃): Carbonato de calcio

(M.O.): Materia orgánica

(NT): Nitrógeno total

(P₂O₅): Fosfato

(K₂O): Óxido de potasio

(CIC): Capacidad de intercambio catiónico

Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ y Al⁺⁺⁺: Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y Aluminio

(HMA): Hongos micorrizicos arbusculares

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

B: Berberis

Var: Variedad.

Sin: Sinonimia

SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

USDA: United States Department of Agriculture

(f): Porosidad.

MFC: Manejo forestal comunitario.

FIA: Fondo para la innovación agraria

RESUMEN

La ejecución del presente trabajo de investigación se debe a la necesidad de conocer las propiedades físicas, químicas, biológica de suelos en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*) y uso como estrategia agroforestal participativa en Cotahuarcay-Chuquibambilla, de tal manera mejorar las distintas formas de uso y proteger la especie arbustiva importante del peligro de extinción e incorporar en trabajos de forestación, reforestación y simultáneamente contribuir en la conservación de los ecosistemas. El objetivo principal fue evaluar las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*) y uso como estrategia agroforestal participativa en la comunidad de Cotahuarcay. La investigación tiene enfoque cuantitativo y cualitativo, es de tipo descriptivo, se desarrolla de manera horizontal porque los datos se obtuvieron en los sectores designados aleatoriamente (cuantitativo) y se utilizó los formatos de encuesta como instrumento (cualitativo), la población estuvo representada por 140 comuneros y para su análisis se utilizó análisis estadístico y tabla de frecuencias. Los resultados de la evaluación, los suelos pertenecen a la clase textural franco (Fr), franco arenoso (FrAr), franco limoso (FrLi) y franco arcilloso (FrAc), por lo que la especie en estudio prospera en la clase textural identificada. Se evaluó la humedad equivalente (HE), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), porosidad, con porcentajes adecuados. La densidad aparente (DA) y densidad real (DR), de 1.20 a 1.31 gramos/cm³ y de 2.36 a 2.52 gramos/cm³ respectivamente. Las propiedades químicas como la conductividad eléctrica (CE) entre los valores 0.297 – 0.113, indican suelos **no salinos**, potencial hidrogenión (PH) encontrado de 7.06 a 6.23 corresponde a un nivel **neutro, ligeramente alcalino**, carbonato de calcio (CaCO₃), va desde 0 a 0.12, se encuentran a un nivel **muy bajo**, materia orgánica, desde 5.17 a 4.04% indica mayor porcentaje, Nitrógeno total (NT), fósforo (P₂O₅) y óxido de potasio (K₂O), se identificó los niveles de capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes cambiables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ y Al⁺⁺⁺), con relativa homogeneidad.

En las propiedades biológicas, se refiere a la colonización de raíces por hongos micorrizicos arbusculares (HMA) de 63.86%, indica buen porcentaje de hongos, las esporas de hongos en 100 gramos de suelo 208 esporas de hongos Se identificó el uso de t'ankar, con preferencia de consumo en la comunidad de Cotahuarcay.

Palabras clave: Propiedades edáficas, t'ankar, uso, estrategia agroforestal y matorral arbustivo.

ABSTRAC

The execution of this research work is due to the need to know the physical, chemical, biological properties of soils in shrubby scrub with t'ankar (*Berberis microphylla*) and use as a participatory agroforestry strategy in Cotahuarcay-Chuquibambilla, in such a way as to improve the different forms of use and protect the important shrub species from the danger of extinction and incorporate it into afforestation and reforestation work and simultaneously contribute to the conservation of ecosystems. The main objective of this research was to evaluate the edaphic properties in shrubby scrub with t'ankar (*Berberis microphylla*) and its use as a participatory agroforestry strategy in the community of Cotahuarcay. The research has a quantitative and qualitative approach, with a quasi-experimental descriptive design, it is developed horizontally because the data were obtained in randomly designated sectors (quantitative) and the survey formats were made available as an instrument (qualitative), the population It was represented by 140 community members and statistical and frequency analysis was used for its analysis.

The results of the evaluation show that the soils belong to the textural classes of loam (Fr), sandy loam (FrAr), silt loam (FrLi), and clay loam (FrAc). Therefore, the species under study thrives in the identified textural class. Equivalent moisture content (HE), field capacity (CC), permanent wilting point (PMP), and porosity were evaluated with appropriate percentages. The apparent density (AD) and true density (RD) were 1.20 to 1.31 grams/cm³ and 2.36 to 2.52 grams/cm³, respectively. Chemical properties such as electrical conductivity (EC) between values 0.297 - 0.113, indicate non-saline soils, hydrogen potential (PH) found from 7.06 to 6.23 corresponds to a neutral, slightly alkaline level, calcium carbonate (CaCO₃), ranges from 0 to 0.12, are at a very low level, organic matter, from 5.17 to 4.04% indicates a higher percentage, total nitrogen (TN), phosphate (P₂O₅) and potassium oxide (K₂O), the levels of cation exchange capacity (CEC), exchangeable cations (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ and Al⁺⁺⁺), were identified with relative homogeneity.

In the biological properties, it refers to the colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) of 63.86%, indicating a good percentage of fungi, the fungal spores in 100 grams of soil 208 fungal spores. The use of t'ankar was identified, with preference for consumption in the community of Cotahuarcay.

KEY WORDS: Edaphic properties, t'ankar, use, agroforestry strategy and scrub.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales más importantes para cualquier país de contexto mundial, latinoamericano y nacional son el suelo y la flora representada por bosques nativos o artificiales, que están vinculadas fuertemente de manera natural e intrínseca. Las actividades que se realicen en uno de ellos pueden afectar de manera positiva o negativa al otro. Por lo señalado, es importante saber, cuáles son las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla?* *B. buxifolia. var. Spinosa*) y qué uso le dan en la comunidad de Cotahuarcay, para dicho efecto se tienen variables cuantitativas y cualitativas importantes.

El suelo es uno de los elementos más esenciales para la existencia en el planeta, dado que constituye el conocimiento esencial para la explotación de actividades agropecuarias y forestales. Martin y Adad, (2006, pág. 504). Se entiende que el deterioro acelerado e irreversible del recurso suelo se debe a un desequilibrio en algunas de sus funciones, que puede provocar su deterioro físico, químico y biológico. Blum, (1998).

La finalidad de la investigación es evaluar las propiedades físicas, como la apariencia física del suelo y es el resultado del equilibrio de los elementos conformantes (Zavaleta, 1992), las propiedades químicas del suelo como la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el pH, y la conductividad eléctrica (CE) son importantes ya que influyen en la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento de las plantas, el destino de los contaminantes, la actividad biológica, las propiedades biológicas del suelo, se entiende como la existencia de gran diversidad de organismos vivos: bacterias, hongos, nematodos, lombrices, etc. todos ellos interactúan directamente con las plantas, el aire y el agua. En cuanto el aprovechamiento que más varían según su uso.

La finalidad es definir técnicamente mediante el análisis de la clase textural, contenido de macronutrientes, micronutrientes, hongos micorrizicos arbusculares de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, uso, estas características ningún comunero o estudioso no conocen, tampoco está incluido en los trabajos de investigación, en proyectos de forestación y reforestación ejecutado por los gobiernos locales, regionales y nacionales que pueda contribuir al adecuado aprovechamiento de esta especie tan importante, ya sea como especie agroforestal, por las bondades de los frutos, raíces y tallos. Por tanto, desconocen adecuado manejo, propagación, usos y aprovechamiento; por tanto, es necesario conocer las propiedades edáficas en matorral arbustivo. Por lo antes mencionado se formula la interrogante: ¿los suelos en matorral arbustivo con t'ankar en que clase textural se ubicaran bajo condiciones de la

comunidad de Cotahuarcay? para responder a esta interrogante, se interpreta a través del análisis de variancia como hipótesis de investigación: “la clase textural evaluado en matorral arbustivo con t’ankar (*Berberis microphylla*. *B. buxifolia*. var. *Spinosa*) son homogéneos en todas las muestras.

¿Las propiedades químicas (macronutrientes y micronutrientes) evaluadas serán iguales en las muestras analizadas? la respuesta a esta interrogante resulta después del análisis de variancias que son diferentes, por lo que se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la hipótesis alterna. Así, se evidencia que las interrogantes para las propiedades biológicas, se aprecia porcentaje de colonización de hongos micorrízicos arbusculares en raíces de los brinzales de t’ankar, precisamente se tiene buen porcentaje de colonización de hongos. Finalmente fue posible identificar el uso, aprovechamiento racional de t’ankar y propuesta de plan de manejo agroforestal en la comunidad de Cotahuarcay.

El desarrollo del trabajo de investigación se ha considerado cinco capítulos: En el capítulo I, se describe la situación problemática, identificación del problema central, las causas de orden tecnológico, social y ambiental, los efectos que motiva emprender el presente trabajo de investigación. En el capítulo II, se desarrolla bases teóricas que involucra algunas definiciones referentes a la evaluación edáfica en matorral arbustivo con t’ankar, continúa con el marco conceptual, que consiste en definir palabras claves empleados a lo largo de la elaboración del presente trabajo, para dar soporte a las fuentes de información sobre propiedades edáficas, continúa indicando los antecedentes empíricos de la investigación, se resume las hipótesis general y específica de la investigación. Finalmente, en forma ordenada se identificó las variables dependientes, para luego operacionalizar las variables que permite visualizar el contenido de la investigación.

El espacio de investigación, se sitúa en la comunidad campesina de Cotahuarcay, distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau, Región Apurímac, siendo el objetivo principal evaluar las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t’ankar (*Berberis microphylla* *G. Forst*) y uso como estrategia agroforestal participativa en Cotahuarcay, con la finalidad de conocer los indicadores físicos, químicos y biológicas más adecuados que permita mejorar la propagación, manejo agroforestal y aprovechamiento de la especie materia de investigación en la comunidad.

En el capítulo III, la metodología empezando por el ámbito de estudio, localización política y geográfica de la comunidad de Cotahuarcay, diseño metodológico, se define el tipo y nivel de investigación descriptivo, la técnica de selección de muestra, técnicas de recolección de información y las técnicas de análisis e interpretación de la información recopilados a través

de análisis de variancia y tabla de frecuencias; seguidamente se presenta técnicas para demostrar la verdad o falcedad de las hipótesis planteadas.

En el capítulo IV, se presentan los resultados y discusiones que fueron procesados usando para ello instrumentos estadísticos, computacionales y discutidos en base a los resultados.

En el capítulo V, finalmente se presentan las conclusiones alcanzadas y recomendaciones efectuadas producto de la investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática.

En el contexto mundial sobre la desertificación y erosión de suelos.

En el área mediterránea, la principal causa es la degradación del suelo es la erosión hídrica. Esta erosión esta favorecida principalmente por la intensificación de los incendios forestales, la agricultura intensiva y los cambios de uso del territorio (Pantis & Mardiris, 1992; United Nations Statistical Commision, 1992). La pérdida de la cubierta vegetal es una de las causas más importantes en los procesos de desertificación, Andreu et al., (1998).

La mayor parte de las investigaciones en multiplicación se dedican en especies exóticas como Pino y Eucalipto, no se dispone con información de formas de propagación, no se conoce los tipos de suelos más adecuados, en lo que respecta a cómo la regeneración natural de esta especie en tierras abandonadas o eriasas. (Bonnesoeur y otros, 2019).

Las propiedades biológicos, químicos y físicos que están en pemanente cambio transformando y garantizando la fertilidad y evitan el empobrecimiento de la tierra destinado para el cultivo (Ramesh y otros, 2019); (Wang y otros, 2018).. La cobertura vegetal de los bosques montanos nativos y bosques secundarios instalados artificialmente, según Ahmadnia et al (2020) y Adetunji et al (2020) respectivamente favorecen o benefician a las propiedades físico-químico-biológicas del suelo; pero muchos de estos bosques, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016). Están siendo devastados por incendios y deforestados debido a la expansión de la agricultura y la ganadería.

En America Latina.

Actualmente, **más de 68 por ciento de la superficie sudamericana está afectada por la erosión:** 100 millones de hectáreas de tierras fueron degradadas por la deforestación y 70 millones debido al sobrepastoreo.

Ante los problemas de deforestación en los suelos andinos a nivel mundial, surge la preocupación por restaurar los suelos agrícolas, buscando equilibrar la fertilización y mejorar el contenido de nutrientes mediante la incorporación de cobertura vegetal.

En el contexto Nacional, Regional y local.

En el Perú existe amplia diversidad de bosques, montanos que contribuyen a mejorar las propiedades físico-químico-biológicas del suelo, pero a pesar de la existencia de la ley forestal de Fauna Silvestre (Ley N° 29763), siguen existiendo procesos destructivos como: tala de árboles, incendios forestales naturales generados por el hombre, sobrepastoreo sin el manejo adecuado de pastos naturales, entre otros. Razón para sostener que, los bosques y arbustales de alta montaña deben ser conservados, adecuado manejo y aprovechamiento racional (Cuyckens & Renison, 2018).

En la subcuenca de Vilcabamba, microcuenca de Chuquibambilla donde está ubicado la comunidad de Cotahuarca, se dispone buena población de la especie silvestre t'ankar, se aprovecha sus frutos, utilizan en protección de cercos y otros sin tener conocimiento de las propiedades edáficas que permita prosperar, no conocen los medios de propagación que facilite incrementar población, se evidencia propagación y desarrollo natural gracias a algunas aves silvestres (Chihuaco) a través de sus excretas favorecen su dispersión de t'ankar (*Berberis microphylla* sin. *B. buxifolia* var. *Spinosa*), no se tiene establecido el área de cubierta vegetal, a estos inconvenientes se suma la deforestación a través de tala indiscriminada, incendios forestales, sin que ninguna entidad pública y privada se preocupe en su protección y repoblamiento.

En tal sentido se ha identificado el problema central **“débil conocimiento de propiedades edáficas y manejo tecnólogo en matorral arbustivo de t'ankar con fines agroforestales, en Cotahuarca-Chuquibambilla-Apurimac”**.

Con la identificación del problema central, se determinó las causas: a) de orden **tecnológico**, señalando, escaso interés por los investigadores, no conocen tipos de suelos para propagar t'ankar y técnicas de propagación no validadas. b.- Orden **social**, en la comunidad se identifica escasa existencia de organizaciones agroforestales, demanda de uso de t'ankar, instituciones académicas no valoran estas especies. c.- Orden **ambiental** que es de vital importancia estas causas, como los incendios forestales, sobrepastoreo, tala indiscriminada, para uso como combustible u otros fines, no practican protección de bosques mediante clausuras. En resumen, estas causas tienen como consecuencias suelos degradados sin cobertura forestal, vulnerabilidad de cobertura forestal con matorral arbustivo de t'ankar, reducción de hábitos de consumo de frutos de t'ankar por generaciones actuales y reducción de áreas silvopastoriles en tierras de la comunidad. Finalmente se tiene consecuencia reducción de ingresos económicos e incremento de pobreza extrema.

En respuesta al problema identificado en el presente trabajo de investigación titulada Evaluación de las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*) y uso como estrategia agroforestal participativa en la comunidad de Cotahuarcay, se pretende contribuir en la identificación de propiedades edáficas (físicas, químicas y biológicas) y la determinación de uso y/o aprovechamiento y simultáneamente la protección, conservación e incorporación de la especie nativa t'ankar al uso racional a través de trabajos de forestación con enfoque agroforestal, silvopastoril, asimismo con el logro de objetivos se tendrá mejoramiento de sistemas de pastoreo ordenado, lo que se lograra mediante cercos de protección o clausuras temporales con motivo de garantizar plantaciones instaladas en los sectores identificados en la comunidad de Cotahuarcay.

1.2. Formulación del problema

a. Problema general.

¿Qué propiedades edáficas tiene el matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla* B. *buxifolia* var? Spinosa) y que uso como estrategia agroforestal participativa tiene en la comunidad de Cotahuarcay, distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau- Región Apurímac?

b. Problemas específicos.

¿Cuál es la clase textural y qué propiedades físicas complementarias tienen los suelos en matorral arbustivo con t'ankar en la comunidad de Cotahuarcay?

¿Cuáles son las propiedades químicas de los suelos en matorral arbustivo con t'ankar en la comunidad de Cotahuarcay?

¿Por qué cuantificar el porcentaje de hongos micorrizicos arbusculares, esporas de hongos de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, en la comunidad de Cotahuarcay?

¿Qué usos tiene el t'ankar (¿*Berberis microphylla*? Sin. *B. buxifolia*. var. Spinosa) en la comunidad de Cotahuarcay?

1.3. Justificación de la investigación.

El t'ankar (*Berberis microphylla*. Sin. *B. buxifolia*. var. *spinosa*), es un arbusto silvestre de gran importancia que se encuentran en los suelos alto andinos bajo sistemas de propagación natural en macizo, silvopastoriles y agroforestal.

Las instituciones públicas y privadas son ajenos al problema de **débil conocimiento de propiedades edáficas y manejo tecnológico en matorral arbustivo con la especie silvestre t'ankar**, como consecuencia los suelos degradados, sin buena cobertura forestal, vulnerabilidad del matorral arbustivo con t'ankar, reducción de hábitos de consumo de frutos de t'ankar por generaciones actuales, los que están cobrando mayor efecto negativo en la comunidad y es necesario encontrar adecuado conocimiento de propiedades edáficas y manejo tecnológico del matorral arbustivo con t'ankar,

En la actualidad la comunidad de Cotahuarcay debe contar con mucho conocimiento de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, su uso, aprovechamiento técnico y con un plan de manejo agroforestal, se pueda evitar la deforestación, sobrepastoreo, incendios y extinción de esta especie que contribuye con el desequilibrio ecológico.

La presente investigación fue viable, puesto que se dispone en matorral arbustivo con t'ankar, con fuente de información por parte de la comunidad necesarios para llevar a cabo el trabajo y se contó con otorgamiento de autorización resolutive de SERFOR con fines de investigación de flora silvestre sin acceso a recursos genéticos.

En el aspecto social se evidencia escasa organizaciones forestales para proteger y conservar la especie arbustiva en la comunidad de Cotahuarcay y a través de la investigación se busca mejorar el uso y aprovechamiento adecuado de la especie en suelos debidamente evaluados y con una propuesta del plan de manejo agroforestal.

El trabajo tiene utilidad metodológica, ya que podrá realizarse futuras investigaciones que usarán metodologías compatibles, de tal manera permitan análisis integral, comparaciones de variables concretos.

El estudio pretende contribuir al mejoramiento de la cobertura forestal con t'ankar en suelos evaluados en la comunidad de Cotahuarcay, desde allí hacer efecto multiplicador a otras comunidades el conocimiento de las propiedades edáficas para la propagación del t'ankar, como elemento esencial para el equilibrio ecológico y la conservación del matorral arbustivo con t'ankar.

Los medios de propagación más eficientes del t'ankar (*Berberis microphylla*. Sin. *B. buxifolia* var. *spinosa*), no están validadas, tampoco los sustratos requeridos, siendo el estudio de suelos desde el punto de vista químico necesario para el valanceo nutricional del sustrato, en esa

referencia, los programas de recuperación de la cobertura forestal emplearan medios de propagación mas eficientes. No se da una real importancia en la nutrición de esta especie nativa que muestran mayor sostenibilidad en el tiempo y espacio.

Con la determinación del tipo de suelo y el conocimiento del equilibrio dinámico de las propiedades físicos, químicos y biológicos, permitirá lograr contingencias al estrés hídrico en el contexto de cambio climático, desde el punto de vista biológicos los organismos (hongos micorrizicos arbusculares, anélidos y otros) se comportan como bioestimuladores naturales y movilizadores de nutrientes.

Con los resultados obtenidos, en la comunidad de Cotahuarca proponer repoblamiento de la especie en estudio a través de proyectos de recuperación y mejoramiento de la cobertura agroforestal, previa disponibilidad de un plan de manejo agroforestal que permita instalar plantones en campo definitivo bajo sistemas de plantación en macizo, agroforestería, paisajística, silvopastoril y su aprovechamiento de sus frutos.

Se evidenciar la carencia del manejo agroforestal comunitario, es de vital importancia emprender conjunto de actividades en la comunidad orientadas al aprovechamiento sostenible y la conservación de ecosistemas con t'ankar, como plantaciones en cercos vivos por la excelente opción debido a sus espinas y su resistencia, estas berberidácea ofrecen una defensa natural contra animales y personas, creando un cerco impenetrable, plantaciones para defensa ribereña, especialmente por la característica de tipo de raíces fibrosas, muestran buen anclaje en el suelo, manteniendo estable el suelos al borde de los cauces de los ríos y riachuelos por las que se propone poner en marcha un plan de manejo agroforestal y convertirse en un modelo de manejo para otras comunidades del área rural.

Desde el punto de vista teórico, este tipo de trabajo no se realizó u otro similar con iguales variables vinculada a las propiedades edáficas y manejo tecnológico de t'ankar, existen otros estudios que trataron las variables edáficas aisladamente sin considerar especies silvestres de importancia y desde el punto de vista práctico se esta ayudando a prevenir las consecuencias negativas que esta trayendo, como la deforestación, erosión de suelos, incendios forestales y otros factores ambientales adversas.

1.4. Objetivos de la investigación.

a. Objetivo general

Evaluar las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*) y uso como estrategia agroforestal participativa en la comunidad de Cotahuarca del distrito de Chuquibambilla, Provincia de Grau – Apurímac

Objetivos específicos.

- Evaluar la clase textural y propiedades complementarias de suelos en matorral arbustivo con t'akar (*Berberis microphylla*) en la comunidad de Cotahuarca.
- Evaluar las propiedades químicas de suelos en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*).
- Cuantificar la colonización por hongos micorrízicos arbusculares, esporas de hongos en suelos presentes en matorral arbustivo con t'ankar, en la comunidad de Cotahuarca.
- Identificar el uso de t'ankar (*Berberis microphylla*) y proponer un plan de manejo agroforestal en la comunidad de Cotahuarca distrito Chuquibambilla -Grau – Apurímac.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

2.1. 1. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades se observan en la apariencia física del suelo y es el resultado del equilibrio de los elementos conformantes (Zavaleta, 1992). Entre las más determinantes están:

2.1.1.1. Textura.

Se define la textura del suelo como la cantidad en porcentaje de peso de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existente en capas u horizontes del suelo (Gisbert y otros, 2010). Las clases texturales se agrupan en cuatro grandes grupos que poseen características similares (Gisbert y otros, 2010).

- a. **Texturas arcillosas.** Son suelos plásticos y complicados de manejar. Tienen la capacidad de retener grandes cantidades de agua y nutrientes, gracias a su microporosidad y alta capacidad de intercambio catiónico. A pesar de su capacidad para almacenar agua, presentan una baja permeabilidad, a menos que estén bien estructurados y desarrollen un buen sistema de grietas.
- b. **Textura arenosa.** Este tipo de suelo contrasta con el arcilloso, ya que una textura arenosa en la superficie se denomina suelo ligero por su baja plasticidad y facilidad de manejo. Proporciona una excelente aireación, ya que las partículas grandes permiten que el aire circule con facilidad. No obstante, durante lluvias intensas, puede ocasionar encharcamientos o escorrentías, lo que incrementa el riesgo de erosión superficial. La acumulación de materia orgánica es limitada y el arrastre de minerales es alto.
- c. **Textura limosa.** Presenta carencia de propiedades coloidales formadoras de estructura, formando suelos que se apelmazan con facilidad impidiendo la aireación y la circulación del agua. Es fácil la formación de costras superficiales que impiden la emergencia de las plántulas.
- d. **Texturas francas o equilibradas.** Al tener un mayor equilibrio entre sus componentes gozan de los efectos favorables de las anteriores sin sufrir sus defectos, el estado ideal sería la textura franca y a medida que nos desviamos de ella se van mostrando algunos inconvenientes. (Gisbert y otros, 2010).

La textura del suelo es una propiedad física fundamental y estable, que generalmente permanece constante y no puede modificarse a corto plazo. Esta característica influye en diversas propiedades del suelo, como la densidad aparente, la porosidad y la aireación, entre otras.

En edafología las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (diámetro > 2 mm) y elementos finos (< 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura de un suelo (Gisbert y otros, 2010). Siguiendo la terminología establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América) (Soil Survey Staff, 1999).

2.1.1.2. LAS ARCILLAS DEL SUELO:

Zavaleta (1992), Las arcillas se encuentran en suelos en porciones y como tal constituidos por cargas y son de apariencia lustrosa o cristalina, considerados como la reserva de nutrientes de las plantas, es evidente observar en laboratorio partículas < 2 mm de diámetros, es mas importante la apariencia coloidal que muestra, debido a que se absorbe cationes, la que toma como referencia para su clasificación. Se refiere a la proporción relativa en que se encuentran las clases de partículas con diámetro menor a 2 mm en un volumen de suelo dado. Se reconocen tres clases principales de partículas (Tabla 1).

Tabla 1

Descripción de las principales clases de partículas del suelo (USDA simple)

Partículas	Diámetro	Descripcion
Arena	2,00 – 0,05 mm	Las partículas individuales de este suelo son visibles a simple vista. Debido a su gran tamaño y forma irregular, el contacto entre las partículas de arena es limitado, lo que dificulta la formación de agregados estables en el suelo.
Limo.	0,05 – 0,002 mm	Su tamaño permite que sean observables con un microscopio. Gracias a la combinación de su área superficial y el tamaño de sus poros, estas partículas poseen la mayor capacidad de retención de agua disponible.
Arcilla	< 0,0002 mm	Estas partículas solo son visibles mediante microscopios electrónicos. Al humedecerse, forman agregados que se vuelven bastante duros al secarse. El grado de cohesión y adhesión varía según el tipo de arcilla; a medida que la arcilla es más fina, el terrón resultante es más duro.

Fuente: Zavaleta, 1992: 65 – 66; Porta, 2003: 95.

Según sus porcentajes relativos de cada clase textural presenta un suelo con comportamiento físico, químico y mecánico distinto (SSDS, 1993).

La cantidad de partículas es determinante para el paso de nutrientes, para el contenido de agua, expulsión de iones, para la presencia de nutrientes y comportamiento frente a la erosión (Gallegos, 1997); (Jaramillo, 2002).

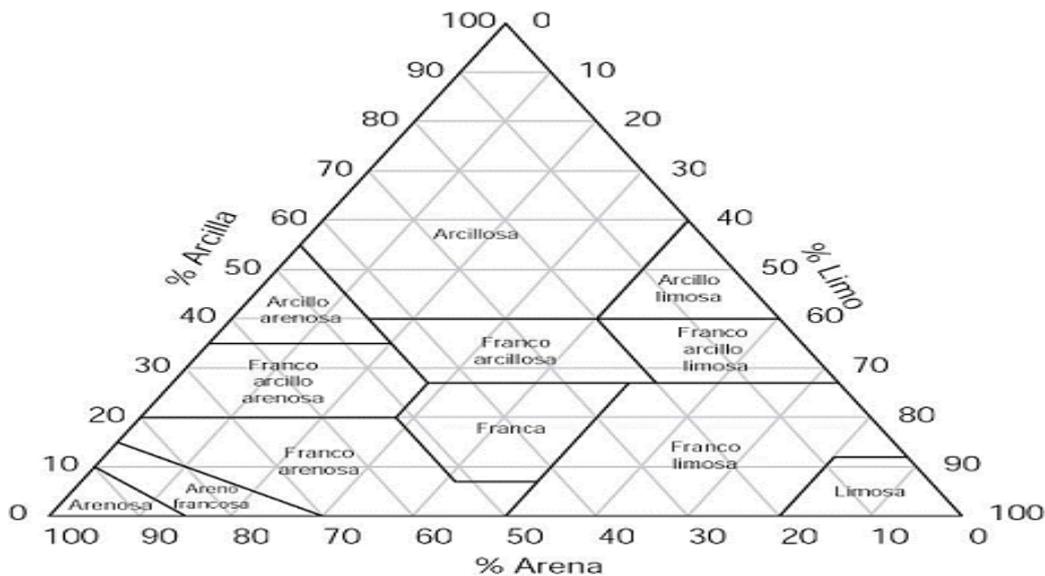
Un suelo adecuado para laboreo agrícola se encuentra con 43% de arena, 33% de limo y 25% de arcilla, considerada también como textura media, ideal para tierras de cultivo, estas tres fracciones se encuentran en equilibrio (Jaramillo, 2002); (Porta y otros, 2003)

Las clases texturales se muestran en el triángulo textural (Figura 1), utilizando la nomenclatura establecida por el USDA (SSDS, 1993). El orden de los términos indica la fracción o fracciones predominantes en el suelo (Sánchez J. , 2007).

Los porcentajes de las tres partículas se determinan en laboratorio mediante el análisis granulométrico. Este proceso implica la segregación de las tres fracciones principales del suelo (Porta y otros, 2003). Los valores obtenidos se ubican en el eje de la fracción correspondiente en el triángulo textural, y se proyectan según las líneas guías al interior. Una vez encontrada valores mediante análisis de suelo en laboratorio se ubica el punto de intercepción de las tres líneas es la clase textural del suelo analizado (Jaramillo, 2002). Los lados del triángulo esta constituido por los porcentajes de arcilla, arena y limo, que se interceptan con los valores fácilmente se establece el porcentaje de textura de un suelo muestreado.

Figura 1

Triángulo de las clases texturales según las proporciones de arena, limo y arcilla en el suelo



Fuente: SSDS, 1993. Nomenclatura en español según Zavaleta, 1992

Le Bissonnais (1996) menciona que no siempre hay una intervención clara de la textura en los agregados. La arcilla refleja la propiedad física de suelos, debido a que a simple vista y

laboreo de suelos muestra cierta resistencia y obstáculo a las herramientas agrícolas. (Oades, 1993).

2.1.1.3. ESTRUCTURA.

Mantener la estructura, es una valoración de la capacidad del suelo para mantener la forma de la parte sólida y los vacíos porosos, una vez sometida a la acción del agua o labores de aradura que es una fuerza mecánica mediante maquinaria agrícola. (Kay, 1990).

Tipo o forma del agregado:

- Laminar
- Prismática
- Columnar
- Bloque cúbico angular
- Bloque cúbico sub angular
- Granular
- Migajosa (Kay, 1990)

Tabla 2

Diámetro de granulos, espesor de lámina, diámetro de bloques y altura prisma de clase textural

Tamaño o Clase	Diámetro granulos	Espesor de lámina	Diámetro bloques	Altura de Prisma
Muy fino	< 1 mm	< 1 mm	< 5 mm	<10 mm
Fino	1 – 2 mm	1 – 2 mm	5 – 10 mm	10 – 20 mm
Medio	2 – 5 mm	2 – 5 mm	10 – 20 mm	20 – 50 mm
Grueso	5 – 10 mm	5 – 10 mm	20 – 50 mm	50 – 100 mm
Muy grueso	> 10 mm	> 10 mm	> 50 mm	> 100 mm

Fuente: INIA Huancayo-Perú

En la tabla 2, se aprecia el tamaño o clase textural en mm.

2.1.1.4. HUMEDAD EQUIVALENTE.

El grado de humedad se determina en laboratorio a partir de una muestra que ha sido sometida a una fuerza centrífuga 1000 veces superior a la gravedad (aproximadamente 10 atmósferas) durante unos 40 minutos. La humedad equivalente es un valor cercano a la capacidad de campo y sirve como sustituto para su determinación.

La humedad equivalente de un suelo en el campo se refiere al contenido mínimo de agua en el que una gota, al ser depositada sobre una superficie lisa del suelo, no se absorberá por completo en 30 segundos. En vez de ser absorbida, la gota se extenderá sobre la superficie, formando una fina capa de humedad.

La humedad equivalente en el terreno se calculará así:

$$\text{Humedad equivalente en el terreno} = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

2.1.1.5. CAPACIDAD DE CAMPO (CC).

Las definiciones y conceptos propuestos o asumidos para capacidad de campo (CC) incluyen: Exceso de agua gravimétrico presente en el suelo no permite alcanzar a la capacidad de campo, esta saturación debe descender relativamente, el suelo adecuado para la siembra después de tres días de riego pesado, con contenido de agua óptimo, muestra apariencia de fácil laboreo (Veihmeyer & Hendrickson, 1931).

- "Es el suelo drenado después de 3 días sometido a un riego pesado es adecuado en contenido para el cultivo Colman, (1947).
- El suelo que mantiene cantidad de agua para favorecer a los cultivos en forma constante, la variación de esta condición va en contra del estado de desarrollo de especies cultivadas. (Dictionary Geotechnical Engineering, 2014).

García (2012), Indica que la capacidad de campo es la cantidad de agua que retiene el suelo tras haber sido saturado y luego drenado libremente durante un periodo de 24 a 78 horas. Por otro lado, Vega (2011), Menciona que se refiere al porcentaje de humedad que se retiene en el suelo bajo una tensión de aproximadamente 1/3 de atmósfera.

Tabla 3*Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez (PM) y Agua disponible*

Textura	Punto de Marchitez %	Capacidad de Campo %	Agua Disponible %
Arena media	1.7 - 0.78	6.8 - 3.1	5.1 - 2.3
Arena fina	2.3 - 1.1	8.5 - 3.8	6.2 - 2.8
Franco. Arenoso	3.4 - 1.5	11.3 - 5.1	7.9 - 3.6
Franco	6.8 - 3.1	18.1 - 8.1	11.3 - 5.1
Franco. Limoso	10.2 - 4.6	21.5 - 9.7	11.3 - 5.1
Arcilloso	14.7 - 6.6	22.6 - 10.2	7.9 - 3.6

Fuente: Laboratorio INIA Huancayo-Perú**2.1.1.6. Densidad aparente (DA).**

Porta, et, al., (1999), La densidad aparente se entiende como la media de peso del suelo por cada unidad de volumen, analizado previo secado al aire, sometido a una estufa a 110° C. La densidad aparente está vinculada con el peso específico de partículas minerales y las partículas orgánicas y la porosidad de suelos.

La densidad aparente se evidencia en el grado de compactación de los suelos, sea cultivado o en descanso, a mayor compactación menor espacio poroso. (Keller & Hakanssona, 2010).

La densidad aparente es una medida utilizada para evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se emplea para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, un cálculo común en la fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente puede variar según el grado textural del suelo y el contenido de materia orgánica, así como estacionalmente debido al grado de laboreo del suelo. También se observa en suelos con arcillas desagregadas (Taboada & Álvarez, 2008).

La densidad aparente se entiende como a la porción de suelo secado dividido con el producto de largo por ancho y altura, incluido por los vacíos existentes (Pinot, 2000). Para la medida de la densidad aparente se extrae de un sector determinado una muestra de suelo de volumen conocido y se seca en el horno a 105°C, hasta que alcanza un peso constante. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo:

$$DA \text{ (g/ cm}^3 \text{ o Mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de los sólidos de la muestra o peso seco}}{\text{Volumen de los sólidos} + \text{Volumen de los poros}}$$

La determinación de la densidad aparente es especialmente útil para calcular la capacidad de retención de agua del suelo y para estimar su grado de compactación. La medida de la densidad aparente de suelos hoy en día se realiza con la radiación de alta frecuencia. (Calvache, Influencia de la materia orgánica sobre la evapotranspiración del cultivo de fréjol., 1982).

Un suelo de condiciones porosas presenta valores de D.A. por debajo de 1,3 g/cm³ Según la clase textural del suelo, se ha estimado un rango de D.A. ideal (Tabla 4).

Tabla 4

Clases texturales del suelo (USDA) y su densidad aparente ideal (g/cm³)

CLASE TEXTURAL	D. A. (g/cm³)
Arenosa	1,60 – 1,70
Areno francosa	1,55 – 1,70
Franco arenoso	1,50 – 1,60
Franco	1,45 – 1,55
Franco limoso	1,45 – 1,55
Limoso	1,40 – 1,50
Franco arcillo arenosa	1,45 – 1,55
Franco arcillosa	1,40 – 1,50
Franco arcillo limosa	1,45 – 1,55
Arcillo arenosa	1,35 – 1,45
Arcilla limosa	1,40 – 1,50
Arcilla	1,25 – 1,45

3. **Fuente:** Adaptado de USDA, “General Guide for Estimating Moist Bulk Density”

2.1.1.7. Densidad real (DR).

Jauregui (1995), La densidad real, es el peso de los suelos esta en función de las partículas que contiene y se evidencia muestreando con un objetivo. La densidad aparente se define normalmente como la masa (o peso) de una unidad de volumen de los sólidos del suelo, y se conoce como densidad de la partícula. Aunque puede haber variaciones significativas en la densidad de suelos minerales individuales, la mayoría de los suelos normales presentan valores dentro de un rango estrecho, entre 2,6 y 2,7 g/cc.

La densidad se refiere al peso de un cuerpo por unidad de volumen. En la mayoría de los suelos, la densidad promedio de las partículas varía entre 2.6 y 2.78 g/cm³, siendo el valor de 2.65 g/cm³ bastante confiable. Sin embargo, este valor no es adecuado para suelos con un contenido de materia orgánica superior al 5%. La determinación se efectúa usando la fórmula: (Calvache, 2009).

$$DR = \frac{Ms}{Vs}$$

Donde:

Ms= Masa sólida

Vs= Volumen de sólida.

2.1.1.8. El Punto de Marchitez:

La capacidad de campo es contraria, al Punto de Marchitez Permanente (PMP) es el potencial hídrico del suelo más negativo al cual las hojas de las plantas no recobran su turgencia o no son turgentes. En efecto, el valor del PMP depende de las condiciones climáticas del suelo (precipitación pluvial, heladas, sequia) y de la conductividad hidráulica. (Singer & Munns, Suelo una introducción., 1999). Sykes (1969) (citado por Landon 1984) encuentra variación entre las especies de -7 a -39 bares, sin embargo, el PMP es cercano a los - 15 bares (pF 4.2), aunque depende del tipo de planta (Lambers y otros, 1998), (Singer & Munns, Suelo una introducción., 1999) . Según Tyree et al. (2002). Para *Licania Patypus*, el contenido de agua en la hoja varía de 0.854 g. g-1 en estado normal a 0.144 g.g-1 a punto de marchitez permanente, mientras que el contenido de agua en el suelo varía de 0.30 g.g-1 a 0.15 g.g-1 desde ligeramente marchito hasta la muerte.

El Punto de Marchitez Permanente (PMP) es el nivel de humedad en el suelo en el cual la planta no puede recuperar su turgencia, ya que se pierde la capacidad de succión del agua. En este punto, la planta no puede extraer suficiente agua del suelo, y la condición es irreversible. Olarte W. (1987). Es un factor que determina el cálculo de la dosis de riego.

El punto de marchitez permanente es la cantidad de agua remanente en un suelo después de que el cultivo ha extraído toda el agua disponible para él. Esta agua está retenida con tal intensidad que no puede ser absorbida por el cultivo. Este parámetro se puede determinar mediante la siguiente regresión (García P. , 2012)

$$HP\%PMP = HP\%CC * 0.74 - 5$$

Por otra parte, Vega (2011), expresa que el punto de marchitez permanente se conoce como límite mínimo que causa una marchitez irreversible a un cultivo.

2.1.1.9. Porosidad (f)

Porta, et, al., (1999) la textura y la estructura de suelos influyen la porosidad, el volumen de poros del suelo puede determinarse como porcentaje del volumen total de espacios. Ya se ha citado la importancia de la porosidad del suelo en la regulación de la aireación y la dinámica del agua en el suelo.

Las raíces de las plantas al ramificarse originan espacios en el suelo, entonces la porosidad es el resultado de la división el volumen de esos poros entre la porción total (m³), en porcentajes (De la Rosa, 2008).

Este valor generalmente se encuentra en el rango de 0.3 a 0.7 (30% a 70%). Los suelos con texturas gruesas tienden a ser menos porosos en comparación con los suelos de textura fina, aunque el tamaño promedio de los poros individuales es mayor en los primeros. En los suelos con alto contenido de arcilla, la porosidad es muy variable, ya que el suelo puede expandirse, contraerse, agregarse, dispersarse, compactarse y fragmentarse. La porosidad se determina mediante la siguiente fórmula:

$$f(\%) = \left(1 - \frac{DA \text{ [g/cm}^3\text{]}}{DR \text{ [g/cm}^3\text{]}}\right) \times 100$$

Donde:

f = Porosidad total de la muestra del suelo, [%] DA = Densidad aparente del suelo, [g/cm³]; DR = Densidad real de las partículas [g/cm³].

Los espacios de poros varían en tamaño, y tanto ese tamaño como la continuidad de los poros tienen una influencia importante sobre el tipo de actividades que ocurren dentro de ellos. La tabla 2 muestra las funciones de los poros de diferentes tamaños y su denominación junto con el tamaño de las raíces de los cultivos.

Tabla 5

Funciones y tamaños de los poros del suelo.

Tamaño de los poros (mm diámetro)	Descripción de los poros	Funciones de los poros
< 0.0002	Residual	Retienen agua que las plantas no pueden usar
0.0002-0.05	Almacenamiento	Retienen agua que las plantas pueden usar
> 0.05	Trasmisión	Permite que el agua drene y que entre aire
> 0.1 a 0.3	Enraizamiento	Permite que las raíces de las plantas penetren libremente
0.5-3.5	Canal de lombrices	Permite que el agua drene y que entre aire
2-50	Nido de hormigas y canales	Permite que el agua drene y que entre aire

Fuente: Hamblin, (1985).

Los suelos con vegetación natural o pasturas implantadas suelen presentar una alta porosidad debido a la intensa actividad biológica, lo que les confiere cualidades físicas superiores en comparación con los suelos utilizados para cultivos. La densidad aparente se relaciona con la masa total de suelo seco en relación con su volumen total, considerando el espacio ocupado por los poros en el suelo. La Tabla 5, muestra los rangos de porosidad y densidad aparente para diferentes texturas de suelo.

Tabla 6

Porosidad y densidad aparente para distintas texturas.

Textura del suelo	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
Arenoso	38 (32 – 42)	1.65 (1.55 – 1.80)
Franco arenoso	43 (40 – 47)	1.50 (1.40 – 1.60)
Franco	47 (43 – 49)	1.40 (1.35 – 1.50)
Franco arcilloso	49 (47 – 51)	1.35 (1.30 – 1.40)
Arcillo arenoso	51 (49 – 53)	1.30 (1.35 – 1.30)
Arcilloso	53 (51 – 55)	1.25 (1.20 – 1.30)

Fuente: Ferreyra, (2010).

En la actualidad se puede determinar la porosidad del suelo en condiciones de campo, utilizando Sondas de Neutrones o proceso denominado termalización o DIVINER y los tensiómetros o detector de presión del agua en los conductos de circulación (Calvache, 2009).

2.1.2. Propiedades químicas.

2.1.2.1. Conductividad eléctrica C.E. (dS/m).

Mide la habilidad de la solución suelo para transportar la corriente eléctrica. Los cationes (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, y NH₄⁺) y aniones (SO₄²⁻, Cl⁻, y HCO₃⁻), que resultaron de las sales disueltas en el agua del suelo, son los que transportan las cargas eléctricas y conducen la corriente eléctrica. La unión de cationes y aniones indicados permiten la conductividad eléctrica del suelo y en la agricultura es utilizado en la medida de salinidad del suelo. (USDA, 2011). El sistema USDA ha propuesto la siguiente clasificación para la C.E. determinada en una solución extracto de suelo a 25 °C, cuya relación suelo-agua está en proporción 1:1 (Tabla. 7). Los valores son expresados en deciSiemens por metro (dS/m). Un suelo se considera salino a partir de 2 dS/m.

Tabla 7*Clase de salinidad en función de la conductividad eléctrica (C.E) del suelo (USDA)*

C.E. (dS/m)	Clasificación
0 – 2	No salino
2 – 4	Muy ligeramente salino
4 – 8	Ligeramente salino
8 – 16	Moderadamente salino
Mayor a 16	Fuertemente salino

Fuente: Adaptado de USDA, “Soil Quality Indicator – Soil Electrical Conductivity”.

2.1.2.2. Potencial de hidrogeno (pH).

El pH (potencial de hidrógeno) mide el grado de adsorción de iones (H) por las partículas del suelo e indica si un suelo es ácido o alcalino. Es un indicador clave en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que afecta la solubilidad, movilidad y disponibilidad de nutrientes y contaminantes inorgánicos en el suelo. El pH del suelo varía entre 3.5 (muy ácido) y 9.5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos ($\text{pH} < 5.5$) a menudo presentan niveles elevados y tóxicos de aluminio y manganeso, mientras que los suelos muy alcalinos ($\text{pH} > 8.5$) tienden a dispersarse. Los suelos muy ácidos limitan la actividad microbiana en el suelo, por tal razón se requiere reducir la acidez a través de la aplicación de insumos como la cal agrícola, que permita reducir la acidez, en cuanto el pH ideal para cultivos agrícolas se encuentra en 6.5 (FAO, 2020).

El pH del suelo es influyente en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas cultivables, es decir, este factor puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles requeridas adecuados por los cultivos (Benton, 2003). Valores de pH extremadamente ácidos y alcalinos no serían recomendables, pueden afectar la estructura de suelos y los cultivos (Edward, 2000).

El aumento y disminución del pH en los suelos esta en función de la alcalinidad del agua, incorporación de abonos orgánicos, de la cal agrícola o contay, uso de abonos y frecuencia de lluvias (INTAGRI, 2018).

Tabla 8

Clasificación de los suelos en función de la acidez medida en una relación suelo: agua (1:2).

Grado de acidez o alcalinidad	pH
Extremadamente ácido	< 4.6
Ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.4
Neutro	6.5 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.1
Alcalino	8.2 – 8.8
Grado de acidez o alcalinidad pH	
Extremadamente alcalino	> 8.9

Fuente: Castellanos, (2000).

2.1.2.3. Calcio (Ca)

El carbonato de calcio (CaCO_3) ofrece varios beneficios cruciales para el desarrollo de cultivos saludables y productivos. Este compuesto, rico en calcio, es fundamental porque proporciona un nutriente esencial para las plantas. El CaCO_3 ayuda a regular el pH del suelo, mejora su estructura, promueve la actividad microbiana durante la descomposición de la materia orgánica y favorece el desarrollo de las raíces. Aunque el calcio es el catión más abundante en los suelos y generalmente no limita la producción agrícola, en suelos ácidos con abundantes lluvias, es necesario añadir materiales cálcicos, especialmente carbonatos, para elevar el pH (Cajuste, 1977).

Los compuestos que pueden señalarse como más importantes son los carbonatos: calcita (CO_3Ca) y dolomita ($\text{CO}_3\text{Ca}\cdot\text{CO}_3\text{Mg}$), en segundo lugar, los fosfatos: flúorapatita ($3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\cdot\text{F}_2\text{Ca}$), hidroxiapatita ($3(\text{PO}_4)_2$), oxiapatita ($3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}\cdot\text{CaO}$) y carbonato apatita ($3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\text{Ca}_3\text{Ca}$); y finalmente sulfato de calcio (SO_4Ca) y silicatos aluminicos diversos: feldspatos y anfíboles (Cajuste, 1977). El calcio se encontramos en los restos vegetales en descomposición, en suelos ácidos en pequeños porcentajes conformando una mezcla (Navarro & Navarro, 2003). En estas regiones, su contenido es generalmente bajo, como consecuencia de una pluviometría fuerte y buena lixiviación. En la mayoría de ellos, el Ca se halla presente en una cantidad mínimo en el complejo de intercambio, y en sus distintos perfiles se aprecian depósitos importantes de carbonato o sulfato de calcio.

2.1.2.4. **Materia orgánica (MO)**

La materia orgánica es la descomposición en meses, años en caso de suelos de rotación, después de haber mezclado los restos de origen vegetal y animal que se convierte en un insumo que favorece al suelo en su fertilidad (Schnitzer, 1991).

La materia orgánica (MO) tiene varios efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas. No solo suministra nutrientes, sino que también mejora las propiedades físicas del suelo (como la estructura y la capacidad de retención de agua), químicas (aumentando la capacidad de intercambio catiónico y mejorando la capacidad de amortiguación del pH), y biológicas (al ser una fuente de nutrientes y energía para los microorganismos). La materia orgánica no es homogénea en los suelos, es variable por el grado de influencia de los factores climáticos, contenido de restos vegetales, de acuerdo como entra en contacto con el material parental y el transcurso del tiempo, (Stevenson, 1982).

La incorporación de materia orgánica aumenta la riqueza del suelo mediante la conversión en minerales, de tal manera se propicia dinámica biológica y mejoras en la propiedad física del suelo.

En suelos con mayor contenido de materia orgánica, se aprecia mayor dinámica biológica, por consiguiente, la riqueza de suelo para un buen desarrollo de los cultivos. (Altieri & Nicholls, Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems., 2003)

La materia orgánica se encuentra presente en suelos en menor porcentaje, es un nutriente que contribuye en las propiedades edáficas del suelo, mayormente la disponibilidad de la diversidad biológica en el suelo, en resumen, contribuye en la calidad del suelo. (Altieri & Nicholls, 2006). En la Tabla 9. Se presenta la interpretación de análisis de materia orgánica (%)

Tabla 9

Tabla de interpretación de análisis de materia orgánica (%)

Materia Orgánica (%)	Clasificación
< 2.0	Bajo
2 – 4	Medio
> 4.0	Alto

Fuente: UNALM-LASPAF

En mayor cantidad materia orgánica Magdoff & Weil (2004), puede controlar efectos negativos a suelos con mucha arcilla o demasiada arena. Así el contenido de materia orgánica

del suelo suele aumentar la porosidad total y por lo tanto disminuir la densidad dentro de un rango limitado y en determinado suelo la relación es paralelo.

Según Cepeda (1991) La materia orgánica son los componentes fundamentales en los procesos químicos, físicos y biológicos del suelo.

2.1.2.4. Nitrógeno total (Nt)

Suelos tropicales. En los suelos con clima tropical, el contenido de nitrógeno varía considerablemente, oscilando entre 0.02% y 0.04%. En suelos extremadamente ricos en materia orgánica, este porcentaje puede alcanzar hasta el 2%. La cantidad de nitrógeno en los suelos está influenciada principalmente por las condiciones climáticas y la vegetación. Además, estos factores afectan las condiciones locales de topografía, el material parental, las actividades humanas y el tiempo que estos factores han influido en la formación del suelo. En resumen, todos los factores de formación del suelo afectan la cantidad de nitrógeno acumulado en él. Frecuencia de lluvias, humedad, temperaturas altas y bajas influyen en la cantidad de nitrógeno en el suelo sobre el desarrollo de las plantas cultivadas, es así, en las regiones que están marcadas como selva alta y baja donde se evidencia mayor concentración de materia orgánica por la acumulación de restos vegetales. (Fassbender & Bornemisza, 1987).

Fomenta el desarrollo de las hojas y el crecimiento de los brotes. Se encuentra en el protoplasma celular y es esencial para la formación de proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. Además, el nitrógeno sirve de alimento para los microorganismos del suelo, facilitando la descomposición de la materia orgánica a través de un proceso de desnitrificación. Las plantas solo pueden asimilar el nitrógeno en su forma aniónica de nitrato (NO₃⁻) y catiónica de amonio (NH₄⁺); otras formas aniónicas y catiónicas no son asimilables. (Perdomo, 1998).

En la Tabla 10. Se presenta la interpretación de análisis de nitrógeno total (%).

Tabla 10

Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%)

Nitrógeno (%)	Clasificación
< 0.032	Extremadamente pobre
0.032 – 0.063	Pobre
0.064 – 0.095	Medianamente pobre
0.096 – 0.126	Medio
0.127 – 0.158	Moderadamente rico
0.159 – 0.221	Rico
> 0.221	Extremadamente rico

Fuente: Moreno, (1978)

2.1.2.5 Fosforo (P).

El fósforo (P) es un nutriente esencial y Escaso contenido de este elemento en las plantas trae como consecuencia limitaciones en el crecimiento, por tanto, es fundamental dosificar o siminitrar en cantidades adecuadas para normal crecimiento y desarrollo en los cultivos (Szogi y otros, 2009). La cantidad total de P en la capa arable de suelos cultivables puede oscilar entre 200 y 5000 mg kg⁻¹ (Brady & Well, 2009), sin embargo, se tiene 1 % disponible para especies cultivadas.

El P es el nutriente que debe ser suministrado casi en su totalidad por el intemperismo o meteorización del material geológico inalterable, debido a que presenta un escaso retorno atmosférico (Walker & Syers, 1976). A consecuencia de esto, la principal fuente inicial del P son los minerales primarios, principalmente la apatita. La meteorización de estos minerales primarios suministra iones fosfato (H₂PO₄) a la solución del suelo; y posteriormente influye en la propiedad biológica a través de las bacterias, hongos y plantas incorporan estos iones fosfato en su biomasa, iniciando con esto la ruta o ciclo biológico del fósforo (P). (Cross & Schlesinger, 1995)

Desde una perspectiva química, el fósforo (P) puede encontrarse en dos formas: inorgánico y orgánico. El fósforo inorgánico se clasifica según su disponibilidad para las plantas en: i) fósforo disponible, que es la forma que las plantas pueden utilizar de inmediato, es decir, fosfatos en la solución del suelo; ii) fósforo intercambiable, también conocido como lábil o adsorbido, que tiene una disponibilidad más lenta en comparación con el fósforo disponible; y iii) fósforo insoluble, que forma parte de los minerales primarios y secundarios y constituye la principal reserva de fósforo inorgánico en el suelo (Johnston & Syers, 2009) y HPO₄²⁻ Walker y Syers (1976) Propusieron un modelo que sigue siendo ampliamente aceptado para describir la evolución del fósforo en el suelo durante la formación del suelo. La disponibilidad de fósforo se observa en suelos que han sido descansados, donde hay una mayor posibilidad de que las plantas lo aprovechen. En contraste, en suelos sometidos a un laboreo intenso, la disponibilidad de fósforo será limitada.

El fósforo es el segundo elemento más crucial para el crecimiento de las plantas, la producción de cultivos y su calidad, después del nitrógeno. En el suelo, el fósforo se presenta en varias formas químicas, tanto inorgánicas (Pi) como orgánicas (Po). Estas formas provienen de diversas fuentes naturales y presentan comportamientos y destinos muy distintos, tanto en suelos vírgenes como en suelos cultivados o sometidos a laboreo (Lozano y otros, 2012); Además, el fósforo es uno de los elementos que más restringe la producción agrícola en las sabanas. La agricultura moderna depende del fósforo extraído de la roca fosfórica, un recurso no renovable

cuyas reservas globales actuales podrían agotarse en un plazo de 50 a 100 años (Cordel y otros, 2009).

Tabla 11

Niveles de Fosforo (P) en el suelo

Fosforo en el suelo por el método de Bray II Rangos	Clasificación	
	ppm	P
Bajo	< 15	
Medio	15 a 50	
Alto	> 50	

Fuente: Shefa J. Mckeon, 1993

2.1.2.6. Potasio (K)

Potasio (K): Contribuye a la resistencia de las plantas contra enfermedades y condiciones climáticas extremas, como la sequía y las heladas. Interviene en la fotosíntesis, en la síntesis de proteínas y en la activación de enzimas, y también mejora la calidad del fruto. El potasio se evidencia en un suelo preparado, en zonas de intercambio de las partículas de arcilla, mayor parte de potasio en los suelos minerales no siendo asimilado por las plantas y para ser asimilable por las plantas debe estar disuelto en solución de suelo. (Rehm & Schmit, 2002)

Rehm y Schmitt (2002) El uso de potasio es diferente en las especies cultivadas y siempre se aplica de acuerdo al análisis de suelos y aplicar según requerimiento del cultivo. El potasio mayormente es utilizado en la instalación de cultivos de algunas leguminosas y gramíneas de crecimiento permanente, así, como alfalfa y pastos farrageras y aplicado durante la preparación del suelo o antes de la siembra, seguida de aplicaciones esporádicas, basada en resultados obtenidos de las pruebas de rutina de K para el suelo.

Tabla 12

Tabla de interpretación de análisis de fósforo y potasio disponibles (ppm)

CALIFICACION		K (ppm)
P(ppm)		
Bajo	< 7	< 100
Medio	7 a 14	100 a 200
Alto	> 14	> 200

Fuente: UNALM – LASPAF

2.1.2.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La CIC efectiva es considerada la más útil, se obtiene sumando las bases y aluminio (A) más hidrógeno (H cambiante). En suelos ácidos el valor del CIC refleja la condición de intercambio catiónico (Gomero & Velásquez, 2010). El aumento del valor del pH incrementa las cargas negativas en el suelo, lo que mejora la capacidad de retener cationes en el complejo de cambio y en consecuencia, aumenta la fertilidad del suelo. La adición de enmienda dolomita reduce la materia orgánica (de 1.90% a 1.64%), la acidez cambiante (de 0.48 a 0.34 meq/100 g de suelo) y el porcentaje de saturación de aluminio cambiante (de 13.12% a 7.93%), al tiempo que mejora la capacidad de intercambio catiónico (CICE). La CICE aumenta progresivamente con mayores dosis de dolomita. A medida que se aplica dolomita, el CIC comienza a variar, liberando lentamente calcio que reemplaza al aluminio intercambiable y al hidrógeno en la solución del suelo. La aplicación de enmiendas genera cargas negativas, lo que favorece el cambio en la capacidad de intercambio catiónico efectivo del suelo (Castro, 2010).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es un indicador indirecto de la capacidad amortiguadora de los suelos. El método de la tiourea de plata ($\text{AgTU}^+ \text{n}$) se utiliza para estimar la CIC. Aunque el $\text{AgTU}^+ \text{n}$ no se encuentra de forma natural en el suelo, el ion Ag^+ es sensible al espectro visible y al pH alcalino de la solución, formando Ag_0 y Ag_2O . La cantidad de arcilla hace que mantenga el P^{H} relativamente constante en el suelo, es así se manifiesta la CIC. (Yong, 1990)

Se denomina capacidad de cambio neutro a aquella condición en la que el suelo está saturado de calcio, magnesio, potasio y sodio. En contraste, en suelos ácidos, debido a las precipitaciones o al lixiviado de cationes básicos, el suelo presenta una baja saturación de bases y una alta saturación de ácidos (Cepeda, 1991).

Tabla 13

Tabla de interpretación de análisis de la Capacidad de Intercambio Cationico (meq/100g.).

CIC Total meq/100g	Clasificación	Observaciones
0 – 10	Muy bajo	Suelo muy pobre; necesita aporte importante de materia orgánica para elevar la CIC.
10 – 20	Bajo	Suelo pobre; necesita aporte de materia orgánica
20 – 35	Medio	Suelo medio
35 – 45	Alto	Suelo rico
> 45	Muy alto	Suelo muy rico

Fuente: Garrido, (1993)

Según INTA/ FAO (2001), la capacidad de intercambio de cationes (CIC) es una de las propiedades químicas más importantes del suelo y se asocia frecuentemente con su fertilidad. Este mecanismo se realiza a través de las arcillas minerales y el humus, que resulta de la descomposición de restos vegetales y se encuentra parcialmente disuelto en el agua del suelo, formando el complejo arcillo-húmico. La CIC se define como la capacidad del suelo para almacenar y suministrar nutrientes con carga positiva, conocidos como cationes.

Tabla 14

Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico

Rango de la CIC (meq/100g suelo)	Clasificación
< 5	Muy baja
5 – 15	Baja
15 – 25	Media
25 – 40	Alta
> 40	Muy alta

Fuente: Quintana *et al.*, (1983).

CATIONES CAMBIABLES.

2.1.2.8. Calcio (Ca)

De acuerdo a Berger y Pratt, (1963), El contenido de calcio en suelos no calcáreos expresado en meq/100 g, se tiene desde 3.00 hasta 5.0 meq/100 g, entonces se encuentra dentro del rango mencionada por Berger y Pratt. El carbonato de Ca en la agricultura ofrece una serie de beneficios esenciales para el desarrollo de cultivos saludables y productivos. Este compuesto, rico en calcio, desempeña un papel fundamental al proporcionar un nutriente clave para las plantas.

Tabla 15

Categorías de disponibilidad de calcio

Rango Ca (meq/100g suelo)	Clasificación
≤ 2.0	Muy bajo
2.01 – 5.00	Bajo
5.01 – 9.00	Medio
9.01 – 15.00	Adecuado
≥ 15.01	Alto

Fuente: René Bernier V. y Pablo Undurraga D. (2021)

2.1.2.9. Magnesio (Mg)

Los suelos tienen contenido diferente de magnesio, algunos pueden contener mayores y menores en meq/100, o en unidades de porcentaje en suelos con diferentes texturas. El magnesio ocupa alrededor del 2.7% de la corteza terrestre y proviene de minerales tales como anfíboles como mineral variado que permite el ingreso de cationes, biotita que es otro tipo de minerales, dolomita, montmorillonita otro tipo de minerales del grupo de silicatos, olivino, piroxenos, serpentina, vermiculita son minerales. (Tisdale & Nelson, 1991).

En condiciones ácidas, los iones H^+ y Al^{3+} pueden desplazar al magnesio del complejo de intercambio, lo que a menudo conduce a la lixiviación de este nutriente. El magnesio disponible para las plantas en el suelo se encuentra en formas intercambiables y/o hidrosolubles. Puede estar presente en formas que se liberan lentamente, manteniéndose en equilibrio con el magnesio intercambiable. En suelos ácidos, la formación de estas formas menos disponibles puede ser favorecida por la presencia de grandes cantidades de magnesio soluble en arcillas 2:1. El magnesio se encuentra en diferentes formas en el suelo y se mueve hacia las plantas cultivadas mediante flujo de masas y difusión. Las principales fuentes de adición de Mg^{2+} al suelo incluyen fertilizantes, residuos de cultivos, abonos verdes y la liberación del material parental a través de procesos climáticos. Además, una parte del magnesio es fijado por los coloides del suelo y los microorganismos. El magnesio se encuentra en pequeñas porciones en suelos mineralizados, como también en materia orgánica o conforman también en múltiples combinaciones de elementos. (Tisdale & Nelson, 1991)

Tabla 16

Categorías de disponibilidad de magnesio

Rango Mg (meq/100g suelo)	Clasificación
≤ 0.25	Muy bajo
0.26 – 0.50	Bajo
0.51 – 1.00	Medio
1.01 – 2.00	Adecuado
≥ 2.01	Alto

Fuente: Bernier y Undurraga (2021).

2.1.2.10. Potasio disponible (K).

La concentración de K varía entre 1 y 10 mg kg⁻¹ suelo, y la disminución puede darse por tres razones claramente marcadas: a) absorción de las plantas a través de raíces, b) lixiviación o pérdida por arrastre de líquidos a capas inferiores; y c) fijación que presentan los minerales de arcillas 2:1 (Fassbender & Bornemisza, 1987)

La convergencia de potasio se evidencia también desde 0.41 meq/100 g en su forma más baja, fenómeno que se da por la succión de las plantas, pérdida a partes más internas del suelo y la concentración de minerales que se encuentran en la arcilla. La pérdida de K, por labores agrícolas se repone a través de K cambiante en la superficie y exteriores de porciones delgadas de arcilla. (Hamblin, 1985)

La disponibilidad de K en el suelo, está influenciada por la alta y baja presencia de minerales de arcilla, la humedad, mayor o menor temperatura, espacios porosos, la acidez, alcalinidad de suelos y la clase textural de suelo: arena, limo y arcilla. (Hamblin, 1985).

Teniendo referencia en su biodisponibilidad, el K del suelo se divide en cuatro fracciones: soluble; intercambiable; no intercambiable, pero potencialmente disponible para las plantas; y la presente en la matriz mineral o estructural (Haby y otros, 1990)

El potasio soluble (K_s) corresponde al K presente como ion en la solución del suelo, la cual es la fase líquida absorbible por el suelo que contiene solutos o parte sólida y es el medio adecuado de donde las plantas cultivadas absorben los nutrientes para su crecimiento y desarrollo normal así, el potasio soluble (K_s) es la fracción que satisface las necesidades inmediatas de las plantas. (Haby y otros, 1990)

En los cultivos de trigo y cebada se ha evidenciado la presencia de K, precisamente los suelos son arenosos y con mínimo contenido de arcilla, por lo que se precisa que los valores alcanzan hasta 0.43 meq/100g de suelo. En esos casos un agregado de 100 kg de KCl (50 % de K) ha sido suficiente para lograr el máximo rendimiento de los cereales de invierno. En la investigación que se ejecuta estos valores ya se aprecian de 0.34 meq. /100 g de suelo. (Barbazán y otros, 2011).

Tabla 17

Categorías de disponibilidad de potasio.

Rango Potasio K (meq/100g suelo)	Clasificación
≤ 0.12	Muy bajo
0.13 – 0.25	Bajo
0.26 – 0.51	Medio
0.52 – 0.64	Adecuado
≥ 0.65	Alto

2.1.2.11. Aluminio (Al).

En suelos ácidos, el factor limitante principal es la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable. Cuando el suelo tiene altos niveles de saturación de aluminio, se reduce la elongación de las raíces, lo que resulta en una menor absorción de agua y nutrientes. Además, el aluminio dificulta la translocación de nutrientes a la parte aérea de la planta, afectando principalmente la disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio. Asimismo, Adams y Lund (1966) Es evidente que los suelos con contenido considerable de aluminio es inconveniente, reduce las funciones vitales de los cultivos y por consiguiente escasa producción, el aprovechamiento de nutriente lo mismo es limitado en las plantas.

En suelos ácidos, las fuentes de acidez pueden incluir la hidrólisis del CO₂ derivado de la respiración de los microorganismos, la hidrólisis de cationes metálicos, los grupos ácidos y alcohólicos de la materia orgánica, los grupos OH⁻ en las láminas de los aluminosilicatos, y los fertilizantes. En zonas donde se presenta precipitación fuerte contiene también los suelos se convierten adversos para la agricultura. (Zapata, 2004).

El aluminio es un elemento que puede reducir o limitar el desarrollo normal de las plantas en suelos ácidos. En estos suelos, el aluminio afecta las concentraciones de molibdeno y fósforo. La "acidez activa" se refiere al hidrógeno presente en el suelo, mientras que la interacción entre el aluminio y el hidrógeno se conoce como "acidez intercambiable". En suelos con un pH de 6, es común que las concentraciones de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺ se vean limitadas, lo que puede llevar a un aumento en los niveles de elementos como molibdeno, aluminio y hierro. El aluminio se puede ubicar en capas al efectuar el corte, se puede apreciar raíces alargadas de buen diámetro, en estas condiciones se dispone escasa disponibilidad de tierra agrícola.

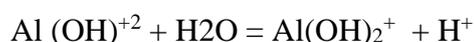
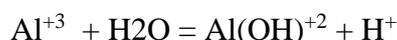
Tabla 18

Categorías de disponibilidad de Aluminio

Rango Potasio Al (meq/100g suelo)	Clasificación
≤ 0.10	Muy bajo
0.11 – 0.25	Bajo
0.26 – 0.50	Medio
0.51 – 0.80	Alto
≥ 0.81	Muy Alto

2.1.2.12. Aluminio intercambiable.

Espinoza y Molina (1999), mencionan que los iones Al^{3+} , al ser desplazados de los minerales arcillosos por otros cationes, se hidrolizan al reaccionar con agua para formar complejos de aluminio hidroxilado, tanto monoméricos como poliméricos. Este proceso de hidrólisis del Al^{3+} es comparable al comportamiento de un ácido fuerte, como el ácido acético, que libera iones H^+ . A continuación, se muestran las reacciones que ilustran la hidrólisis de las formas monoméricas del Al:



El aluminio es el tercer elemento más común en la Tierra, después del oxígeno y el silicio, constituyendo el 8.1% de la corteza terrestre (Cuadro 14). Se encuentra mayormente en las arcillas y puede convertirse en un elemento tóxico para las plantas en ciertas condiciones, particularmente en suelos con un pH menor a 5 (Zapata, 2004).

Tabla 19

Los 10 elementos más abundantes en la corteza terrestre.

ELEMENTO	ABUNDANCIA %	ABUNDANCIA (ppm)
Oxígeno	46.1	461,000
Silicio	28.2	282,000
Aluminio	8.23	82,300
Hierro	5.63	56,300
Calcio	4.15	41,500
Sodio	2.36	23,600
Magnesio	2.33	23,300
Potasio	2.09	20,900
Titanio	0.565	5,650
Hidrógeno	0.14	1,400

Fuente: Birkeland 1999.**SUELOS SODICOS**

El sodio esparce la arcilla y separa la materia orgánica, lo cual deforma la estructura del suelo y el suelo se vuelve fuerte no favorable para el desarrollo de los cultivos, requiriendo otras prácticas para revertir en suelos cultivables o de laboreo favorable. Suelos con mayor contenido de sodio o salinos –sódicos no son favorables para los cultivos en su fase de crecimiento y desarrollo (Porta y otros, 2003).

Las técnicas de remediación previamente mencionadas tendrán una efectividad limitada para mejorar las condiciones de salinidad del suelo cuando existan capas endurecidas o compactación excesiva. La labranza profunda del suelo se presenta como una alternativa viable para mejorar la permeabilidad del suelo, mientras que las prácticas adecuadas de rotación de cultivos pueden contribuir significativamente a mitigar estos problemas de compactación y salinidad (Abrol & Massoud, 1988).

Tabla 20. Clasificación de suelos salinos y sódicos

CE (dS/m)	SAI	PH	Clase
>4	< 15	< 8.5	Salinos
> 4	> 15	> 8.5	Salinos sódicos
< 4	> 15	> 8.5	Sódicos

Fuente: (Jahnsen, 2013).

Pastor (2010) Destaca que las sales solubles en el suelo están presentes en diversas proporciones de cationes como sodio, calcio y magnesio, así como de aniones como cloruro y sulfato. El catión potasio y los aniones bicarbonato, carbonato y nitrato suelen encontrarse en cantidades menores. El suelo contiene diferentes cantidades de sodio, aunque generalmente en concentraciones mínimas. La concentración de sales en el suelo se mantiene favorable siempre que estas no desaparezcan.

Tabla 21
Categorías de disponibilidad de sodio

Rango Potasio K (meq/100g suelo)	Clasificación
≤ 0.15	Muy bajo
0.16 – 0.20	Bajo
0.21 – 0.30	Medio
0.31 – 0.40	Adecuado
0.41 – 0.51	Alto
≥ 0.51	Muy alta

2.1.3. Propiedades biológicas.

En las propiedades biológicas, el contenido de materia orgánica está expuesto a diversas operaciones de laboreo de suelos, reflejando variaciones en la calidad adversidades climatológicas y es motivo de evaluaciones de manejo. (Paolini, 2018). La biología del suelo es imprescindible puesto que juega papel importante en descomposición, conversión y suministro del material orgánico descompuesto o transformado para aprovechamiento por las plantas y mejora de las propiedades físicas del suelo. (Karyanto y otros, 2012).

Colémbolos y ácaros son considerados transformadores de hojarasca y microdepredadores de otros organismos, contribuyen en procesos de trituración a pequeña escala y son importantes reguladores de la biota del suelo. Existen muchas especies que viven en el suelo como las termitas y lombrices de tierra que se conocen como ingenieros del ecosistema, cumpliendo papel importante en la apertura de espacios como túneles, descomponiendo

materia orgánica, transformadores de hojarasca ejerciendo su acción trituradora sobre el tejido de plantas muertas y sus depredadores (ciempiés, arácnidos grandes y otros tipos de insectos) y otras manteniendo la humedad del suelo caso lombrices, y otras labores benéficas para el suelo. (Swift y otros, 2012)

Los hongos en su gran mayoría en el suelo son beneficiosos dinamizan la actividad de patógenos dañinos y beneficiosos interactuando como intermediarios, en otros suelos mejora los nutrientes. (Pfenning & Magalhães, 2012). En los bosques forestales nativos los hongos son una protección para la permanencia turgente de las especies a través de la micorriza mantienen raíces vivas y de tal manera la planta en condiciones favorables. (Bagyaraj & Sturmer, 2012).

2.1.3.2. HUMEDAD GRAVIMETRICA. - Se entiende por unidad de masa de suelo: Conocido como Humedad Gravimétrica (HG). Es la relación entre la masa de la fracción líquida y la masa de la fracción sólida. Indica por ejemplo que un suelo con 20% de humedad contiene 20 gr de agua en 100 gr de suelo.

La humedad gravimétrica (HG) es una modalidad de expresar el contenido de agua del suelo realizando la medida de su peso total. Para ello se determina la cantidad de agua que contiene el suelo, secándolo en estufa a 105°C, durante 24 horas o hasta peso constante y relacionándolo con el suelo seco. Los resultados se expresan en porcentaje de humedad en función a la masa de suelo seco o en gramos de agua por cada gramo de suelo seco calculado según la ecuación 1.

$HG (\%) = [(M_{sh} - M_{ss}) / M_s] \times 100$, 1 siendo:

M_{sh} = la masa suelo húmedo en gramos.

M_{ss} = la masa de suelo seco en gramos. (Alvarez, 2020).

Las limitaciones del contenido de humedad pueden presentarse con la saturación de los espacios de aire, poniéndolo en condiciones anaeróbicas sin la respiración afectando así a las capacidades de las raíces para absorber los nutrientes aprovechados o retenidos. (Ecobar, 2009).

2.1.3.3. Hongos Micorrizas arbusculares (HMA)

Los hongos que forman micorrizas arbusculares (HMA) establecen asociaciones mutualistas ecológicas con una amplia variedad de plantas, tanto cultivadas como silvestres, y pertenecen al filo Glomeromycota. Esta simbiosis es prácticamente universal, ya que casi todas las especies vegetales pueden ser micorrizadas y estos hongos pueden encontrarse en la mayoría de los hábitats naturales. Las micorrizas son tan antiguas como las plantas mismas, con

evidencia de su existencia que data de hace más de 400 millones de años (Remy y otros, 1994); estimándose que aproximadamente el 90 a 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis natural con hongos del suelo, generando servicio ambiental en beneficio de la humanidad.

En Colombia, la mayor parte de investigaciones han estado relacionadas con los beneficios de la simbiosis en diferentes hospederos, especialmente en aspectos de productividad, nutrición vegetal y reemplazo de fertilizantes, lo cual ha permitido determinar la importancia potencial de uso de estos microorganismos en sistemas de producción convencional o en sistemas de producción limpia tradicional (Rey y otros, 2005).

El porcentaje de colonización calculada con la fórmula:

$$Y=(X/12) * 100$$

Donde: X=número de segmentos de raíz colonizados. De cada muestra de suelo se tomó una submuestra de 100 g para el conteo de esporas.

Determinación del porcentaje de colonización de hongos micorrízicos arbusculares en raíz. Para la determinación del porcentaje de colonización de HMA dentro de la raíz, se realizó una decoloración previa de las raíces con una base fuerte (KOH 10%). Posteriormente se neutralizó con un ácido (HCl 10%) y se sometieron al colorante azul de tripano al 0.05% durante 3 días, son metodologías para determinar hongos micorrizicos arbusculares. Luego las raíces extraidos o muestreados fueron observadas en el microscopio (NIKON Eclipse E200, USA).

Tabla 22

Categoría de Colonización en raices por hongos micorrízicos arbusculares.

Categoría (%)	Colonización
0 - 20	Baja
20.1 – 50	Media
≥ 50	Alta

Fuente: (Phillips & Hayman, 1970).

2.1.3.4 Conteo de esporas de hongos micorrízicos arbusculares.

(Pérez & Peroza, 2013), conteo de las esporas en un estereoscopio (NIKON SMZ445, USA) para la determinación se tomaron 10 g de suelo y se añadieron 20 ml de peróxido de hidrógeno al 5%, se agitó cada tres minutos durante 15 minutos. Posteriormente se realizó la tamización de las muestras usando tamices de 0.250 y 0.045 mm. Luego se hizo la extracción de las esporas usando un gradiente de centrifugación con sacarosa al 80%, durante 3 minutos a 2.640 rpm. Las tres cuartas partes del contenido de los tubos se depositaron en el tamiz de 0.045

mm, se lavó durante 3 minutos para retirar la sacarosa y se transfirió a un papel filtro depositado en una caja de Petri, con el fin de realizar luego el conteo de las esporas. el resultado fue expresado en número de esporas/g de suelo seco.

2.1.3.5. Hongos micorrícicos arbusculares

Son asociaciones ecológicamente mutualistas entre hongos del phylum Glomeromycota y la inmensa mayoría de las plantas (cultivadas y silvestres) porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales. Estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Corwell y otros, 2001).

Los hongos micorrícicos arbuscular juegan un papel fundamental en la absorción de fósforo en la planta dada la poca movilidad del elemento, entre 95-99% del fósforo del suelo no está disponible (Osonubi y otros, 1991).

Años muy antiguos se creía que esas asociaciones eran consideradas como parasitosis, hasta que el año 1987 se pudo demostrar a través de investigaciones que eran colonizaciones de las raíces eran procesos simbióticos, en lugar de parasitarias. El uso de fosforo en el suelo, obstaculiza los procesos de simbiosis entre planta-hongo micorrizico arbuscular, no es recomendable el uso de insumos a base de fósforo en suelos de laboreo orgánico. (Hayman, 1987)

2.1.3.6. Micorrizas

Entre varios organismos del suelo, los hongos representan el mayor componente de la biomasa total del suelo, básicamente en suelos vírgenes o de rotación donde proliferan con facilidad estos organismos. Estos hongos están involucrados en procesos del ecosistema tales como la descomposición de la hojarasca o restos vegetales y mineralización de materia orgánica (Shanti & Vital, 2010)

La simbiosis micorrízica es ubicua, presente al mismo tiempo en casi todas las especies de plantas, y puede proveer beneficios mutuos a los participantes. Pero las interacciones o intercambios más comunes son la asociación de las micorrizas arbusculares (HMA) y la de las ectomicorrizas, u hongos externos importantes para la subsistencia de los arbustos, árboles (EM). (Paul, 2007)

Estos hongos en el estado que se encuentran juegan un rol fundamental en el establecimiento o siembra, crecimiento de plantas, desarrollo especialmente protegiendo contra enfermedades y la calidad de suelo (Anwar, 2008).

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de 400 millones de años (Remy y otros, 1994)

Las micorrizas (del griego "mykos" que significa hongo y del latín "rhiza" que significa raíz) son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas superiores y ciertos hongos beneficiosos del suelo. Esta simbiosis implica una cooperación estrecha donde las raíces de las plantas se integran con las estructuras del hongo, formando un sistema dual. Esta colaboración es esencial para la nutrición, salud y productividad de los cultivos, así como para la fertilidad, calidad y resistencia del suelo frente a adversidades y excesos de insumos u otros fenómenos naturales (Sánchez y otros, 2010).

2.1.3.7. Micorrizas El término proviene de los vocablos griego mike=hongo y rhiza=raíz (significa literalmente "raíz fúngica" o raíz hongueado, se encuentra mayormente en instalaciones de plantas de pino, aparece cuando el suelo adquiere humedad, mas preciso indicar con el inicio de temporada de lluvias) fue empleado por primera vez por Frank en 1885. La unión entre el hongo y la raíz de la planta; realiza una simbiosis en las plantas se cuadyuvan en el aprovechamiento de nutrientes, se beneficia la planta a través de la raíz, de la misma forma el hongo encuentra un ambiente adecuado para multiplicarse. Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas, aún el hombre ha venido aprovechando esa bondad que tienen las micorrizas y se conoce su existencia desde hace más de 400 millones de años (Ruiz & Rojas, 2011)

2.1.3.8. Arbúsculos. Es la parte más vital de la simbiosis, porque es ahí donde se produce la transferencia reversible de nutrientes del hongo al huésped y viceversa. Los arbúsculos siempre están en contacto con hifas intracelulares. La vida de los arbúsculos es corta debido a que la estructura esta conformada temporalmente; la degradación empieza a partir de los extremos de las ramas hacia su base. En la parte interna de las células pueden existir partes vivas y partes muertas; el tronco es la última parte en colapsar, así como se puede observar en diferentes especies la pudrición del tronco más que todo por el paso del tiempo y culminación de su ciclo de vida de las especies. (Rodríguez M. , 2001)

2.1.3.9. Esporas. Es uno de los métodos de reproducción del hongo; al germinar, las esporas desarrollan una estructura conocida como hifas. La germinación de la espora es estimulada por exudados de las raíces de las plantas, principalmente flavonoides, aunque otros aminoácidos y carbohidratos también están involucrados. El tiempo requerido para la

germinación de una spora varía entre uno y dos meses según la especie. En especies forestales como el pino, la germinación puede esperar hasta el final de la temporada de lluvias, y durante la época seca o de estiaje, las esporas permanecen en reserva (Rodríguez M. , 2001).

2.1.3.10. Definición de suelos.

Es la primera parte de la tierra formado por compuestos orgánicos e inorgánicos que va cambiando generación a generación en su formación, y es la razón para señalar que es soporte de la ramificación de raíces de especies cultivadas que garantiza la alimentación para la humanidad.” (Bonilla, 1996)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) también lo define como un cuerpo natural formado por capas de suelo, conocidas como horizontes, que están compuestas por materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua.

Parte externa del suelo que se ha formado en décadas mediante una mezcla de minerales de origen orgánico e inorgánico, sólidos, líquidos y gases que ocupan un determinado espacio y se caracterizan por presentar capas u horizontes que se diferencian entre ellos dando apariencia de francos, arenosos y arcillosos, formados producto de las adiciones, pérdidas, traslocaciones y transformaciones de energía y materia” (Jaramillo, Andisoles del oriente antioqueño: Caracterización química y fertilidad., 1995)

2.1.3.11. Funciones del suelo

Doran y Parkin (1994); Karlen, et al. (1997) Se considera que las funciones del suelo se resumen en tres aspectos clave: 1) Promover la productividad del sistema sin comprometer sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que asegura una productividad biológica sostenible; 2) Atenuar la presencia de contaminantes y patógenos en el ambiente, contribuyendo a la calidad ambiental; y 3) Favorecer la salud de plantas, animales y humanos. Estas funciones constituyen hoy los principales componentes de la calidad del suelo. Con los insumos adecuados, se puede generar ganancias sin dañar las propiedades edáficas, reduciendo contaminantes y favoreciendo el crecimiento de cultivos. El suelo es la coladera clave que hace pasar por las capas u horizontes definidos todo elemento fino aprovechable por los cultivos en el periodo del requerimiento de nutrientes aprovechable (Buol, 1995).

Al cambiar la estructura del suelo será difícil devolver, puesto que se forma en miles de años o décadas, por eso no se puede recuperar con facilidad para sembrar cultivos (Silva & Correa, 2009).

El suelo es la esperanza para alimentar a la humanidad en el mundo entero, no solamente parte de las coberturas vegetales que hacen posible la vida sobre el planeta, sino base fundamental de la producción de alimentos en el mundo. (Villareal y otros, 2012).

Muestreo de suelos

Al estudiar los suelos, el término “muestra” se refiere a una cierta cantidad de suelo en kilogramos, gramos, que represente un sector determinado, para conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas, con algún fin de interés agropecuario (Webster, 2008).

Tipos de muestras

La muestra de suelo es la extracción de una porción de suelo, a una profundidad de 0.30 cm ó más para someter a un estudio en laboratorio mas que todo con la finalidad de conocer sus propiedades establecidos y luego hacer las interpretaciones correspondientes en base a los resultados obtenidos en cada caso. (Mendoza & Espinoza, 2017).

a.- Muestra simple: Simple porque se extrae una porción de una parcela conocida, para recomendar la cantidad de abono a incorporar, mas que todo se realiza en suelos de características homogéneas.

b.- Muestra compuesta: Es un procedimiento más amplio con la finalidad de saber el contenido de nutrientes de una determinada extensión de suelo mediante aplicación de pruebas estadísticas aplicada a cada sector muestreada.

Cualidad para el desarrollo de las plantas

Fertilidad del suelo:

Rodríguez, et al. (2000) La necesidad de nutrientes por las plantas se determina mediante análisis en laboratorio y los 16 elementos en mayor o en menor cantidad.

2.1.3.12. Ubicación taxonomico de *Berberis microphylla*.

Superreyno: Eucaryota

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobiota

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ranunculales

Familia: Berberidaceae

Subfamilia: Berberidoideae

Tribu: Berberideae

Subtribu: Berberidinae

Género: Berberis

Especie.: *Berberis microphylla* G. Forst

Nombre común: Calafate, T'ankar, Checche, otros

Fuente: G. FORST. (1789)

El material identificado a través de comparaciones, existe semejanza con *Berberis microphylla* y se le agrega Sinonimias: *B. buxifolia* var. **Spinosa**, spinosissima y la ubicación taxonómica solo varía en la especie de la siguiente manera:

Género: Beberis

Especie: **Berberis microphylla**. Sinonimias: *B. buxifolia* var. **Spinosa**, spinosissima)

Nombre común: T'ankar (Identificación propia en campo, 2024)

2.1.3.13. Nombres comunes

En el sur de nuestro país, esta planta se conoce como "t'ankar", "Cheqche", "Qeswacheqche", "Agracejo peruano", "Ailampo", "Uva- uva", "Quisca- quisca", en Chipao-Ayacucho conocen con el nombre de "Tintilco", en Paruro-Cusco al t'ankar lo conocen con nombre científico *Bacharis buxifolia*, así lo conocen por diferentes nombres a nivel nacional. También revisión de bibliografía internacional indica nombres comunes como: Agracejo, espino arro, espino real o santo. Etnobotánica y etnobiología. Benites G. (2009)

El género *Berberis* está bien representado en la Patagonia por 16 especies de arbustos nativos y muchas especies existentes en el ande peruano se asemejan muy bien, especialmente por la disposición de los espinos. (Orsi, 1984). Sin embargo, según una clasificación posterior del género realizada por Landrum (1999), el número de especies es menor al citado por los trabajos previos de Orsi (1984), dado que Landrum agrupa a especies como *B. buxifolia*, *B.*

microphylla y *B. heterophylla* bajo un igual nombre, *B. microphylla*, esta relación del autor mucho se asemeja a la especie en estudio actual referente a los suelos mas adecuados para su prosperidad. G. Forst., postula que las diferencias entre éstas no se mantienen constantes como para conservar su rango de especie, debido también a la mutación que sufre estas especies con el paso del tiempo de existencia. Si bien ésta es la última clasificación se contradice con los estudios realizados del género *Berberis* por Bottini et al. (2000), quienes caracterizan y diferencian con precisión a las citadas especies en el orden morfológico, bioquímico y molecular.

2.1.3.14. Descripción botánica de la familia berberidaceae

La familia Berberidaceae comprende aproximadamente 15 géneros y 650 especies distribuidas en los hemisferios norte y sur. Estas plantas pueden ser herbáceas, arbustivas o leñosas, con alturas que varían de 0,3 a 6 metros, y a menudo presentan espinas. Sus flores son típicamente hermafroditas y actinomorfas, con una disposición de sépalos, pétalos y estambres en verticilos alternantes. Los pétalos suelen estar organizados en varias series, frecuentemente en tríos. Las hojas pueden ser persistentes o caducas, alternas, simples o compuestas, y a menudo son enteras o espinoso-dentadas (Araya, 2006)

Según la descripción botánica dada por Landrum (1999), las especies del género *Berberis* son arbustos perennes o de hoja caduca, que crecen entre 1 y 5 metros de altura. Presentan hojas que varían en forma y tamaño, dependiendo de la especie

La familia Berberidaceae es reconocida en el Perú con un género, *Berberis*, y 32 especies Brako & Zarucchi, (1993), mayormente arbustos. Esta familia incluye 14 endemismos. La mayoría de estas especies endémicas ocupan la región Mesoandina, entre los 2000 y 4200 m de altitud. Dos de estos taxones endémicos están representados dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.

2.1.3.15. Descripción del género Berberis

Según la descripción botánica dada por Landrum (1999), las especies del género *Berberis* son arbustos perennes o de hoja caduca, que crecen entre 1 y 5 metros de altura. Presentan hojas de borde aserrada y triespinadas que varían en forma y tamaño, dependiendo de la especie y de lugar donde crecen. Landrum (1999).

2.1.3.16. Características biológicas del género *Berberis* L.

De acuerdo a datos históricos Gay (1985), El género *Berberis* comprende arbustos que pueden alcanzar hasta 6 metros de altura. Generalmente son glabros y presentan hojas alternas, ligeramente pecioladas, de color verde oscuro en el haz y más claro en el envés. Las hojas pueden ser simples, enteras, dentadas o espinosas, y pueden ser caedizas o persistentes. En su base estas hojas suelen tener espinas derivadas de hojas rudimentarias y endurecidas, que pueden ser simples o divididas en tres a cinco partes. Estas espinas transformadas tienen el propósito de proteger los brotes jóvenes de caracoles y orugas, aunque su tamaño pequeño no es un obstáculo para su función protectora. Por otro lado, las hojas mayores no necesitan este mecanismo de defensa, ya que están protegidas por espinas terminales más duras (Urban, 1934)

2.1.3.17. El Género *Berberis*

En Chile, la familia Berberidaceae está representada únicamente por el género **Berberis**, que incluye unas 500 especies en total. En nuestro país, se pueden encontrar aproximadamente 50 de estas especies (Fajardo, 1992).

Fotografía 1

Planta de Berberis microphylla.



Fuente: Herbario BBB Villamil.PN. Laguna blanca.

Fotografía 2
Partes de la planta de t'ankar



Fuente: Elaboración propia 2024.

A: Ápice B: Flores hermafroditas en racimo C: Hoja borde aserrada D: Tri espinas E:
Tallo pétalos F: Pedúnculo floral G: Yema axilar

2.1.4. Características botánicas de t'ankar ((*Berberis microphylla* G. Forst. Sin. *Buxifolia*. Var. *Espinossima*))

Es un arbusto espinoso, perennifolio, nativo de las zonas andinas de aproximadamente 5 m promedio de altura, con el tallo muy ramificado desde la base. Sus hojas pequeñas están compuestas por tres folíolos pequeños aovados y en su base tienen tres estípulas modificadas en espinas trifurcadas (dos laterales y una central más larga) de unos 2 cm de largo. Sus flores amarillas son pentámeras, simples, colgantes con peciolo largo, de color amarillo, hermafroditas, florece de octubre a enero.

Su fruto comestible, lo llaman también michay o calafate de acuerdo al lugar, es una baya de color azul negruzco, de 1 cm de diámetro con 6 semillas angulosas, se recolecta en los meses de abril a junio para consumirlo fresco, elaborar mermeladas, néctar y licores. Tiene raíces fibrosas, de largo hasta de 50 cm de profundidad

2.1.3.18. FORMAS DE PROPAGACIÓN DE T'ANKAR (*Berberis microphylla* G. Forst. Sin. *Buxifolia*. Var. *Espinossima*)

Trabajos de investigación muestran las formas de propagación de t'ankar (*Berberis microphylla* G. Forst).

Muñoz (2013), las muestras fueron homogenizadas en una sola los brinzales, con raicillas completas y con el sustrato natural, previamente codificadas, posteriormente almacenada en una caja térmica de tecnopor con la humedad adecuada para su transporte al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, facultad de Agronomía. La metodología aplicada por (Arévalo, 2016).

Núñez, (2017), en función a los resultados obtenidos, y de acuerdo a las condiciones en que se desarrolló este trabajo se concluye: Que la propagación de semillas botánicas de la especie nativa tancar (*Berberis* sp) utilizando, compost, tierra agrícola y arena. Imágenes del proceso de propagación de t'ankar (*Berberis* sp)

Fotografía 3

Propagacion sexual de t'ankar (Berberis microphylla)



Imagen 1. Plántulas de t'ankar



Imagen 2. Plántulas de t'ankar

En la imagen 1 y 2, se aprecia plántulas de t'ankar (*Berberis* sp) una vez desplegada los cotiledones y el primer par de hojas germinales, la raíz principal crece rápidamente, pudiendo alcanzar hasta 7 cm. El desarrollo de la planta de t'ankar (*Berberis* sp) es lento hasta que se forme las 4 a seis hojas verdaderas, luego el crecimiento vegetativo se acelera, se dispone las hojas de consistencia semicarnosa (coreáceas), brillantes de 1 a 2 cm de largo, están protegidas por espinas en todo el perímetro, tal como evidencia en las imágenes 5 y 6. Los resultados obtenido por Núñez, (2017), se aprecia en la fotografías 4 y 5, morfología y características de las plántulas desarrolladas de t'ankar (*Berberis microphylla*), utilizando diferentes sustratos

Fotografía 4 y 5, morfología y características de las plántulas desarrolladas de t'ankar (*Berberis microphylla*). Resultados de la investigación Nuñez (2007), propagación sexual.



Fotografía 4: *Plantines de t'ankar (Berberis sp)*
(*Berberis*,



Fotografía 5: *Plantines de t'ankar con hojas verdes*



Fotografía 6: *Sustrato utilizado (B. micro)*
t'ankar



Fotografía 7: *Repique de brinzales de t'ankar*

Fuente: *Elaboracion propia junio-2024.*

Propagacion a través de brinzales de t'ankar, fotografía 6 y 7, trabajo realizado en el mes de junio 2024.

2.1.3.19. La cobertura vegetal

La cobertura vegetal es la capa de vegetación que cubre la superficie terrestre, y está comprendida por una amplia gama de biomásas con distintas características fisonómicas y ambientales que comprende desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques. La cobertura vegetal tiene un papel fundamental en la protección de los suelos ante los procesos de erosión

que son causados por precipitaciones, de igual manera conserva la humedad en el suelo que a su vez contribuye a la proliferación de nutrientes, además al crecimiento de nuevo material vegetal que permite la regulación del ciclo hidrológico. (Gonzalez, 2020)

La cobertura forestal es otro aspecto que comprende el área de tierra relativa (en porcentaje) o efectiva (en kilómetros cuadrados o millas cuadradas) que está cubierta por bosques de especies nativos o exóticos, naturales o artificiales.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, un bosque se define como una tierra que abarca más de 0,5 hectáreas con árboles de más de 5 metros y una cubierta de dosel de más del 10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos umbrales *in situ*. Los bosques no comprenden tierras que están destinadas primordialmente para uso agrícola o urbano. (FAO, 2018).

Según la *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020* de la FAO, el mundo tiene una superficie forestal total de 4.060 millones de hectáreas, lo que equivale al 31 por ciento de la superficie terrestre total. (FAO, 2020)

Matorral. Definido como la formación dominada por la población de arbustos de distintas texturas de hojas. (Parra y otros, 2004). El matorral seco conformado por vegetación de tipo xerofítico, no asimilan agua superficial ni subterráneo, constituida básicamente por asociaciones arbustivas, cactáceas y herbáceas de corta vida, crecen, desarrollan y fructifican y mueren (Quispe, 2002).

Sitio forestal.

El sitio forestal es una ubicación geográfica, donde viven plantas y animales, definida por factores de clima y del suelo, de cualidades o bondades particulares, que permite a esas plantas establecerse y desarrollarse. En él se presentan condiciones que favorecen a algunos vegetales en su desarrollo y se puede conceptualizar como sigue: Sitio= es función del clima y suelo) Barnes, et, al., (1998).

2.1.3.20. Calidad de Suelo.

Concluyen definiendo que la calidad del suelo es un término del estado actual, con propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas y necesarias para nutrir el suelo, que se debe considerar en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas. (García y otros, 2012).

Los indicadores de la calidad del suelo es una estrategia fundamental para la toma de decisiones en el manejo y uso del suelo a escala local, regional y global, y su estudio debe hacerse de forma independiente, según las condiciones de cada agro ecosistema.

El concepto de calidad del suelo fue definido por Doran y Parkin (1994) como la capacidad exacta del suelo para estar en funcionamiento dentro de los límites de un ecosistema natural o artificial, para soportar la vida, la producción de plantas cultivadas, animales y como sostén de la vivienda.

2.1.3.21. Indicadores de calidad de suelo.

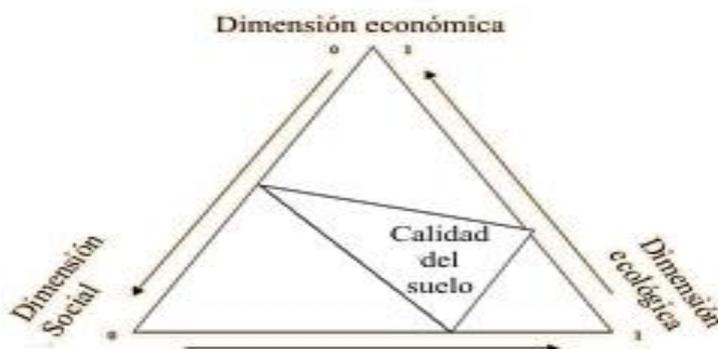
Los conceptos más contemporáneos de calidad del suelo se basan en varias de sus funciones principales y no solo en un uso específico, aunque este concepto continúa modificándose en función a la evolución. El Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America sintetizó esta definición como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat. (Singer & Ewing, 2000)

El uso de indicadores de la calidad del suelo puede ser una herramienta rápida para la toma de decisiones, ya que estos son sensibles al manejo en el corto, mediano y largo plazo, en dependencia de la propiedad y del suelo que se evalúe. Por ejemplo, en el caso de la textura, para percibir cambios se necesitan 1 000 años, no es rápido esos cambios, muchas veces pasan décadas para mostrar una textura adecuada; sin embargo, las modificaciones en la velocidad de infiltración se perciben en menos de un año, debido a que las lluvias se presentan mas temprano a lo previsto habitualmente. (Arnold, 1990)

Establecieron que los indicadores deberían facilitar: (a) analizar el estado actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo que garantice; (b) analizar los probables efectos antes de una intervención; (c) realizar seguimientos el impacto de las intervenciones del hombre; y (d) cuadyuvar a establecer si el uso del recurso es duradero Astier et al. (2002).

Figura 2

Triángulo Moebius para las tres dimensiones.



Fuente: (Hünнемeyer et al. 1997).

Hay tres elementos implícitos en el concepto sostenibilidad: la dimensión económica, la social y la ecológica Goodland y Daly, (1996); (Fig. 2). La durabilidad ecológica referido a las características principales para la subsistencia o supervivencia que deben mantener los ecosistemas a través del tiempo en décadas en cuanto a componentes e interacciones. (Hünнемeyer, 1997)

La sostenibilidad económica implica la producción a una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo, lo cual haga atractivo o genere interés continuar con dicho manejo. Y la sostenibilidad social aspira a que la forma de manejo motive a los involucrados a organizarse a un grado aceptable de satisfacción de sus requerimientos.

2.1.4. PLAN DE MANEJO FORESTAL

Es un instrumento de gestión forestal que se constituye en una herramienta dinámica y flexible para la implementación, seguimiento y control de las actividades de manejo forestal, orientado a lograr la sostenibilidad del ecosistema, sirve de guía para manejar, mantener y proteger un área. (MINAGRI, 2016). El manejo forestal duradero en el tiempo es un principio que asegura la producción de diversos bienes y servicios a partir de los ecosistemas forestales o conjunto de especies forestales exclusivamente cuando se refiere a ecosistemas forestales de una manera fija y óptima, conservando siempre los valores ecológicos de tales ecosistemas; es una estrategia de manejo de recursos naturales.

El estado situacional de las comunidades de intervención con el Proyecto Bosques Manejados en la Región Apurímac, aún no está claro las actividades de forestación, existiendo una serie de conflictos sociales entre comuneros para la instalación de plantaciones bajo cualquier

sistema, asimismo no se tiene establecido claramente los beneficios que va brindar los recursos forestales en el futuro; sin embargo se ha estado aprovechando los bosques sin una medida de control que garantice la sostenibilidad, generándose un aprovechamiento irracional.

El manejo forestal comunitario (MFC) comprende de un modelo organizacional y técnico encargada de encontrar valores a las comunidades propietarias de bosques nativos o exóticos, como parte fundamental del manejo y aprovechamiento de los recursos de dichos ecosistemas forestales (Kometter, 2013)

El manejo forestal comunitario (MFC) es definido como la gestión de bosques sostenible bajo la asunción de responsabilidades de una comunidad o grupo social organizado, que, mediante compromisos a largo plazo, buscan lograr objetivos económicos y sociales. Asimismo, el manejo forestal comunitario (MFC) representa una producción de recursos maderables y no maderables, a través de su comercialización o autoconsumo, el desarrollo del turismo o ecoturismo, orientados a cumplir metas de generación de ingresos y seguridad alimentaria. Finalmente, se infiere que el manejo forestal comunitario (MFC) es un instrumento eficiente para el desarrollo rural, el cuidado de recursos naturales, la participación unisona de sectores para la conservación del bosque y el cuidado de la biodiversidad forestal (Cortez, 2014)

Guevara, Téllez y Flores (2015), llevaron a cabo el estudio titulado "Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales desde la perspectiva de las comunidades indígenas: Sierra Norte del Estado de Puebla" (Investigación Científica, Universidad Autónoma de Puebla - México), con el objetivo de analizar cómo ha cambiado el uso de la tierra y las formas en que los territorios han sido malversados según los usos y costumbres establecidas por las comunidades indígenas.

2.1.4.1. Análisis del suelo.

Importancia.

Es de necesidad saber las características físicas, químicas y biológicas de suelos, que debe conocer los hombres dedicados a la agricultura, ya que el crecimiento y desarrollo de especies cultivadas sea forestales o cultivos requiere los niveles de fertilización previo conocimiento de las propiedades edáficas. (Mayhua y otros, 2008)

Los análisis de suelos ofrecen pautas para recomendar fertilización y enmiendas, como el yeso en suelos alcalinos o materiales calcáreos en suelos ácidos, aunque esto puede incrementar los costos de producción. Es esencial interpretar esta información primero desde

una perspectiva agronómica y biológica en relación con el crecimiento de las plantas, y posteriormente desde un enfoque económico para establecer el retorno esperado (Alaluna, 2000).

Los análisis se utilizan mayormente para evaluar la escases o deficiencias de nutrientes, constituyendo solo una parte de un método de diagnóstico que incluye etapas como el muestreo y la calibración e interpretación de los resultados que, junto con la información de naturaleza agronómica, permitirán efectuar una recomendación de fertilización. Pero otra aplicación de los análisis de suelos es para el seguimiento de la calidad del suelo que se ha establecido, de tal forma que ayuden a decidir donde no hay que realizar aplicaciones de fertilizantes y también permiten evaluar la presencia de elementos tóxicos adversos a los cultivos. (Arias, 2004).

2.1.4.2. Suelos forestales en comparación con suelos cultivados

La necesidad del suelo para los cultivos agrícolas a menudo difiere de los requerimientos para los cultivos forestales. Un drenaje deficiente, laderas pronunciadas cascacajosas o la presencia de piedras voluminosas que permitan ramificar raíces, son ejemplos de condiciones del suelo que favorecen el uso forestal sobre agrícola, estos suelos requieren buena presencia de materia orgánica y propiedades edáficas adecuadas para albergar cultivos de pan llevar (Pritchett, 1986)

La presencia de plantas forestales y de *litter* también da por resultado condiciones de humedad y de temperatura más uniformes siempre en cuando se dispone de especies fijadores de nitrógeno y no esquiladores como el Eucalipto. Cuanto más húmedo sea el clima del suelo, más fomentará el estado ácido resultante de la descomposición y la lixiviación de la capa de la *litter* que a su vez promueve el desarrollo de una población de microflora y fauna más diversificada y activa que las que se hallan en los suelos agrícolas (Pritchett, 1986).

2.1.4.3. Base legal.

LEY N° 29763. LEY FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE.

Artículo II. Principios generales.

Numeral. 2. Participación en la gestión forestal. Este principio otorga a toda persona el derecho y el deber de participar responsablemente en los procesos para la toma de decisiones respecto a la definición, aplicación y seguimiento de las políticas, gestión y medidas relativas a los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. Se busca garantizar la participación efectiva de todos los actores interesados, incluyendo a las comunidades nativas y campesinas, tanto a nivel individual como colectivo. (MINAGRI, 2015).

En la categorización de especies amenazadas de flora silvestres aprobada mediante Decreto Supremo N° 043-2006-AG, tampoco no consideran a la familia Berberedaseae, ni como vulnerable o en peligro de extinción.

2.1.4.4. Relación de la silvicultura con la naturaleza y el paisaje.

En el trabajo de investigación Rol de la silvicultura en la conservación del bosque y del paisaje, en una de sus conclusiones indica: La Silvicultura está estrechamente relacionada con la conservación del bosque incluido pastos y del aspecto paisajístico, ya que toda actividad forestal genera impactos, en especial las actividades de cosecha y plantaciones forestales, pudiendo minimizarse empleando criterios más específicos que permitan la mejora y conservación de los elementos esenciales del paisaje como la forma, escala y diversidad paisajística Carmona F., W.A. (2013).

2.1.4.5. Selección de variables

Las variables físico-químicas del suelo (Tabla 24) por Rousseau, et, al., (2012) tomando en cuenta que las variables seleccionadas son limitantes puesto que son dependientes de la productividad del cultivo en la región fueron utilizadas.

Análisis estadístico

Tabla 23

Detalle de variables físico-químicas del suelo

VARIABLE	UNIDAD	VARIABLE	UNIDAD
pH	1:2.5	Manganeso (Mn ⁺⁺)	ppm
Conductividad Eléctrica (CE)	dmhos/cm	Cobre (Cu)	ppm
Carbono elemental (C)	%	Azufre	ppm
Nitrógeno elemental (N)	%	Zinc (Zn ⁺⁺)	meq/100ml
Nitrógeno amoniacal (NH ₄)	ppm	∑Bases	meq/100ml
Relación C/N	%	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	ppm
Fosforo (P)	ppm	Arcilla	%
Potasio (K ⁺)	ppm	Arena	%
Calcio (Ca ⁺⁺)	meq/100ml	Limo	%
Magnesio (Mg ⁺⁺)	meq/100ml		

Fuente: Rousseau et al (2012)

2.2. Marco conceptual

- **Propiedades edáficas del suelo.** - El tamaño y la proporción en que se encuentran las partículas minerales que forman el suelo determinan sus propiedades físicas: textura, estructura, porosidad y el color
- **Evaluación.** - Una evaluación es un juicio cuya finalidad es establecer, tomando en consideración un conjunto de criterios o normas, el valor, la importancia o el significado de algo.
- **T'ankar (Berberis microphylla** Sinonimias: *B. buxifolia* var. **spinosa**): es un arbusto que crece sobre los a partir de 2500m.s.n.m. hasta 4020 m.s.n.m y se encuentra en los suelos francos pedregosos de la región Apurímac.

- ***Berberis*** es un género que incluye alrededor de 500 especies de arbustos perennes y de hoja caduca con alturas que van de 1 a 5 metros.
- **Cobertura forestal:** Se denomina así, a toda superficie ocupada por especies nativas y exóticas.
- **Matorral**, arbustal o matorral es un campo caracterizado por una vegetación dominada por arbustos y matas, y que a menudo incluye céspedes, plantas de porte herbáceo y plantas geófitas.
- **Plan de manejo forestal:** Es el instrumento que planifica la gestión del patrimonio ecológico o el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales de un terreno determinado, resguardando la calidad de las aguas y evitando el deterioro de los suelos.
- **Uso.** - Del latín *usus*, el término hace referencia a la acción y efecto de usar (hacer servir una cosa para algo, ejecutar o practicar algo habitualmente).
- **Textura del suelo.** Puede clasificarse de fina a gruesa. La textura fina indica una elevada proporción de partículas más finas como el limo y la arcilla. La textura gruesa indica una elevada proporción de arena
- **Densidad aparente.** Se define como la masa de muchas partículas del material dividida por el volumen total que ocupan. La densidad aparente no es una propiedad intrínseca de un material; puede cambiar dependiendo de cómo se maneje el material
- **Cobertura forestal.** Se refiere al área de tierra relativa (en porcentaje) o efectiva (en kilómetros cuadrados o millas cuadradas) que está cubierta por bosques.
- **Bosque.** Es un ecosistema arbóreo, caracterizado por la presencia de árboles y arbustos de múltiples especies nativas, edades y alturas variadas, regenerado por sucesión natural, con una asombrosa biodiversidad de vegetales, animales y microorganismos, que viven en armonía.
- **Agroforestería.** La agroforestería o agrosilvicultura es un sistema productivo que integra árboles, ganado y pastos en una misma unidad productiva.
- **Silvicultura.** La silvicultura (del latín *silva*, selva, bosque, y *cultura*, cultivo), es una actividad del sector primario que consiste en aprovechar los recursos naturales maderables y no maderables de la superficie forestal del país que incluye bosques, selvas y matorrales.

- **Servicios Ambientales:** Bondades valorizados de los ecosistemas, a través de provisión de servicios, regulación de servicios y servicios culturales

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte).

Se tiene información de un estudio realizado en la tesis por Estrada, A. (2021) sistemas de Uso de la tierra con cobertura de bosque y pasto para uso ganadero en selva alta Tingo María y tuvo como objetivos: Evaluar los suelos de uso con bosque y pastizal en el centro poblado de Supte San Jorge en condiciones de selva alta en Tingo María, establecer la correlación entre los indicadores fisicoquímicos del suelo con cobertura de bosque y pasto para uso ganadero y establecer la fertilidad de los suelos que van en función al tipo de cobertura de bosque y pasto para uso ganadero, siguiendo la metodología que consistió en la recopilar de toda la información necesaria de las dos áreas con coberturas de bosque y pasto para uso ganadero; así como información específica de suelos, entrevista con los propietarios de las parcelas en estudio, elaboración de mapa base del área, y un pre reconocimiento de toda el área donde se fijaron los puntos de muestreo para su respectiva evaluación; por otra parte, se consideró la clasificación de indicadores que se analizaron in situ y en laboratorio. El método de la investigación fue descriptivo – comparativo y explicativo. Obtiene resultados, que la textura de los suelos con cobertura de bosque y pasto para uso ganadero, en su mayoría se encuentra dominados por la fracción arcilla, el suelo con cobertura de bosque presenta una textura Franca, la densidad aparente, densidad real se encuentran en los rangos aceptables, la resistencia a la penetración es alto en el suelo con bosque.

Las propiedades químicas para el suelo con cobertura de bosque y pasto para uso ganadero presentan un pH moderadamente ácido a moderadamente alcalino, materia orgánica de medio a bajo, N de alto a bajo, P y K es bajo, CIC moderado, bajos porcentajes de bases cambiante, valores máximos para la acidez cambiante y alto porcentaje de saturación de aluminio para ambos suelos.

Otro antecedente, se tiene información sobre estudio de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en tres sistemas de producción en UNAH-Curla. Honduras, donde se realiza muestreos de suelo en los diferentes sistemas y en bosque natural evaluación las propiedades físicas, químicas y biológicas, donde se realizó el análisis de varianza de promedios de las propiedades físico, químicas y la prueba de Tukey al 95% de confianza, interpretando las condiciones físicas del suelo en los tres sistemas no se encuentran en rangos críticos para el desarrollo de los cultivos, no obstante, el sistema agroforestal presento mejores

condiciones para el desarrollo de raíces, mejor infiltración y más apto para el desarrollo de los cultivos.

Paiz N. (2019), asimismo existe similar trabajo de investigación muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con bosque natural, en la que aplican ANVA para determinar significancia de la variable en estudio y la prueba de Tukey para determinar las diferencias entre los promedios obtenidos.

Para las propiedades químicas se evaluaron siguiendo los métodos que se mencionan a continuación: el pH se determinó en agua y en KCl medido con un potenciómetro en el sobrenadante de una suspensión de una mezcla 1:2.5 suelo: líquido (van Reeuwijk, 2003); materia orgánica (MO) mediante el procedimiento de Walkley & Black (van Reeuwijk, 2003); porcentaje de nitrógeno total (Nt) siguiendo la metodología de Micro kjeldahl; fósforo (P₂O₅) aprovechable por el método de Olsen (Van Reeuwijk, 2003)

Potasio (K), método calorimétrico, calcio (Ca) mediante el método volumétrico y magnesio (Mg) intercambiables extraídos en acetato de amonio 1N pH 7, los cationes cambiabiles (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺) mediante el método de absorción atómica, y Al⁺⁺⁺ y mediante el método volumétrico y cuantificado en espectrofotometría de emisión de flama para K y absorción atómica para Ca y Mg (van Reeuwijk, 2003); hierro (Fe), extraídos en DTPA y cuantificados en espectrofotometría de absorción atómica (NOM-021-REC/NAT-2002);; capacidad de intercambio catiónico (CIC) se determinó mediante el intercambio con acetato de amonio 1N pH 7, método EDTA, en su trabajo de investigación muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos en bosque natural y poblaciones comerciales.. Los resultados fueron realizados su ANVA, luego sometidos a prueba de Tukey, con el fin de establecer la superioridad del porcentaje de las propiedades químicas. (Van Reeuwijk, 2003) Hernández et al., (2006), recomiendan que deben evaluarse o recolectarse datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En cuanto a nuestra investigación el método aplicado permitió recolectar datos sobre las características físicas, químicas y biológicas a fin de conocer el contenido más adecuado de micro, macronutrientes y hongos micorrizicos arbusculares.

Pérez C. (2020) Realizó un trabajo de investigación muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con bosque natural y plantaciones comerciales, Universidad Autónoma Chapingo. División de ciencias forestales maestría en ciencias forestales. Estado de México. Tesis de grado al comparar los métodos de muestreo simple y compuesto en la determinación de propiedades físicas y químicas de suelos forestales y determinar el estado físico y químico de suelos con bosque natural y plantaciones forestales.

Pérez (2020). En el trabajo de investigación sobre determinación de propiedades físicas y químicas realiza medida de humedad equivalente (HE), capacidad de campo (CC), densidad aparente, densidad real, punto de marchitez permanente (PMP) y porosidad de suelos, en relación con diferencias de variables físicas utilizando la prueba de Tukey y las diferencias por categorías, coincidió en los porcentajes de arena, limo y arcilla donde se marcaron diferencias por ambos procedimientos, por otra parte el análisis de variancia (ANVA) detectaron diferencias significativas entre variables capacidad de campo, punto de marchitez permanente y porosidad, pero no encontraron diferencias para estabilidad de agregados.

Clark, (1978), indica que los hongos micorrízicos arbusculares colonizan las raíces de las plantas y con frecuencia mejoran el crecimiento de la planta huésped y la adquisición de minerales, particularmente para plantas cultivadas en condiciones de bajo estrés de nutrientes y minerales; la información sobre los hongos micorrízicos y las respuestas de las plantas hospedantes de micorrizas a pH bajo (<5) son limitadas.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos rizosféricos simbióticos de más del 80% de las plantas, localizados en las raíces de la mayoría de las comunidades vegetales de herbáceas y árboles tropicales. (Smith & Read, 2008)

No se ha encontrado un trabajo de investigación detallado del Plan de Manejo Forestal o agroforestal, sin embargo se tomo de referencia, el modelo programado para elaborar la propuesta del plan de manejo agroforestal de t'ankar, en el ámbito de la comunidad de Cotahuarca del distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau- Apurímac. (MINAGRI, 2016).

MINAGRI (2019) en la resolución de Dirección Ejecutiva N° 118-2019-SERFOR-DE. 27 de mayo 2019, en artículo 1, aprueba Lista Oficial de Especies Forestales, mediante un anexo donde no consideran a la familia Berberidaceae.

Quintanilla (2021) en la tesis titulado "Gestión Institucional y Aprovechamiento Racional y Sostenible del Patrimonio Forestal y fauna silvestre de la dirección regional forestal y de fauna silvestre de Madre de Dios - 2019", como objetivo se plantea Analizar la relación que existe entre la gestión institucional y el aprovechamiento sostenible de la DRFFS-MDD. Para lo cual aplica la tabla de frecuencias llegando a la conclusión, la categoría que presentan mayor relación es poco adecuada con 75,4%; es decir la gestión institucional se relaciona con el aprovechamiento racional y sostenible de manera poco adecuada, frente a las preguntas adecuadas e inadecuadas.

Konatt (2007), se han determinado nueve categorías de uso de las plantas en el caserío de Carpinteros y 49 especies locales con usos, de las cuales el 51,02% son medicinales, 44,9% son usadas como leña, 36,73% son utilizadas en la construcción, 32,65% son plantas utilitarias, 18,37% son alimenticias, 14,29% son forrajeras, 6,12% místicas, 4,08% tintóreas y 2,04% agroforestales.

Se tiene como antecedente empírico el modelo de cálculo de tamaño de la muestra por el método estadístico probabilístico, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Lwanga, y Lemeshow. (1991), utilizan esta formula para determinar tamaño de muestra de una población, la misma es citada por Aguilar, (2005), para establecer muestra en investigaciones.

Daniela (2019) Biodiversidad regional: estrategias de propagación, propiedades nutricionales y funcionales de los frutos del calafate (*Berberis microphylla* G. FORST). Universidad Nacional de Río Negro, sede Atlántica. Trabajo de investigación con fines de Licenciatura en Ciencias del Ambiente. 32pp. En uno de sus conclusiones señala que debido a que todos los tratamientos pre-germinativos mejoraron las condiciones de germinación, se podría considerar la existencia de dormancia en las semillas de *B. microphylla*. La combinación de estrategias de escarificación física y estratificación fría, resultó ser la metodología más eficiente para su cultivo y aprovechamiento sustentable.

Arena, (2016) en el trabajo de investigación, para establecimiento de un cultivo experimental en macetas, emplearon como material vegetal plantas de *B. microphylla* que se obtuvieron mediante propagación clonal por rizomas.

Arribillaga (2001) los resultados preliminares confirman que las épocas, sustratos y partes vegetativas más propicias para la propagación de especies leñosas de hoja angosta y se tuvo las conclusiones, época de propagación es en otoño e invierno, sustrato turba, presentó los índices más bajos de sobrevivencia y enraizamiento de estacas, debido a su bajo p^H.

(Hartmann & Kester, 1977). La parte basal de la estaca, presenta mejores condiciones para enraizar, debido principalmente a que esta porción presenta un mayor grosor, donde se puede acumular una importante reserva de carbohidratos.

Araníbar A. (2014). Realizó estudio de la actividad antioxidante del zumo del fruto de t'ankar (*Berberis boliviano* l.), en diferentes condiciones de almacenado", no menciona sobre las propiedades edáficas adecuadas para la propagación de t'ankar, únicamente desarrolla estudio de antioxidantes del sumo de fruto.

Araníbar, E. (2013). Extracción de antocianinas a partir del fruto de tankar (berberis boliviano l.) y determinación del contenido por el método del ph- diferencial, en esta investigación de alguna manera se refiere al tankar (*Berberis boliviana* L.), que es una planta nativa que crece a más de 3300 a 3800 m.s.n.m., su fruto es una pequeña baya comestible, con un alto potencial en contenido de antocianinas.

Las investigaciones se enmarcan más al aprovechamiento de los frutos, sin tomar una referencia de cómo es su propagación, en qué tipo de suelos prospera esta especie nativa, cuáles son las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, sin embargo, en el marco teórico indica altitud probable dónde crece y algunas características.

2.4. Hipótesis.

El conocimiento de los tipos de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, y la identificación de usos, propuesta de plan de manejo agroforestal, es de interés en la comunidad para la producción, aprovechamiento de las bondades de esta especie nativa, la población dispone con la información técnica para el manejo agroforestal, asimismo, esta comunidad dispone con mayor población de t'ankar desde sus ancestros.

a. Hipótesis general.

Las propiedades edáficas del suelo son homogéneas que afectan crecimiento y desarrollo en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*) y es posible determinar el uso en la comunidad de Cotahuarcay -Chuquibambilla –Apurímac.

b. Hipótesis específicas.

- Las propiedades físicas y complementarias evaluados en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*. *B. buxifolia*. var. *Spinosa*) son homogéneos en todas las muestras.
- Las propiedades químicas evaluados en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*. *B. buxifolia*. var. *Spinosa*) son diferentes en las muestras analizadas.
- Las propiedades biológicas, existe buena colonización de hongos micorrizicos arbusculares, esporas de hongos del matorral arbustivo con t'ankar.
- Es posible identificar el uso de t'ankar que permita aprovechamiento racional y elaboración de una propuesta de plan de manejo agroforestal en la comunidad de Cotahuarcay

2.5. Identificación de variables e indicadores.

En la tabla 24, se aprecia las variables independientes y dependientes.

VII: Matorral arbustivo

VD2: Propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos

Tabla 24

Variables e indicadores

VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE: Matorral arbustivo	Bosque de t'ankar	
DEPENDIENTE: Propiedades físicas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Textura de suelos (Arena, Limo y Arcilla) <ul style="list-style-type: none"> ❖ Densidad de suelos. (DA y DR). ❖ Porosidad. • Ceficientes hídricos: C.C., PMP, H.E. 	%/ de arena, limo y arcilla g/cm ³ g/cm ³ % Porosidad % CC. %PMP, % HE
Propiedades químicas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ pH ❖ Materia orgánica ❖ Nitrógeno total ❖ Conductividad eléctrica (CE) ❖ P₂O₅ ❖ K₂O ❖ CaCO₃ ❖ Capacidad de intercambio catiónico (CIC). ❖ Cationes cambiables. (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ y Al⁺⁺⁺) 	Alcalino o acido % M. O. % N. T. Mmhos/cm ppm ppm % Meq/100
Propiedades biológicas suelo tipo (descriptivo)	➤ Hongos Micorrizicos arbusculares, esporas de hongos micorrizicos, humedad garvimétrica y anélidos/muestra representativa	% Esporas/100 gramos de suelo.
Determinación de uso	<p><u>Para la determinacion de usos.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Preferencias de consumo ➤ Temporadas de consumo ➤ Inportancia económica del t'ankar. ➤ Cual es la edad de los arbustos de t'ankar. ➤ Alguna ONG realizó estudios en la comunidad. ➤ Que usos del fruto de t'ankar. ➤ Estaría a favor de la investigación. 	1, 2, 3 y 4. Edades 1, 2, 3 y 4. mes 1, 2, 3, 4 y 5 3), 4) y 5). Años 1) y 2). Si o No 1), 2) y 3)

<p>Propuesta de plan de manejo agroforestal</p>	<p><u>Para la elaboracion de propuesta de plan de manejo agroforestal</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuantas hectáreas de cobertura de t'ankar ➤ El estado actual de especie nativa. ➤ Cual son los principales medios de propagación. ➤ Que usos le da al arbusto no maderable del t'ankar. ➤ Cuales son los usos en conservación y protección del t'ankar. ➤ Cual es el manejo de sistema silvicultural de t'ankar. 	<p>4), 5) y 6)</p> <p>Item del 1) a 4). hectáreas</p> <p>2), 3) y 4)</p> <p>3, 4, 5, 6</p> <p>1, 2, 3, 4, 5 y 6</p> <p>2, 3 y 4</p> <p>1), 2), 3, 4 y 5</p>
---	--	---

Fuente: Modelo adoptado de Paredes (2018)

2.6. Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EDAFICAS DE SUELOS EN MATORRAL ARBUSTIVO CON T’ANKAR (*Berberis microphylla*. Sin. *B. Buxifolia*. var. *Spinosa*), Y USO COMO ESTRATEGIA AGROFORESTAL PARTICIPATIVA – EN COTAHUARCAY, CHUQUIBAMBILLA – APURIMAC, 2024”.

Cuadro N° 1: Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Propiedades físicas	Son los parámetros que describen las características del suelo.	Estas comprenden parámetros como la profundidad efectiva (profundidad útil al crecimiento del sistema radical), horizontes (estratas o capas de suelo), textura, estructura, porosidad total y macroporosidad, densidad aparente, drenaje interno, presencia de napa freática, todas estas relacionadas en mayor o menor grado con las propiedades físicas del suelo (Carrasco, 2010).	<p><u>Análisis físico de suelos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Clase textural ➤ Densidad aparente ➤ Densidad real ➤ Porosidad <p><u>Análisis químico de suelos.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ P^H ❖ M. Org ❖ Nitrógeno total ❖ Conductividad eléctrica (CE) ❖ Fosforo 	<p>Cantidad de Arena, Limo y Arcilla</p> <p>Da/muestra de suelo. DR/muestra de suelo Poros</p> <p>Define la actividad química y biológica Cantidad de M. O. Define la fertilidad del suelo; estabilidad, erosión Fertilidad del suelo</p> <p>Contenido de (CE). Mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo</p>	<p>%/muestra de suelo g/cm³/muestra de suelo g/cm³/muestra de suelo</p> <p>%/muestra de suelo</p> <p>Acido, neutro o básico (alcalino)</p> <p>% % Mmos/cm, dS/m, mg.</p>

<p>Propiedades químicas de suelos</p>	<p>Son los parámetros que describe la composición del suelo</p>	<p>Las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, entre ellas, cabe resaltar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K extractables (Bautista y otros, 2017).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Potasio ❖ Cationes cambiables. Calcio ❖ Capacidad de intercambio catiónico (CIC) 	<p>P₂O₅ disponible para las plantas. K₂O disponibles para las plantas CaCO₃, disponibles en el suelo para las plantas</p> <p>Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ y Al⁺⁺⁺ cantidad de cationes de la superficie puede retener.</p> <p>CIC cantidad de cargas negativas presentes de minerales en la superficie del suelo.</p>	<p>dS/m</p> <p>Ppm</p> <p>meq/100ml</p> <p>ppm</p>
<p>Propiedades biológicas</p>	<p>Son los componentes vivos que caracterizan los suelos.</p>	<p>Los componentes de la vida libre de la biota del suelo son las bacterias, hongos micorrizicos arbusculares, algas, fauna y virus únicamente sobre células vivas, entre otros</p>	<p>➤ Hongos micorrizicos arbusculares, esporas de hongos, bacterias, virus y anélidos</p>	<p>Hongos Micorrizicos Arbusculares, esporas de hongos y anélidos identificados</p>	<p>% de hongos Micorrizicos arbusculares N° de esporas de hongos por 100 gramos de muestra N° de anelidos/por muestra</p>

Variable que no serán objeto de análisis estadístico aplicado, se utilizara estadística descriptiva básica para saber en qué orden esta las prioridades de diferentes usos que se da a la especie nativa t'ankar. Asimismo, para la elaboración de una propuesta del plan de manejo agroforestal, los datos se dispone a través de encuestas, reuniones, asambleas.

Uso de t'ankar	Uso específico y práctico que se destina.	Determinar formas de aprovechamiento de T'ankar (B. microphylla. Sin. B. buxifolia. Var. spinosa) por los habitantes de la comunidad de Cotahuarca, a través de encuestas y charlas.	<p>1.-USOS NO MADERABLES: Apicultura, Medicina, Alimento Humano, Alimento ganado, Tinte, Taninos y fibra.</p> <p>2.-CONSERVACIÓN, PROTECCION: Mejora suelos, Revegetación, Recuperación de tierras, Alimento fauna silvestre, ornamental.</p> <p>3.-SISTEMAS SILVICULTURALES DE TANKAR: Campo abierto, Fajas de enriquecimiento, Agroforestería, Silvopastura, Manejo de</p> <p>Regeneración Natural. Multiplicación sexual</p> <p>4.-SECTORES MUESTREADOS CON MAYOR</p>	<p>Número de pobladores que aprovechan T'ankar como no maderables, consumen bayas, emplean como tinte, taninos, para ganado y fibra.</p> <p>Número de pobladores que usan para la conservación y protección de suelos.</p> <p>Superficie de t'ankar bajo sistemas silviculturales.</p> <p>Número de comuneros manejan campo abierto</p> <p>Número de comuneros emplean F. de enriquecimiento</p> <p>Número de comuneros emplean como agroforestal.</p> <p>Porcentaje de multiplicación por regeneración natural.</p> <p>Prendimiento de plantas</p> <p>➤ Sectores con población de T'ankar: S-1, S-2, S-10.</p>	<p>Nº de formas de aprovechamiento de Tancar.</p> <p>Número de formas de conservación</p> <p>Número de sistemas de manejo.</p> <p>Nº de comuneros</p> <p>Nº de comuneros</p> <p>Nº de comuneros</p> <p>% de comuneros Cantidad de comunidades</p>
----------------	---	---	--	---	---

			POBLACIÓN DE TANKAR:		% plantas por sector
Plan de Manejo Forestal	Es un documento que describe las características de los lugares con matorral arbustivo de t'ankar e información del inventario forestal que ayudará a elaborar el plan de manejo agroforestal.	Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales de un sector determinado, resguardando la calidad de las aguas y evitando el deterioro de los suelos. (www.grn.cl Gestión en Recursos Naturales 2016 Plan de manejo forestal)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobación del plan de manejo forestal 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Firma de pobladores en el acta comunal ➤ Resolución de Dirección Ejecutiva n° 118-2019-SERFOR-ED. ➤ Documentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdos aprobados • Libro de actas. • 01 constancia de inscripción.

CAPITULO III

METODOLOGIA.

3.1. **Ámbito de estudio: localización política y geográfica**

El estudio se llevó a cabo en la Comunidad de Cotahuarcay, distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau, Región Apurímac. La zona se caracteriza por su matorral arbustivo con predominancia de t'ankar (*Berberis microphylla*), lo que hace ideal para evaluar las propiedades edáficas y desarrollar una estrategia agroforestal participativa.

3.1.1. **Localización política y geográfica del proyecto de investigación**

Localización política:

Región	: Apurímac
Provincia	: Grau
Distrito	: Chuquibambilla
Micro cuenca	: Chuquibambilla
Comunidad	: Cotahuarcay y parcialidades

3.1.2. **Localización geográfica:**

El trabajo de investigación está ubicado, en la zona: 18 L, entre las coordenadas E739252.30 y coordenadas N 8430022.17 y altitud 3844 MSNM, en un rango altitudinal que va desde los 2300 msnm (Mariscal Gamarra) hasta 5,000msnm (Virundo). Así mismo por el enfoque del proyecto de investigación, este se localiza hidrográficamente en las Microcuenca, Chuquibambilla las cuales tributan a la sub cuenca del río Vilcabamba.

3.1.3. **Límites**

Norte	: Provincia Abancay de la Región Apurímac.
Sur	: Provincia Antabamba del Región Apurímac.
Este	: Provincias Cotabambas del Región Apurímac.
Oeste	: Provincias Abancay y Antabamba del Región Apurímac.

3.1.4. **Ubicación hidrográfica de la comunidad campesina de Cotahuarcay-Chuquibambilla-Apurímac.**

El drenaje hidrográfico en la Región tiene una orientación general de Sur a Norte y todos sus ríos convergen hacia la cuenca del río Apurímac, al que dan sus aguas por la margen izquierda. De acuerdo a su ubicación y recorrido llegan a conformar tres cuencas, se clasifican en aguas de régimen permanente y aguas de régimen estacional. Se muestra a continuación en la tabla 25.

Tabla 25

Sistema de Cuencas y Sub cuencas del Departamento de Apurímac

CUENCA	SUB CUENCA	PRINCIPALES RIOS
Cuenca del Río Apurímac	Santo Tomás	Río Santo Tomás, Ñahuinlla, Chalhuanhuacho, Palccaro, Cayarani, Ccocha, Tambobamba, Punanqui, Huarajo, etc.
	Vilcabamba	Ríos Vilcabamba, T.Oropesa, Trapiche, Chacapampa, Pallcca, Chuquibambilla, Rancahuasi, Ñahuinlla, Sarconta, y Antilla

Fuente. PERSA (2009-2015) Diagnóstico socio económico de la región de Apurímac 1986 y Almanaque de Apurímac 2002. INEI.

La ubicación de la comunidad de Cotahuar cay, de acuerdo a las fuentes información pertenece a la siguiente cuenca hidrográfica:

Sub cuenca: Río Cotahuar cay

Microcuenca: Río Chuquibambilla.

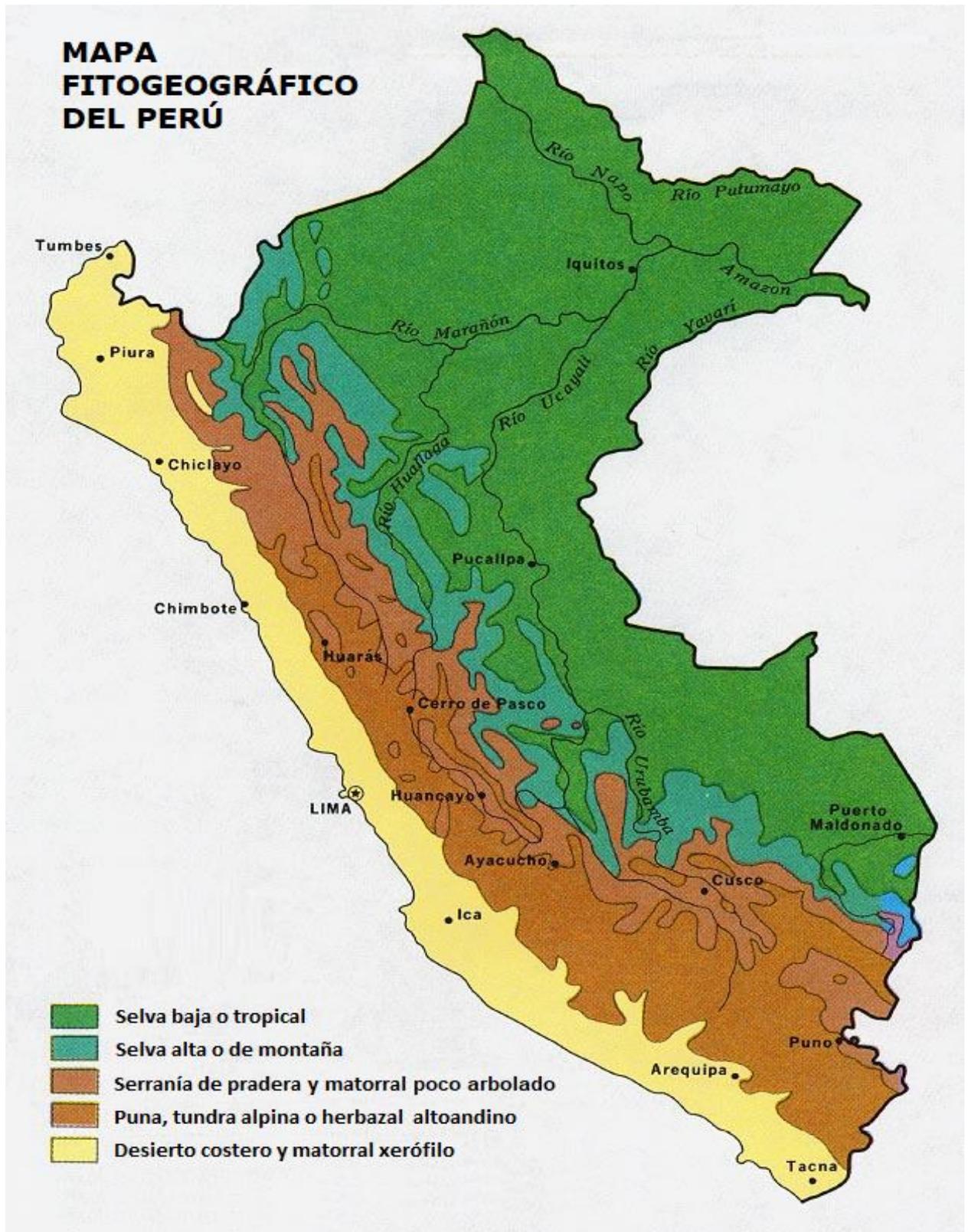
Cuenca: Río Apurímac. INEI (2007). Citado por el Proyecto de riego. COD. SNIP 162044

3.1.5. Ubicación fitogeográfica en el Perú.

En la figura N° 2, se aprecia la ubicación fitogeográfica del área de estudio en la franja de serranía de pradera y matorral poco arbolado.

Figura 3

Unidad fitogeográfica del Perú



a. Ubicación fitogeográfica de la C.C. Cotahuarcay.

La C.C. de Cotahuarcay en el mapa de la Unidad fitogeográfica del Perú, figura N° 2, está ubicada en serranía de pradera y matorral poco arbolado.

MINAM (2015), en el mapa de cobertura vegetal del Perú, se encuentra en el siguiente:

- En la región natural: Andina (Vertiente Occidental Andina e Interandina y Puna).
- Macroprovincia de humedad: Árido – superhúmedo,
- Formación vegetal: Matorral.
- Tipos de cobertura vegetal: Matorral arbustivo.

Esta zona abarca superficie de 7 496 882 hectáreas equivalente a 5,83 % del total de cobertura vegetal en el Perú. Asimismo, del total reportado al año 2012 una superficie de 220 173 ha de bosques andinos.

La superficie del matorral en estudio abarca 0.1065 hectáreas de acuerdo a los datos georeferenciadas, 06 sectores incluido el sector de vaqueriana (testigo), asimismo se tiene la cantidad de arbusto de t'ankar estimado en el estado que se ha encontrado 178 plantas/5 sectores en estudio, sin embargo, se tiene la cantidad plantas de t'ankar estimado empíricamente se tiene 543 plantas/ha, información se aprecia en el anexo 5 de cálculo de densidad de plantas.

a) Clima y Temperatura. - El Distrito de Chuquibambilla y sus comunidades de Chapimarca y Cotahuarcay, presenta una variedad de climas y temperaturas que se distinguen de acuerdo a las estaciones del año y a los diferentes pisos ecológicos que van desde los 2800 m.s.n.m hasta los 5051 m.s.n.m. Presenta un clima cálido en los valles, templado en las quebradas y áreas medias y frías en las punas. Estas características climatológicas y topográficas, determinan el comportamiento variable de las temperaturas, tanto estacionales y anuales.

b) Suelo. - La altitud del distrito de Chuquibambilla a la que pertenece la comunidad de Cotahuarcay abarca desde los 2800 msnm hasta los 5051 msnm; marcando 03 pisos altitudinales, bien definida en la capacidad de uso del suelo. Las características de los suelos varían según la zona. En las punas, los suelos se originan a partir de cenizas volcánicas y están compuestos por una roca dura y coherente, cubierta por tierras de cultivo y pastizales naturales. La estructura del suelo en esta región presenta diferencias, pudiendo ser pegajosa o grasosa, con una naturaleza ácida y rica en materia orgánica. Su color va de ocre a pardo amarillento, debido a la presencia de arcilla en sus capas, y la profundidad del suelo es generalmente superficial, entre media y fina (Gobierno regional de Apurímac, 2012).

Figura 4

Croquis de ubicación mediante coordenadas UTM.

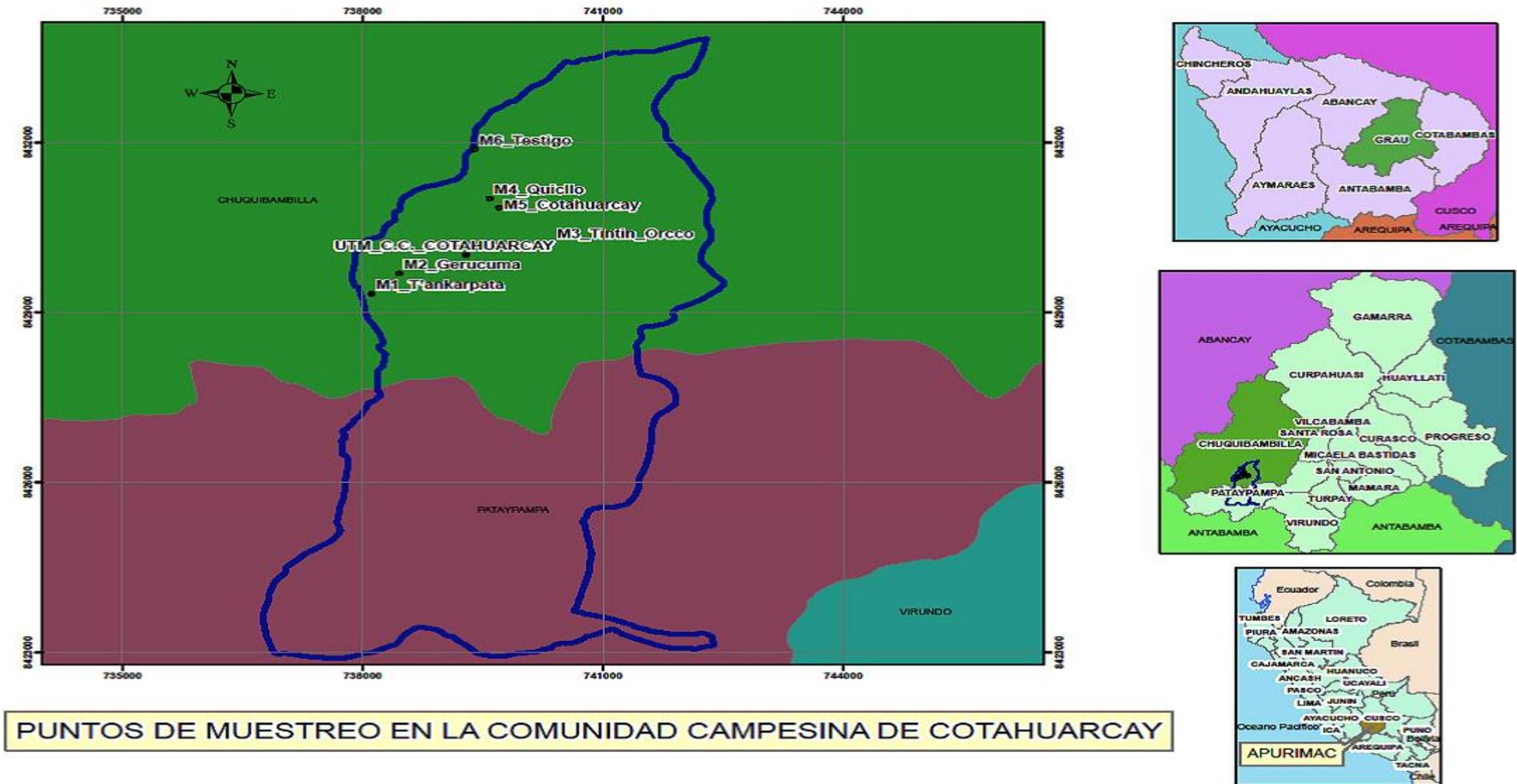
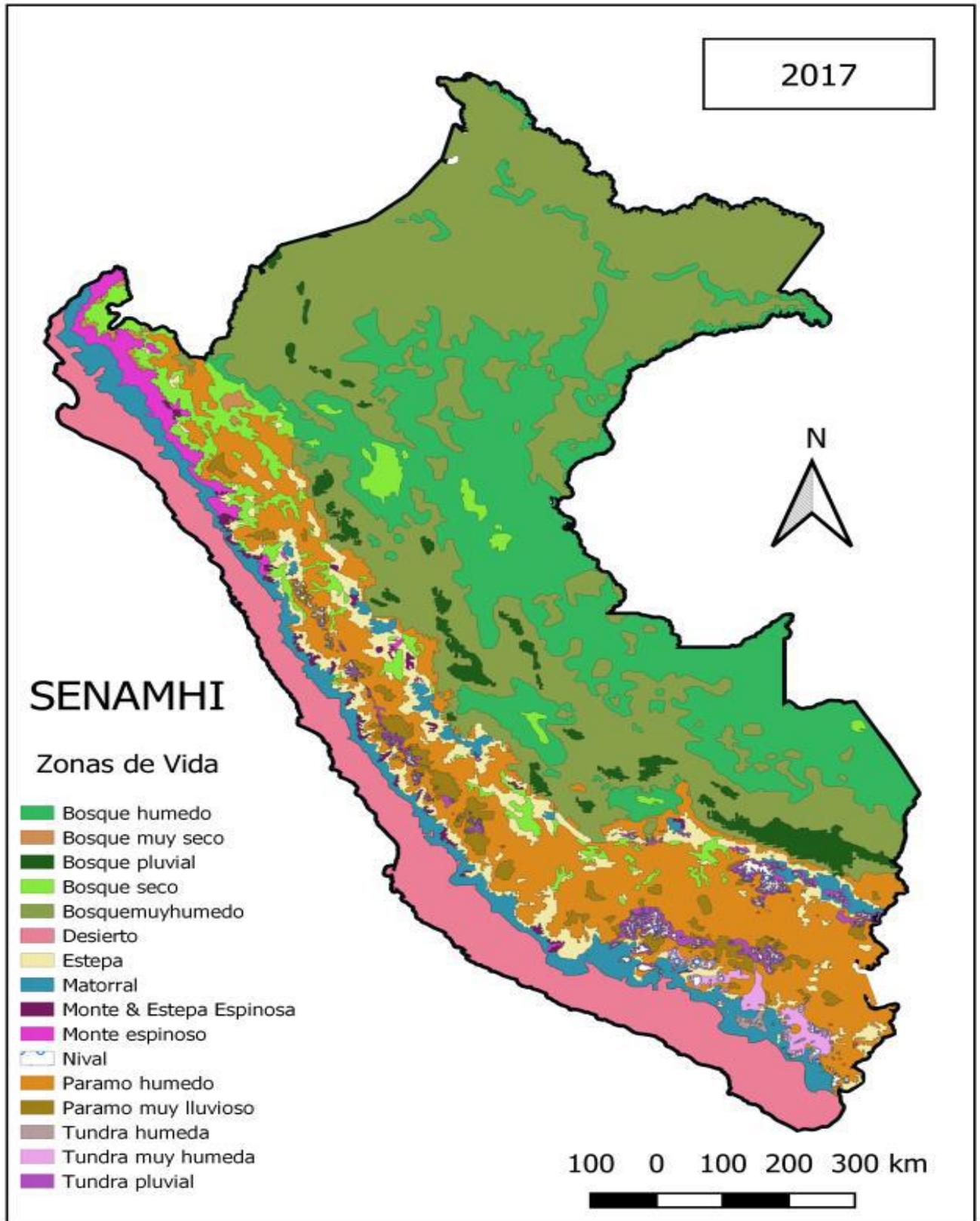


Figura 5

Principales zonas de vida en el Perú



c. UBICACIÓN DE ZONAS DE VIDA DE LA REGIÓN APURIMAC.

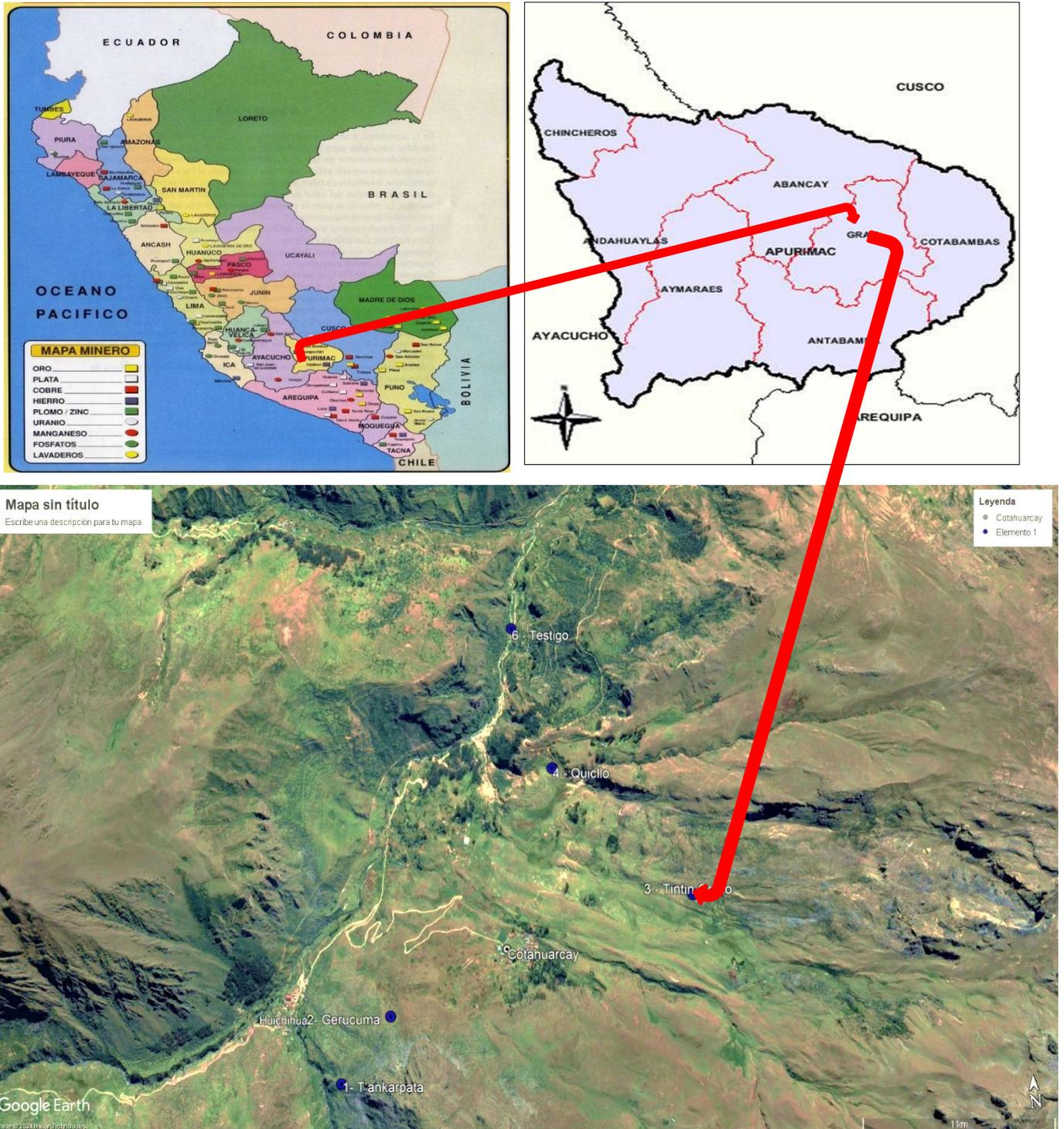
La Región de Apurímac se han identificado 08 zonas de vida en una región latitudinal, la zona de vida con mayor extensión corresponde a paramo pluvial- **SUBANDINO SUBTROPICAL** con 729,981 hectáreas que representa el 34.57% del área total de la Región de Apurímac y la de menor extensión corresponde a la zona de vida bosque seco - **SUBTROPICAL** que cubre una superficie de 17,577 hectáreas que representa apenas el 0.83% del área total de la Región Apurímac

La comunidad de Cotahuarcay, en base a la referencia se encuentra entre las zonas de vida **bosque húmedo - MONTANO SUBTROPICAL (bh-MS)** y **bosque muy húmedo - MONTANO SUBTROPICAL (bmh-MS)**, geográficamente, esta región se extiende entre altitudes de 3000 a 4000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La biotemperatura promedio anual varía entre 6°C y 12°C, mientras que la precipitación total anual promedio oscila entre 500 y 1000 mm.

La cobertura vegetal de esta zona de vida está compuesta principalmente por plantaciones forestales exóticas, bosques nativos y vegetación arbustiva y arbórea. En en esta zona de vida se desarrollan actividades agrícolas con cultivos bajo secano y cultivos en agroforestería.

Figura 6

Ubicación de puntos de muestreo en los seis sectores del ambito de la comunidad de Cotahuarca- Provincia Grau- Region Apurímac



3.2. Materiales y metodos.

3.2.1. Materiales. - Se tiene los siguientes equipos utilizados.

a. Equipos de campo:

- Pala y barrena de suelos para la toma de muestras.
- Cinta métrica para delimitar puntos de muestreo de suelos en estudio.
- Bolsas de plástico y etiquetas para almacenar y etiquetar las muestras.
- GPS para la georreferenciación de los puntos de muestreo y área de sectores.
- Cámara fotográfica para documentar las características visuales del suelo.

b. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica para pesar las muestras.
- Horno de secado para deshidratar las muestras de suelo.
- Tamices para realizar análisis granulométrico (fracciones de arena, limo y arcilla).
- Potenciómetro para medir el pH.
- Conductímetro para determinar la conductividad eléctrica (CE).
- Centrífuga para la determinación de la capacidad de retención de agua y humedad equivalente.
- Microscopio para identificar hongos micorrízicos en las raíces de T'ankar.

C. Reactivo y Conbusmible

- Agua destilada.
- Soluciones buffer para la calibración del potenciómetro.
- Ácidos y bases fuertes para la determinación de capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Reactivos específicos para la determinación de nitrógeno total, fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O).

3.2.2. Metodos.

3.2.2.1. Diseño de tipo y nivel de la Investigación.

Se adoptó un diseño no experimental, de tipo descriptivo, según el nivel de profundización es explicativa, enfocado en la evaluación de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el matorral arbustivo con T'ankar. Las muestras de suelo fueron recolectadas en 05 sectores seleccionadas aleatoriamente dentro de la comunidad de Cotahuarcay, **T'ankarpata**,

Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Vaqueriana (testigo); con las dimensiones de **0.035, 0.012, 0.016, 0.008, 0.025 y 0.0105 hectáreas respectivamente,** en las que se evaluaron las características edáficas y el uso potencial de la planta como estrategia agroforestal.

Metodología. - Actividades desarrolladas.

Selección de sectores de muestreo.

- Se seleccionaron 05 sectores en áreas con alta, media y baja densidad de t'ankar y 01 sector sin esta vegetación, con el fin de comparar las propiedades del suelo en ambos escenarios.
- Cada parcela fue georreferenciada con un GPS para documentar la localización exacta y facilitar el análisis futuro de las condiciones edáficas, en total 0.1065 hectáreas.

3.2.4. Técnicas de muestreo de Suelo.

- En cada sector representativo, se realizaron muestreos a una profundidad: 0-40 X0.40 cm.
- Las muestras se recolectaron utilizando una barrena y se almacenaron en bolsas etiquetadas con la fecha, profundidad y localización de la muestra.
- Se tomaron un total de 06 muestras de suelo incluido testigo.
- La muestra número 6 del sector de nominada Vaqueriana, constituye testigo, donde no crece ningún arbusto de t'ankar.
- Para determinar el uso de t'ankar, se elaborará preguntas claras del uso ancestral del t'ankar.
- Para la elaboración del plan de manejo de t'ankar, se realizará talleres, asambleas con los comuneros,

3.2.5. Metodología para la evaluación de propiedades edáficas en matorral arbustivo con t'ankar.

3.2.5.1. Propiedades físicas de suelos. Se procedió a identificar mediante análisis de suelo el grado textural.

- Textura del suelo: Se realizó mediante el método del hidrómetro, clasificando los suelos según la proporción de arena, limo y arcilla.
- Humedad equivalente (HE), el método de la centrífuga para determinar la humedad equivalente aplicando la fórmula empírica.

- Capacidad de campo (CC) Determinada en el laboratorio después de saturar las muestras de suelo con agua y medir el contenido de humedad retenida tras el drenaje, por gravimetría
- Densidad aparente (DA). Las muestras se secaron al horno a 105 °C y se calcularon en base a la relación entre el peso seco y el volumen de la muestra.
- Punto de marchitez permanente (PMP). El método de la fórmula empírica a partir de la HE, sobrestimó y subestimó el PMP, en FCAL y FR respectivamente.
- Porosidad de suelos en matorral arbustivo con t'anka, las mismas muestras se utilizaron para el análisis de las propiedades complementarias: Calculada indirectamente a partir de los valores de densidad aparente y densidad real del suelo.

3.2.5.2. Metodología para propiedades químicas.

Fertilidad de suelos.

- Conductividad Eléctrica (CE): Evaluada para determinar la salinidad del suelo, utilizando un conductímetro en una solución de suelo y agua.
- pH del suelo**: Medido en una suspensión de suelo y agua en una relación 1:2.5, utilizando un potenciómetro.
- Carbonato de Calcio (CaCO₃). Análisis mediante el método volumétrico.
- Materia Orgánica (MO): Determinada por el método de combustión húmeda.
- Porcentaje de nitrógeno total (Nt) siguiendo la metodología de Micro kjeldahl;
- Nutrientes esenciales (N, P₂O₅, K₂O): Se utilizaron métodos estándar de laboratorio para cuantificar el contenido de nitrógeno total, fósforo disponible y potasio en el suelo.

Cationes cambiabiles

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se determinó mediante el intercambio con acetato de amonio.
- Calcio (Ca) mediante el método volumétrico.
- Magnesio (Mg) intercambiabiles extraídos en acetato de amonio.
- Los cationes cambiabiles (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺) mediante el método de absorción atómica,

3.2.5.3. Propiedades biológicas.

- ❖ Los sectores fueron elegidas en matorral arbustivo con t'ankar aleatoriamente de cinco sectores mas uno de testigo y mezclados, convirtiendolas en una sola muestra compuesta.

- ❖ Las muestras fueron homogenizadas en una sola muestra de brinzales (2 kilos), con raicillas completas y con el sustrato propio, previamente codificadas, posteriormente almacenada en una caja térmica de tecnopor con la humedad adecuada para su transporte al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, facultad de Agronomía
- ❖ Se tomaron muestras de raíces de t'ankar para evaluar la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), utilizando microscopía para cuantificar la colonización micorrízica.
- ❖ Se evaluaron las esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) presentes en el suelo, identificando la cantidad por cada 100 gramos de suelo.
- ❖ Simultáneamente se midió la humedad gravimétrica (HG).
- ❖ Las muestras para determinar la colonización de raíces por hongos micorrízicos arbusculares y esporas de hongos micorrízicos arbusculares (esporas por 100 gramos de suelo), se realizó en 8 sectores, las mismas se realizó la mezcla convirtiéndose en una sola muestra, esta muestra se envió al laboratorio.

3.2.5.4. Estudio Participativo para determinar el uso y plan de manejo del t'ankar con estrategia agroforestal.

- Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los comuneros de Cotahuarcay, con el objetivo de identificar las prácticas agroforestales locales y la percepción del uso de t'ankar.
- Se realizó encuesta mediante fichas elaboradas y validadas por expertos para el uso racional y sostenible del matorral arbustivo de t'anka, del mismo modo para la propuesta del plan de manejo forestal se elaboró preguntas adecuadas, en base a los antecedentes de estudio.
- En las fichas de encuestas se consignaron preguntas referido al uso de los frutos, la encuesta realizada a 80 comuneros.
- Se organizaron talleres participativos donde los resultados preliminares fueron discutidos con los comuneros agricultores, para validar las estrategias agroforestales basadas en T'ankar.
- La información recogida se analizará utilizando herramientas de la estadística aplicada, interpretada y determinado las preferencias de uso de t'ankar,

3.3. Unidad de análisis.

- La unidad de análisis cada una de las 06 muestras (propiedades físicas y químicas, mas 01 muestra (propiedades biológicas).
- Constituye unidad de análisis las 80 encuestas a comuneros para la determinación de uso y propuesta de plan de manejo de la especie nativa de t'ankar

3.4. Técnicas de recolección de información.

Las muestras extraídas de los 06 sectores seleccionadas aleatoriamente fueron enviadas al laboratorio de suelos y aguas. Y los birzales con el sustrato propio la cantidad de 2 kilos se remitió a laboratorio de la UNALM- Lima.

Mediante talleres se obtuvo información relevante sobre uso y aprovechamiento de t'ankar en Cotahuarcay

Técnicas de análisis de datos e interpretación de la información

- Los datos obtenidos de los análisis de suelo fueron procesados utilizando software estadístico. Se realizaron análisis descriptivos para caracterizar las propiedades edáficas y análisis de correlación para determinar la relación entre resultados de las propiedades edáficas se aplicó ANOVA simple, continua con la comparación de medias por Tukey al 95% de confianza, para determinar el uso y aprovechamiento de la cobertura de t'ankar, se analizó mediante tablas de frecuencias, donde se evidenció porcentajes más imperantes de cada caso.
- Los resultados de las entrevistas y talleres fueron analizados cualitativamente para evaluar la viabilidad de implementar estrategias agroforestales participativas en la comunidad.

3.5. Validación de resultados.

Los resultados finales fueron presentados a la comunidad en un taller participativo, donde se discutieron los hallazgos y se validaron las recomendaciones sobre el manejo y propagación en tipos de suelos identificados con t'ankar.

3.6. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Se utilizan los análisis de varianza por cada variable considerada, para demostrar verdad o falsedad de las hipótesis.

Ho: Las propiedades físicas y químicas es el mismo para los muestreos realizados.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

En estas condiciones cuando los valores de F calculado son menores al valor de F teórico, se asume que es estadísticamente no significativo, por lo que los promedios son iguales las propiedades edáficas en este caso aceptamos la hipótesis planteada y rechazamos la hipótesis alterna. Lo contrario ocurre cuando en el ANVA, resulta F_c es mayor a F_t , es altamente significativo al 95% de confianza, por lo que se asume que los promedios no son iguales son diferentes las propiedades edáficas y se acepta la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis planteada.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

3.7. Población de estudio

- Está conformada por el ámbito de comunidad de Cotahaurcay de donde se obtuvo muestras de suelo.
- Para la propuesta del plan de manejo forestal el número de encuestados a los comuneros de Cotahuarcay.

3.8. Tamaño de muestra.

- Comprende número de muestras obtenidas de los sectores elegidos aleatoriamente y número de comuneros encuestados.
- Se realizó encuesta a 80 comuneros, de un total de 140 comuneros para el uso de t'ankar y para la propuesta de plan de manejo, cálculo de tamaño de la muestra a través del método estadístico probabilístico, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Siendo:

n = Población encuestada o muestreada = 80

N = Población total de comuneros (140)

e = Margen de Error (0.93)

P = Probabilidad de éxito (0.60)

q = Probabilidad de fracaso. (0.40)

Z = Nivel de confianza 99 % (2.5758)

Reemplazando la fórmula se tiene:

$$n = \frac{140(2.5758)^2 0.60 * 0.40}{0.93^2(140 - 1) + 2.5758^2 * 0.60 * 0.40} \quad n = \frac{222.927454}{2.79454995} \quad n = 80$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas del suelo en el matorral arbustivo con t'ankar.

4.1.1. Textura de suelo en matorral arbustivo de t'ankar

4.1.1.1. Arena (%), en matorral arbustivo de t'ankar

El porcentaje de arena en matorral arbustivo con t'ankar, presenta características diferentes por los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo. Se presenta los principales estadísticos por cada sector que se aprecia en la tabla 26.

Tabla 26

Datos observados de Arena (%)

Arena (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	51	43	39	49	44	45
R2	48.78	42.27	36.14	50.17	40.69	52.89
R3	56.03	40.94	39.61	49.84	49.31	45.51
Suma	155.81	126.21	114.75	149.01	134	143.4
Promedio	51.937	42.070	38.250	49.670	44.667	47.800
Desv. Est.	3.715	1.044	1.853	0.603	4.348	4.415
C.V. (%)	7.152	2.483	4.843	1.214	9.735	9.237

En la tabla 26, se aprecia el promedio bajo sector Tintin Orcco 38.25% y alto 51.937% t'ankarpata. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (7).

Tabla 27

Análisis de varianza entre los promedios de Arena (%) de los diferentes sectores.

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	386.424	5	77.285	8.122	0.001	3.106	**
Error	114.182	12	9.515				
Total	500.606	17					
C. V. (%)	6.7				Promedio	45.73	

Para encontrar diferencias significativas entre los sectores se procedió a un análisis de varianza entre los promedios de la Arena (%) para los diferentes sectores, se aprecia en la tabla (27), se observa que el Valor P es 0.001 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Arena (%), es decir

al menos dos de los sectores (T'ankarpata y Tintin Orcco) estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 6.745%, lo que indica rango permisible por debajo de 12 %.

Prueba de hipótesis para clase textural- Arena (%).

Ho : Los datos son estadísticamente iguales

Ha : Los datos no son estadísticamente iguales

En la Tabla 28, Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Arena (%) de los diferentes sectores, se muestra los resultados de la prueba de hipótesis, donde se evidencia que los sectores T'ankarpata y Tintin Orcco, son diferentes, por lo que el $p = 0.001$ valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis alterna (Ha) y se acepta la hipótesis planteada (Ho) analizado al 95% de confianza. Sin embargo, los promedios de los 4 sectores son iguales y se cumple el planteamiento de hipótesis planteada (Ho), y rechaza la hipótesis alterna (Ha).

Tabla 28

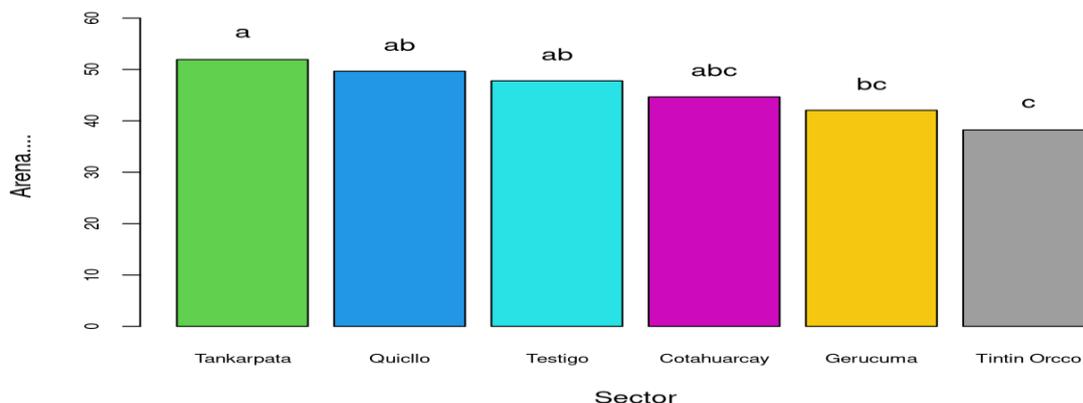
Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Arena (%) de los diferentes sectores

Sector	Promedio	Grupo
Tankarpata	51.94	a
Quicllo	49.67	ab
Testigo	47.80	ab
Cotahuarcay	44.67	abc
Gerucuma	42.07	bc
Tintin Orcco	38.25	c

Para evidenciar la igualdad y deferencia de los promedios, se procedió a la comparación múltiple de Tukey a un 95% de probabilidad entre los promedios de Arena (%) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicllo, Cotahuarcay y Testigo en la tabla (28), se observa que el contenido de arena del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Tankarpata presentó el contenido de arena más alto, seguido de Quicllo y Testigo, Cotahuarcay, Gerucuma y Tintin Orcco. El contenido de arena del suelo afecta a una serie de propiedades del suelo, como la textura, la estructura, la capacidad de retención de agua y la fertilidad. Los suelos arenosos tienen una textura gruesa y una estructura suelta. Los suelos arenosos también tienen una baja capacidad de retención de agua y nutrientes.

Figura 7

Promedio de Arena (%) de los diferentes sectores



Para saber la superioridad e igualdad de promedios en porcentaje de arena, se aprecia gráficamente en figura 7, en los seis sectores en estudio, los promedios sometidos a la comparación de medias a través de Tukey, muestra que el suelo del sector Tankarpata es de textura franco con promedio de 51.94%, es superior a los demás muestras, al comparar los promedios del sector de Quicillo, Testigo, Cotahuarcay y Gerucuma, muestra relativa igualdad los promedios al porcentaje de arena, la clase textural de franco del sector de Tintin Orcco, que es inferior a las anteriores muestras. Estos resultados de análisis muestran que los suelos mas adecuados para la prosperidad de la especie silvestre t'ankar son de tipo franco, se puede concluir que los suelos en cobertura con matorral arbustivo de t'ankar presentan características texturales francos mas favorables, conforme establece Pérez F (2020), en el trabajo realizado muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con bosque natural.

4.1.1.2. Limo (%), en matorral arbustivo con t'ankar.

Se presenta los datos observados de contenido de Limo (%) en matorral arbustivo de t'ankar en los seis sectores, tambien se presenta los principales estadísticos por cada sector en la tabla 29.

Tabla 29*Datos observados de contenido de Limo (%)*

Limo (%)	Tankarpat	Gerucuma	Tintin O	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	30	39	42	35	37	29
R2	32.6	42.43	41.66	36.73	30.02	28.5
R3	31.95	40.59	40.23	39.5	36.04	23.02
Suma	94.55	122.02	123.89	111.23	103.06	80.52
Promedio	31.517	40.673	41.297	37.077	34.353	26.840
Desv. Est.	1.353	1.717	0.939	2.270	3.783	3.318
C.V. (%)	4.293	4.220	2.274	6.122	11.013	12.361

En la tabla 29, se observa que el promedio mas alto se aprecia 41.297% corresponde al sector Quicillo y el mas bajo tiene el contenido de limo de 26.84%, corresponde al testigo. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (8)

Tabla 30

Análisis de varianza entre los promedios de contenido de Limo (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	464.311	5	92.862	15.420	0.000	3.106	***
Error	72.265	12	6.022				
Total	536.576	17					
C. V. (%)	7.0				Promedio	35.29	

Para saber la significancia del contenido de Limo (%) entre los sectores en estudio y probar la hipótesis, se realiza el Análisis de varianza entre los promedios de los diferentes sectores muestreados, se aprecia en la tabla 30.

Tabla 30, se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Limo (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 7.0 %.

En la Tabla 30, Análisis de varianza entre los promedios de contenido de Limo (%) de los diferentes sectores, se muestra los resultados de la prueba de hipótesis, donde se evidencia el $p = 0.00$ valor mucho menor a 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0) analizado al 95% de confianza.

Tabla 31

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de contenido de Limo (%) de los diferentes sectores

Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	41.30	a
Gerucuma	40.67	ab
Quicllo	37.08	abc
Cotahuarcay	34.35	bc
Tankarpata	31.52	cd
Testigo (Vaquerianapata)	26.84	d

Para tener una visión clara de los promedios mediante la interpretación gráfica, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de probabilidad entre los promedios de contenido de Limo (%) para los sectores seis sectores, en la tabla 31, se observa que el contenido de limo del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados presentaron el contenido de limo más alto, seguido de Quicllo, Cotahuarcay, Tankarpata y Testigo. El limo es una de las tres fracciones principales del suelo, junto con la arena y la arcilla. La fracción limo del suelo está compuesta por partículas de tamaño intermedio (0.002-0.05 mm) entre las partículas de la arena (0.05-2.0 mm) y la arcilla (<0.002 mm).

Interpretación gráfica de la comparación de medias de los sectores Tintin Orcco, Gerucuma, Quicllo, Cotahuarcay, Tankarpata y Testigose, se evidencia mediante la figura 8.

Figura 8

Promedio de contenido de Limo (%) de los diferentes sectores su interpretación gráfica

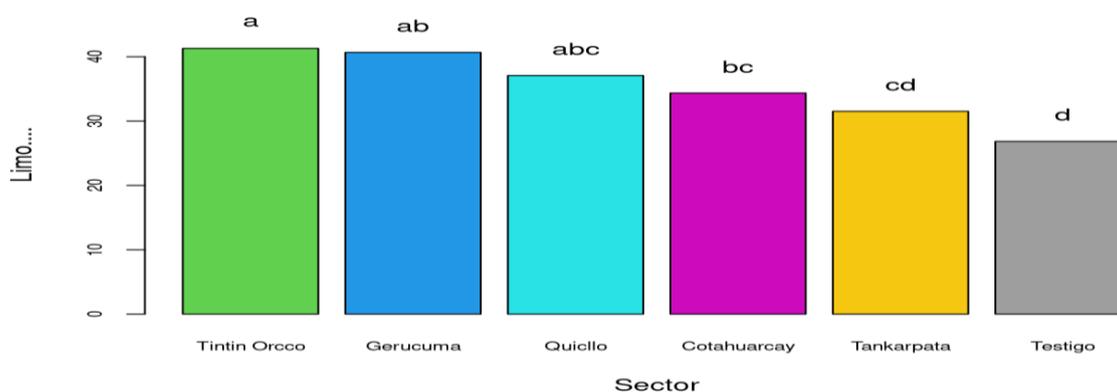


Figura 8, el promedio obtenido se asemeja en grado textural a los resultados obtenidos por Chuquillanqui, K. y Vega R. (2016), en esta determinación de características físicas y químicas de suelos agrícolas obtuvieron en 25 muestras porcentaje de limo 22.16%, en cuanto en los suelos con cobertura de t'ankar se obtuvo 35.29 %, pertenecen a la clase

textural franco, estos datos hacen referencia que la especie t'ankar, prospera en los suelos de textura franco, franco arenos y franco arcilloso.

4.1.1.3. Contenido de Arcilla (%) en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla (32) se presenta los datos observados de Contenido de Arcilla (%) en matorral arbustivo de t'ankar para describir el contenido de arcilla de los sectores muestreados, también se presenta los principales estadísticos por cada sector.

Tabla 32

Datos observados de Contenido de Arcilla (%)

Arcilla (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	19	18	19	16	19	26
R2	16.17	18.42	14.93	9.93	22.85	20.53
R3	21.6	23.81	12.53	18.63	16.24	24.63
Suma	56.77	60.23	46.46	44.56	58.09	71.16
Promedio	18.923	20.077	15.487	14.853	19.363	23.720
Desv. Est.	2.716	3.240	3.271	4.462	3.320	2.846
C.V. (%)	14.352	16.138	21.120	30.040	17.146	11.999

En tabla 32 se observa el sector promedio mas alto se evidencia el sector Testigo tiene 23.72% y el mas bajo el sector Quicillo tiene 14.853% y finalmente la información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 9.

Con la finalidad de establecer significancia al 95 % de los promedios de arcilla para los diferentes sectores (Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo), matorral arbustivo de t'ankar, se realiza análisis de varianza del contenido de arcilla, la misma se aprecia en la tabla 33.

Tabla 33

Análisis de varianza entre los promedios de Contenido de Arcilla (%) de los diferentes sectores.

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	158.099	5	31.620	2.806	0.066	3.106	NS
Error	135.205	12	11.267				
Total	293.304	17					
C. V. (%)	17.9				Promedi	18.74	

En la tabla 33, se observa que el Valor P es 0.066 mayor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia no es significativa entre los promedios de Arcilla (%), es decir estadísticamente los promedios de los sectores son iguales, con un coeficiente de variabilidad de 17.9%.

En la Tabla 33, se aprecia el análisis de varianza entre los promedios de Contenido de Arcilla (%) de los diferentes sectores, se muestra los resultados de la prueba de hipótesis, donde se evidencia el $p = 0.066$ valor mayor a 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis planteada (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a) analizado al 95% de confianza.

En conclusión, los promedios de los 6 sectores se aproximan a la igualdad, conforme se aprecia en la tabla de promedios, existe relativamente baja significancia, en arcilla se evidencia no significativo, por tanto, estos suelos pertenecen la clase textural franco.

Para establecer la interpretación gráfica, se tiene la superioridad del contenido de arcilla en los 06 sectores de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, se evidencia mediante la figura 9.

Figura 9

Promedio de Contenido de Arcilla (%) de los diferentes sectores.

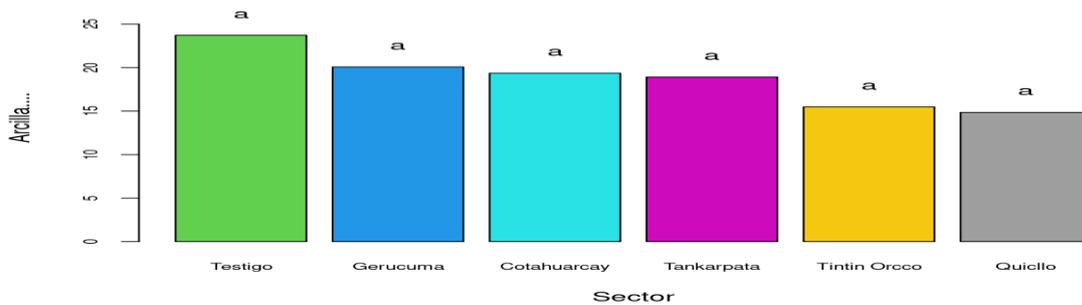


Figura 9, se aprecia, el promedio obtenido 18.74%, según el triangulo de interpretación del grado textural adoptado por SSDS, 1993. Nomenclatura en español según Zavaleta, 1992, se encuentra en grado textural franco arenosa, sin embargo existe cierta diferencia con los suelos de aptitud agrícola obtenida por Chuquillanqui, K. y Vega R. (2016) cuando realiza determinación de características físicos y químicos de suelos agrícolas obtuvieron en 25 muestras porcentaje de Arcilla limo 29.24%, en los análisis efectuados el porcentaje mas alta se tiene 23.720 % y el mas bajo 14.853 %, estos valores en suelos en matorral arbustivo con t'ankar, por tanto en suelos agrícolas el porcentaje de arcilla supera.

En cuanto en los suelos con cobertura de t'ankar se obtuvo promedio de 18.74 %, pertenecen a la clase textural de franco, estos datos hacen referencia que la especie t'ankar, prospera en los suelos de textura franca, franco arenos, franco limoso y franco arcilloso.

4.1.2. Propiedades físicas complementarias.

4.1.2.1. Humedad equivalente HE (%) en matorral arbustivo con t'ankar

Se presenta los datos observados de HE (%) realizada para describir la **humedad equivalente** propiedades físicas complementarias del suelo de los cuatro sectores y un testigo, también se presenta los principales estadísticos por cada sector y se aprecia en la tabla (34)

Tabla 34

Datos observados de **Humedad equivalente** (HE %).

HE (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicclo	Cotahuarcay	Testigo
R1	27.03	26.71	27.43	27.6	26.52	26.03
R2	26.64	27.03	28.45	27.72	26.56	25.29
R3	27.6	26.08	26.94	27.22	26.33	25.88
Suma	81.27	79.82	82.82	82.54	79.41	77.2
Promedio	27.090	26.607	27.607	27.513	26.470	25.733
Desv. Est.	0.483	0.483	0.770	0.261	0.123	0.391
C.V. (%)	1.782	1.817	2.790	0.949	0.464	1.520

En la tabla 34, se observa que el sector Tintin Orcco tiene 27.607% promedio más alto y el sector Cotahuarcay 26.47% más bajo de los suelos muestreados para **humedad equivalente**. La información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (10). Se presenta el análisis de varianza con la finalidad de establecer la significancia entre los promedios de humedad equivalente (HE %) para los sectores muestreados y de acuerdo al grado de significancia contrastar la hipótesis y se aprecia en la tabla (35)

Tabla 35

Análisis de varianza entre los promedios de HE (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	7.559	5	1.512	6.997	0.003	3.106	**
Error	2.593	12	0.216				
Total	10.152	17					
C. V. (%)	1.7				Promedio	26.84	

Se aprecia en la tabla 35, que el Valor P es 0.002 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de HE (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 1.7%.

Prueba de hipótesis para humedad equivalente (HE %).

En la tabla 35, prueba de Hipótesis de humedad equivalente (HE %).se evidencia diferencia altamente significativa, por tanto, los promedios de humedad equivalente son desiguales entonces se rechaza la hipótesis planteada (Ho) y se afirma la hipótesis alterna (Ha) analizado al 95% de confianza.

Para la comparación de promedios de los resultados obtenidos de humedad equivalente, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los promedios de HE (%) para los sectores muestreados y se aprecia

Tabla 36

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de HE (%) de los diferentes sectores

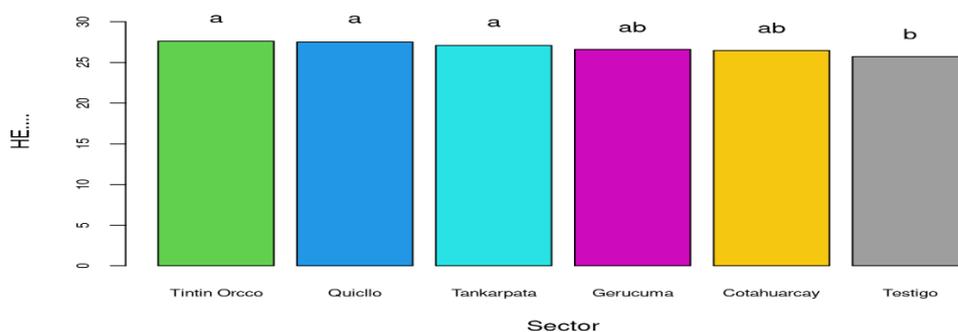
Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	27.61	a
Quicllo	27.51	a
Tankarpata	27.09	a
Gerucuma	26.61	ab
Cotahuarcay	26.47	ab
Testigo (Vaquerianapata)	25.73	b

En la tabla 36, en ella se observa que la HE del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Tintin Orcco, Quicllo y Tankarpata presentaron el contenido de HE más alto, seguido de Gerucuma y Cotahuarcay, y Testigo. La HE, es una medida de humedad en el suelo; los suelos con un alto contenido de HE tienen una buena capacidad de campo.

Con el fin de realizar interpretación gráfica de la comparación de medias de humedad equivalente al 95% de probabilidad, se aprecia en la figura 10.

Figura 10

Promedio de humedad equivalente (HE%) de los cinco sectores y el testigo.



En la figura 10, la humedad equivalente (HE) del sector de TintinOrcco y Quicillo, son superiores a los sectores de Tankarpata. La muestra testigo es la mas inferior a las demás muestras. Según Milla y Turk (1951) la humedad equivalente en suelos francos arenosos, franco areno limos y franco y hasta franco arcilloso oscilan entre 6.9 a 24.4%, sin embargo, en los suelos con cobertura de t'ankar tienen un promedio de 27.61%, aún todavía se mantiene en la clase textural de franco arcilloso a arcilloso, quiere decir que estas especies prosperan en ese porcentaje de humedad equivalente.

4.1.2.2. Capacidad de Campo (CC %) en matorral arbutivo con t'ankar.

En la tabla (37) se presenta los datos observados de capacidad de campo (%) realizada para describir el porcentaje correspondiente de los cinco sectores y testigo, también se presenta los principales estadísticos por cada sector.

Tabla 37

Datos observados capacidad de Campo de CC (%)

Da (%)	Tankarpat	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	26	25.72	26.34	26.49	25.55	25.13
R2	25.72	26.15	25.73	25.91	24.92	24.92
R3	25.23	25.74	26.16	26.32	24.97	24.58
Suma	76.95	77.61	78.23	78.72	75.44	74.63
Promedio	25.650	25.870	26.077	26.240	25.147	24.877
Desv. Est.	0.390	0.243	0.313	0.298	0.350	0.278
C.V. (%)	1.519	0.938	1.202	1.136	1.393	1.116

Se observa en la tabla 37 el promedio mas alto en el sector Quicillo 26.24%, y bajo el sector Cotahuarcay 25.15% y finalmente el sector testigo tiene 24.88%, la información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (11).

En la tabla (38) se presenta el análisis de varianza entre los promedios de la CC (%) con la finalidad de establecer nivel de significancia y contrastar la hipótesis al 95% de los seis sectores.

Tabla 38

Análisis de varianza entre los promedios de CC (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	4.289	5	0.858	8.612	0.001	3.106	**
Error	1.195	12	0.100				
Total	5.484	17					
C. V. (%)	1.2				Promedio	25.64	

En la tabla 38, se observa que el Valor P es 0.001 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de CC (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 1.2%.

Prueba de hipótesis para capacidad de campo CC (%).

En la tabla 38, Análisis de varianza entre los promedios de CC (%) de los diferentes sectores, donde se aprecia diferencia altamente significativa, por tanto, los promedios de C.C. son desiguales entonces se rechaza la hipótesis planteada (Ho) y se afirma la hipótesis alterna (Ha) analizado al 95% de confianza.

Para la interpretación gráfica a un 95% de confiabilidad entre los promedios de CC (%) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, en la tabla (39) se presenta la comparación múltiple de Tukey.

Tabla 39

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de CC (%) de los sectores

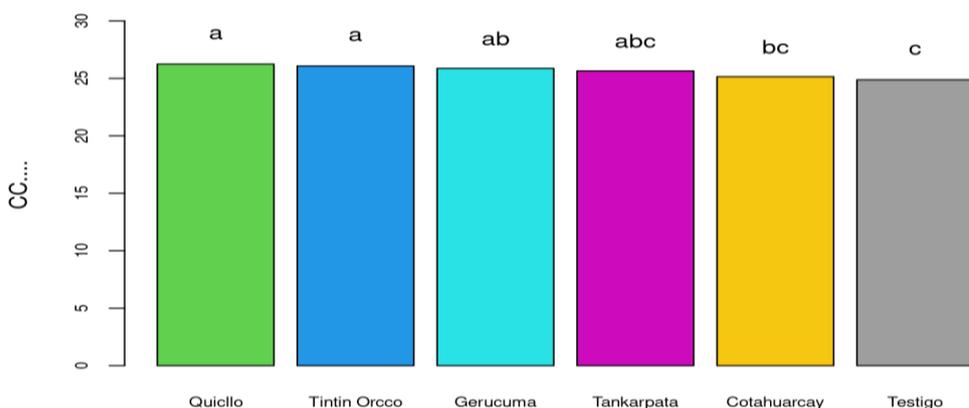
Sector	Promedio	Grupo
Quicillo	26.24	a
Tintin Orcco	26.08	a
Gerucuma	25.87	ab
Tankarpata	25.65	abc
Cotahuarcay	25.15	bc
Testigo (Vaquerianapata)	24.88	c

Se observa que el contenido de CC del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Quicillo y Tintin Orcco presentaron el contenido de CC más alto, seguido de Gerucuma, Tankarpata, Cotahuarcay y Testigo.

Representación gráfica de los promedios de capacidad de campo se aprecia en la figura 11.

Figura 11

Promedio de capacidad de campo (CC %) de los sectores.



Es evidente observar en la figura 11, prueba de Tukey, donde se aprecia la superioridad en el contenido óptimo de agua en el suelo con capacidad de campo 26.24 % y la más inferior con 24.88% con ciertas igualdades entre las muestras de los sectores Gerucuma y T'ankarpata, lo que implica que las capacidades de campo en promedio 25.64 %, se ubica en los valores de capacidad de campo según Romano y Lauciani (1964), citado por Olarte W. (1987) en franco limoso y franco arcilloso, es así, las especies en estudio se adaptan o prosperan en suelos con ese contenido de agua en el suelo.

4.1.2.3. Densidad aparente D_a (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar

En la tabla 40, se presenta los datos observados de D_a (%) realizada para describir la densidad aparente de suelo en matorral arbustivo con t'ankar de los sectores T'ankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, también se presenta los principales estadísticos cada por sector, información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (12).

Tabla 40

Datos observados de densidad aparente D_a (%)

D_a (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	1.3	1.28	1.2	1.27	1.26	1.3
R2	1.25	1.23	1.21	1.27	1.21	1.31
R3	1.29	1.25	1.19	1.19	1.25	1.33
Suma	3.84	3.76	3.6	3.73	3.72	3.94
Promedio	1.280	1.253	1.200	1.243	1.240	1.313
Desv. Est.	0.026	0.025	0.010	0.046	0.026	0.015
C.V. (%)	2.067	2.008	0.833	3.715	2.134	1.163

Se observa en la tabla 40, el sector Tankarpata tiene contenido de Da (%) de 1.28% promedio mas alto y el mas bajo el sector Tintin Orcco tiene 1.2% y finalmente el sector Testigo tiene 1.31%.

Con la finalidad de conocer la significancia al 95% de los promedios de densidad aparente en la tabla 41 se realiza análisis de varianza entre los promedios de la Da (%) para los diferentes sectores (Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo)

Tabla 41

Análisis de varianza entre los promedios de Da (%) de los sectores evaluadas.

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.022	5	0.004	5.933	0.005	3.106	**
Error	0.009	12	0.001				
Total	0.031	17					
C. V. (%)	2.2				Promedi	1.26	

En la tabla 41, se observa que el Valor P es 0.005 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Da (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 2.2%.

Prueba de hipótesis para densidad aparente Da (%)

En la tabla (41) se observa que el Valor P es 0.005 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Da (%), por tanto, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis planteada (Ho), analizado al 95% de confianza.

La comparación múltiple de Tukey (95%) de confiabilidad entre los promedios de Da (%) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo en la tabla 42.

Tabla 42 Comparación múltiple de Tukey (95%) de los sectores evaluados.

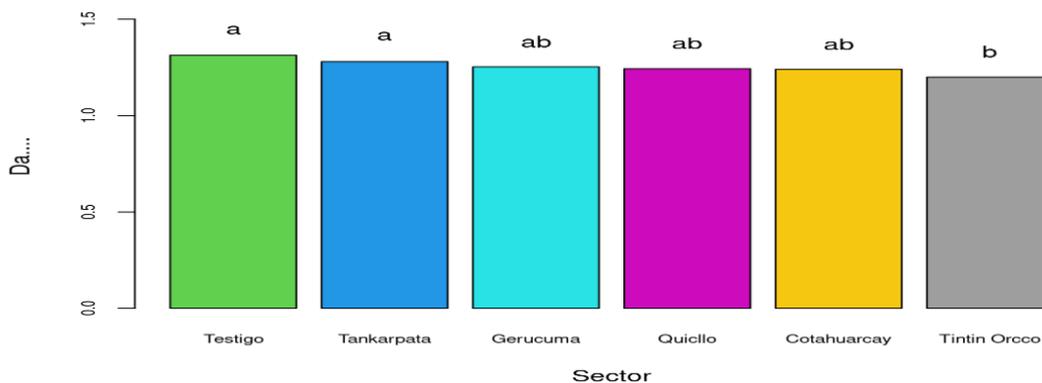
Sector	Promedio	Grupo
Testigo (Vaquerianapata)	1.31	a
Tankarpata	1.28	a
Gerucuma	1.25	ab
Quicillo	1.24	ab
Cotahuarcay	1.24	ab
Tintin Orcco	1.20	c

En la tabla 42, en ella se observa que la densidad aparente del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Testigo y Tankarpata presentaron la densidad aparente más alta, seguido de Gerucuma, Quicillo y Cotahuarcay, y Tintin Orcco.

En función de la comparación de promedios de densidad aparente, se realiza la interpretación grafica al 95 % de probabilidad en la figura 12.

Figura 12

Promedio de densidad aparente (Da %) de los sectores evaluados



Se observa en la figura 12, donde se aprecia la superioridad en promedio en densidad aparente (Da) en la muestra testigo. 1.31 (g/cc), y las muestras de suelo Gerucuma, Quicillo y Cotahuarcay son iguales con valores de Tukey al 95 % de probabilidad, no son significativos, finalmente muestra del sector Tintin Orcco es inferior de todas las muestras, el promedio de los 06 muestras el promedio 1.26 (g/cc), se ubica en los valores de clase textural de franco, franco limoso comparado con la tabla valores promedio para cada grupo de suelos (INIA), esta comparación muy semejante, siendo este valor promedio de densidad aparente es adecuado para la especie arbustiva en estudio.

Los agricultores del sector Tintin Orcco deben considerar aplicar prácticas para mejorar la textura del suelo y reducir la compactación, como la incorporación de materia orgánica al suelo, la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura.

4.1.2.4. Densidad real (Dr) de suelos en matorral arbusto con t'ankar.

En la tabla 43, se presenta los datos observados de Dr (%) realizada para describir las propiedades físicas y químicas complementarias del suelo de los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, también se presenta los principales estadísticos cada por sector

Tabla 43*Datos observados de densidad real Dr (%) de suelos muestreados*

Dr (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicllo	Cotahuarcay	Testigo
R1	2.5	2.5	2.49	2.48	2.38	2.4
R2	2.53	2.52	2.5	2.57	2.33	2.46
R3	2.5	2.55	2.5	2.47	2.39	2.35
Suma	7.53	7.57	7.49	7.52	7.1	7.21
Promedio	2.510	2.523	2.497	2.507	2.367	2.403
Desv. Est.	0.017	0.025	0.006	0.055	0.032	0.055
C.V. (%)	0.690	0.997	0.231	2.197	1.358	2.292

Se observa el promedio mas alto el sector Gerucuma tiene con 2.52% y el mas bajo el sector Cotahuarcay 2.367% y finalmente el sector Testigo tiene 2.40%. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (13).

Con la finalidad de establecer los grados de significancia y para el contraste de pruebas de hipótesis, se realiza análisis de varianza entre los promedios de Dr (%) de los sectores: Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicllo, Cotahuarcay y Testigo, se aprecia en la tabla 44.

Tabla 44

Análisis de varianza entre los promedios densidad real Dr (%) de los sectores evaluados

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.0	5	0.013	9.636	0.001	3.106	***
Error	0.0	12	0.001				
Total	0.0	17					
C. V. (%)	1.5				Promedio	2.47	

En la tabla 44 se aprecia el Valor P es 0.001 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Dr (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 1.5%.

En la tabla 42 se observa que el Valor P es 0.001 menor a 0.05, por tanto, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis planteada (Ho), analizado al 95% de confianza

Para efectuar la interpretación gráfica, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los promedios de Dr (%) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicllo, Cotahuarcay y Testigo se aprecia en la tabla 45.

Tabla 45

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Dr (%) de los diferentes sectores

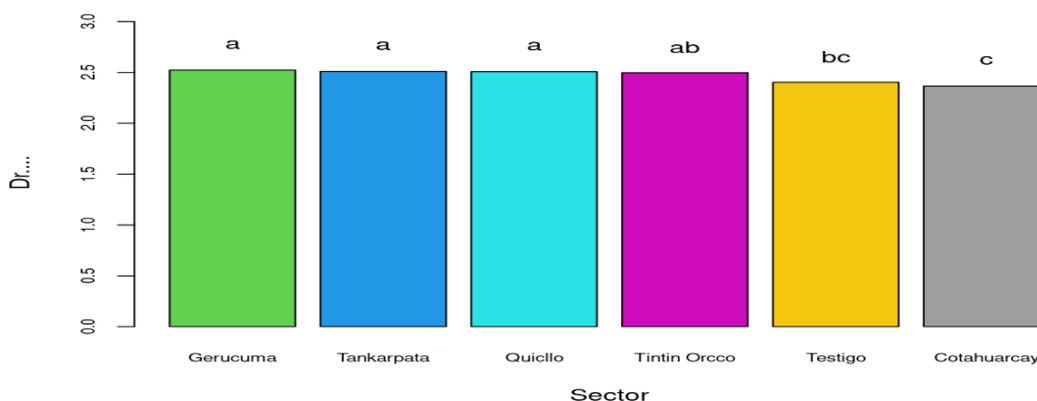
Sector	Promedio	Grupo
Gerucuma	2.52	a
Tankarpata	2.51	a
Quicillo	2.51	a
Tintin Orcco	2.50	ab
Testigo (Vaquerianapata)	2.40	bc
Cotahuarcay	2.37	c

Se observa que la densidad relativa del suelo no varía significativamente entre los sectores evaluados. Gerucuma, Tankarpata y Quicillo presentaron igual densidad real.

La interpretación grafica mediante la figura 13, del Promedio de densidad real (Dr %) de los sectores

Figura 13

Promedio de densidad real (Dr %) de los sectores evaluados



En la figura 13, demuestran que no son significativos al 95%, quiere decir que estos suelos donde crece t'ankar muestran igual densidad real, en consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del sub suelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4 g/cc MUNIVE Jáuregui, Eloy. (1995). Semejante al promedio de densidad real promedio de 2.47 g/cc obtenido en el análisis de los suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

La densidad real, es una medida de la capacidad del suelo para permitir que el agua se infiltre y percole. Los suelos con un buen drenaje tienen una alta porosidad y una baja densidad aparente. Los suelos con buen drenaje tienen una mejor capacidad de retención de agua y nutrientes, y una mejor actividad biológica del suelo.

4.1.2.5. Punto de marchitez permanente - pmp (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla 46, se presenta los datos observados de PMP (%) realizada para describir las propiedades físicas y químicas complementarias del suelo de los sectores Tankarpat, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, también se presenta los principales estadísticos por cada sector.

Tabla 46

Datos observados de punto de marchitez permanente (PMP %)

PMP (%)	Tankarpat	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	9.53	10.03	10.58	9.12	10.14	11.46
R2	9.93	8.95	12.55	9.34	11.29	11.72
R3	9.51	9.72	10.91	8.08	10.99	11.12
Suma	28.97	28.7	34.04	26.54	32.42	34.3
Promedio	9.657	9.567	11.347	8.847	10.807	11.433
Desv. Est.	0.237	0.556	1.055	0.673	0.597	0.301
C.V. (%)	2.453	5.813	9.299	7.607	5.520	2.632

Se observa en la tabla 46 promedio mas alto en el sector Tintin Orcco con 11.347%, y el mas bajo el sector Quicillo con 8.847%, y finalmente el sector Testigo tiene 11.4%. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (14).

Para encontrar grados de significancia y contraste de prueba de hipótesis, se realiza Análisis de varianza entre los promedios de PMP (%) de los sectores (Tankarpat, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo),

Tabla 47

Análisis de varianza entre los promedios de PMP (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	17.091	5	3.418	8.625	0.001	3.106	**
Error	4.756	12	0.396				
Total	21.847	17					
C. V. (%)	6.1			Promedio	10.28		

En la tabla 47, se observa el Valor P es 0.001 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de PMP (%), es decir al

menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 6.1%.

En la tabla 47 se observa que el Valor P es 0.001 menor a 0.05, por lo tanto existe diferencia de promedios de PMP, por lo que se rechaza la hipótesis planteada (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), analizado al 95% de confianza.

Los grados de superioridad de los promedios de los suelos muestreados en los diferentes sectores es importante interpretar gráficamente al 95 % de probabilidad, la comparación múltiple de Tukey, se aprecia en la tabla 48.

Tabla 48

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de PMP (%) de los diferentes sectores

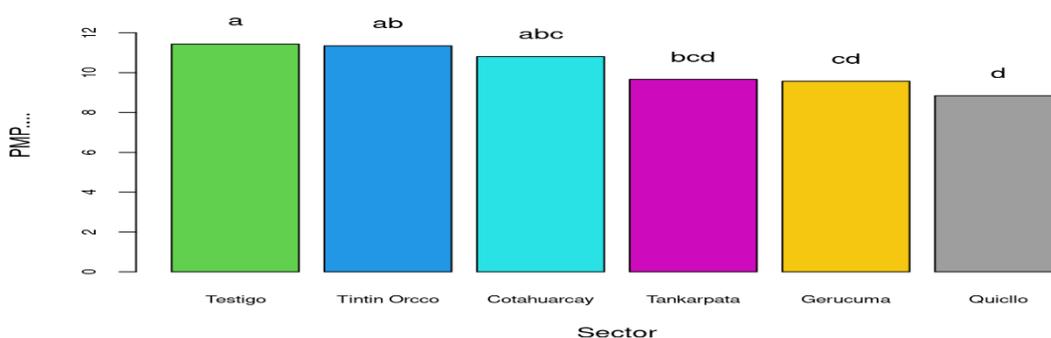
Sector	Promedio	Grupo
Testigo (Vaquerianapata)	11.43	a
Tintin Orcco	11.35	ab
Cotahuarcay	10.81	abc
Tankarpata	9.66	bcd
Gerucuma	9.57	cd
Quicillo	8.85	d

En la tabla 48, en ella se observa que el contenido de PMP del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. El Testigo presentó el mayor contenido de PMP, seguido de Tintin Orcco, Cotahuarcay, Tankarpata, Gerucuma y Quicillo. El punto de marchitez permanente (PMP), es la humedad mínima del suelo a partir de la cual las plantas ya no pueden extraer agua. Los suelos con un alto contenido de PMP tienen una mayor capacidad de retención de agua.

Con la finalidad de tener mejor visión se realiza la interpretación gráfica, de los promedios de punto de marchitez en los 6 sectores, la misma se aprecia en la figura 14.

Figura 14

Promedio de PMP (%) de los diferentes sectores



En la figura 14, se pudo observar cierta igualdad al comparar con valores de Tukey, al encontrar valores no significativos, esto implica que los suelos en matorral arbustivo con t'ankar tienen un promedio de 10.28%, este valor se encuentra ubicada según Milla y Turk (1951) citado por Olarte W. (1987, entre valores de punto de marchitez: franco a franco arcilloso, asimismo, en la bibliografía citada por Chuquilanqui, K y Vega R. (2016), los valores se ubican en clase textural de franco Arcilloso, en resumen, estos suelos en matorral arbustivo con t'ankar soportan hasta ese nivel de contenido de agua, con la especie viva sin pasar a PMP que resulta siendo irreversible.

4.1.2.6. Porosidad (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla (49) se presenta los datos observados de Porosidad (%) realizada para describir las propiedades físicas y químicas complementarias de suelos evaluados en los cinco sectores mas el testigo y se presenta los principales estadísticos.

Tabla 49

Datos observados de Porosidad (f %)

Porosidad (%)	Tankarpata	Gerucum	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	48	48.8	51.8	48.79	47.05	45.83
R2	49.17	48.49	49.95	46.79	52.05	43.49
R3	50.22	50.08	53.26	47.61	48.06	47.92
Suma	147.39	147.37	155.01	143.19	147.16	137.24
Promedio	49.130	49.123	51.670	47.730	49.053	45.747
Desv. Est.	1.111	0.843	1.659	1.005	2.644	2.216
C.V. (%)	2.260	1.716	3.210	2.106	5.390	4.844

Se observa que el sector de Tintin Orcco tiene 51.67% y el más inferior el sector Quicillo 47.73% contenido de Porosidad (%) y finalmente el Testigo tiene 45.747%. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 15.

Por la necesidad de establecer los grados de significancia y contraste de pruebas de hipótesis se presenta el análisis de varianza entre los promedios de la Porosidad (%) para los sectores en evaluación, se aprecia en la tabla 50.

Tabla 50

Análisis de varianza entre los promedios de Porosidad (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	56.887	5	11.377	3.877	0.025	3.106	*
Error	35.215	12	2.935				
Total	92.102	17					
C. V. (%)	3.5				Promedi	48.74	

En la tabla 50, se observa que el Valor P es 0.025 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia significativa entre los promedios de Porosidad (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 3.5%.

En la tabla (50) se observa que el Valor P es 0.025 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia significativa entre los promedios de Porosidad (%), por tanto, se rechaza la hipótesis planteada (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 51, se presenta Comparación múltiple de Tukey (95%) de confiabilidad entre los promedios de Porosidad (%) de los sectores T'ankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, uicillo, Cotahuarcay y Testigo.

Tabla 51

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Porosidad (%) de los sectores

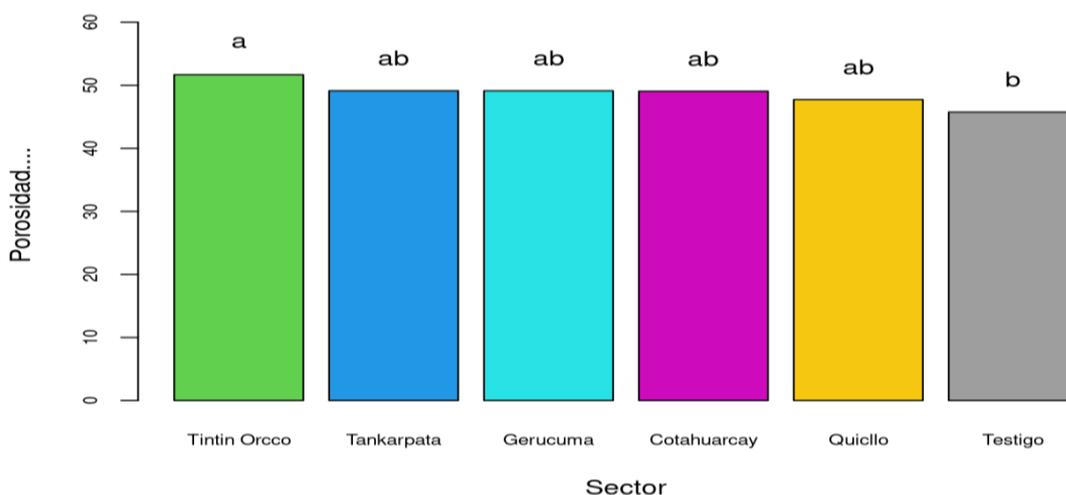
Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	51.67	a
Tankarpata	49.13	ab
Gerucuma	49.12	ab
Cotahuarcay	49.05	ab
Quicillo	47.73	ab
Testigo (Moyopampa)	45.75	b

En la tabla 51, se observa que la porosidad del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Tintin Orcco presentó la mayor porosidad, seguido de Tankarpata, Gerucuma, Cotahuarcay, Quicillo y Testigo. La porosidad del suelo es el espacio vacío entre las partículas del suelo. Los suelos con una alta porosidad tienen una mejor capacidad de retención de agua y aire. La porosidad del suelo también afecta a la actividad biológica del suelo y al movimiento de las raíces de las plantas.

En la figura 15, se presenta promedios de porosidad de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, se interpretó gráficamente según orden de superioridad de suelos en los 6 sectores en matorral arbustivo con t'ankar.

Figura 15

Promedio de Porosidad (%) de los diferentes sectores.



Se evidencia superioridad en % de porosidad en el sector de Tintin Orcco, esto debido a que la pendiente es relativamente plana, donde se mantiene la humedad actual adecuada del suelo y los suelos muestreados en el sector de Tankarpata, Gerucuma, Cotahuarcay y Quicillo no son significativos al comparar con valores de Tukey, relativamente iguales y finalmente la muestra de suelo testigo es inferior a las demás muestras. En promedio se evidencia porcentaje de poros en 48,74%, este valor se encuentra ubicado en la clase textural franco a franco arcilloso, según valores establecido por el laboratorio INIA (2022) citado por Chuquillanqui, K. y Vega R. (2016), en resumen, los suelos en matorral arbustivo con t'ankar prosperan mejor en este tipo de contenido de poros en el suelo.

4.2. Propiedades químicas que determinan la fertilidad de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

4.2.1. Conductividad eléctrica CE (mmhos/cm).

En la tabla 52, se presenta los datos observados de la conductividad eléctrica (CE (mmhos/cm)) realizada para determinar la fertilidad del suelo de los sectores T'ankarpata, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarca y Testigo, además se presenta los principales estadísticos para dicha variable.

Tabla 52

Datos observados de conductividad eléctrica CE (mmhos/cm)

CE (mmhos/cm)	T'ankarpat	Jerrucuna	Tintin Ccorcca	Quicillo	Cotahuarca	Testigo
R1	0.22	0.11	0.31	0.11	0.18	0.21
R2	0.25	0.13	0.31	0.13	0.21	0.21
R3	0.27	0.1	0.27	0.13	0.14	0.22
Suma	0.74	0.34	0.89	0.37	0.53	0.64
Promedio	0.247	0.113	0.297	0.123	0.177	0.213
Desv. Est.	0.025	0.015	0.023	0.012	0.035	0.006
C.V. (%)	10.202	13.478	7.784	9.362	19.879	2.706

En la tabla 52, se observa que el sector de Tintin Orcco tiene la CE de 0.297 mmhos/cm, tiene promedio mas alto y el mas bajo el sector Gerucuma con 0.113 mmhos/cm, el testigo con 0.213 mmhos/cm. Información aquí presentada también se puede visualizar en la figura (16).

En la tabla 53, se presenta el análisis de varianza de los promedios de la conductividad eléctrica (CE mmhos/cm) para los sectores evaluados.

Tabla 53

Análisis de varianza de los promedios de la CE (mmhos/cm) de los sectores en evaluación.

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.076	5	0.015	32.76	0.000	3.106	***
Error	0.006	12	0.000				
Total	0.082	17					
C. V. (%)	11.1				Promedio	0.195	

En la tabla 53, se observa que 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, existe una diferencia altamente significativa entre los promedios de CE de los diferentes sectores es decir al menos dos de los sectores tienen la CE estadísticamente diferentes con un CV de 11.1%.

Ho : Los datos son estadísticamente iguales

Ha : Los datos no son estadísticamente iguales

En la Tabla 53, Análisis de varianza de los promedios de la CE (mmhos/cm) de los sectores. Donde se muestra los resultados de la prueba de hipótesis, se evidencia el $p = 0.00$ valor mucho menor a 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla (54) se presenta la comparación múltiple de Tukey (95%) de los promedios de la CE (mmhos/cm) para los sectores: Tankarpata, Jerrucuna, Tintin Ccorcca, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo.

Tabla 54

Comparación múltiple de Tukey (95%) promedios de la CE (mmhos/cm) de los sectores

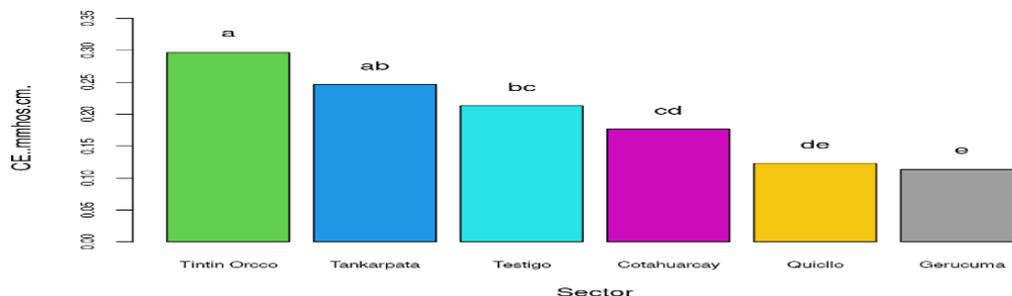
Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	0.297	a
Tankarpata	0.247	ab
Testigo (Vaquerianapata)	0.213	bc
Cotahuarcay	0.177	cd
Quicillo	0.123	de
Gerucuma	0.113	e

Se observa que existen diferencias significativas en la conductividad eléctrica (CE) del suelo entre los diferentes sectores estudiados. El sector Tintin Orcco presentó la CE más alta, seguido de Tankarpata y Testigo. Los sectores Cotahuarcay y Quicillo presentaron una CE intermedia, mientras que Gerucuma presentó la CE más baja. Estas diferencias en la CE del suelo podrían tener implicaciones importantes para la producción agrícola. Por ejemplo, los cultivos que requieren una alta CE del suelo podrían no prosperar en los sectores Cotahuarcay, Quicillo y Gerucuma.

Con la finalidad de tener mejor visión la superioridad de los promedios, se presenta gráficamente mediante barras, en la figura 16.

Figura 16

Promedio de la CE (mmhos/cm) de los diferentes sectores



Fernández L y Rojas N (2006), aplican criterios para evaluar la salinidad de un suelo, con base en su conductividad, en la cual señalan suelos no salinos los que se ubican entre 0 al 2.0 (mmhos/cm), es así, en los análisis de suelos que determinan la fertilidad encontradas en 6 sectores se obtuvieron valores entre 0.297 – 0.113 (mmhos/cm) , valores que indican suelos no salinos, en consecuencia esta especie t'ankar prosperan indefectiblemente en esta conductividad eléctrica en los suelos, conforme se evidencia en la figura 16.

4.2.2. Potencial de hidrógeno (P^H) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla 55 se presenta los datos observados de PH realizada para determinar la fertilidad del suelo de los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, también se presenta los principales estadísticos por cada sector

Tabla 55

Datos observados de potencial hidrogeno (p^H)

PH	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R	5.94	6.15	7.05	6.3	6.8	6.85
R	6.5	6.26	7	6.37	6.89	7.43
\tilde{R}	6.24	6.42	7.12	6.27	7.08	6.82
\hat{S} uma	18.68	18.83	21.17	18.94	20.77	21.1
Promedio	6.227	6.277	7.057	6.313	6.923	7.033
Desv. Est.	0.280	0.136	0.060	0.051	0.143	0.344
C.V. (%)	4.501	2.163	0.854	0.813	2.065	4.889

Se observa en la tabla 55, el sector Tintin Orcco tiene p^H de 7.057 y promedio bajo se aprecia en el sector Tankarpata tiene p^H de 6.227, luego el Testigo tiene p^H de 7.03.

En la tabla 56, se presenta el análisis de varianza entre los promedios de p^H para los sectores en evaluación con la finalidad de encontrar grados de significancia al 95 % de probabilidad y contraste de prueba de hipótesis.

Tabla 56

Análisis de varianza entre los promedios de p^H de los sectores en evaluación

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	2.454	5	0.491	12.176	0.000	3.106	***
Error	0.484	12	0.040				
Total	2.938	17					
C. V. (%)	3.0				Promedio	6.638	

Se observa que el Valor P es 0.0002 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de p^H , es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 3.02%.

Ho : Los datos son estadísticamente iguales

Ha : Los datos no son estadísticamente iguales

En la Tabla 56, Análisis de varianza entre los promedios de p^H de los sectores, del cual se muestra los resultados de la prueba de hipótesis, donde se evidencia el $p = 0.00$ valor mucho menor a 0.05, lo que indica que hay diferencia de datos de p^H entre las muestras, por tanto, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 57 se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los promedios de p^H para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicllo, Cotahuarcay y Testigo, para interpretar gráficamente los promedios de potencial de hidrogeno de suelos en matorral arbutivo con t'ankar.

Tabla 57

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de pH de los sectores

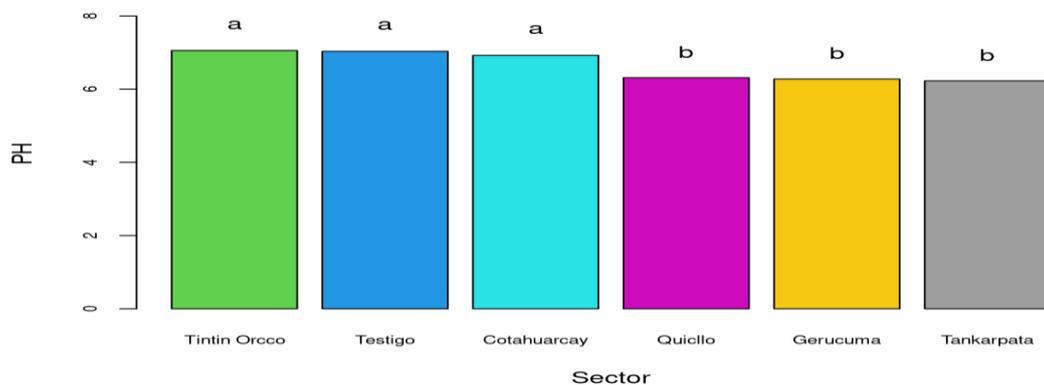
Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	7.06	a
Testigo (Vaquerianapata)	7.03	a
Cotahuarcay	6.92	a
Quicllo	6.31	b
Gerucuma	6.28	b
Tankarpata	6.23	b

Se observa que existen diferencias significativas en el pH del suelo entre los diferentes sectores en estudio. Los sectores Tintin Orcco, Testigo y Cotahuarcay presentaron el pH más alto, seguido de Quicillo, Gerucuma y Tankarpata, conforme se aprecia en la tabla 57. El pH del suelo es un factor importante para la producción agrícola. La mayoría de los cultivos prefieren un pH del suelo entre 6.5 y 7.5. Los suelos con un pH demasiado alto o demasiado bajo pueden limitar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que puede afectar su crecimiento y rendimiento.

Los promedios de p^H de los diferentes sectores, con el fin de interpretar gráficamente y se aprecia en la figura 17.

Figura 17

Promedio de pH de los diferentes sectores



En la figura 17, reflejan valores desde 7.06 a 6.23 corresponde a un nivel NEUTRO, ligeramente alcalino, valores que fueron considerados por Fernández L. y Rojas N. 2006, en las muestras extraídas en los 6 sectores el valor mas alto muestra el sector de Tintin Orcco y el valor mas bajo es Tankarpata, que en resumen esta especie perteneciente a la familia berberidaceae prospera en suelos neutros y ligeramente alcalinos

4.2.3. Carbonato de calcio $CaCO_3$ (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar

En la tabla 58, se presenta los datos observados de $CaCO_3$ (%) realizada para determinar la fertilidad del suelo de los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, tambien se presenta los principales estadísticos por cada sector.

Tabla 58*Datos observados de Carbonato de calcio CaCO₃ (%)*

CaCO ₃ (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicllo	Cotahuarcay	Testigo
R1	0	0	0.12	0	0.1	0.1
R2	0	0.01	0.13	0	0.1	0.1
R3	0.01	0	0.11	0.01	0.12	0.1
Suma	0.01	0.01	0.36	0.01	0.32	0.3
Promedio	0.003	0.003	0.120	0.003	0.107	0.100
Desv. Est.	0.006	0.006	0.010	0.006	0.012	0.000
C.V. (%)	173.205	173.205	8.333	173.205	10.825	0.000

Se observa que el sector Tintin Orcco tiene CaCO₃ de 0.12% mas alto, y el promedio mas bajo tiene sector Tankarpata CaCO₃ con 0.00333%, testigo tiene CaCO₃ de 0.1%. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (18).

En la tabla (59) se presenta el análisis de varianza para los seis sectores con la finalidad de encontrar significancia al 95 % de probabilidad y contraste de prueba de hipótesis.

Tabla 59Análisis de varianza entre los promedios de CaCO₃ (%) de los sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.051	5	0.010	182.7	0.000	3.106	***
Error	0.001	12	0.000				
Total	0.051	17					
C. V. (%)	13.3				Promedio	0.06	

Se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de CaCO₃ (%), con un coeficiente de variabilidad de 13.3%.

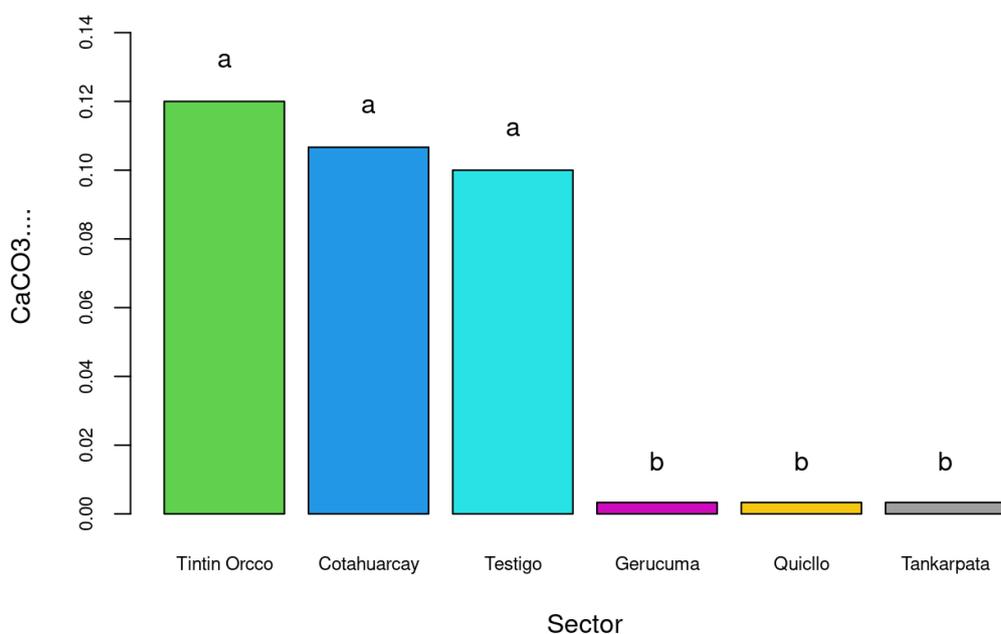
En la Tabla 59, se aprecia análisis de varianza entre los promedios de CaCO₃ (%) de los seis sectores sectores con alta significancia y se muestra los resultados de la prueba de hipótesis, donde se evidencia el Fc es mucho mayor que Ft, lo que indica que hay diferencia de promedios de **CaCO₃ (%)**, por tanto, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

Para realizar interpretación gráfica al 95% de confianza entre sectores se realiza comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de carbonato de calcio (CaCO₃ %) de los diferentes sectores, se aprecia en la tabla 60.

Tabla 60Comparación múltiple de Tukey entre los promedios de CaCO₃ (%) de los sectores

Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	0.12	a
Cotahuarcay	0.11	a
Testigo	0.10	a
Gerucuma	0.003	b
Tankarpata	0.003	b
Quicillo	0.003	b

En ella se observa que existen diferencias significativas en el pH, el contenido de CaCO₃ y la conductividad eléctrica del suelo entre los diferentes sectores en estudio. Estas diferencias podrían tener implicaciones importantes para la producción agrícola. Los agricultores deben tener en cuenta estos factores al elegir los cultivos que van a plantar y al aplicar fertilizantes. Es importante realizar análisis de suelo periódicos para monitorear el pH, el contenido de CaCO₃, la conductividad eléctrica y otros factores importantes para la producción agrícola. Para visualizar se establece la superioridad de promedios de carbonato de calcio mediante barras de suelos en matorral arbustivo con t'ankar y se aprecia en la figura 18.

Figura 18Promedio de CaCO₃ (%) de los diferentes sectores

El CaCO₃ como compuesto químico importante, se analizó en laboratorio muestras extraídas en 06 sectores de la comunidad de Cotahuarcay, registrando promedios que va desde 0 a 0.12, estos valores de acuerdo a los niveles de interpretación de análisis de suelos utilizadas

se encuentran a un nivel muy bajo en 03 sectores esta ausente el carbonato de calcio, en los sectores de T'ankarpata, Gerucuma y Quicllo, estos resultados se asemejan a lo que menciona (Kass, 1998) en suelos muy meteorizados del trópico húmedo los contenidos varían entre 0.1 y 0.03 % de Ca, independientemente de la textura, esta severación se relaciona muy bien con los resultados obtenido en suelos con cobertura de t'ankar, en resumen, esta especie prospera en suelos con contenido de CaCO₃ muy bajo, corroborado con las pruebas estadísticas correspondientes.

4.2.4. Materia Orgánica (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla (61) se presenta los datos observados de Materia Orgánica (%) realizada para determinar la fertilidad del suelo de los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicllo, Cotahuar cay y Testigo, tambien se presenta los principales estadísticos cada por sector

Tabla 61

Datos observados de Materia Orgánica (%)

M. Org (%)	T'ankarpata	Jerucuna	Tintin Ccorcca	Quicllo	Cotahuar cay	Testigo
R1	4.18	4.27	4.82	4.16	4.58	4.95
R2	3.88	4.31	4.11	4.12	4.45	5.37
R3	4.06	3.82	4.71	3.94	4.44	5.2
Suma	12.12	12.4	13.64	12.22	13.47	15.52
Promedio	4.040	4.133	4.547	4.073	4.490	5.173
Desv. Est.	0.151	0.272	0.382	0.117	0.078	0.211
C.V. (%)	3.738	6.583	8.405	2.877	1.739	4.084

Se observa en la tabla 61, entre los cinco muestras analizadas el promedio mas alto tiene el sector Tintin Orcco tiene M. Org con 4.547% y el mas bajo el sector Tankarpata tiene M. Org (%) de 4.04%, el sector Testigo tiene M. Org (%) de 5.17%. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (19).

Los grados de significancia al 95 % es de prioridad establecer y en función a ello se contrasta las pruebas de hipótesis y se aprecia en la tabla 62, el análisis de varianza entre los promedios de Materia Orgánica (%) de los seis sectores.

Tabla 62

Análisis de varianza entre los promedios de Materia Orgánica (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	2.804	5	0.561	10.94	0.0003	3.106	***
Error	0.615	12	0.051				
Total	3.418	17					
C. V. (%)	5.1				Promedio	4.41	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 62, se observa que el Valor P es 0.0003 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de M. Orgánica (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 5.1%.

En la Tabla 62, Análisis de varianza entre los promedios de Materia Orgánica (%) de los sectores, los resultados de la prueba de hipótesis, donde se evidencia el Fc es mucho mayor que Ft, lo que indica que hay diferencia de promedios de Materia Orgánica (%) por lo que se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza

En la tabla 63, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad.

Tabla 63

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Materia Orgánica (%) de los diferentes sectores

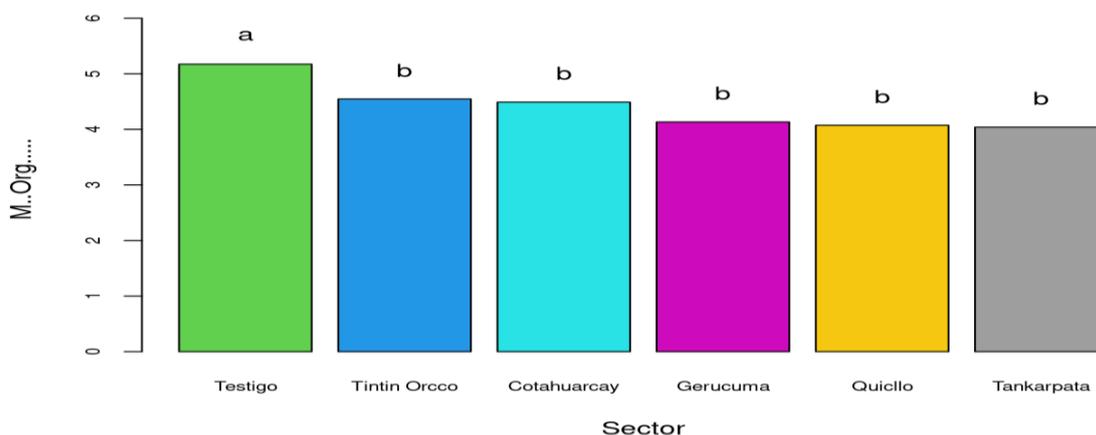
Sector	Promedio	Grupo
Testigo (Vaquerianapata)	5.17	a
Tintin Orcco	4.55	b
Cotahuarcay	4.49	b
Gerucuma	4.13	b
Quicillo	4.07	b
Tankarpata	4.04	b

En la tabla 63 se observa que el contenido de Materia Orgánica del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. El testigo presentó el contenido de Materia Orgánica más alto, seguido de los sectores Tintin Orcco, Cotahuarcay, Gerucuma, Quicillo y Tankarpata.

La interpretación gráfica al 95% de confianza permite visualizar las diferencias de los promedios de materia orgánica en los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo y se visualiza en la figura 19.

Figura 19

Promedio de Materia Orgánica (%) de los seis sectores



En la figura 19 se aprecia que los resultados se encuentran entre los valores que va desde 5.17 a 4.04% de materia orgánica y de acuerdo a los niveles críticos para la interpretación de análisis de materia orgánica (%) por la UNALM- LASPAF es corroborada por el laboratorio de análisis de suelos utilizado, se concluye que son suelos con alto contenido de materia orgánica con promedio de 4.4 % y son los adecuados para la prosperidad de esta especie silvestre T'ankar. La variación del contenido de MO en los suelos ha sido evaluada en diversas investigaciones, y su mayor o menor proporción ha sido atribuida a diferentes factores: clima, vegetación, material parental, relieve, tiempo, (Stevenson, 1982).

4.2.5. Nitrógeno total (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar

En la tabla 64, se presenta los datos observados de Nitrógeno total (%) realizada para determinar la fertilidad del suelo de los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, también se presenta los principales estadísticos por cada sector.

Tabla 64

Datos observados de Nitrógeno total (%)

N. total (%)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	0.21	0.21	0.24	0.21	0.23	0.25
R2	0.19	0.23	0.24	0.22	0.2	0.26
R3	0.17	0.26	0.21	0.17	0.23	0.26
Suma	0.57	0.7	0.69	0.6	0.66	0.77
Promedio	0.190	0.233	0.230	0.200	0.220	0.257
Desv. Est.	0.020	0.025	0.017	0.026	0.017	0.006
C.V. (%)	10.526	10.785	7.531	13.229	7.873	2.249

En ella se observa que el promedio mayor sector el sector Gerucuma tiene N. total (%) de 0.233%, y el mas bajo el sector Quicillo tiene N. total (%) con 0.2% y el sector Testigo tiene N. total (%) de 0.2567%. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (20).

En la tabla 65, se presenta el análisis de varianza entre los promedios de la Nitrógeno total (%) para los seis sectores. con la finalidad de establecer los grados de significancia y contraste de prueba de hipótesis.

Tabla 65

Análisis de varianza entre los promedios de Nitrógeno total (%) de los diferentes sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.009	5	0.002	4.420	0.016	3.106	*
Error	0.005	12	0.000				
Total	0.013	17					
C. V. (%)	9.0			Promedio	0.22		

Se observa que el Valor P es 0.016 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia significativa entre los promedios de N. total (%), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 9.0% que implica estar en el valor permisible en análisis en laboratorio.

En la tabla 65, Análisis de varianza entre los promedios de Nitrógeno total (%) 06 sectores y se presenta Nitrógeno total (%), en ella se observa que el Valor P es 0.016 menor a 0.05, por lo tanto, se afirma tiene tendencia a la igualdad sin embargo se afirma la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 66, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los Promedios de Nitrógeno total (%) para los sectores en evaluación, en ella se aprecia la superioridad de nitrógeno total de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

Tabla 66

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Nitrógeno total (%).

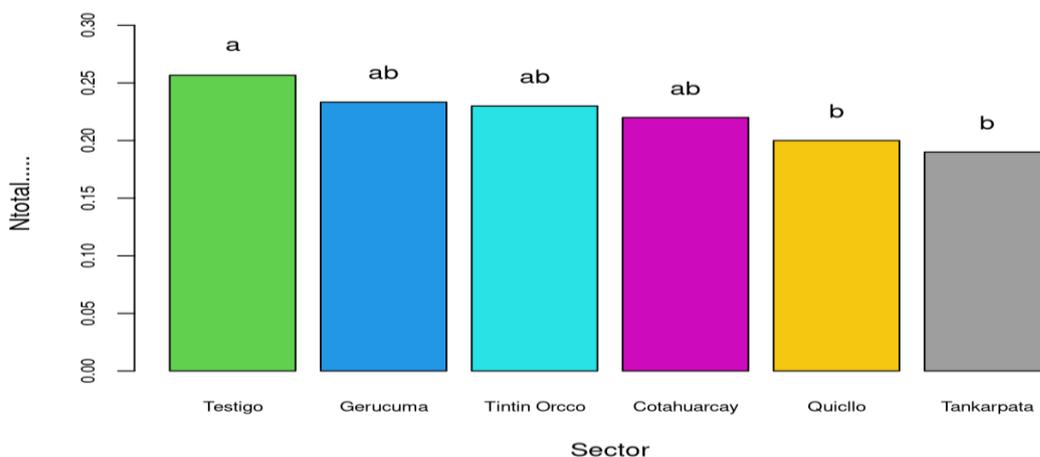
Sector	Promedio	Grupo
Testigo (Vaquerianapata)	0.26	a
Gerucuma	0.23	ab
Tintin Orcco	0.23	ab
Cotahuarcay	0.22	ab
Quicillo	0.20	b
Tankarpata	0.19	b

Se observa en la tabla 66, que el contenido de Nitrógeno total del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Los sectores Testigo, Gerucuma, Tintin Orcco y Cotahuarcay presentaron el contenido de Nitrógeno total más alto, seguidos de los sectores Quicillo y Tankarpata. Los agricultores de los sectores Quicillo y Tankarpata deben considerar aplicar fertilizantes nitrogenados para aumentar el contenido de Nitrógeno total.

En la figura 20, se presenta interpretación gráfica al 95% de promedios de nitrógeno total (%) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar en los sectores muestreadas.

Figura 20

Promedio de Nitrógeno total (%) de los sectores evaluados



Se aprecia en la figura 20, el testigo es superior a las muestras del sector Gerucuma, Tintin Orcco y demás muestras, sin embargo, los promedios se encuentran desde 0.26 al 0.19 %, al contrastar con los niveles utilizados por Moreno, 1978; citado por Fernández, 2006, se encuentran en los niveles de rico a extremadamente rico, esto implica que los suelos con cubierta de t'ankar son ricos en nitrógeno total debido a que son suelos vírgenes, donde se acumulan restos vegetales por años y generaciones y no se practica labores de cultivo permanente en los lugares de muestreo, en resumen se establece que el t'ankar prospera adecuadamente en suelos con ese contenido de N total. Asimismo, los niveles de interpretación de análisis de suelos, se encuentra ubicada en los niveles altos de contenido de Nitrógeno total mayores a 0.21%.

4.2.6. Fosfato P₂ O₅ (ppm) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla 67, se presenta los datos observados de P₂O₅ (ppm) realizada para determinar la fertilidad del suelo de los sectores en estudio y Testigo, también se presenta los principales estadísticos cada por sector

Tabla 67

Datos observados de P₂ O₅ (ppm)

P ₂ O ₅ (ppm)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	15.7	10.2	24.8	23.1	10.3	20.6
R2	17.44	9.57	26.12	21.14	12.58	23.33
R3	15.59	14.25	23.97	21.39	10.73	22.49
Suma	48.73	34.02	74.89	65.63	33.61	66.42
Promedio	16.243	11.340	24.963	21.877	11.203	22.140
Desv. Est.	1.038	2.540	1.084	1.067	1.211	1.398
C.V. (%)	6.389	22.396	4.343	4.876	10.813	6.315

Se observa el sector Tintin Orcco tiene P₂ O₅ (ppm) de 24.963ppm, tiene promedio alto, y bajo el sector Cotahuarcay tiene P₂ O₅ (ppm) de 11.203ppm y el sector Testigo tiene P₂ O₅ (ppm) de 22.14ppm. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 21.

En la tabla 68, se presenta el análisis de varianza entre los promedios de la P₂O₅ (ppm) con la finalidad de encontrar el grado de significancia al 95 % de confianza y para el contraste de pruebas de hipótesis.

Tabla 68Análisis de varianza entre los promedios de P₂O₅ (ppm) de los sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	522.850	5	104.570	47.303	0.000	3.106	***
Error	26.527	12	2.211				
Total	549.377	17					
C. V. (%)	8.3				Promedio	17.96	

Se observa en la tabla 68, que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de P₂O₅ (ppm), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 8.3%.

En la tabla 68, Análisis de varianza entre los promedios de P₂O₅ (ppm), se presenta P₂O₅ (ppm) para los diferentes sectores, en ella se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios), por lo tanto, se afirma la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H₀) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 69, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad en los promedios de P₂O₅ (ppm) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicllo, Cotahuarcay y Testigo, donde se establece superioridad de promedios de fósforo de suelos en matorral arbustivo de t'ankar.

Tabla 69Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de P₂O₅ (ppm) de los sectores

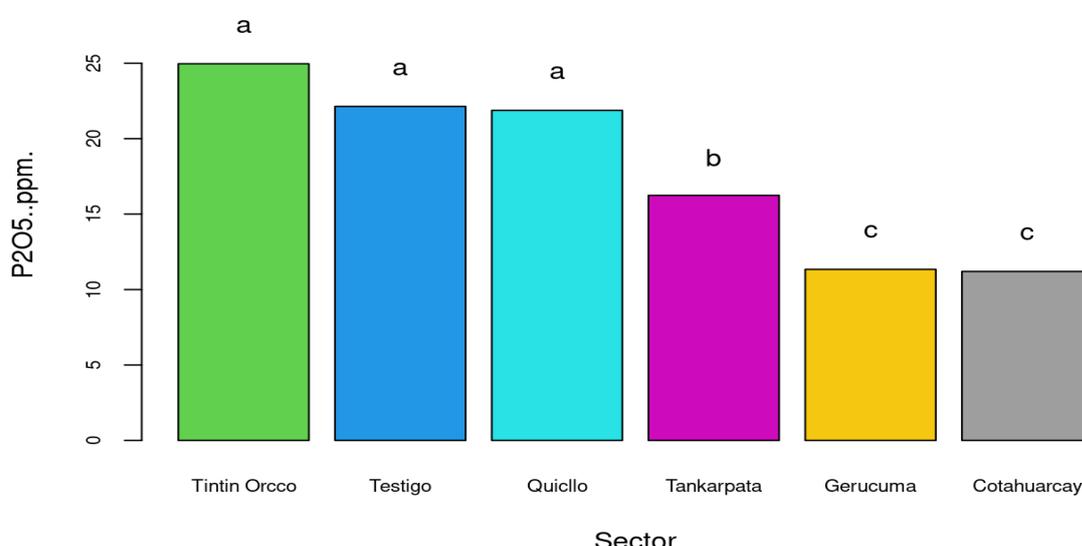
Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	24.96	a
Testigo (Vaquerianapata)	22.14	a
Quicllo	21.88	a
Tankarpata	16.24	b
Gerucuma	11.34	c
Cotahuarcay	11.20	c

En la tabla 69, se observa que el contenido de P₂O₅ del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Los sectores Tintin Orcco, Testigo y Quicllo presentaron

el contenido de P_2O_5 más alto, seguido de los sectores Tankarpata, Gerucuma y Cotahuarcay. Los agricultores deben tener en cuenta el contenido de P_2O_5 del suelo al elegir los cultivos que van a plantar y al aplicar fertilizantes. Es importante realizar análisis de suelo periódicos para monitorear el contenido de P_2O_5 y otros factores importantes para la producción agrícola. Se presenta el promedio de P_2O_5 (ppm) en los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, con la finalidad de realizar interpretación gráfica mediante barras al 95%, se aprecia en la figura 21.

Figura 21

Promedio de P_2O_5 (ppm) de los sectores en evaluación



En la figura 21 se aprecia que no hay homogeneidad entre los promedios, son diferentes, sin embargo, se tiene promedios que oscilan entre los valores 24.96 a 11.20 ppm, se establece que el requerimiento de fósforo en suelos para la instalación de t'ankar se encuentra en el nivel medio, resultado que se ajusta a los niveles utilizados para la interpretación de análisis de suelos de Shefa J. Mckean, (1993), citada por López P. G. y Zamora M. A. (2016) . Con cv de 8.3% se mantiene en el margen razonable de análisis de suelos en campo.

4.2.7. Oxido de potasio $K_2 O$ (ppm) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar

En la tabla 70, se presenta los datos observados de $K_2 O$ (ppm) realizada para determinar la fertilidad y los niveles de potasio de suelos en los seis, también se presenta los principales estadísticos por cada sector.

Tabla 70.*Datos observados de K₂ O (ppm)*

K ₂ O (ppm)	Tankarp	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	375	624	580	600	375	408
R2	347.27	605.68	568.02	600.71	382.06	411.66
R3	391.6	626.81	578.42	576.96	375.87	408.37
Suma	1113.87	1856.49	1726.44	1777.67	1132.93	1228.03
Promedio	371.290	618.830	575.480	592.557	377.643	409.343
Desv. Est.	22.397	11.475	6.509	13.512	3.850	2.015
C.V. (%)	6.032	1.854	1.131	2.280	1.019	0.492

Se observa el sector Gerucuma tiene **K₂ O** (ppm) de 618.83 ppm y el mas bajo es el sector Tankarpata tiene **K₂ O** (ppm) de 371.29ppm, y el testigo tiene **K₂ O** (ppm) de 409.34ppm. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (21).

En la tabla (71) se presenta el análisis de varianza entre los promedios de la **K₂ O** (ppm) para los diferentes sectores en evaluación y con motivo de establecer el grado de significancia y contraste de prueba de hipótesis.

Tabla 71.Análisis de varianza entre los promedios de **K₂ O** (ppm) de los sectores

Origen de	SS	df	MS	F	F crítico	Sig.
Entre sectores	202,917.128	5	40,583.426	277.625	3.106	***
Error	1,754.172	12	146.181			
Total	204,671.300	17				

Promedio

En la tabla 71 se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de **K₂ O** (ppm), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 2.463%

Prueba de hipótesis para K₂O (ppm) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla 71, se aprecia Análisis de varianza entre los promedios de **K₂ O** (ppm) de los diferentes sectores, en ella se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se afirma la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 72, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los promedios de K₂O (ppm) para todos los sectores, permite establecer superioridad de promedios de **K₂ O**.

Tabla 72

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de K₂O (ppm) de los sectores

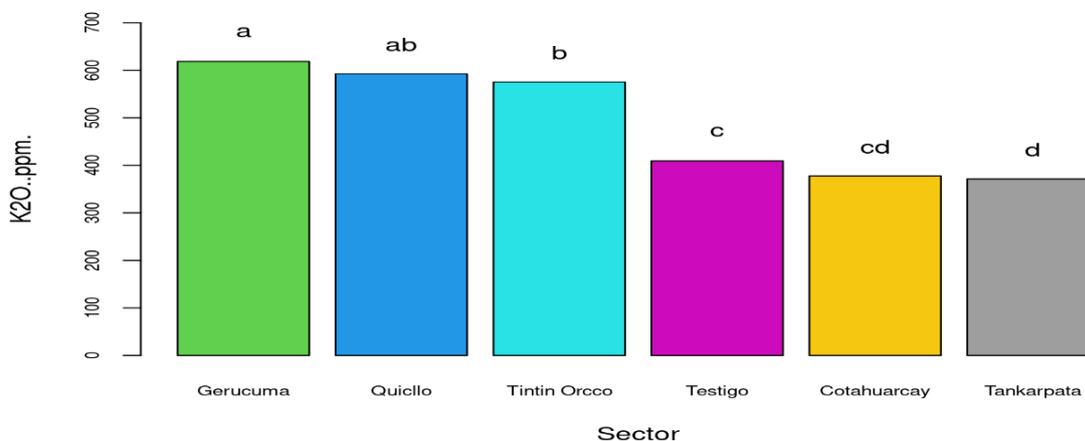
Sector	Promedio	Grupo
Gerucuma	618.83	a
Quicillo	592.56	ab
Tintin Orcco	575.48	bc
Testigo	409.34	c
Cotahuarcay	377.64	cd
Tankarpata	371.29	d

En la misma tabla se observa que el contenido de **K₂ O** del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Gerucuma presentó el contenido de **K₂ O** más alto, seguido de Quicillo, Tintin Orcco, Testigo, Cotahuarcay y Tankarpata. Los agricultores de los sectores testigo, Cotahuarcay y Tankarpata deben considerar aplicar fertilizantes potásicos para aumentar el contenido de **K₂ O** del suelo.

Con la finalidad de interpretar gráficamente los promedios de K₂O de suelos en matorral arbustivo con t'ankar se aprecia mediante barras en la que se tiene al 95 % de confianza, se presenta en la figura 22.

Figur 22

Promedio de K₂ O (ppm) de los sectores estudiados



En cuanto al contenido de K_2O (ppm), muestran entre los promedios cierta igualdad frente a los valores de Tukey calculado notándose en la gerarquía de los promedios, se aprecia en la tabla (72). En consecuencia, los resultados están en el nivel considerado para la interpretación de análisis de suelos de la UNALM – LASPAF, citado por Yakabi B. (2014), aplicado durante el estudio de las propiedades edáficas que determina la fertilidad del suelo. En tal razón los promedios de los datos obtenidos y analizados se evidencian entre los valores de 618.83 a 371.29 (ppm) y están en los niveles mas altos, esto implica que esta especie silvestre arbustiva prospera y requiere el nivel de suelos con alto contenido de K_2O disponible.

4.2.8. Propiedades químicas – cationes cambiabiles (meq/100)

4.2.8.1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100).

En la tabla (73) se presenta los datos observados de **capacidad de intercambio catiónico** CIC (meq/100) realizada para describir los niveles de CIC de suelos en matorral arbustivo de t'ankar, también se presenta los principales estadísticos cada por sector.

Tabla 73.

Datos observados de capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100)

CIC (meq/100)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicllo	Cotahuarcay	Testigo
R1	12.36	13.74	14.55	12.62	13.74	14.08
R2	12.39	14.77	13.01	12.12	13.83	14.64
R3	12.08	12.96	14.85	12.07	14.65	13.72
Suma	36.83	41.47	42.41	36.81	42.22	42.44
Promedio	12.277	13.823	14.137	12.270	14.073	14.147
Desv. Est.	0.171	0.908	0.987	0.304	0.501	0.464
C.V. (%)	1.393	6.568	6.983	2.479	3.563	3.277

En la tabla 73:

- Promedio alto sector Tintin Orcco tiene CIC (meq/100) de 14.137meq/100.
- Promedio bajo sector Quicllo tiene CIC (meq/100) de 12.27meq/100 y Testigo tiene CIC (meq/100) de 14.147meq/100. Con la finalidad de conocer los niveles de significancia y contraste de pruebas de hipótesis entre los promedios de la CIC (meq/100) para los sectores muestreados, se presenta análisis de varianza entre los promedios de CIC (meq/100) en la tabla 74.

Tabla 74*Análisis de varianza entre los promedios de CIC (meq/100) de los sectores*

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	12.761	5	2.552	6.4	0.004	3.106	**
Error	4.774	12	0.398				
Total	17.535	17					
C. V. (%)	4.7					Promedio 13.45	

En la tabla 74, se observa que el Valor P es 0.004 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 4.687%.

En la tabla (74) se Análisis de varianza entre los promedios de CIC (meq/100) de los diferentes sectores, en ella se observa que el Valor P es 0.004 menor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

Se presenta la superioridad de promedios de CIC (meq/100) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, a través de la comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de CIC (meq/100) de los diferentes sectores se aprecia en Tabla 75.

Tabla 75.*Comparación múltiple de Tukey (95%) entre promedios de CIC (meq/100) de los sectores*

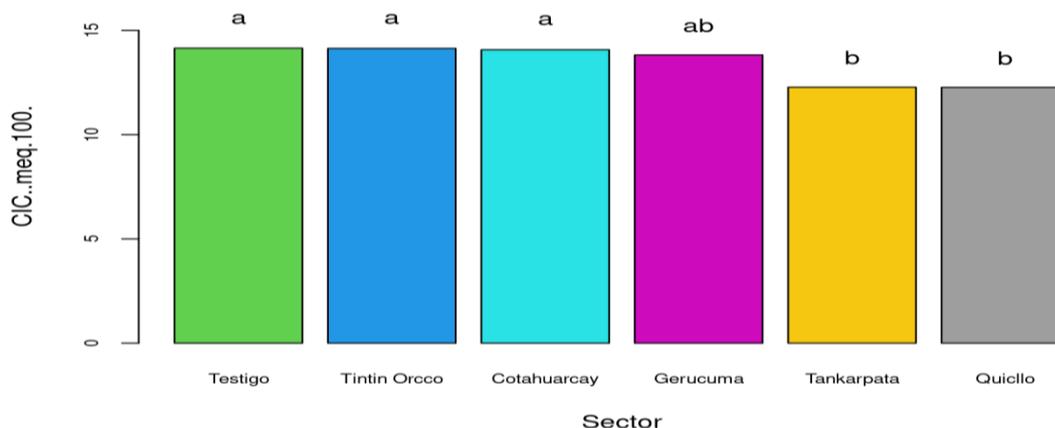
Sector	Promedio	Grupo
Testigo (Vaquerianapata)	14.15	a
Tintin Orcco	14.14	a
Cotahuarcay	14.07	a
Gerucuma	13.82	ab
Tankarpata	12.28	b
Quicillo	12.27	b

En la misma tabla 75, se observa que el contenido de CIC del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Testigo, Tintin Orcco y Cotahuarcay presentaron el contenido de CIC más alto, seguidos de Gerucuma, Tankarpata y Quicillo. Los agricultores de los sectores Tankarpata y Quicillo deben considerar aplicar materia orgánica al suelo para mejorar la CIC.

Se presenta promedios de CIC (meq/100) de los sectores muestreados, con el fin de interpretar gráficamente al nivel de confianza de 95 %, se aprecia en la figura 23.

Figura 23

Promedio de CIC (meq/100) de los sectores muestreados



En la figura 23, es así se concluye señalando que los suelos con cubierta de t'ankar, prosperan en los niveles de CIC medio que oscila entre los promedios de 12.27 a 14.15 meq/100, en donde impera CIC en suelo muestreado testigo y último en el sector de Quicclo, estos niveles de interpretación aplicada por René Bernier V. y Pablo Undurraga D. (2021), y estos niveles no se asemejan al trabajo realizado por Castillo C. 2005, en el trabajo de selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos en Managua, concluye señalando que la mayor capacidad de intercambio de cationes se encontró en la parcela con bosque (52.85 meq/100g suelo) siendo éste muy alto. Este resultado se deduce que en estas latitudes tiene mayor contenido de materia orgánica y suelos arcillosos, por tal motivo capacidad de intercambio catiónico es muy alto El comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en las parcelas con bosque, es debido al contenido de materia orgánica que ésta tiene en la superficie del suelo. La capacidad de intercambio catiónico depende del contenido de arcilla y de materia orgánica, a medida que aumenta el contenido de la materia orgánica aumenta la capacidad de intercambio catiónico.

4.2.8.2. Calcio Ca (meq/100) de suelos en matorral arbustivo con t'ankar

Se presenta datos observados de calcio Ca (meq/100), con el fin de apreciar preliminarmente los indicadores para describir los niveles de calcio de suelos de los sectores en evaluación, también se presenta los principales estadísticos cada por sector, se aprecia en la tabla 76.

Tabla 76*Datos observados de calcio (Ca meq/100) en los sectores evaluados.*

Ca (meq/100)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	3.47	4.82	5.08	3.95	4.53	4.45
R2	4.14	4.03	5	3.71	4.48	3.76
R3	3.97	4.39	4.61	3.69	5.08	4.26
Suma	11.58	13.24	14.69	11.35	14.09	12.47
Promedio	3.860	4.413	4.897	3.783	4.697	4.157
Desv. Est.	0.348	0.396	0.251	0.145	0.333	0.356
C.V. (%)	9.023	8.962	5.135	3.824	7.088	8.575

- Promedio alto sector Tintin Orcco tiene Ca (meq/100) de 4.897meq/100
- Promedio bajo se presenta sector Tankarpata tiene Ca (meq/100) de 3.86meq/100

Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 24.

En la tabla 77, se presenta el análisis de varianza entre los promedios de la Ca (meq/100) para los diferentes sectores (Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo), con la finalidad de establecer significancia y contraste de prueba de hipótesis.

Tabla 76*Análisis de varianza entre los promedios de Ca (meq/100) de los sectores en evaluación*

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	3.022	5	0.604	6.046	0.005	3.106	**
Error	1.200	12	0.100				
Total	4.221	17					
C. V. (%)	7.4				Promedio	4.30	

En la misma tabla 77 se observa que el Valor P es 0.005 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Ca (meq/100), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 7.4%.

Prueba de hipótesis calcio Ca (meq/100)

En la misma tabla 77, se observa que el Valor P es 0.005 menor a 0.05, por lo tanto, se acepta se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

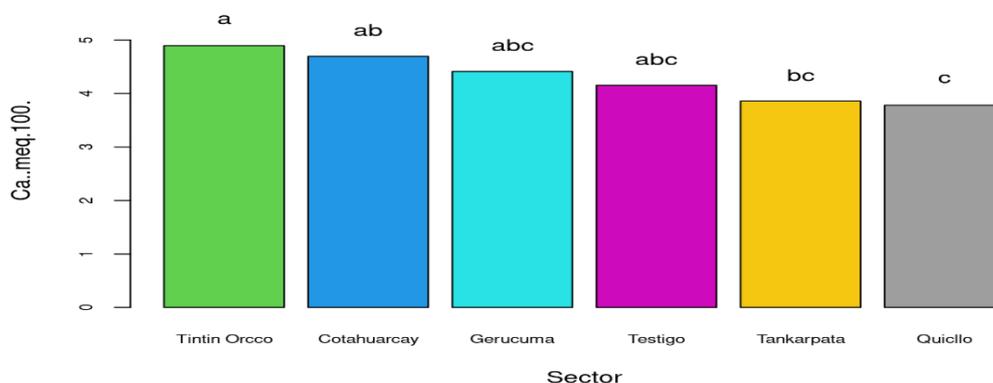
Con la finalidad de realizar interpretación gráfica de los promedios de calcio de los diferentes sectores, se presenta comparación múltiple de Tukey (95%) y se aprecia en la tabla 78.

Tabla 77*Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Ca (meq/100) de los sectores*

Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	4.90	a
Cotahuarcay	4.70	ab
Gerucuma	4.41	abc
Testigo (Vaquerianapata)	4.16	abc
Tankarpata	3.86	bc
Quicillo	3.78	c

En la misma tabla 78, se observa que el contenido de Ca del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Tintin Orcco presentó el contenido de Ca más alto, seguido de Cotahuarcay, Gerucuma, Testigo, Tankarpata y Quicillo. Los agricultores de los sectores Tankarpata y Quicillo deben considerar aplicar cal al suelo para aumentar el contenido de Ca.

La interpretación gráfica a través de barras los promedios de calcio en los 6 sectores en estudio al 95 % de confianza, para lo cual se presenta los promedios en la figura 24.

Figura 24*Promedio de calcio (Ca meq/100) de los sectores*

En la figura 24, se tubo que el sector Tintin Orcco es superior a los demás muestras, siguiendo los tratamientos Cotahuarcay, Gerucuma y Testigo resulta relativamente iguales, inferior a todas las muestras es la muestra del sector de Quicillo, sin embargo, estos promedios se mantienen en la categoría BAJO A MEDIO, es decir esta especie t'ankar prospera en esta categoría de suelos, estos niveles de interpretación aplicada por René Bernier V. y Pablo Undurruga D. (2021),el análisis efectuada se mantiene en el rango razonable de CV de 7.4 para las condiciones de campo.

4.2.8.3. Mg (meq/100).

En la tabla 79, se presenta los datos observados de Mg (meq/100) realizada para describir las propiedades químicas de suelos de seis sectores, también se presenta los principales estadísticos cada por sector.

Tabla 78.

Datos observados de magnesio Mg (meq/100)

Mg (meq/100)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	1.36	2.41	2.03	1.47	1.76	1.22
R2	1.13	2.54	2.2	1.58	1.6	1.01
R3	1.64	2.12	1.94	1.43	1.75	0.9
Suma	4.13	7.07	6.17	4.48	5.11	3.13
Promedio	1.377	2.357	2.057	1.493	1.703	1.043
Desv. Est.	0.255	0.215	0.132	0.078	0.090	0.163
C.V. (%)	18.553	9.124	6.420	5.201	5.262	15.583

Promedio alto se tiene en el sector Gerucuma tiene Mg (meq/100) de 2.357meq/100

Promedio bajo se tiene en el sector Tankarpata tiene Mg (meq/100) de 1.377meq/100.

Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 24.

Análisis de varianza entre los promedios de magnesio Mg (meq/100) de los sectores, con el fin de establecer significancia y contraste de pruebas de hipótesis, se aprecia en la tabla 80.

Tabla 79.

Análisis de varianza entre los promedios de Mg (meq/100) de los sectores

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	3.396	5	0.679	24.058	0.000	3.106	***
Error	0.339	12	0.028				
Total	3.735	17					
C. V. (%)	10.1			Promedio	1.67		

En la misma tabla 80, se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Mg (meq/100), es decir, con un coeficiente de variabilidad de 10.1%.

En la misma tabla 80, se observa que el Valor P es 0.005 menor a 0.05, por lo tanto, se acepta se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

Para la interpretación gráfica se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los promedios de Mg (meq/100) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, se aprecia en la tabla 81.

Tabla 80

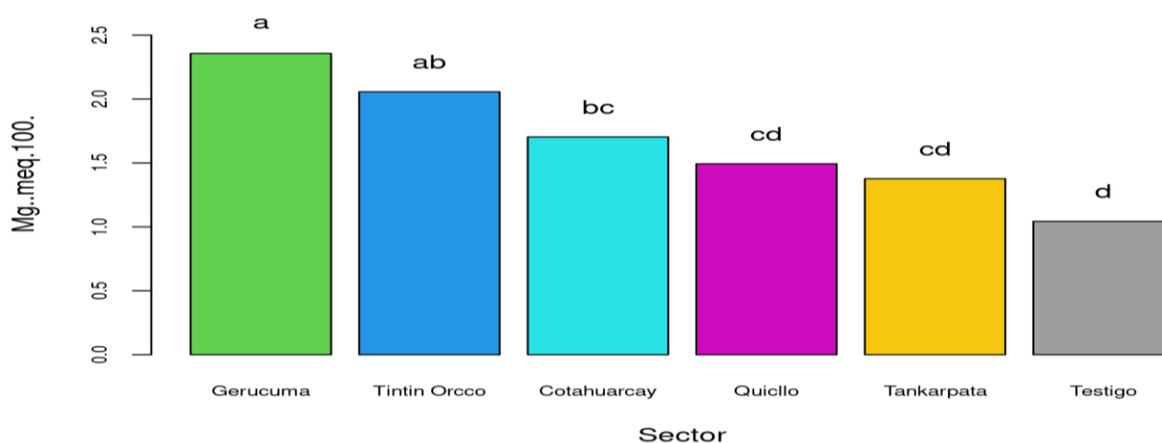
Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Mg (meq/100) de los sectores

Sector	Promedio	Grupo
Gerucuma	2.36	a
Tintin Orcco	2.06	ab
Cotahuarcay	1.70	bc
Quicillo	1.49	cd
Tankarpata	1.38	cd
Testigo (Vaquerianapata)	1.04	d

En la tabla 81, se observa que el contenido de magnesio (Mg) del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Gerucuma presentó el contenido de Mg más alto, seguido de Tintin Orcco, Cotahuarcay, Quicillo, Tankarpata y Testigo. Los agricultores de los sectores Quicillo, Tankarpata y Testigo deben considerar aplicar dolomita al suelo para aumentar el contenido de magnesio.

Figura 25

Promedio de magnesio (Mg meq/100) de los sectores en evaluación.



En la figura 25, resulta el promedio del sector Gerucuma superior a los demás muestras y el mas inferior es la muestra testigo, sin embargo se concluye señalando que los promedios procesados y analizados se ubican en los rangos adecuado a alto, puesto que se tiene promedios 2.36 a 1.04 (meq/100), este rango es ubicada en niveles de interpretación adoptada por René Bernier V. y Pablo Undurraga D. (2021), en el trabajo titulada análisis de suelo-metodología de interpretación, en resumen la especie de **berberis microphylla** variedad espinosa, requiere suelos en ese rango, no siendo necesario incorporar ni regular el contenido de este elemento en los suelos para fines de multiplicación de t'ankar.

4.2.8.4. Potasio (K meq/100) de suelos en matorral arbustivo de t'ankar.

En la tabla 82, se presenta los datos observados de K (meq/100) realizada para describir el potasio del suelo de los seis sectores, también se presenta los principales estadísticos cada por sector.

Tabla 81

Datos observados de potasio (K meq/100)

K (meq/100)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quiclllo	Cotahuarca	Testigo
R1	0.38	0.41	0.28	0.35	0.28	0.3
R2	0.35	0.44	0.3	0.33	0.27	0.27
R3	0.39	0.39	0.26	0.37	0.28	0.32
Suma	1.12	1.24	0.84	1.05	0.83	0.89
Promedio	0.373	0.413	0.280	0.350	0.277	0.297
Desv. Est.	0.021	0.025	0.020	0.020	0.006	0.025
C.V. (%)	5.576	6.089	7.143	5.714	2.087	8.483

- Promedio alto en el sector Gerucuma tiene K (meq/100) de 0.413meq/100.
- Promedio alto en el sector Cotahuarca tiene K (meq/100) de 0.2767meq/100

Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura (25).

Con el fin de establecer significancia al 95 % y contrastar pruebas de hipótesis se realiza análisis de varianza entre los promedios de K (meq/100) de los sectores (Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quiclllo, Cotahuarca y Testigo), y se aprecia en la tabla 83.

Tabla 82

Análisis de varianza entre los promedios de K (meq/100) de los sectores en estudio

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.047	5	0.009	22.255	0.000	3.106	***
Error	0.005	12	0.000				
Total	0.052	17					
C. V. (%)	6.2				Promedi	0.33	

En la misma tabla 83, se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de K (meq/100), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 6.2 %.

En la misma tabla 83, se observa que el Valor P es 0.005 menor a 0.05, por lo tanto, se acepta se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 84, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de confiabilidad entre los promedios de K (meq/100) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, con la finalidad de establecer la superioridad de los promedios de potasio de suelos en matorral arbustivo de t'ankar.

Tabla 83

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de K (meq/100) de los sectores.

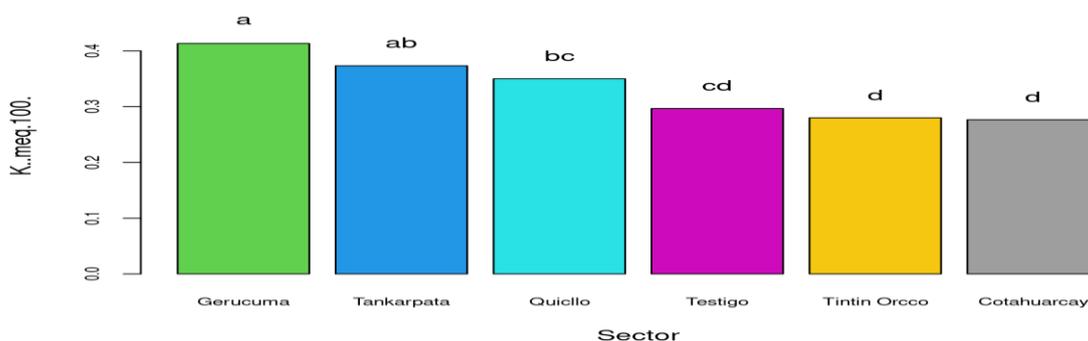
Sector	Promedio	Grupo
Gerucuma	0.41	a
Tankarpata	0.37	ab
Quicillo	0.35	bc
Testigo	0.30	cd
Tintin Orcco	0.28	d
Cotahuarcay	0.28	d

En la tabla 84, se aprecia que el contenido de K del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Gerucuma presentó el contenido de K más alto, seguido de Tankarpata, Quicillo, Testigo, Tintin Orcco y Cotahuarcay. Los agricultores de los sectores Testigo, Tintin Orcco, Cotahuarcay y Quicillo deben considerar aplicar fertilizantes potásicos para aumentar el contenido de K del suelo.

Se presenta promedio de potasio en los seis sectores muestreados, con la finalidad de interpretación gráfica al 95 % de confianza, se aprecia en la figura 26.

Figura 26

Promedio de potasio (K meq/100) de los sectores en evaluación.



En la figura 26, la comparación de medias a través de la prueba de Tukey, al 95%, resulta que la muestra de suelo del sector de Gerucuma muestra superioridad frente a los demás muestras analizadas, es manifestar que las muestras de los sectores Tankarpata, Quicillo y testigo son relativamente iguales en promedio pero superior a los suelos de los sectores de Titin Orcco

y Cotahuarcay, estos promedios se asemejan a los rangos para la interpretación de análisis de suelos adoptadas por René Bernier V. y Pablo Undurraga D. (2021), en el trabajo titulada análisis de suelo-metodología de interpretación, los promedios de los suelos muestreados 0.28 a 0.41 meq/100, estos valores se encuentra ubicado en el rango bajo a medio, quiere decir que esta especie silvestre arbustiva t'ankar, adecuadamente prosperan en este contenido de potasio (K) en el suelo.

4.2.8.5. Sodio Na (meq/100).

En la tabla 85, se presenta los datos observados de *de Na (meq/100) realizada para describir el contenido de sodio* en suelos de los sectores en estudio, tambien se presenta los principales estadísticos cada por sector.

Tabla 84

Datos observados de sodio (Na meq/100)

Na (meq/100)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicllo	Cotahuarcay	Testigo
R1	0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06
R2	0.08	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06
R3	0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06
Suma	0.24	0.17	0.21	0.18	0.21	0.18
Promedio	0.080	0.057	0.070	0.060	0.070	0.060
Desv. Est.	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
C.V. (%)	0.000	10.189	0.000	0.000	0.000	0.000

En la tabla 85:

- Promedio alto el sector Tankarpata tiene sodio (Na meq/100) de 0.08meq/100.
- Promedio bajo se observa en el sector Gerucuma tiene Na (meq/100) de 0.05667meq/100. Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 26.

Para identificar el grado de significancia y contraste de pruebas de hipótesis se presenta el análisis de varianza entre los promedios de sodio (Na meq/100) se aprecia en la tabla 86.

Tabla 85*Análisis de varianza entre los promedios de Na (meq/100) de los sectores en evaluación*

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.00	5	0.000	41.800	0.000	3.106	***
Error	0.00	12	0.000				
Total	0.00	17					
C. V. (%)	3.6				Promedio	0.07	

En la tabla 86 se observa que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Na (meq/100), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 3.565%.

En la misma tabla 86, se observa que el Valor P es 0.00 menor a 0.005, por lo tanto, se acepta se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 87, se presentan el orden de méritos de los promedios de Na (meq/100) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarca y Testigo; con motivo de observar igualdad o diferencia de los promedios entre suelos muestreados en matorral arbustivo con t'ankar.

Tabla 86

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Na (meq/100) de los sectores.

Sector	Promedio	Grupo
Tankarpata	0.08	a
Tintin Orcco	0.07	b
Cotahuarca	0.07	b
Testigo (Moyocorral)	0.06	c
Quicillo	0.06	c
Gerucuma	0.06	c

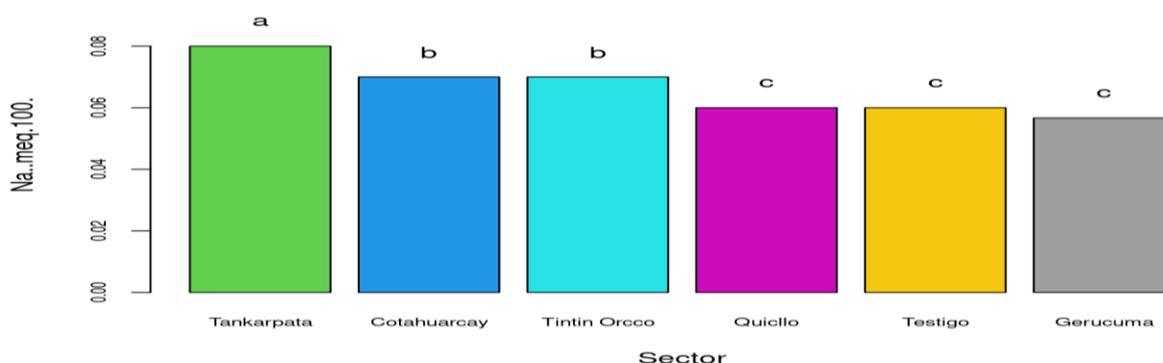
En la misma tabla 87 se observa que el contenido de Na del suelo varía significativamente entre los sectores estudiados. Tankarpata presentó el contenido de Na más alto, seguido de Tintin Orcco y Cotahuarca, y Testigo, Quicillo y Gerucuma. Los agricultores del sector Tankarpata deben prestar atención a los síntomas de toxicidad por sodio en sus cultivos, como el amarillamiento de las hojas y la quema de las puntas de las hojas. Si se observan

estos síntomas, se deben tomar medidas para reducir el contenido de sodio del suelo, como el lavado del suelo o la aplicación de enmiendas del suelo, como la cal o contay.

Para tener mejor visión de la superioridad e interpretación gráfica de los promedios se presenta en la figura 27.

Figura 27

Promedio de sodio (Na meq/100) de los sectores en estudio



En la figura 27, se evidencia que la muestra de t'ankarpata es superior a las muestras de Cotahuarca y Tintin Orcco, entre Testigo y Gerucuma, existe igualdad de promedios entre Cotahuarca y Tintin Orcco, de la misma manera Quiclla y Testigo, Gerucuma es el último en promedio, siendo los promedios se ubican en el rango mas bajo según los rangos para la interpretación de análisis de suelos adoptadas por René Bernier V. y Pablo Undurraga D. (2021), con los promedios obtenidos que va desde 0.06 al 0.08 Al (meq/100). En resumen, esta especie t'ankar perteneciente a la familia berberidaceae prospera en suelos ubicados en ese rango por debajo de 0.15 Al (meq/100).

4.2.8.6. Aluminio Al (meq/100) de suelos en el matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla (88) se presenta los datos observados de Al (meq/100) realizada para describir los indicadores de promedios, desviación estándar y coeficiente de variabilidad de los datos obtenidos de suelos de los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quiclla, Cotahuarca y Testigo, también se presenta los principales estadísticos cada por sector

Tabla 87

Datos observados de aluminio (Al meq/100)

Al (meq/100)	Tankarpata	Gerucuma	Tintin Orcco	Quicillo	Cotahuarcay	Testigo
R1	0.1	0.12	0.14	0.1	0.1	0.1
R2	0.08	0.13	0.13	0.1	0.11	0.1
R3	0.08	0.14	0.13	0.09	0.12	0.11
Suma	0.26	0.39	0.4	0.29	0.33	0.31
Promedio	0.087	0.130	0.133	0.097	0.110	0.103
Desv. Est.	0.012	0.010	0.006	0.006	0.010	0.006
C.V. (%)	13.323	7.692	4.330	5.973	9.091	5.587

En la tabla 88:

- Promedio alto se observa que el sector Tintin Orcco de 0.133meq/100
- Promedio bajo se observa sector Tankarpata tiene Al (meq/100) de 0.08667meq/100.

Información aquí presentada también se puede visualizar gráficamente en la figura 27.

En la tabla 89, se presenta el análisis de varianza entre los promedios de Al (meq/100) para los sectores: Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco, Quicillo, Cotahuarcay y Testigo, con el fin de encontrar los grados de significancia al 95 % de probabilidad y contrastar las pruebas de hipótesis.

Tabla 88

Análisis de varianza entre los promedios de Al (meq/100) de los sectores en estudio

Origen de variaciones	SS	df	MS	F	Valor P	F crítico	Sig.
Entre sectores	0.005	5	0.001	14.215	0.000	3.106	***
Error	0.001	12	0.000				
Total	0.006	17					
C. V. (%)	7.7				Promedio	0.11	

Se observa en la tabla 89, que el Valor P es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Al (meq/100), es decir al menos dos de los sectores estadísticamente tienen los promedios diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 7.7%.

En la misma tabla 89, se observa que el Valor P es 0.00 menor a 0.005, por lo tanto, se acepta se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho) analizado al 95% de confianza.

En la tabla 90, se presenta la comparación múltiple de Tukey a un 95% de probabilidad entre los promedios de Al (meq/100) para los sectores Tankarpata, Gerucuma, Tintin Orcco,

Quicillo, Cotahuarcay y Testigo; con la finalidad de ubicar las igualdades y diferencias de las medias de suelos en matorral arbustivo de t'ankar de acuerdo orden de méritos.

Tabla 89

Comparación múltiple de Tukey (95%) entre los promedios de Al (meq/100) de los sectores

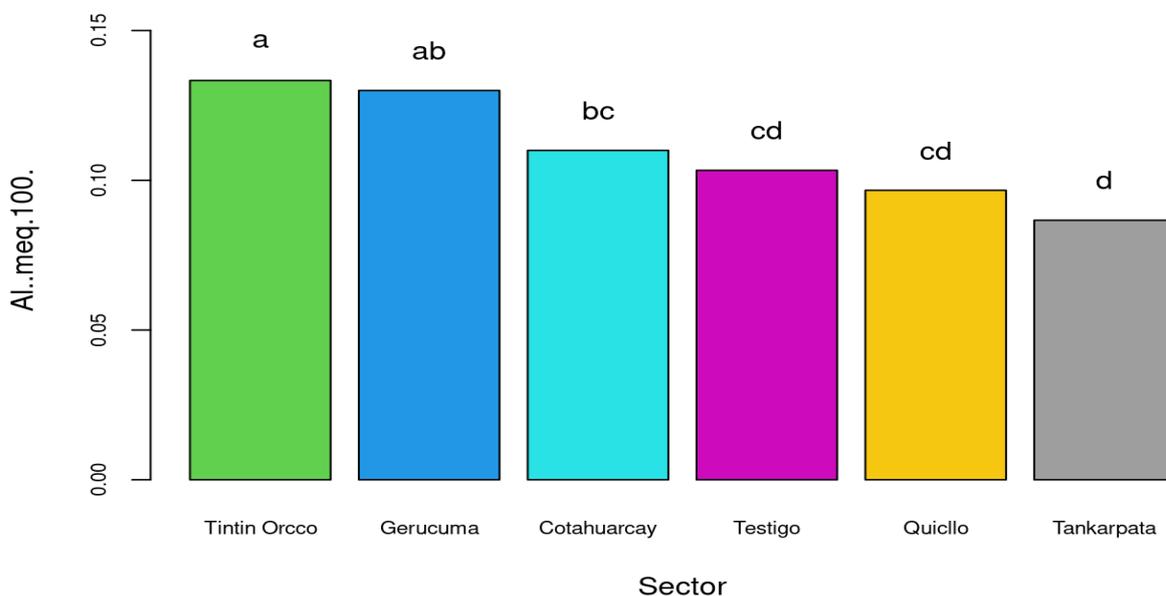
Sector	Promedio	Grupo
Tintin Orcco	0.13	a
Gerucuma	0.13	ab
Cotahuarcay	0.11	bc
Testigo (Moyocorral)	0.10	cd
Quicillo	0.10	cd
Tankarpata	0.09	d

Se observa en la misma tabla 90, el contenido de aluminio (Al) del suelo varía significativamente entre los diferentes sectores estudiados. Tintin Orcco y Gerucuma presentaron el contenido de aluminio (Al) más alto, seguido de Cotahuarcay, Testigo, Quicillo y Tankarpata. Los agricultores de los sectores Tintin Orcco y Gerucuma deben prestar atención a los síntomas de toxicidad por aluminio en sus cultivos, como el amarillamiento de las hojas y el retraso en el crecimiento. Si se observan estos síntomas, se deben tomar medidas para reducir la disponibilidad de aluminio en el suelo, como la aplicación de cal o enmiendas del suelo ricas en calcio y magnesio.

Se presenta promedio de aluminio Al (meq/100) de los diferentes sectores, con el fin de interpretar gráficamente al 95 % de confinaza y de acuerdo al orden de méritos y se aprecia en la figura 28.

Figura 28

Promedio de aluminio (Al meq/100) de los sectores en estudio.



Se evidencia al 95 %, los sectores de Tintin Orcco y Gerucuna resulta siendo superiores e iguales en promedio a la vez, no son significativos por ser menores a los valores de Tukey calculado, asimismo los sectores de Cotahuarcay y Testigo relativamente iguales en promedio no significativos frente a los valores de Tukey, y finalmente el sector de Quicillo es superior a Tankarpata a la vez inferior de todos promedios de las muestras, los promedios encontrados esta de 0.10 al 0.14 meq/100, se ubican en rango de interpretación del análisis de muy bajo a bajo, rango adoptado por René Bernier V. y Pablo Undurraga D. (2021), esto indica que los suelos adecuados para la instalación de plantones de t'ankar requieren suelos con muy bajo a bajo contenido de Aluminio en el suelo. Según Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], (2016) algunos de los horizontes del perfil, generando efectos negativos en el desarrollo radicular, provocando la aparición de raíces gruesas, lo que genera que las raíces exploren un volumen de tierra muy reducido, en referencia a ello, estos suelos para crecimiento de t'ankar deben contener Aluminio por debajo de los valores establecidos. La hipótesis planteada sobre las propiedades edáficas del suelo, se interpreta que no son homogéneas son diferentes los promedios en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla* sin. *B. buxifolia* var. *Spinosa*).

Los componentes de las propiedades físicas evaluados en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*. *B. buxifolia*. var. *Spinosa*) son homogéneos en clase textural todas las muestras o se encuentran en línea de franco, se cumple el planteamiento de homogeneidad.

Las propiedades químicas evaluados en matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*, *B. buxifolia*, var. *Spinosa*) son diferentes en las muestras analizadas, por lo que se rechaza la hipótesis planteada (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha).

4.3. Propiedades biológicas de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.

En la tabla 91 se presenta resultados de Análisis microbiológico. Colonización de raíces por hongos y esporas, de los suelos en matorral arbustivo de t'ankar del ámbito de la comunidad de Cotahuarcay.

Tabla 90

Análisis microbiológico. Colonización de raíces por hongos y esporas

Código de muestra	Humedad Gravimétrica (%)	Colonización de raíces por hongos micorrízicos arbusculares	Esporas de hongos micorrízicos arbusculares
		(%)	(esporas/100g de suelo)
676	31.96	63.86	208

Fuente: Laboratotio UNALM- Lima

En la tabla 91, se aprecia promedio de porcentaje de humedad gravimétrica 31.96%, analizado en 100 gramos de suelo, es evidente conocer que los suelos en matorral arbustiva con t'ankar, mantienen el % de humedad indicado, es el estado de humedad para mantener vivo las plantas, plantones y brinzales de T'ankar, frente al estiaje máximo de la temporada en la región andina, porcentajes muy bajas al valor encontrado, generaría limitaciones o transitar al punto de machitez permanente (PMP) irreversible.

En los datos obtenidos del análisis en laboratorio demuestra que la colonización de raíces por los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), alcanza a 63.86% de colonización, implica que existe alta población de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de la especie en estudio. Según, Nicholson and Schenck 1979). Tabla establecida de cantidad de colonización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) considera alta concentración de hongos mayores de 50%, es así en los resultados de análisis establecida se tiene 63.86% corresponde a alta cantidad de hongos micorrízicos al superar el 50%.

Las esporas de hongos micorrízicos arbusculares, se encontró 208 esporas en 100 gramos de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, lo que indica que hay alta cantidad de esporas de hongos en los suelos en matorral arbustivo con t'ankar que ayuda en la asimilación de micronutrientes, es así, con esa referencia los análisis futuros que se tenga con fines de propagación en macizo de t'ankar deben contener esa cantidad de esporas

Se evidencia porcentaje de colonización de hongos micorrizicos arbusculares en raíces del matorral arbustivo con t'ankar, con buen porcentaje, por lo que también se cumple la aseveración planteada.

4.2. Identificación de uso y propuesta de plan de manejo agroforestal de t'ankar en la comunidad de Cotahuarcay del distrito de Chuquibambilla, Grau- Apurímac

4.2.1. Identificación de uso de t'ankar mediante tabla de frecuencias y representación gráfica en barras.

Se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, se evidencia en la tabla 92, con el fin de establecer el orden de uso arbusto no maderable del t'ankar.

Tabla 91

Los usos le da al arbusto no maderable del t'ankar

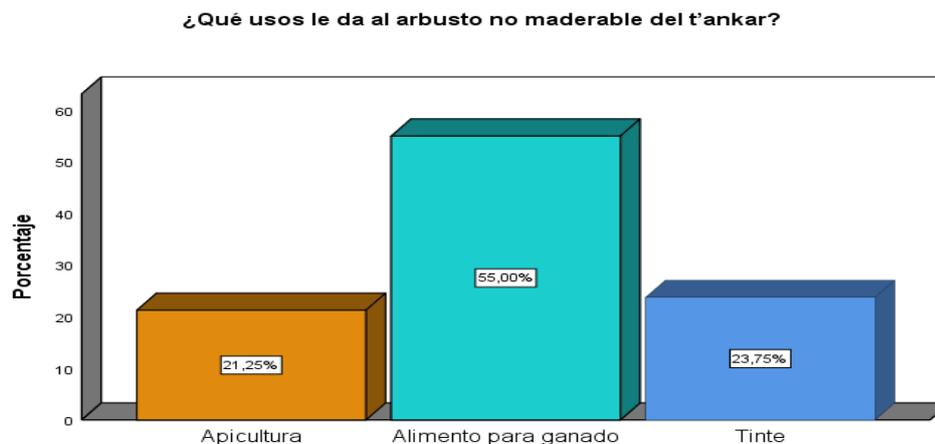
		Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Apicultura	17	21,3	21,3
	Alimento para ganado	44	55,0	76,3
	Tinte	19	23,8	2,4
	Total	80	100,0	100,0

En la tabla 92, se identifica mediante tabla de frecuencias el uso, a la pregunta planteada respondieron 44 encuestados equivalente a 55.00% que la especie arbustiva t'ankar es utilizado como alimento para el ganado, en estado tierno es muy palatable para vacunos, ovinos y caprinos, con este motivo los encuestados rápidamente respondieron a la pregunta, en seguida, 19 encuestados (23.8 %) del total consideran que se da uso las raíces para teñir lana convertida en hilo grueso, esta aseveración es sostenida por comuneros de tercera edad, puesto que, antiguamente se utilizaba esta especie para teñir y finalmente 17 encuestados (21.3%) respondieron que la especie arbustiva t'ankar, es muy importante para la apicultura en esta población se encuentran los apicultores de la zona que cada vez van mejorando su conocimiento empírico en manejo tecnificado referido al tema de polinización realizada por las abejas.

Representación gráfica en barras de los usos que le dan al arbusto no maderable del t'ankar, se parecía en la figura 29.

Figura 29

Usos que le da al arbusto no maderable del t'ankar



En resumen, la diferencia de porcentajes de uso, no es tan determinante, puesto que esta especie es de mucha importancia en orden de preferencias para el consumo de ganado vacuno, ovino y caprino, 55.0 %, seguidamente el uso por su tinte 23.8 % prevalece este indicador y finalmente es muy importante para las abejas 21.3 % que aprovechan su polen. Se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, se evidencia en la tabla 93, con el fin de establecer el orden de usos en conservación y protección del t'ankar.

Tabla 92

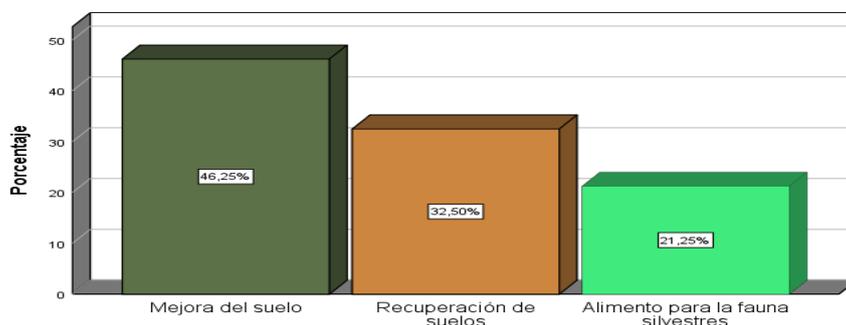
Encuesta sobre los usos en conservación y protección del t'ankar

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Mejora del suelo	37	46,3	46,3
Recuperación de suelos	26	32,5	28,6
Alimento para la fauna silvestre	17	21,3	25,10
Total	80	100,0	100,00

Representación gráfica en barras de los usos en conservación y protección del t'ankar, se aprecia en la figura 30.

Figura 30

Los usos en conservación y protección del t'ankar



En la figura 30, los encuestados indican en el siguiente orden: Mejora del suelo 37 %, Recuperación de suelos 26 % y Alimento para la fauna silvestres 17%, los comuneros de Cotahuarcay, después de las reuniones informativas consideran que el t'ankar contribuye en la mejora del suelo, debido a que no influye el arbusto en los cultivos que conducen en diferentes campañas, sin embargo, el porcentaje de comuneros consideran que es importante el t'ankar en el Alimento para la fauna silvestres, es evidente que las aves silvestres aprovechan los frutos para sobrevivir en la temporada de fructificación, por tal razón el porcentaje de los encuestados mantiene esa información.

Se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, se evidencia en la tabla 94, con el fin de establecer el orden de preferencias de consumo de los frutos de t'ankar en que grupo etario están marcadas.

Tabla 93

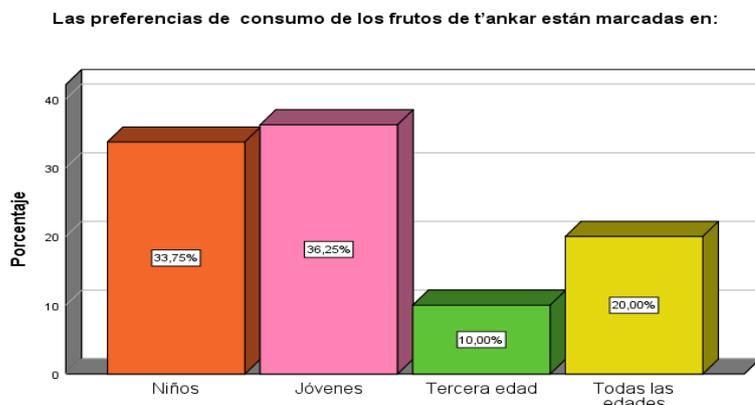
Preferencias de consumo de los frutos de t'ankar en grupos etario

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válido	Niños	27	33,8	33,8
	Jóvenes	29	36,3	70,0
	Tercera edad	8	10,0	80,0
	Todas las edades	16	20,0	100,0
	Total	80	100,0	

Representación gráfica mediante barras de las preferencias de consumo de los frutos de t'ankar están marcadas en, se aprecia en la figura 31.

Figura 31

Preferencias de consumo de los frutos de t'ankar en grupos etario



En la figura 31, se tiene resultados de las preferencias de consumo de los frutos de t'ankar, la encuesta esta marcada la preferencia de consumo en los jóvenes 36.3 %, seguido por los niños 33.8 %, todas las edades 20.0 % y finalmente las de tercera edad 10 %, implica que los frutos de la especie en estudio lo prefieren jóvenes por la vitalidad que les acompaña tienen mejores oportunidades de desplazarse a los lugares de producción y allí realizar la cosecha temporal, continua los niños, en compañía de sus hermanos mayores logran también llegar a los lugares de producción y aprovechan los frutos, como lo hacen individualmente pero con escasa cantidad de cosecha.

Se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, se evidencia en la tabla 95, con el fin de establecer el orden de la temporada de consumo de los frutos de t'ankar.

Tabla 94

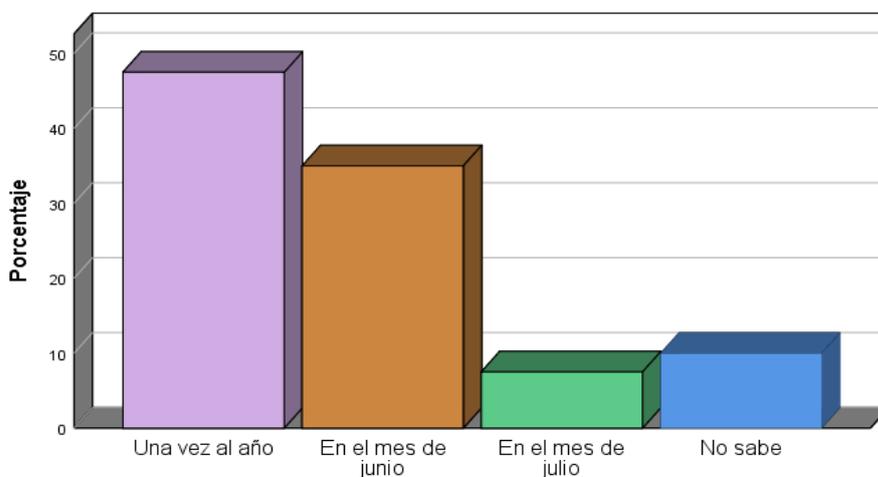
Encuesta sobre temporada de consumo de los frutos de t'ankar.

	Item	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Una vez al año	38	47,5	47,5
	En el mes de junio	28	35,0	82,5
	En el mes de julio	6	7,5	90,0
	No sabe	8	10,0	100,0
	Total	80	100,0	

Representación gráfica mediante barras correspondiente a la temporada de consumo de los frutos de t'ankar, se aprecia en la figura 32

Figura 32

Encuesta sobre temporada de consumo de los frutos de t'ankar



Referente a la temporada de consumo de los frutos de t'ankar, se aprecia en la figura 32, los encuestados manifiestan que el consumo es una sola vez al año 47.5%, en el mes de junio 35% donde se tiene máxima fructificación de frutos de t'ankar, en el mes julio el 6% de encuestados indican la fructificación del t'ankar baja o culmina su ciclo fenológico y el 8% de comuneros encuestados aun no comprendieron mejor la pregunta y no lograron responder.

Se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, se aprecia en la tabla 96, con el fin de establecer el orden de importancia económica tiene el t'ankar.

Tabla 95

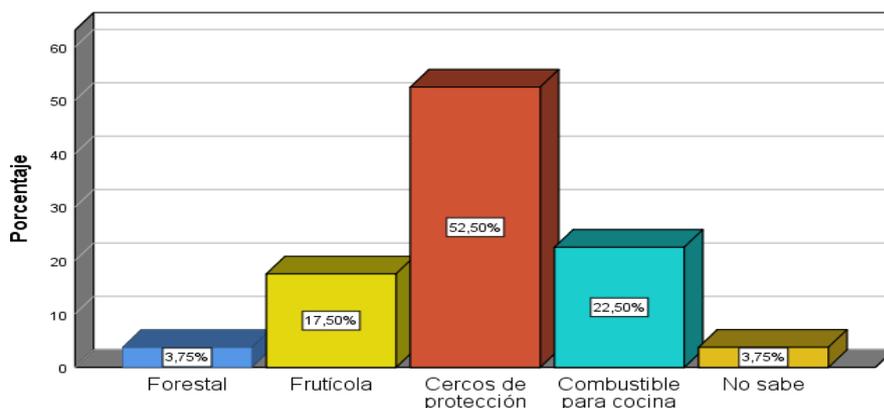
Importancia económica tiene el t'ankar

		Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Forestal	3	3,8	3,8
	Frutícola	14	17,5	21,3
	Cercos de protección	42	52,5	73,8
	Combustible para cocina	18	22,5	96,3
	No sabe	3	3,8	100,0
	Total	80	100,0	

Representación gráfica mediante barras correspondiente a la importancia económica tiene el t'ankar, se aprecia en la figura 33

Figura 33

Importancia económica tiene el t'ankar



La encuesta referida a la importancia económica de t'ankar, se aprecia en la figura 33, se evidencia el 52.5% indica el t'ankar sirve para la protección de cercos de parcelas agrícolas, esta respuesta también va vinculado a la agroforestería el cerco vivo caracterizado por la ramificación de sus ramas esta especie no deja espacios, por consiguiente no permite el ingreso de animales mayores a los cultivos, asimismo las ramas son taladas para luego trasladar a los cercos de cultivos para proteger del ingreso de animales dañinas, el arbusto tiene escasa durabilidad por la tala realizada por los pobladores, mientras plantas vivas son perennes, duraderas. continua discusión del ítem combustible para cocina 22.5 %, frutículo 17.5 %, forestal 3.8 % y finalmente no sabe 3.8 %.

En la tabla 97 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de establecer si alguna ONG o agente del estado realizó algún trabajo en la comunidad, se tomó en cuenta el bosque de t'ankar.

Tabla 96

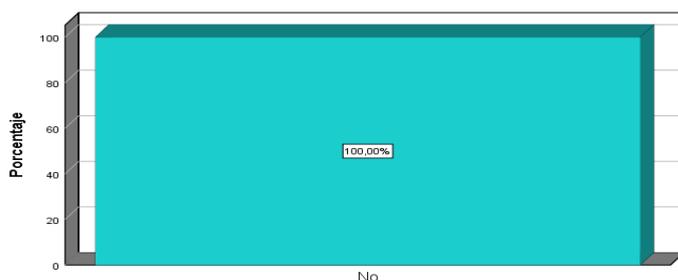
Estudios realizados por alguna ONG o agente del estado en la comunidad, si se tomó en cuenta el bosque de t'ankar

		Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	80	100,0	100,0

Representación gráfica mediante barras correspondiente a la pregunta, si, ¿alguna ONG o agente del estado realizo algún trabajo en la comunidad? ¿Se tomó en cuenta el bosque de t'ankar?, se aprecia en la figura 34.

Figura 34

Estudios realizados por alguna ONG o agente del estado en la comunidad, si se tomó en cuenta el bosque de t'ankar



La pregunta a los encuestados sobre algún trabajo en el tema del arbusto de t'ankar, fue contundente la respuesta “NO” conforme se observa en la figura 34, hasta la fecha ninguna institución o investigador tuvo interés en esta especie, sin embargo, en la comunidad de Cotahuarcay desde sus ancestros hacen usos (consumo de frutos) y la tala e incendio de esta especie importante.

En la tabla 98 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de saber qué usos que le dan al fruto del t'ankar.

Tabla 97

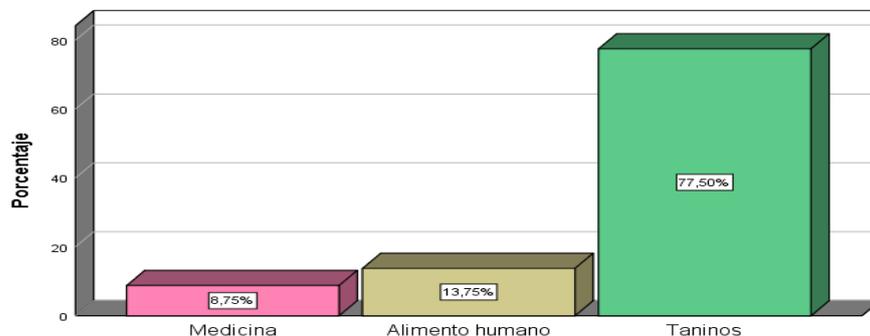
Usos del fruto de t'ankar

		Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Medicina	7	8,8	8,8
	Alimento humano	11	13,8	22,5
	Taninos	62	77,5	100,0
	Total	80	100,0	

Representación gráfica mediante barras correspondiente a la pregunta, qué usos le dan al fruto de t'ankar, se aprecia en la figura 35.

Figura 35

Usos del fruto de t'ankar



En la figura 35, los encuestados respondieron a la pregunta sobre usos del fruto de t'ankar, el 77.5% señalan que el uso por sus taninos, esta respuesta esta vinculada con la coloración morado rojizo que se observa al consumo empírico, y el otro aspecto por la coloración de sus tallos y raíces que utilizaban los ancestros, seguido alimento humano 13.8 %, se entiende que en la temporada de producción las pequeñas bayas sirve de alimento, aún no validado las propiedades por las que consumen y medicinal 8.8 %, esta respuesta es importante, puesto que no indican los estudios para que enfermedad es bueno, en los antecedentes se pudo encontrar: los pigmentos fueron consumidos por los hombres a lo largo de incontables generaciones sin causar ningún efecto tóxico Del Carpio et al., (2005). La respuesta de los encuestados en parte se relaciona con los estudios realizados por Ragonese y Martinez Crovetto, (1947, págs. 147-216), indica los frutos de *Berberis*, son pequeñas bayas comestibles, carnosas y jugosas, ricas en azúcares y vitaminas, se caracterizar por tener un delicioso sabor agridulce, y en zonas donde la naturaleza no es abundante en frutales, estos frutos constituyen una golosina para niños y adultos.

Alonso y Desmarchelier, (2006, pág. 680) indica que se emplean los frutos en casos de resfríos y fiebre intermitente.

Casamiquela, (2001), las raíces y cortezas también eran usadas como tónicos energizantes. Los jugos de los frutos se usaron con fines oftalmológicos.

Alonso y Desmarchelier, (2006), los frutos son también utilizados por los mapuches para realizar tinciones, mientras que las raíces son empleadas para teñir lanas de amarillo

Otro estudio de la actividad antioxidante del zumo del fruto de tankar (*Berberis boliviana* L.), en diferentes condiciones de almacenado. Aranibar A. (2014). Tampoco no señala el uso específico en la medicina y extracción de antocianinas a partir del fruto de tankar (*berberis*

boliviano l.) y determinación del contenido por el método del Ph-diferencial. Aranibar A. (2013). La presencia de antocianinas y antioxidantes no señala que importancia tiene para la salud, sin embargo, en la zona se pudo indagar que es importante para prevenir gastritis, este tema es muy necesario continuar investigando, especialmente sus propiedades antioxi-dantes. Sin embargo, hay una aproximación a las versiones de los comuneros de Cotahuarcay

4.4. Propuesta de plan de manejo agroforestal de t'ankar en la comunidad de Cotahuarcay del distrito de Chuquibambilla, provincia Grau- región Apurímac.

En la tabla 99 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de saber cuántas hectáreas de cobertura de t'ankar dispone en su comunidad.

Tabla 98

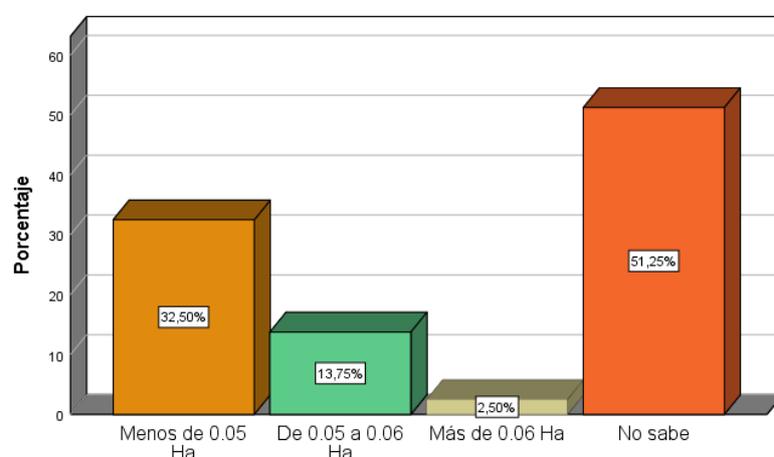
Cuántas hectáreas de cobertura de t'ankar dispone en su comunidad

		Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Menos de 0.05 ha	26	32,5	32,5
	De 0.05 a 0.06 ha	11	13,8	46,3
	Más de 0.06 ha	2	2,5	48,8
	No sabe	41	51,2	100,0
	Total	80	100,0	

Representación gráfica mediante barras correspondiente a la pregunta, cuántas hectáreas de cobertura de t'ankar dispone en su comunidad, se evidencia en la figura 36

Figura 36

Hectáreas de cobertura de t'ankar se dispone en la comunidad



En la figura 36, se aprecia sobre la superficie de cobertura de t'ankar dispone en la comunidad, los encuestados no sabe 51.2%, aún los comuneros no tienen mucho conocimiento de la

superficie ocupada por la especie en estudio, asimismo 32.5% indican con escasa precisión 0.05 hectáreas superficie ocupada por especies de t'ankar, estas respuestas de los encuestados se deben a poco conocimiento sobre el manejo.

En la tabla 100 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de saber cuál es el estado actual de la especie nativa de t'ankar en su comunidad.

Tabla 99

El estado actual de la especie nativa de t'ankar en la comunidad

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido En extinción	13	16,3	16,3
Vulnerable al daño de animales	44	55,0	71,3
Vulnerable al cambio climático	23	28,7	100,0
Total	80	100,0	

Para buena visualización de las respuestas, se realiza la representación gráfica mediante barras a la pregunta, cuál es el estado actual de la especie nativa de t'ankar en su comunidad, se evidencia en la figura 37.

Figura 37

El estado actual de la especie nativa de t'ankar en la comunidad

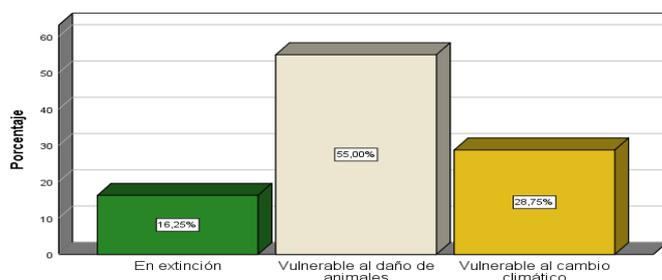


Figura 37, se tiene el porcentaje de encuestados del estado actual de la especie nativa de t'ankar en su comunidad, en la que manifiestan el 55.00% de comuneros el estado de actual de t'ankar es vulnerable al daño de animales, para esta aseveración comprenden los comuneros en el sentido de que el matorral arbustiva de t'ankar se encuentra sin ninguna protección, y las primeros pequeños yemas después de la temporada de estuaje o dormancia son consumidas por animales mayores vacunos, ovinios y caprinos precisamente por su gran palatabilidad, seguidamente de encuestados el 28.7% de comuneros manifiestan que es vulnerable al cambio climático, consideran el peligro ante sequias prolongadas no soportarían esta especies y resulta presa fácil de los incendios forestales de cada año, que es el peligro

eminente en la zona en estudio. El 16.33% encuestados señalan que el t'ankar esta en extinción, debido a la tala, incendios forestales y falta de propagación técnica, es una apreciación de mucha importancia de parte de los comuneros encuestados.

En la tabla 101 se presenta procesamiento de datos, con el fin de saber cuáles son los principales medios de propagación del t'ankar.

Tabla 100

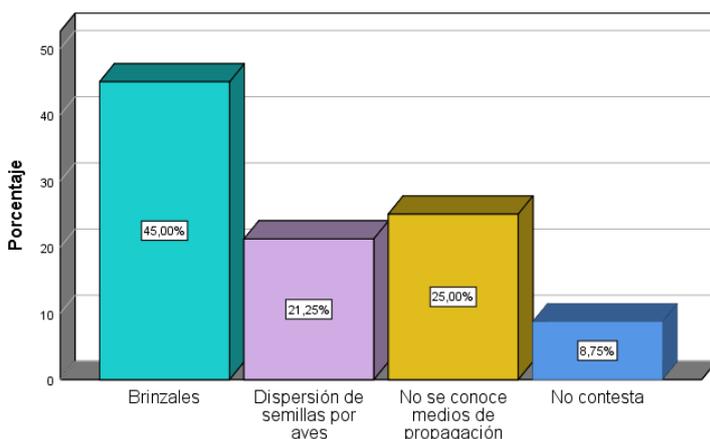
Sobre los principales medios de propagación del t'ankar.

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Brinzales	36	45,0	45,0
Dispersión de semillas por aves	17	21,3	66,3
No se conoce medios de propagación	20	25,0	91,3
No contesta	7	8,8	100,0
Total	80	100,0	

Para la mejor comprensión de las respuestas, se realiza la representación gráfica mediante barras a la pregunta, cuáles son los principales medios de propagación del t'ankar, se evidencia en la figura 38.

Figura 38

Los principales medios de propagación del t'ankar



Conforme se aprecia en la figura 38, los principales medios de propagación del t'ankar es por medio de brinzales, el 45,0% de comuneros encuestados conocen este medio de propagación natural, consiste en que la semillas después de cumplir su madurez fisiológico se desprende bajo el arbusto de t'ankar, donde germina en un medio tipo almácigo, estas plántulas con el

tiempo sustituyen al arbusto que permanece por años, esta propagación natural es cada año o campaña. En segundo lugar, el 25% de comuneros manifiestan no conocer los medios de propagación mas eficientes del t'ankar, el 21.25%, señalan propagación por dispersión de semillas mediante aves como el chihuanco, gracias a este mecanismo natural las semilla al caer a un medio adecuado logra prender y crecer sin la intervención del hombre. Y finalmente el 8.75% no responde a la pregunta.

En la tabla 102 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de saber cuál es el manejo del sistema silvicultural de t'ankar.

Tabla 101

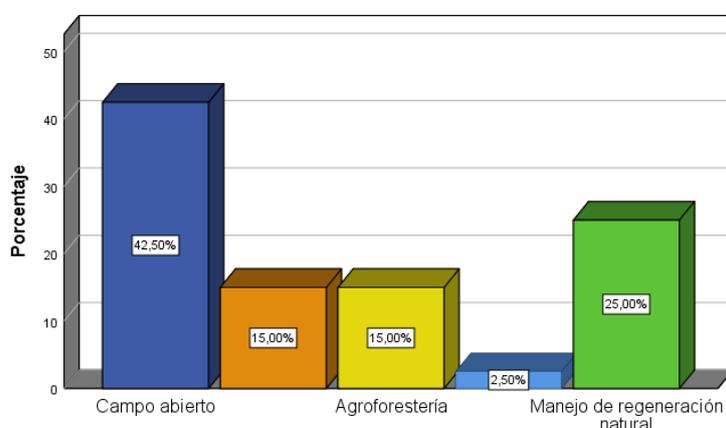
Manejo del sistema silvicultural de t'ankar

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Campo abierto	34	42,5	42,5
Fajas de enriquecimiento	12	15,0	57,5
Agroforestería	12	15,0	72,5
Silvopastura	2	2,5	75,0
Manejo de regeneración natural	20	25,0	100,0
Total	80	100,0	

Para adecuado entendimiento de las respuestas, se realiza la representación gráfica mediante barras a la pregunta, cuál es el manejo del sistema silvicultural de t'ankar, se evidencia en la figura 39.

Figura 39

Manejo del sistema silvicultural de t'ankar



En la figura 39, se aprecia la respuesta de 42.5 %, sobre el manejo del sistema silvicultural de t'ankar, la respuesta al manejo a campo abierto, teniendo una vivencia ancestral en la

comunidad, en evidente que el matorral arbustivo de t'ankar se mantiene todo el tiempo a campo abierto sin protección, tampoco manejo agroforestal, seguidamente se tiene 25.00% de comuneros manifiestan el manejo de regeneración natural, esta respuesta esta en función al conocimiento ancestral de los comuneros, es decir, nadie protege a esta especie, lo que sucede se logra proteger uando estos sectores son programadas para la siembra de papa a través de laymes, es en esa temporada ningún vacuno ingresa al sector por acuerdo comunal, de esta manera se logra conservar las zonas de pastoreo temporalmente, continua el 15% de entrevistados sostienen el manejo agroforestal, esta respuesta mas referido al manejo de cultivos y matorrales de t'ankar existiendo una simbiosis y mejora aprovechamiento, el 15% de encuestados responden que se evidencia la especie en estudio en fajas de enrequisimiento, entendiendo por el término, que en las inmediaciones del cauce de los riachuelos tributarios de los rios se aprecia buena población de t'ankar, y finalmente el 2.5% de encuestados manifiestan manejo del sistema silvicultural de t'ankar, en esta población de encuestados se encuentran algunos conocedores de la tecnología agraria, como técnicos agropecuarios, lideres agrarios y personajes involucrados con el tema, los que no fueron encuestados.

En la tabla 103 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de saber cuál es la edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad.

Tabla 102

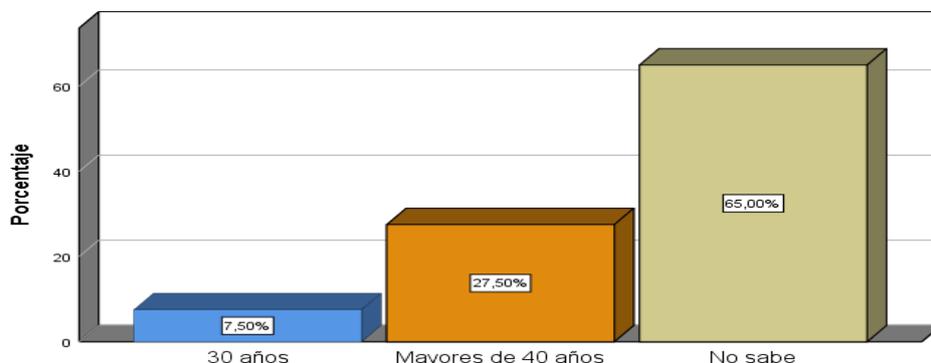
La edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad.

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 30 años	6	7,5	7,5
Mayores de 40 años	22	27,5	35,0
No sabe	52	65,0	100,0
Total	80	100,0	

Para adecuada visualización de las respuestas, se realiza la representación gráfica mediante barras a la pregunta, cuál es la edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad, se evidencia en la figura 40.

Figura 40

La edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad



En la figura 40. Los resultados de la encuesta, el 65.0%, de los comuneros no sabe la edad de la especie en estudio, esto debido a que solo se dedican a talar, incendiar y en temporada de producción aprovechar los frutos de t'ankar, el 27.5% respondieron que la edad de esta especie esta por encima de 40 años, es una población de alguna manera empieza analizar y dar opinión racional. El 7.5% de los encuestados responden la edad del t'ankar estaría promedio 30 años, estos encuestados empiezan relacionar hasta con edad que ostenta tener ellos, dicen que cuando era niño ya estaba creciendo esta planta y de allí muchas veces deducen la edad de este arbusto silvestre.

En la tabla 104 se presenta procesamiento de datos mediante tabla de frecuencias, con el fin de saber, si se trabajase para recuperar el bosque de t'ankar ¿Estaría a favor de la Investigación?

Tabla 103

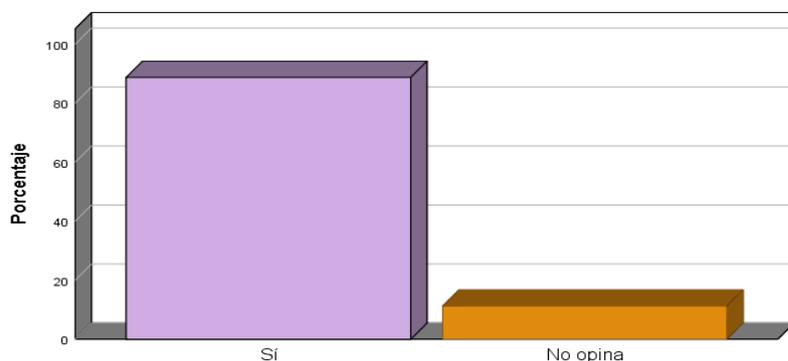
A favor de investigación para recuperar el bosque de t'ankar en la comunidad.

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido			
Sí	71	88,8	88,8
No opina	9	11,3	100,0
Total	80	100,0	

Para adecuada visualización de las respuestas, se realiza la representación gráfica mediante barras, si se trabajase para recuperar el bosque de t'ankar ¿Estaría a favor de la Investigación?, se evidencia en la figura 41.

Figura 41

A favor de investigación para recuperar el bosque de t'ankar en la comunidad



En la figura 41. Los resultados de la encuesta, nominal el 88.8% de los encuestados responde SI están a favor de los trabajos de investigación para recuperar el bosque de t'ankar, y así conocer técnicamente el aprovechamiento de esta especie silvestre de mucho valor, de esta manera dejar los conocimientos empíricos y finalmente el 11.3% no opina, esta brecha es debido a escaso conocimiento de las bondades de esta especie silvestre.

El uso identificado del t'ankar permite el aprovechamiento racional, mediante las encuestas realizadas se ha logrado determinar la importancia económica y otras bondades que tienen la especie arbustiva t'ankar y es prioridad elaborar el plan de manejo forestal en la comunidad de Cotahuarcay, para la conservación y multiplicación para incrementar áreas, para lo cual se tiene como resultado propuesto de plan de manejo agroforestal adoptado.

4.3. Plan de manejo agroforestal de t'ankar (*Berberis microphylla*). -

a.- Descripción de los sectores en estudio en el marco de elaboración del plan de manejo agroforestal.

Ubicación geográfica. - El área en la zona: 18 L, entre las coordenadas E739252.30 y coordenadas N 8430022.17 y altitud 3844 MSNM, en un rango altitudinal que va desde los 3832.06 msnm (Quicillo) hasta más de 3983.47 msnm (Tin Orcco). Así mismo por el enfoque del proyecto de investigación, este se localiza hidrográficamente en las Microcuenca, Chuquibambilla las cuales tributan a la sub cuenca del río Vilcabamba. El tipo de suelo determinado en la mayoría de las muestras pertenecen a franco arenoso, franco limoso y franco arcilloso, es el tipo de suelo donde prospera esta especie silvestre, nativo, conforme se tiene los resultados de análisis de suelos de los 5 sectores.

En la tabla 105, se evidencia la ubicación del área en estudio

Tabla 104. Coordenadas, altitudes y el área de los sectores en estudio.

MUESTRA	COORDENADAS UTM			ALTITUD	OBSERVACION (Ha)
	E	N	LS		
M1 T'ankarpata	738112.4	8429323	18L	3868.73	0.035
M2 Gerucuma	738456.7	8429686	18 L	3869.49	0.012
M3 Tintin Orcco	740368.6	8430225	18 L	3983.47	0.016
M4 Quiello	739583.9	8431008	18 L	3832.06	0.008
M5 Cotahuar cay	739703	8430848	18 L	3856.84	0.025
M6 Testigo (Vaquerianapata)	739401.9	8431880	18L	3488..27	0.0105
TOTAL					0.1065
UTM C.C. COTAHUARCAY	739288.6	8430011	18L	3844.99	Plaza principal de Cotahuar cay

Fuente: Elaboración propia en base de talleres en la comunidad

En cuanto a las vías de acceso, la comunidad de Cotahaurcay se encuentra a 110 kilómetro de Abancay, luego mediante una trocha carrozable desde Chuquibambilla esta a 25 kilómetro a la comunidad de Cotahuar cay via afrimada, en cuanto a la infraestructura de de riego es escaso la disponibilidad de canales de regadio, en su mayoría la siembra de cultivos se realiza con la aproximación de las presipitaciones pluviales, es temporal.

Se tiene el uso actual de la tierra, se evidencia tierras comunales, los comuneros calificados hacen uso racional de las tierras y los cultivos existentes lo mas predominante es la papa, haba, cebada, quínua y en la parte baja de la comunidad se puede apreciar cultivo de maíz amiláceo. Se dispone de recurso hídrico con buena carga en los meses dediciembre, enero, febrero y marzo temporada de lluvias.

b.- Análisis de las condiciones ambientales:

Clima y Temperatura. - El Distrito de Chuquibambilla y sus comunidades de Chapimarca y Cotahuar cay, presenta una variedad de climas y temperaturas que se distinguen de acuerdo a las estaciones del año y a los diferentes pisos ecológicos que van desde los 3488.27 m.s.n.m hasta los 3983.47 m.s.n.m. zona de estudio, presenta un clima cálido en los valles, templado en las quebradas y áreas medias y frías en las punas. Estas características climatológicas y topográficas, determinan el comportamiento variable de las temperaturas, tanto estacionales y anuales.

Suelo. - La comunidad de Cotahuar cay este marcado en 03 pisos altitudinales, bien definida en la capacidad de uso del suelo. Las características de los suelos varían según la zona. En las

punas, los suelos se originan a partir de cenizas volcánicas y están compuestos por una roca dura y coherente, cubierta por tierras de cultivo y pastizales naturales. La estructura del suelo en esta región presenta diferencias, pudiendo ser pegajosa o grasosa, con una naturaleza ácida y rica en materia orgánica. Su color va de ocre a pardo amarillento, debido a la presencia de arcilla en sus capas, y la profundidad del suelo es generalmente superficial, entre media y fina (Gobierno regional de Apurímac, 2012).

Pendiente donde están situados puntos muestreados. clase 2. Suavemente inclinado, 2 - 6% Tankarpata, Cotahuarcay, clase 3. Inclinado, 6 - 13% Quicillo y Gerucuma, clase 4. Moderadamente escarpado, 13 - 25% Tintin Orcco. Los suelos de los sectores muestreados corresponden en la mayoría a grado textural franco, el área agrícola de la comunidad se practica rotación de cultivos, escaso aplicación de fertilizantes, en cuanto la erosión es moderada debido a que el matorral arbustivo en estudio y otras especies contribuyen en el control de erosión

c.- Selección de la especie. La especie silvestre nativa en estudio pertenece a la familia berberidaceae, es una especie no maderable, prospera en las altitudes ya descritas, se ubica en cercos de los cultivos como papa, haba, quinua que son cultivos anuales, el t'ankar (*berberis microphylla*) esta adaptado en estos suelos franco limoso, arcillosa y arenoso

d. Diseño del sistema agroforestal. Las densidades de plantas por hectarea se tiene calculado en el tabla N° 106.

Tabla 105 Densidad de plantas por hectárea

MUESTRA	DENSIDAD EMPIRICA DE PLANTAS. POR SECTOR/Has.
M1 T'ankarpata	137
M2 Gerucuma	90
M3 Tintin Orcco	100
M4 Quicillo	69
M5 Cotahuarcay	127
M6 Testigo (Vaquerianapata)	-
TOTAL	523

Fuente: Elaboración propia

e. Plan de manejo agroforestal, uso y aprovechamiento.

Establecer un vivero permanente para la comunidad que sirva para todos los productores, donde se propague mediante brinzales, estacas y semilla como módulos de aprendizaje, luego de la producción trasladar a campo definitivo, aplicación de riego en tiempo de estiaje dos veces al año hasta logran prendimiento definitivo, a partir de 4 años se tendrá primeros frutos para su aprovechamiento de las pequeñas bayas, siguiendo con labores de transformación y comercialización. Asimismo, se programa manejo de parcelas agroforestales con t'ankar, instalar plántones de t'ankar en parcelas agrícolas comunales, instalar plántones en cercos vivos, en maciso y paisajístico. Es de prioridad monitorear el manejo de plantaciones, con a la finalidad de establecer los indicadores de logro de objetivos.

f. Consistencia sobre la sostenibilidad. Con la ejecución del presente plan no se generará ningún impacto ambiental adverso o negativo, se reducirá la erosión en los suelos, la comunidad se organizará para el mejor aprovechamiento del t'ankar, conforme se ha mencionado las bondades, con el majo técnico de matorral arbustivo de la especie con participación de los comuneros se convertirá rentable y sostenible en el tiempo y espacio

g. Presupuesto. Se tiene en la tabla N° 107, presupuesto calculado de acuerdo a las actividades a ejecutar.

Tabla 106 Presupuesto de la propuesta plan de manejo agroforestal

Proyecto: Mejoramiento y conservación de la cobertura forestal con especies nativas (t'ankar).					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAAL
01	SUMINISTRO DE VIVERO TRANSITORIOS COTAHUARCA.				
01.01	IMPLEMENTACION AREA DE PRACTICA				
01.01.01	IMPLEMENTACION DE MODULO DE RIEGO	gib	1.00	2,679.00	2,679.00
01.02	VIVERO VOLANTE TRANSITORIO - COTAHUARCA				0.00
01.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA HOYOS HASTA 0.50 M	m3	3.20	40.05	128.16
01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACION	m3	1.87	20.02	37.44
01.02.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.76	20.02	55.26
01.02.04	MADERA RROLLIZO (PARANTES) 2.9 m	und	30.00	11.38	341.40
01.02.05	ALAMBRE GALVANIZADO N°10-12	m	120.00	0.59	70.80
01.02.06	MALLA RASCHELL SOMBRE UV - R1	m2	80.00	1.75	140.00
01.03	PRODUCCION DE PLANTONES - COTAHUARCA				0.00
01.03.01	PREPARACION DE SUSTRATO VIVEROS TRANSITORIOS	m3	15.62	79.92	1,248.35
01.03.02	REPIQUE DE BRINZALES EN VIVERO TEMPORALE TRANSITORIOS	und	5,000.00	0.70	3,500.00
01.03.03	EMBOLSADO VIVEROS TANSITORIOS	und	5,000.00	0.70	3,500.00
01.03.04	REPIQUE VIVEROS TRANSITORIOS	und	5,000.00	0.70	3,500.00
01.03.05	MANEJO AGRONOMICO EN VIVERO	mes	8.00	318.99	2,551.92
01.10	CAPACITACIÓN EN MANEJO Y ROTACIÓN DE SUELOS.				0.00
01.10.01	EQUIPAMIENTO PARA ANALISIS DE SUELO Y AGUA	gib	1.00	100,923.08	100,923.08
	COSTO DIRECTO				118,675.40
	GASTOS GENERALES		1.00	8,491.34	8,491.34
	IMPREVISTOS		1.00	4,524.00	4,524.00
	COSTO TOTAL DE PROYECTO				131,690.74

Fuente: Elaboración propia

El plan de manejo agroforestal elaborado es fundamental para el éxito de un sistema agroforestal, ya que permite una gestión eficiente de los recursos, maximiza la productividad y contribuye a la sostenibilidad ambiental y social.

4.3. Presentación de resultados.

Tabla 107 Ubicación de los sectores de muestreo

MUESTRA	COORDENADAS UTM			ALTITUD	OBSERVACION (Ha)
	E	N	LS		
M1 T'ankarpata	738112.4	8429323	18L	3868.73	0.035
M2 Gerucuma	738456.7	8429686	18 L	3869.49	0.012
M3 Tintin Orcco	740368.6	8430225	18 L	3983.47	0.016
M4 Quicillo	739583.9	8431008	18 L	3832.06	0.008
M5 Cotahuarcay	739703	8430848	18 L	3856.84	0.025
M6 Testigo (Vaquerianapata)	739401.9	8431880	18L	3488..27	0.0105
TOTAL					0.1065

Tabla 108 Análisis físico mecánico: propiedades físicas

MUESTRA	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
M1 T'ankarpata		51	30	19 FRANCO
M2 Gerucuma		43	39	18 FRANCO
M3 Tintin Orcco		39	42	19 FRANCO
M4 Quicillo		49	35	16 FRANCO
M5 Cotahuarcay		44	37	19 FRANCO
M6 Testigo		45	29	26 FRANCO

Tabla 109

Análisis de propiedades físicas complementarias.

MUESTRA	HE %	CC %	Da g/cc	Dr g/cc	PMP %	Porosidad %
M1 T'ankarpata	27.03	26	1.3	2.5	9.53	48
M2 Gerucuma	26.71	25.72	1.28	2.5	10.03	48.8
M3 Tintin Orcco	27.43	26.34	1.2	2.49	10.58	51.8
M4 Quicillo	27.6	26.49	1.27	2.48	9.12	48.79
M5 Cotahuarcay	26.52	25.55	1.26	2.38	10.14	47.05
M6 Testigo	26.03	25.13	1.3	2.4	11.46	45.83

Tabla 110

Análisis de fertilidad

MUESTRA	CE	PH	CaCO3	M. Org	Ntotal	P2O5	K2O
	mmhos/cm		%	%	%	ppm	ppm
M1 T'ankarpata	0.22	5.94	0	4.18	0.21	15.7	375
M2 Gerucuma	0.11	6.15	0	4.27	0.21	10.2	624
M3 Tintin Orcco	0.31	7.05	0.12	4.82	0.24	24.8	580
M4 Quicillo	0.11	6.3	0	4.16	0.21	23.1	600
M5 Cotahuarcay	0.18	6.8	0.1	4.58	0.23	10.3	375
M6 Testigo	0.21	6.85	0.1	4.95	0.25	20.6	408

Tabla 111

Análisis de caracterización: propiedades químicas

MUESTRA	CATIONES CAMBIABLES meq/100					
	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al
M1 T'ankarpata	12.36	3.47	1.36	0.38	0.08	0.1
M2 Gerucuma	13.74	4.82	2.41	0.41	0.06	0.12
M3 Tintin Orcco	14.55	5.08	2.03	0.28	0.07	0.14
M4 Quicillo	12.62	3.95	1.47	0.35	0.06	0.1
M5 Cotahuarcay	13.74	4.53	1.76	0.28	0.07	0.1
M6 Testigo	14.08	4.45	1.22	0.3	0.06	0.1

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

5.1.1. Propiedades físicas.

Los suelos evaluados en el matorral arbustivo con t'ankar (*Berberis microphylla*) presentan una clase textural franco equilibrada, compuesta por un **45% de arena, 35% de limo y 20% de arcilla**, lo que proporciona una capacidad de retención hídrica óptima y un aspecto estructural sólido. Esta característica textural es crucial para mantener la estabilidad del suelo en pendientes hasta el **35%**, que los mantiene en suelos ideales para la implementación de prácticas agroforestales, incluso en terrenos escarpados y con riesgo de erosión.

La humedad equivalente (HE), en los suelos con cobertura de t'ankar tienen un promedio de 27.61%, aún todavía se mantiene en la clase textural de franco arcilloso a arcilloso, quiere decir que estas especies prosperan en ese porcentaje de humedad. Capacidad de Campo en promedio fue de 25.64 %, se ubica en los valores de franco limoso y franco arcilloso, quiere decir que las especies en estudio se adaptan con el porcentaje indicado, en cuanto al punto de marchitez, estos suelos en matorral arbustivo con t'ankar soportan hasta el nivel de contenido de agua promedio de 10.28%, con la especie viva sin pasar a punto de marchitez permanente (PMP) lo que resulta siendo irreversible.

La densidad aparente promedio de **1.26 g/cm³** indica que estos suelos tienen una alta porosidad del **48.74%**, lo que permite una infiltración de agua efectiva y una aireación adecuada, vital para el desarrollo radicular y la salud general de las plantas. Esta capacidad de infiltración y retención no solo favorece el crecimiento del t'ankar (*Berberis microphylla*), sino también contribuye a la estabilidad del ecosistema circundante, promoviendo una mayor biodiversidad.

5.1.2. Propiedades químicas.

Los análisis químicos realizados en los suelos donde prospera el t'ankar (*Berberis microphylla*) muestran características altamente favorables, con un pH que varía entre **6.23 y 7.06**, lo que indica un entorno ligeramente alcalino, óptimo para la absorción de nutrientes esenciales.

La materia orgánica, que supera el **5%**, es un indicador de su riqueza en nutrientes y su capacidad para mejorar la estructura del suelo, además, el contenido de nitrógeno total alcanza hasta **0.26%**, lo que se traduce en una fertilidad significativa que puede mantener el crecimiento de especies nativas a largo plazo, la relación entre fósforo y potasio también es

notable, alcanzando hasta **618.83 ppm de K₂O**, lo que resalta el potencial de estos suelos para prácticas agroforestales rentables y sostenibles. Estos niveles de fertilidad son fundamentales no solo para el t'ankar, sino también para la diversidad de flora que puede coexistir en este ecosistema, facilitando un enfoque agroecológico integrado.

5.1.3. Propiedades biológicas.

La investigación ha revelado que el nivel de colonización de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de t'ankar (*Berberis microphylla*) alcanza un notable **63.86%**, lo que demuestra una simbiosis crucial que fortalece el sistema radicular y aumenta su resistencia a condiciones adversas, como sequías prolongadas y variaciones climáticas. La presencia de 208 esporas por cada 100 gramos de suelo refuerza la función de estos suelos como reservorios biológicos ricos en diversidad microbiana, incrementando su capacidad de retención de nutrientes y promoviendo un ecosistema equilibrado y autorregulado. Estos datos no solo evidencian la salud del suelo, sino que también confirman la capacidad de regeneración natural del matorral arbustivo, asegurando su perpetuación y crecimiento sostenible en el tiempo. La integración de estas propiedades biológicas es vital para el diseño de estrategias de manejo sostenible que fomenten la resiliencia del ecosistema.

5.1.4. Identificación de usos y propuesta del plan de manejo agroforestal.

En cuanto al uso, la investigación demuestra que el t'ankar posee en el ámbito agroforestal, con aplicaciones que abarcan desde la protección del suelo hasta la producción de alimentos ricos en antioxidantes, como antocianinas, que benefician la salud humana. El desarrollo de una propuesta del plan de manejo agroforestal que se basa en la conservación y propagación del t'ankar no solo garantizará la sostenibilidad de los recursos naturales en Cotahuarcay, sino que también generará nuevas oportunidades económicas para las comunidades rurales. Esta estrategia incorpora el uso de viveros para la producción de plántulas y prácticas silvopastoriles que integren el cultivo del t'ankar (*Berberis microphylla*) con sistemas agrícolas y ganaderos, fortaleciendo así la seguridad alimentaria y económica local en la región.

Al posicionar al t'ankar como un pilar clave en la recuperación ambiental, contribuye a la restauración de ecosistemas degradados y a la promoción de un desarrollo rural sostenible, garantizando que las generaciones futuras puedan beneficiarse de este invaluable recurso natural.

RECOMENDACIONES.

- Es imperativo que el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) reconozca y promueva el valor ecológico y socioeconómico del t'ankar dentro de sus iniciativas de reforestación y forestación.
- Se recomienda SERFOR la creación de un programa de investigación de propiedades físicos, químicas y biológicos de suelos en matorral arbustivo con t'ankar que permita optimizar su uso en proyectos de restauración de ecosistemas, que contribuya maximizar el impacto de la gestión agroforestal sostenible.
- Se insta a los gobiernos locales a implementar políticas que promuevan la creación de viveros comunitarios para la propagación del t'ankar, facilitando así la rehabilitación de suelos degradados y la generación de ingresos sostenibles para las comunidades rurales.
- Se recomienda a los investigadores establecer la posición sistemática de la especie en estudio y hacer declarar como especie protegida y fomenten la resiliencia climática, asegurando la conservación de materia orgánica del suelo.
- A las instituciones académicas se recomienda realizar la caracterización detallada de t'ankar, considerando las localidades donde prospera adecuadamente la especie en estudio.
- Se recomienda a la comunidad de Cotahuarca aplicar el plan de manejo agroforestal del t'ankar (*Berberis microphylla*), uso en defensa ribereña, cercos vivos en las parcelas comunales y familiares priorizando la conservación de la especie endémica en su hábitat natural, con enfoque a la prohibición de incendios y tala indiscriminada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abrol, J., & Massoud, F. (1988). *Suelos afectados por la sal y su manejo*. Boletín de Suelos de la FAO.
- Adams, F., & Lund, Z. (1966). *Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils*. Soil Sci.
- Adetunji, A., Ncube, B., Mulidzi, R., & Lewu, F. (2020). Impacto de la gestión y Beneficio de los cultivos de cobertura sobre la calidad del suelo: una revisión. *Investigación de suelos y labranza*(204).
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud Salud en Tabasco. *Secretaría de Salud del Estado de Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., & Ghavidel, A. (2020). Investigando el corto Efecto temporal de los cultivos de cobertura sobre las propiedades físicas y biológicas del suelo. *Revista de conservación del agua y del suelo*, 26(6), 277-290.
<https://doi.org/Doi: 10.22069/JWSC.2019.16172.3145>
- Ahmed, I., Mengistie, H., Godbold, D., & Sandén, H. (2019). La humedad del suelo integra la influencia del uso de la tierra y la estación en la comunidad microbiana del suelo composición en las tierras altas de Etiopía. *Ecología de suelos aplicados*(135), 85-90.
- Alaluna, E. (2000). *Evaluación del efecto de fertilización, aplicación de estiércol y absorción de elementos en el rendimiento de la secuencia papa-kiwicha, evaluado mediante la técnica del elemento faltante*. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2003). Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 7(2), 203-211.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2006). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1, 29-36.
- Alvarez, C. (2020). *¿Cómo medir la cantidad de agua en los suelos?* . Notas Agrícolas Pampeanas.
- Anwar, Z. (2008). *Micorrizas: agricultura y silvicultura sostenibles*. Saltador.
- Araníbar, A. (2013). *Extracción de antocianinas a partir del fruto de tankar (berberis boliviana l.) y determinación del contenido por el método del ph diferencial*. UNAMBA.

- Araníbar, A. (2014). *Estudio de la actividad antioxidante del zumo del fruto de tankar (berberis boliviano l.), en diferentes condiciones de almacenado*. UNAMBA.
- Araya, M. (2006). *Estudio químico Delaware Berberis coletiodes*. Universidad Delaware Magallanes.
- Arena, M. (2016). *Estudio de algunos fenómenos morfofisiológicos y cambios bioquímicos en Berberis microphylla G. Forst. (sinónimo B. Buxifolia Lam.) asociados a la formación y maduración de frutos en Tierra del Fuego y su relación con la producción de metabolitos útiles*. Universidad Nacional del Sur.
- Arévalo, H. (2016). *Prospección de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en cacao silvestre de Ucayali y Madre de Dios*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Arias, J. (2004). *Evaluación de métodos de análisis de vegetación en praderas naturales*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Arnold, R. (1990). *Cambio global del suelo: informe de un Instituto Internacional de Sistemas Aplicados Análisis, Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo, Naciones Unidas. Programa Medioambiental: tarea fuerza sobre el papel del suelo en el cambio global*. Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo.
- Arribillaga, G. (2001). *Domesticación del calafate (Berberis buxifolia Lam.) para fines agroindustriales*. INIA.
- Astier, M., Mass, M., & Etchevers, J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605-620.
- Bagyaraj, J., & Sturmer, S. (2012). *Hongos micorrizógenos arbusculares*. Moreira.
- Barbazán, C., Bautés, C., Beux, M., Bordoli, J., Cano, O., Emst, A., . . . García, A. (2011). *Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos*.
- Barnes, B., Zak, D., Denton, S., & Spurr, S. (1998). *Ecología forestal*. John Wiley & Sons.
- Bautista, D., Chavarro, C., Cáceres, J., & Buitrago, S. (2017). Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de Phaseolus vulgaris cv. ICA cerinza. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 122-132.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5496>.
- Benton, J. (2003). *Agronomic handbook. Management of crops, soils, and their fertility*. CRC PRESS, 540.
- Berger, K., & Pratt, P. (1963). *Avances en fertilización secundaria y con micronutrientes*. Tecnología y uso de fertilizantes.

- Bernier, V., & Undurraga, D. (2021). *Análisis del suelo*. Centro regional de Investigación.
- Boafo, D., Kraisorpornson, B., Amaniampong, P., Owusu, B., & Panphon, S. (2020). Effect of organic soil amendments on soil quality in oil palm production. *Applied Soil Ecology*, 147, 103-358.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.008>
- Bonilla, C. (1996). *Notas preliminares sobre la biología del suelo*. . Universidad Nacional de Colombia.
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guariguata, M., Ochoa, B., Vanacker, V., Mao, Z., . . . Mathez, S. (2019). *Impactos de los bosques y la forestación sobre los servicios hidrológicos en los Andes: una revisión sistemática*. Ecología Forestal y gestión.
- Bottini, M. (2000). Ploidy levels and their relationships with the rainfall in several populations of Patagonian species of Berberis L. *Caryologia*, 52(1-2), 75-80.
- Bouché, M. (1977). *Estrategias lombricidas*. Ecological Bulletins.
- Brady, N., & Well, R. (2009). *Elementos de la Naturaleza y Propiedades de los Suelos*. Prentice Hall.
- Brako, L., & Zarucchi, J. (1993). *Catálogo de plantas con flores y gimnospermas del Perú*. Jardín Botánico de Missouri.
- Buol, S. (1995). Sostenibilidad del Uso del Suelo. *Revisión Anual de Ecología y Sistemática*(26), 25-44.
- Cajuste, L. (1977). *Química de suelos con un enfoque agrícola*. Colegio de postgraduados Chapingo.
- Calvache, M. (1982). *Influencia de la materia orgánica sobre la evapotranspiración del cultivo de fréjol*. Memorias del Coloquio Regional sobre Materia Orgánica .
- Calvache, M. (2009). *Física de suelos*. Universidad Central del Ecuador.
- Carmona, F. (2013). *Rol de la silvicultura en la conservación del bosque y del paisaje*. Universidad nacional de Cajamarca.
- Carrasco, J. (2010). *Propiedades físicas del suelo y su relación con la productividad de frutales y vides*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Castellanos, J. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos*. INTAGRI.
- Castro, J. (2010). *Efecto de diferentes dosis de dolomita en la neutralización del aluminio intercambiable en un suelo muy ácido de supe san jorge*. UNAS.
- Cepeda, D. (1991). *Química de Suelos*. Trillas.

- Chirinos, V. (2017). *Identificación de los componentes de la cobertura vegetal en la comunidad de Mollepiña del distrito de Curpahuasi – Apurímac año 2017*. Universidad Alas Peruanas.
- Clark, C. (1978). *Requisitos para la germinación y crecimiento de esporas de micorrizas* VA. Estación Experimental de Rothamsted.
- Colman, E. (1947). Un procedimiento de laboratorio para determinar la capacidad de campo de los suelos. *Ciencia del suelo*(63), 277-283.
- Cordel, D., Drangert, J., & White, S. (2009). La historia del fósforo: seguridad alimentaria mundial y alimentación para el pensamiento. *Medio Ambiente Global* , 19, 292-305.
- Cortez, S. (2014). *Manejo forestal comunitario en el Perú*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Corwell, W., Bedford, B., & Chapin, C. (2001). Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. *American Journal of Botany*, 88(10), 18-24.
- Cross, A., & Schlesinger, W. (1995). A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64(3), 197-214.
- Cuyckens, A., & Renison, D. (2018). *Ecología y conservación de los bosques montanos de Polylepis*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Daniela, D. (2019). *Biodiversidad regional: estrategias de propagación, propiedades nutricionales y funcionales de los frutos del calafate (Berberis microphylla G. FORST)*. Universidad nacional de Río Negro.
- De la Rosa, D. (2008). *Evaluación agroecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible*. Mundi-Prensa.
- Doran, J., & Parkin, B. (1994). *Definición de la calidad del suelo para un medio ambiente sostenible*. Sociedad de Ciencias del Suelo de América Inc. Special Publication.
- Ecobar, F. (2009). *Humedad en suelos*. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Edward, J. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Paraninfo.
- Edwards, C., & Bohlen, P. (1996). *Biología y ecología de las lombrices de tierra*. Chapman y Hall.
- Espinoza, J., & Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de los suelos*. International Plant Nutrition Institute.
- Fajardo, V. (1992). *Alcaloides en las especies del genero Berberis*. Química de la Flora de Chile.

- FAO. (2001). *Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua*. Gobierno de Nicaragua y Noruega.
- FAO. (2016). *El estado de los bosques en el mundo*. FAO.
- FAO. (2018). *Implicaciones potenciales de la deforestación neta cero corporativa compromisos para la industria forestal. Documento de debate preparado para el 58° período de sesiones del Comité Asesor de la FAO sobre Industrias Forestales Sostenibles*. FAO.
- FAO. (2020). *Propiedades químicas del suelo – Ejercicio Q01a Manual de métodos de análisis de suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ferreira, R. (2010). *Curso de Posgrado “Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera”*. Universidad Nacional de Cuyo.
- Gallegos, A. (1997). *La aptitud agrícola de los suelos*. Trillas.
- García, P. (2012). *Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo*. Poster presentado en el.
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125138.
- Garrido, S. (1993). *Interpretación de análisis de suelos*. Rivadeneyra, S.A.
- Gay, C. (1985). *Historia física y política de Chile. Botánica. País, Francia*. Imprenta de Fain y Thunot.
- Gisbert, J., Ibañez, S., & Moreno, H. (2010). *Horizontes de diagnóstico del suelo*.
- Gobierno regional de Apurímac. (2012). *Proyecto represamiento laguna queullacocha y sistema de riego por aspersion chapimarca - cotahuarca, distrito de chuquibambilla provincia de grau, region apurimac*.
- Gomero, O., & Velásquez, A. (2010). *Manejo ecológico de suelos: Conceptos, experiencias y técnicas*. Minagri.
- Gonzalez, E. (2020). *Análisis Multitemporal del Cambio de Cobertura Vegetal y su Efecto en los Caudales del Río Guagui*. Bogotá D.C. Universidad Católica de Colombia.
- Goodland, R., & Daly, H. (1996). *Sostenibilidad ambiental: universal e innegociable*. Aplicaciones Ecológicas.

- Guevara, M., Téllez, M., & Flores, M. (2015). Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales desde la visión de las comunidades indígenas: Sierra Norte del Estado de Puebla. *Nova scientia*, 7(14), 511-537.
- Guzmán, G., Cabezas, J., Sánchez, R., Lora, A., Strauss, P., & Gómez, J. (2019). Una evaluación de campo del impacto de los cultivos de cobertura temporales sobre las propiedades del suelo y las comunidades vegetales del sur de España viñedos. *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente*(272), 135-145.
- Guzmán, P., Porras, M., Olmedo, V., & Herrera, A. (2019). Trichoderma species: versatile plant symbionts. *Phytopathology*(109), 6-16.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>
- Haby, V., Ruselle, M., & Skogley, O. (1990). *Pruebas de suelos para potasio, calcio y magnesio*. Sociedad de Ciencias del Suelo.
- Hamblin, A. (1985). La influencia de la estructura del suelo en el movimiento del agua y el crecimiento de las raíces de los cultivos. y captación de agua. *Avances en Agronomía*(38), 95-108.
- Hartmann, H., & Kester, D. (1977). *Propagación de plantas*. Principios y prácticas.
- Hayman, D. (1987). *Micorrizas VA en sistemas de cultivos extensivos*. Press Boca Ratón.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación: enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto*. McGraw-Hill.
- Huisa, M., & Quispe, T. (2017). *Evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo de los tipos de pastizal del Centro de Investigación de camélidos sudamericanos-LSCHOCC*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Hünemeyer, J. (1997). *Análisis del Desarrollo Sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales*. IICA/GTZ.
- INTAGRI. (2018). *Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo*. Nutrición Vegetal.
- Jaramillo, D. (1995). *Andisoles del oriente antioqueño: Caracterización química y fertilidad*. Universidad Nacional de Colombia Medellín.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. . Universidad Nacional de Colombia.
- Jauregui, E. (1995). *Sistema Paramétrico de Evaluación de Tierras por su Capacidad para el Riego*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Johnston, A., & Syers, J. (2009). Un nuevo enfoque para evaluar la eficiencia del uso del fósforo en la agricultura. *Universidad Nacional de Luján*, 93(3), 14-15.

- Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., & Schuman, G. (1997). Calidad del suelo: un concepto, definición y marco para la evaluación. *Soil Science Society of America Journal*(61), 4-10.
- Karyanto, A., Rahmadi, E., Franklin, F., Susilo, Y., & De Morais, W. (2012). Capítulo 4. Collembola, acari y otra mesofauna del suelo: el método Berlese. *Manual de Biología de Suelos Tropicales*, 149-162.
- Kay, B. (1990). Tasas de cambio de suelo Estructura bajo diferentes cultivos Sistemas. *Ciencias del suelo*(12), 1-52.
- Keller, T., & Hakansson, I. (2010). Estimación de la densidad aparente de referencia a partir de partículas del suelo. Distribución de tamaños y contenido de materia orgánica del suelo. *Geoderma*, 154(3), 398-406.
- Kim, N., Zabaloy, M., Guan, K., & Villamil, M. (2020). ¿Los cultivos de cobertura benefician al suelo? microbioma Un metaanálisis de la investigación actual. *Biología del suelo y bioquímica*, 1(14), 1-142.
- Kometter, R. (2013). *Manejo forestal comunitario: Nota de concepto. Plataforma de intercambio de experiencias. Promoviendo la gestión del conocimiento y la innovación en el manejo forestal sostenible en la región andina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Konatt, S. (2007). *Estudio etnobotánico para el diseño agroforestal en el distrito de Chalaco-Piura*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Lambers, H., Pons, T., & Chapin, F. (1998). *Ecología fisiológica vegetal*. Berlina.
- Landrum, L. (1999). Revision of Berberis (Berberidaceae) in Chile and adjacent Southern Argentina. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 86(4), 793-834.
- Le Bissonnais, Y. (1996). Estabilidad de agregados y evaluación de la costrabilidad y erosionabilidad del suelo. *Teoría y Metodología*(47), 425-437.
- Lozano, Z., Hernández, C., Bravo, C., Rivero, M., & Delgado, M. (2012). Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipos de fertilización. *Interciencia*, 37(11), 820-827.
- Lwanga, S., & Lemeshow, S. (1991). *Determinación del tamaño de las muestras en estudios sanitarios*. Organización Mundial de la Salud.
- Magdoff, F., & Weil, R. (2004). *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. CRC Press.

- Mathez-Stiefel, S. (2017). Prioridades de investigación para la conservación y Gobernanza Sostenible de los Paisajes Forestales Andinos. *Investigación y desarrollo de montañas*, 37(3), 323-339.
- Mayhua, P., Quispe, E., Contraras, J., Ramos, Y., & Guillen, H. (2008). *Instalación y conservación de pastos cultivados en altura*. INCAGRO.
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para muestreo de suelos*. Universidad Nacional Agraria.
- MINAGRI. (2015). *Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763*. Congreso de la República.
- MINAGRI. (2016). *Resolución N° 046-2016 Lineamientos para la formulación del Plan General de Manejo Forestal para Concesiones Forestales con Fines Maderables y Lineamientos para la elaboración del Plan Operativo para Concesiones con Fines Maderables*. El Peruano.
- MINAGRI. (2019). *Resolución N° 118-2019-MINAGRI-SERFOR-DE — Lista Oficial de Especies Forestales*. El Peruano.
- Moreno, D. (1978). *Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables*. INIA-SARH.
- Muñoz, A. (2013). *Consortios de Hongos Micorrizógenos Arbusculares asociados a seis Especies vegetales provenientes de matorral xerófilo*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Navarro, S., & Navarro, G. (2003). *Química Agrícola*. Mundiprensa.
- Núñez, F. (2017). *Propagación por semillas botánicas de especie nativa (Berberis sp.) utilizando el compost, tierra agrícola y Arena*. Universidad Alas Peruanas.
- Oades, J. (1993). El papel de la biología en la formación, estabilización y degradación de la estructura del suelo. *Soil structure/soil biota interrelationships*(56), 377-400.
- Olarte, W. (1987). *Manual de riego por gravedad*. Comisión de Coordinación de Tecnología Andina.
- Orsi, M. (1984). *Berberidaceae*. Flora Patagónica.
- Osonubi, O., Mulongoy, O., Awotoye, M., Atayese, D., & Okali, U. (1991). *Efectos de ectomicorrízico y vesicular-arbuscular hongos micorrízicos sobre la tolerancia a la sequía de cuatro plántulas leñosas de leguminosas*. Planta y Suelo.
- Paiz, N. (2019). *Estudio de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en tres sistemas de producción*. UNAH.

- Paolini, J. (2018). Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 13-22.
<https://doi.org/doi:10.28940/terra.v36i1.257>
- Paredes, P. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas de suelos en prácticas conservacionistas mediante zanjas de infiltración y plantaciones de pinus radiata en la comunidad de Rondobamba-Huánuco-Perú*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Parra, F., Torres, J., & Ceroni, A. (2004). *Composición florística y vegetación de una microcuenca andina: el Pachachaca (Huancavelica)*. La Molina.
- Pastor, R. (2010). *Recuperación de suelos salinos para la instalación de césped deportivo en la playa de Asia, Cañete, Lima*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Paul, E. (2007). Microbiología y bioquímica del suelo. *Academic press*, 179-183.
- Perdomo, C. (1998). *Relevamiento de contaminación de aguas con NO₃- en distintas zonas del Uruguay*. Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea.
- Pérez, A., & Peroza, V. (2013). Micorrizas Arbusculares asociadas al pasto Angleton (*Dichathium Aristatum Benth*) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1), 3362-69.
- Pérez, C. (2020). *Muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con bosque natural y plantaciones comerciales*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Pérez, F. (2020). *Muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con bosque natural y plantaciones comerciales*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Pfenning, L., & Magalhães, L. (2012). *Hongos del suelo saprófito y patógeno de las plantas*. Manual de Biología de Suelos Tropicales.
- Phillips, J., & Hayman, D. (1970). Procedimientos mejorados para limpiar raíces y teñir hongos micorrízicos parásitos y vesiculares-arbusculares para una evaluación rápida de la infección. *Transacciones de la Sociedad Micológica Británica*, 55(1).
- Pinot, R. (2000). *Manual de Edafología*. Computec.
- Porta, C., López, A., & Laburu, R. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa.
- Porta, J., Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa.
- Porta, J., López, M., & Roquero, C. (1999). *Edafología. Para la Agricultura y Medio Ambiente*. Mundi-Prensa.

- Pritchett, W. (1986). *Suelos Forestales: propiedades. Conservación y mejoramiento*. Limusa.
- Quintana, J., Blandón, J., Flores, A., & Mayorga, E. (1983). *Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua*. Primer Territorio Indígena Libre.
- Quintanilla, J. (2021). *Gestión Institucional y Aprovechamiento racional y sostenible del Patrimonio Forestal y Fauna Silvestre de la Dirección Regional Forestal y de Fauna silvestre de Madre de Dios - 2019*. Universidad Alas Peruanas.
- Quispe, A. (2002). *Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra*. FAO.
- Ramesh, T., Bolan, N., Kirkham, M., Wijesekara, H., Kanchikerimath, M., Srinivasa, C., . . . Freeman, O. (2019). Chapter One - Soil organic carbon dynamics: Impact of land use changes and management practices: A review. *Advances in Agronomy*, 156, 1-107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.02.001>
- Rehm, G., & Schmit, M. (2002). Potasio para la producción de cultivos. *Revista de Agronomía*, 2(6), 21-33.
- Remy, W., Taylor, T., Hass, H., & Kerp, H. (1994). *Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae*. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Rey, A., Chamorro, D., & Ramírez, M. (2005). Efecto de la doble inoculación de rizobios y micorrizas sobre la producción y calidad del forraje de *Leucaena leucocephala*. *Revista Corpoica*, 6(2), 52-59.
- Rivero, M., Fernández, R., Mozena, W., Ferreira, P., Ferraresi, T., & Reyes, J. (2016). Evaluación de atributos biológicos de un suelo latosol bajo producción agroecológica. *Centro Agrícola*, 43(4), 14-20.
- Rodríguez, I., Crespo, G., Sánchez, R., & Fraga, S. (2000). Influencia del área sombreada por *Albizia lebbek* en indicadores del pasto (*C. nlemfuensis*) y el suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 34(3).
- Rodríguez, M. (2001). *Efecto del biofertilizante Mycoral®(micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (Coffea arabica L.) en vivero en Zamorano*. Escuela Agrícola Panamericana.
- Roseau, G., Deheuvels, O., Arias, I., & Somarriba, E. (2012). *Indicando la calidad del suelo en sistemas agroforestales basados en cacao y bosques primarios: el potencial del ensamblaje de macrofauna del suelo*. Indicadores Ecológicos.

- Ruiz, P., & Rojas, K. (2011). *Hondas de Micorriza Arbuscular. Protocolos y procedimientos de evaluación*. Consejo de Ciencia y Tecnología.
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas*.
- Sánchez, M., Posada, A., Velásquez, P., & Narváez, C. (2010). *Metodologías básicas para el trabajo con Micorriza Arbuscular y Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular*. Universidad Nacional de Colombia.
- Schnitzer, M. (1991). Materia orgánica del suelo -Los próximos 75 años. *Ciencia del suelo*(151), 41-58.
- Shanti, S., & Vital, P. (2010). Hongos asociados con la hojarasca en descomposición del anacardo. *Micología*, 1(2), 121-129.
- Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica. *Semestre Económico*, 12(23), 13-31.
- Singer, M., & Ewing, S. (2000). *Calidad del suelo. En Manual de ciencia del suelo*. Prensa Boca Ratón.
- Singer, M., & Munns, D. (1999). *Suelo una introducción*. Prentice-Hall.
- Smith, S., & Read, D. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press.
- SSDS. (1993). *Manual de estudio de suelos. Manual Nro. 18*. Personal de la División de Estudios de Suelos .
- Stevenson, F. (1982). *Química del humus. Génesis, Composición, Reacciones*. Wiley.
- Swift, M., Bignell, F., Moreira, Y., & Huising, J. (2012). El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. *Manual de Biología de Suelos Tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo.*, 29-52.
- Szogi, A., Bauer, P., & Vanotti, M. (2009). Vertical distribution of phosphorus in a sandy soil fertilized with recovered manure phosphates. *Journal of Soils and Sediments*, 12, 334-340.
- Taboada, M., & Álvarez, C. (2008). *Fertilidad física de los suelos*. Universidad de Buenos Aires.
- Tisdale, S., & Nelson, W. (1991). *Fertilidad de suelos y fertilizantes*. Limusa.
- Tyree, M., Vargas, B., & Engelbrecht, T. (2002). La sequía hasta la muerte de nuestra parte: un estudio de caso de la desecación tolerante de un bosque húmedo tropical siembra – árbol, *Licania ornitorrinco* (Hemsl.) Fritsch. *Revista Experimental de Botánica*, 53(378), 2239-2247.

- Urban, O. (1934). *Botánica De Las Plantas Endémicas De Chile*. Biblioteca Nacional Digital de Chile.
- USDA. (2011). *Indicadores de Calidad del Suelo*.
- Van Reeuwijk, L. (2003). *Procedimientos para análisis de suelos*. Colegio de Postgraduados. Montecillo.
- Vega, V. (2011). *Diseño de un sistema de riego por gravedad*. USFQ.
- Veihmeyer, F., & Hendrickson, A. (1931). La humedad equivalente como medida de la capacidad de campo de los suelos. *Ciencia del suelo*(32), 181-193.
- Vierheiling, H., Conghlan, A., Wyss, U., & Piche, Y. (1998). *Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi*. *Applied and Environmental Microbiology*.
- Villareal, J., Name, B., & Garcia, R. (2012). *Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio*. Alajuela.
- Walker, T., & Syers, J. (1976). El destino del fósforo durante la pedogénesis . *Geoderma*, 15(1), 1-19.
- Wang, F., Zhu, L., Du, Z., Zhang, C., Wang, J., & Lv, D. (2018). Responses of soil microorganisms and enzymatic activities to azoxystrobin in cambisol. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(6), 2775–2784. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.15244/pjoes/81086>
- Webster, R. (2008). *Ciencias del suelo y geoestadística*. Geografía del suelo y geoestadística.
- Yong, R. (1990). Capacidad tampón y retención de plomo en algunas arcillas. *Agua aire y la contaminación del suelo*, 53, 53-67.
- Zapata, H. (2004). *La química de la acidez del suelo*. UNALMED.
- Zavaleta, A. (1992). *Edafología: El suelo en relación con la Producción*. A & BSA.
- Zhou, Y., Shi, X., Heerink, N., & Ma, X. (2019). The effect of land tenure governance on technical efficiency: Evidence from three provinces in eastern China. *Applied Economics*, 51(22), 2337-2354.

ANEXOS

a. Matriz de consistencia.

“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EDAFICAS EN MATORRAL ARBUSTIVO CON T’ANKAR (*Berberis microphylla*. Sin. *B. Buxifolia*. var. *Spinosa*), Y USO COMO ESTRATEGIA AGROFORESTAL PARTICIPATIVA EN COTAHUARCAY – CHUQUIBAMBILLA – APURIMAC, 2024”.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Cuáles son las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t’ankar (<i>Berberis microphylla</i>. <i>B. buxifolia</i>. var. <i>Spinosa</i>) y que usos tiene como estrategia agroforestal participativa en la comunidad de Cotahuarcay, Chuquibambilla Apurímac?</p>	<p><u>Objetivo General.</u></p> <p>Evaluar las propiedades edáficas en matorral arbustivo con t’ankar (<i>Berberis microphylla</i>) y uso como estrategia agroforestal participativa en la comunidad de Cotahuarcay del distrito de Chuquibambilla, Provincia de Grau – Apurímac</p>	<p><u>Hipótesis General.</u></p> <p>Las propiedades edáficas del suelo son homogéneas en matorral arbustivo con t’ankar (<i>Berberis microphylla</i> sin. <i>B. buxifolia</i> var. <i>Spinosa</i>) y el uso identificado es una estrategia agroforestal en la comunidad de Cotahuarcay -Chuquibambilla – Apurímac.</p>	<p><u>Variables dependientes</u></p> <p><u>Propiedades físicas.</u></p> <p>Tipo variable.</p> <p>Cuantitativa</p> <p><u>Propiedades químicas</u></p> <p>Tipo variable.</p> <p>Cuantitativa.</p>	<p>% de Arena, Limo y Arcilla DA (gr/c.c.) DR/(gr/c.c.) % Poros. % Humedad Equivalente, % Capacidad de Campo. % Punto de Marchitez permanente</p> <p>C. E. en Mmhos/ cm Acides o alcalidad P^H % de CaCO₃ % de Materia Organica. % de N. Total ppm de P₂ O₅ y ppm de K₂ O. Define la fertilidad del suelo; estabilidad, erosión meq/100 de CIC, Ca⁺⁺, Mg⁺, K⁺, Na⁺ y Al⁺⁺⁺. CIC cantidad de cargas negativas presentes Cantidad de cationes de la superficie puede retener. % de hongos Micorrizicos Arbusculares, esporas de hongos/ 100 gramos de suelo y numero de anélidos por muestra de suelos.</p>	<p>7.1.-Tipo y nivel de investigación.</p> <p>Descriptivo.</p> <p>Aplicada, cuasi experimental, cuantitativo, cualilativo.</p> <p>Diseño de investigación. Cuasi experimental</p> <p>M1, M2,... M06</p> <p>Población y muestra.</p> <p>Población: 06 muestras, 80 comuneros encuestados.</p> <p>Muestra: Cada una de las muestras de suelos, sectores con coordenadas UTM</p> <p>% de hongos micrризicos arbusculares y % de esporas de hongos por muestra.</p> <p>Conteo directo de anélidos</p>	<p>Técnicas</p> <p>Muestreo aleatorio simple.</p> <p>Instrumentos: Laboratorio, pala cuchara, espátula, bolsa de 1 kilo etiquetado.</p> <p>Encuesta.</p> <p>Cuestionario encuesta</p> <p>Instrumentos: Fichas de encuestas.</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>ANVA, comparación de medias, prueba de Tukey.(propiedades físico y químicos),</p> <p>Instrumentos:</p> <p>GPS navegador, UTM Geo Map. Software: QGIS 10.1.</p> <p>Muestras a 30 cm de profundidad</p> <p>Guía para muestreo de suelos</p> <p>Muestras a 20 cm de profundidad (propiedades biológicas)</p>

			<p><u>Propiedades biológicas.</u> VD. Tipo variable: Cuantitativa.</p> <p><u>Identificación de usos y propuesta de Plan de manejo</u> agroforestal de t'ankar VD. Tipo variable: cualitativa</p>	<p>Uso como no maderables, consumen bayas, tinte, Taninos y fibra</p>	<p>Encuesta a comuneros, elabora el plan de manejo forestal de t'ankar.</p>	<p>Guía para muestreo de suelos</p> <p>Elaboración de fichas de encuestas, modelos de actas. Reuniones, asambleas, talleres motivacionales. Fichas de encuestas, actas.</p>
<p><u>PROBLEMA ESPECIFICA</u></p> <p>¿Cuál es la clase textural y qué propiedades físicas complementarias tienen los suelos en matorral arbustivo con t'ankar en la comunidad de Cotahuarcay?</p> <p>¿Cuáles serán las propiedades químicas de suelos en matorral arbustivo con t'ankar en la comunidad de Cotahuarcay?</p> <p>¿Por qué identificar y cuantificar el porcentaje de hongos micorrizicos arbusculares, esporas de hongos y anélidos de suelos en matorral arbustivo con t'ankar, en la comunidad de Cotahuarcay?</p>	<p><u>OBJETIVO ESPECIFICO</u></p> <p>✓ Evaluar la clase textural y propiedades complementarias de suelos en matorral arbustivo con t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>) en la comunidad de Cotahuarcay.</p> <p>✓ Evaluar las propiedades químicas de suelos en matorral arbustivo con t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>).</p> <p>✓ Identificar y cuantificar la colonización por hongos micorrizicos arbusculares, esporas de hongos y anélidos de suelos presentes en matorral arbustivo con t'ankar, en la comunidad de Cotahuarcay.</p>	<p><u>HIPOTESIS ESPECIFICO</u></p> <p>➤ Las propiedades físicas evaluados en matorral arbustivo con t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>. <i>B. buxifolia</i>. var. Spinosa) son homogéneos en todas las muestras.</p> <p>➤ Las propiedades químicas evaluados en matorral arbustivo con t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>. <i>B. buxifolia</i>. var. Spinosa) son diferentes en las muestras analizadas.</p> <p>➤ Se evidencia igualdad de géneros de hongos y anélidos presentes en suelos con matorral arbustivo con t'ankar.</p>	<p><u>VARIABLES</u></p> <p><u>Análisis físicos</u> Textura, densidad aparente, densidad real y porosidad</p> <p><u>Análisis químico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ P^H ❖ M. Orgánica ❖ Nitrógeno total ❖ Conductividad eléctrica (CE). ❖ Fosforo ❖ Potasio. ❖ Calcio ❖ Capacidad de intercambio catiónico ❖ Cationes cambiables <p><u>Análisis biológico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hongos, bacterias, virus y anélidos 	<p><u>INDICADORES</u></p> <p>% Arena, Limo y Arcilla DA (gr/c.c.) DR/(gr/c.c.) % Poros. % Humedad Equivalente, % Capacidad de Campo. % Punto de Marchitez permanente</p> <p>Acides o alcalidad P^H % de CaCO₃ % de Materia Organica. % de N. Total ppm de P₂O₅ y C. E. en mmhos/ cm % P₂O₅ % K₂O CaCO₃, Meq/100 de CIC. Meq/100 de Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ y Al⁺⁺⁺</p> <p>% de hongos Micorrizicos Arbusculares, Esporas de hongos micorrizicos arbusculares / 100 gramos de suelo y número de anélidos. Número de pobladores que aprovechan Tancar como no maderables, consumen</p>	<p><u>7.1.-Tipo de investigación.</u> Explicativo. <u>7.2.-Nivel de investigación.</u> Correlacional</p> <p>Metodo: Correlacional.</p> <p>Diseño de investigación M1, M2, M3, M4, M5 y M6 (testigo) Población y muestra. Población:</p> <p>Muestra: 6 muestras. Muestreo: Probabilístico</p> <p>1.-Tipo de investigación. Descriptivo.</p>	<p><u>Técnicas de procesamiento de datos.</u> Estadística básica aplicada</p> <p>Muestra.</p> <p>Muestreo.</p> <p>Encuesta. Cuestionario encuesta</p>

<p>¿Qué usos y propuesta del plan de manejo como estrategia agroforestal de t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>? Sin. <i>B. buxifolia</i> var. <i>Spinosa</i>) es posible identificar en la comunidad de Cotahuarcay?</p>	<p>✓ Identificar el uso de t'ankar (<i>Berberis microphylla</i>) y proponer plan de manejo como estrategia agroforestal en la comunidad de Cotahuarcay distrito Chuquibambilla -Grau - Apurímac.</p>	<p>El uso identificado del t'ankar permite aprovechamiento racional y elaborar el plan de manejo forestal en la comunidad de Cotahuarcay</p>	<p>1.-USOS NO MADERABLES: Apicultura, Medicina, Alimento Humano, Alimento ganado, Tinte, Taninos y fibra. 2.-CONSERVACIÓN, PROTECCION: Mejora suelos, Revegetación, Recuperación de tierras, Alimento fauna silvestre, ornamental. 3.-SISTEMAS SILVICULTURALES DE T'ANCAR: Campo abierto, Fajas de enriquecimiento, Agroforestería, Silvopastura, Manejo de Regeneración Natural. 4.-SECTORES CON MAYOR POBLACIÓN:</p>	<p>bayas, emplean como tinte, Taninos, para ganado y fibra Número de pobladores que usan para la conservación y protección de suelos. Superficie de t'ankar bajo sistemas silviculturales. Número sectores con de t'ankar: S-1, S-2, S-3 sector 4, sector 5 y sector 6 (testigo)</p>	<p>2.-Nivel de investigación. Exploratorio</p> <p>1.-Tipo de investigación. Descriptivo.</p> <p>2.-Nivel de investigación. Exploratorio.</p>	<p>Instrumentos: Fichas de encuestas.</p> <p>Software y equipos Software: - QGIS 10.1 - UTM - GEO MAP. - Imagen satelital</p> <p>Equipos: - GPS Navegador - Cámara fotográfica.</p>
--	--	--	---	---	--	--

ANEXO 2: Instrumento de recolección de información

- Guía para muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.
- Instrumentos de laboratorio de análisis de suelos.
- Modelo de entrevista etnobotánica
- Fichas etnobotánicas para la comunidad de Cotahuarcay
- Libro de actas de la comunidad.
- GPS navegador.
- Modelos de actas de asamblea comunal.
- Fichas elaboradas de encuestas

ANEXO 3: Medios de verificación.

1. Acta de la comunidad.

Anexo 3

Acta de asamblea comunal, aprovechamiento de la especie nativa T'ankar.

ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA COMUNAL

En la Comunidad de Cotahuarca ubicado en el Distrito de Chuquibambilla Provincia Grau, Departamento de Apurímac, siendo las 8 a.m del día 28 de enero del año 2024, se dio inicio a la asamblea ordinaria con participación de las autoridades comunales y comuneros; para tratar la siguiente agenda.

Agenda:

1. Acordar el trabajo del aprovechamiento de la especie nativa T'ankar con fines de incorporación a las actividades agroforestales y comerciales.
2. Realizar taller sobre el uso, estado situacional de T'ankar en la Comunidad.
3. Realizar propuesta de manejo de la especie arbustiva silvestre de T'ankar.
4. Zonificación del matorral arbustivo de T'ankar en el ámbito de la comunidad de Cotahuarca.
5. Cumplir con todas los acuerdos de la asamblea comunal tratados sobre la especie arbustiva de T'ankar.
6. Garantizar la protección del área en matorral arbustivo con T'ankar. Llevándose a cabo de la siguiente manera; El señor presidente de la comunidad previo un saludo a todos los presentes, dio por aperturada la asamblea e invita al Ing° Pascual B. Orós Quispe, en su condición de investigador de T'ankar, quién a la vez, puso en conocimiento de los comuneros las agendas a desarrollar, luego de un breve preámbulo, se pasó a desarrollar las agendas programadas y culminada el desarrollo del taller del estado situacional y uso de T'ankar, se aprueba cada uno de los temas tratadas en la comunidad.

No habiendo otro tema que tratar y comprometidos todos a cumplir los seis puntos de la agenda, siendo las 2:00 de la tarde del día 28 de enero del 2024, finaliza la asamblea y pasan a firmar los presentes en señal de aprobación y conformidad.



Nombre:
DNI N° 31552695

Clever

Nombre: Clever
DNI N° 80164068

Sebastián
COMUNIDAD CAMPESINA COTAHUARCA
SEBASTIÁN SAMPAYO TAPIA
VICE PRESIDENTE
DNI: 31551546

Nombre:
DNI N°

Orós
80230014

Orós
08859071

Orós
44241145

Orós
37520466

Quinto J. B.
31551683

Y. Serna
31521238

P. B.
47761057

Golda Tapia
31521356

J. J. B.
40050886

Luis Lopez
31552690

R. B.
08360164

P. B.
192262519

C. B.
30591567

L. Guadalupe
31551732

M. B.
31544125

P. B.
42350975

E. B.
31545178

B.
76822747

G. B.
31552761

H. B.
2299091

B. B.
45402400

A. B.
31543191

Virginia S. B.
31521740

C. B.
31521247

Silvia Cay T. B.
31527763

C. B.
31520659

A. B.
08125405

R. B.

24949726

B. B.
31520694

Villalobos
31540411

M. B.
41198476

B. B.
42093325



Lidia Ochupe Gonzales
DNI: 31545739
TESORERA DE LA COMUNIDAD

M. B.
31544125

2. Acta de consentimiento informativo

DECLARACION DE CONSENTIMIENTO INFORMATIVO

yo, Edwin Velásquez Villegas de años de edad
y con DNI N° 37552695 Declaro que:

- He leído la hoja de información que me han facilitado
- He podido formular las preguntas que he considerado necesario acerca del estudio.
- He recibido información adecuado y suficiente por el investigador abajo indicado sobre:
 - los objetivos del estudio y sus procedimientos
 - los inconvenientes y beneficios del proceso
 - Que mi participación es voluntaria y altruista.
 - El procedimiento y la finalidad con que se utilizarán mis datos personales y las garantías de cumplimiento de la legalidad vigente.
- Que tengo derecho de acceso y rectificación a mis datos personales.

Presto libremente mi conformidad para participar en el proyecto de investigación titulado "EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EDIFICAS EN MATARAZ ARBUSTIVO CON TANKAR (*Berberis microphylla* Sm. B. *Buxifolia* var. *spinosa*) y USO COMO ESTRATEGIA AGRIFORESTAL PARTICIPATIVA, EN COTAHUARCA Y CHUVIBAMBILLA - APURÍMA, 2024"

Tomando ello en consideración, OTORGÓ mi CONSENTIMIENTO para cubrir los objetivos especificados en el proyecto y para dejar constancia de todo ello, FIRMO a continuación.

FECHA: 28 de enero de 2024



NOMBRE DEL INVESTIGADOR: Pascual B. Orós Quispe

INVESTIGADOR
FIRMA

2. EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS.

PANEL FOTOGRAFICA EN DISTINTAS PERIODOS DE MADURACIÓN DE T'ANKAR Y SU USO.



Se aprecia frutos seleccionados de **Berberis microphylla** – Lugar: Cotahuarcay -Grau. Fecha: 10-05-2023



Se aprecia frutos maduros e inmaduros en la planta de Tankar (**Berberis microphylla** – Lugar: Cotahuarcay-Grau. Fecha: 20-04-2023)



En la vista se aprecia frutos inmaduros de t'ankar (**Berberis microphylla**) – Lugar: Cotahuarcay -Grau. Fecha: 20-02-2023).



Se aprecia cosechando los frutos de Tankar (**Berberis microphylla**) por una poblaora. A la derecha se aprecia bayas maduras – Lugar: Cotahuarcay -Grau. Fecha: 20-05-2023).



En la vista se aprecia a comuneros de Cotahuarcay –Grau, participantes en el taller de socialización del proceso de investigación. Fecha: 28 de enero 2024.



Se aprecia participación del comunero Humberto Villegas haciendo conocer las bondades de t'ankar y a la derecha, los participantes revisan fichas de encuestas. Fecha: 28 de enero del 2024



Lugar: Cotahuarcay. Taller de socialización y encuesta del t'ankar proceso de investigación. Fecha: 28 de enero 2024
setiembre. 2023



Lugar: Cotahuarcay. Extraccion de brinzales de apoya Daniel Gómez Fecha: 10 de



Se aprecia brinzales de t'ankar en el sector de Cotahaurcay, para remitir al laboratorio de análisis. Fecha: 10 de setiembre del 2023.



Se aprecia muestreo de suelo en el sector de T'ankarpata a derecha continua muestreo de suelo con apoyo del comunero. Fecha: 05/08/2023



en el sector de Cotahuarcay. 05/08/2023



Continua labores de muestreo de suelos en Gerucuna.

Empaquetado de muestra, personal de la comunidad participa en el trabajo de muestreo



Se aprecia medida de hoyo de muestreo Por el tesista Pascual Orós Quispe



Se evidencia profundidad de hoyo de 40x30 cm de ancho y profundidad. Fecha: 05/08/23.



Continua labores de extracción de muestra De la profundidad definida. En Cotahuarcay



Se aprecia empaquetado de muestra muestra sector Quicillo. Fecha: 05/08/2023

ANEXO 4: Otros.

1. Encuesta para la determinacion de usos de t'ankar

Tabla 112

a. Encuesta para la determinacion de usos de t'ankar.

N° PERSONAS ENCUESTADAS	N° DE PREGUNTAS						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	4	4	2	3	2	3
2	2	3	2	2	4	2	3
3	2	3	4	2	3	2	3
4	1	3	2	1	3	2	3
5	2	3	2	1	3	2	3
6	2	3	2	2	3	2	3
7	1	4	2	1	3	2	3
8	2	2	1	3	3	2	3
9	2	2	2	2	4	2	3
10	1	2	1	3	3	2	3
11	2	3	2	1	4	2	1
12	3	2	1	2	3	2	3
13	2	4	1	2	3	2	3
14	1	3	1	3	4	2	2
15	1	2	1	1	3	2	1
16	2	4	1	1	3	2	1
17	3	3	1	3	4	2	3
18	1	2	2	1	3	2	3
19	1	2	2	1	3	2	3
20	2	2	2	3	4	2	1
21	3	4	4	1	3	2	3
22	1	2	3	1	3	2	3
23	2	3	2	1	3	2	3
24	1	3	4	2	3	2	3
25	3	2	3	2	3	2	2
26	1	4	3	2	3	2	1
27	2	3	3	1	3	2	3
28	2	2	1	1	4	2	3
29	1	2	1	1	4	2	3
30	3	3	1	4	4	2	3
31	1	2	1	1	4	2	3
32	2	4	1	1	4	2	3
33	2	3	2	1	3	2	3
34	2	2	2	2	4	2	3
35	2	2	4	1	3	2	3
36	3	2	2	1	3	2	2
37	3	3	4	2	4	2	3
38	3	4	4	2	3	2	2
39	3	4	4	1	3	2	3

40	1	2	1	2	3	2	3
41	3	3	2	2	3	2	1
42	2	2	2	2	3	2	3
43	2	4	1	4	4	2	3
44	2	3	2	1	2	2	3
45	2	4	1	2	3	2	3
46	2	3	4	4	4	2	3
47	3	3	1	1	2	2	3
48	3	3	1	2	1	2	3
49	1	2	2	1	3	2	3
50	3	2	1	1	3	2	3
51	2	3	1	2	4	2	3
52	2	2	1	2	2	2	3
53	2	2	3	4	2	2	3
54	2	3	2	1	3	2	3
55	3	2	1	1	1	2	3
56	2	3	2	1	5	2	3
57	2	4	1	1	3	2	2
58	2	3	1	2	3	2	3
59	1	3	4	2	2	2	2
60	2	3	2	4	2	2	3
61	2	4	2	1	3	2	2
62	1	3	2	4	2	2	3
63	3	2	1	1	2	2	2
64	2	2	4	2	2	2	3
65	2	2	4	1	4	2	3
66	2	2	4	2	2	2	2
67	3	4	2	2	3	2	3
68	2	4	2	1	5	2	3
69	3	2	3	1	2	2	3
70	2	2	3	4	4	2	3
71	2	2	3	2	3	2	3
72	2	2	4	2	3	2	3
73	3	2	4	4	1	2	1
74	2	4	4	1	5	2	2
75	2	2	2	3	3	2	3
76	3	2	2	1	3	2	3
77	2	2	2	2	3	2	3
78	2	2	1	1	2	2	2
79	2	4	1	1	2	2	3
80	1	2	2	1	2	2	3

En la tabla 111, indica número de personas (80) encuestadas con 7 preguntas y las respuestas consignadas con números de 1, 2, 3, 4 y 5, cada una de ellas tiene significado.

Tabla 113

b. Encuesta para plan de manejo agroforestal de t'ankar.

N° PERSONAS ENCUESTADAS	1	2	3	4	5	6
1	4	3	5	3	5	4
2	4	3	3	3	5	4
3	4	4	5	1	4	4
4	4	3	5	1	4	4
5	4	4	5	1	4	4
6	1	4	3	1	4	4
7	4	3	3	1	4	4
8	1	3	3	5	4	4
9	1	3	3	2	4	4
10	1	2	4	5	4	4
11	1	3	5	5	3	4
12	4	3	5	2	5	4
13	1	2	4	1	5	4
14	2	3	3	1	5	4
15	1	2	4	1	5	4
16	1	2	5	2	3	6
17	1	3	3	3	5	4
18	1	3	3	5	5	4
19	4	4	3	2	5	4
20	2	3	3	1	5	4
21	1	3	3	3	3	4
22	2	4	3	2	5	6
23	1	4	4	1	5	4
24	4	4	5	1	5	4
25	4	4	5	1	3	4
26	4	4	5	1	5	4
27	4	2	4	2	5	4
28	2	4	5	5	5	4
29	1	4	5	5	5	6
30	4	4	6	5	5	4
31	1	2	5	2	5	4
32	1	2	3	1	3	4
33	1	3	4	5	5	4
34	4	3	5	1	5	4
35	4	3	5	1	5	4
36	4	4	3	5	5	4
37	4	3	4	5	5	4
38	4	3	6	2	3	4
39	4	4	3	1	5	4
40	1	3	5	1	5	6
41	1	3	6	3	4	4

42	4	3	3	5	4	4
43	4	3	5	3	5	4
44	4	3	5	1	5	4
45	4	2	4	2	4	4
46	4	2	3	5	5	4
47	4	4	3	3	4	4
48	4	3	3	1	5	4
49	2	4	3	3	5	4
50	1	3	3	2	5	6
51	2	3	5	1	4	4
52	2	4	6	1	5	4
53	4	2	4	1	4	4
54	4	2	4	3	5	6
55	1	3	5	5	5	4
56	4	3	3	2	5	4
57	4	3	3	1	5	4
58	4	4	3	1	4	4
59	4	3	3	3	5	4
60	4	3	3	5	5	6
61	4	3	3	2	5	4
62	2	4	6	5	4	4
63	1	4	4	3	4	4
64	1	3	3	3	5	6
65	1	3	3	1	4	4
66	2	2	6	1	5	4
67	4	3	3	5	5	4
68	4	3	6	1	4	4
69	4	2	3	5	5	4
70	1	3	4	5	5	4
71	3	3	4	5	5	4
72	1	3	4	1	5	4
73	2	4	3	1	5	4
74	4	4	3	1	4	4
75	4	3	4	1	5	4
76	1	4	4	1	4	4
77	3	3	4	4	5	6
78	2	3	3	5	5	4
79	4	3	3	4	4	4
80	4	3	3	1	5	4

En la tabla 112, indica número de personas (80) encuestadas con 6 preguntas y las respuestas consignadas con números de 1, 2, 3, 4 y 5, cada una de ellas tiene significado de acuerdo al contenido del formato.

Tabla 114

Resultado de análisis físico- químico de suelos en matorral arbustivo con t'ankar.



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DE ANALISIS

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD, CARACTERIZACION FISICO MECANICO Y OTROS ANALISIS.

PROCEDENCIA DE MUESTRAS: C.C. COTARHUAY, CHUQUIBAMBILLA, GRAU, REGION - APURIMAC.

INSTITUCION SOLICITANTE : ING. PASCUAL B. OROS QUISPE,

ANALISIS DE FERTILIDAD :

N°	CLAVE	mmhos/cm C.E.	pH	% CaCO ₃	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	M-1 TANCARPATA	0.22	5.94	0.00	4.18	0.21	15.7	375
02	M-2 GERUCUMA	0.11	6.15	0.00	4.27	0.21	10.2	624
03	M-3 TINTIN ORCCO	0.31	7.05	0.12	4.82	0.24	24.8	580
04	M-4 QUICLLO	0.11	6.30	0.00	4.16	0.21	23.1	600
05	M-5 COTAHUARCA	0.18	6.80	0.10	4.58	0.23	10.3	375
06	TESTIGO	0.21	6.85	0.10	4.95	0.25	20.6	408

ANALISIS DE CARACTERIZACION :

N°	CLAVE	CATIONES CAMBIABLES meq/100					
		C.I.C.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺
01	M-1 TANCARPATA	12.36	3.47	1.36	0.38	0.08	0.10
02	M-2 GERUCUMA	13.74	4.82	2.41	0.41	0.06	0.12
03	M-3 TINTIN ORCCO	14.55	5.07	2.03	0.28	0.07	0.14
04	M-4 QUICLLO	12.62	3.95	1.47	0.35	0.06	0.10
05	M-5 COTAHUARCA	13.74	4.53	1.76	0.28	0.07	0.10
06	TESTIGO	14.08	4.45	1.22	0.30	0.06	0.10

ANALISIS FISICO-MECANICO :

N°	CLAVE	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	M-1 TANCARPATA	51	30	19	FRANCO
02	M-2 GERUCUMA	43	39	18	FRANCO
03	M-3 TINTIN ORCCO	39	42	19	FRANCO
04	M-4 QUICLLO	49	35	16	FRANCO
05	M-5 COTARHUAY	44	37	19	FRANCO
06	TESTIGO	45	29	26	FRANCO

OTROS ANALISIS :

N°	CLAVE	% H.E.	% C.C.	g/c.c. Da	g/c.c. Dr	% PMP	% POROSIDAD
01	M-1 TANCARPATA	27.03	26.00	1.30	2.50	9.53	48.00
02	M-2 GERUCUMA	26.71	25.72	1.28	2.50	10.03	48.80
03	M-3 TINTIN ORCCO	27.43	26.34	1.20	2.49	10.58	51.80
04	M-4 QUICLLO	27.60	26.49	1.27	2.48	9.12	48.79
05	M-5 COTARHUAY	26.52	25.55	1.26	2.38	10.14	47.05
06	TESTIGO	26.03	25.13	1.30	2.40	11.46	45.83

CUSCO, 12 DE AGOSTO DEL 2,023.



AUGUSTO YAPURA CONDORI
ANALISTA QUIMICA DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS



ING. AGRO. Marco Antonio Yapura Cayo
CIP - 217001
QUIMICA DE SUELOS Y FERTILIZANTES

Tabla 115

Análisis microbiológico de rizosfera tánkar (*Berberis microphylla* G. Forst)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : PASCUAL BAILON OROS QUISPE
MUESTRA : RIZOSFERA T'ANKAR (*Berberis microphylla*)
PROCEDENCIA: APURÍMAC/ GRAU/ COTAHUARCAY
REFERENCIA : H.R. 80707
BOLETA : 6025
FECHA : 21/09/2023

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravimétrica %	Colonización de raíces por hongos micorrízicos arbusculares (%)	Esporas de hongos micorrízicos arbusculares (esporas/ 100 g de suelo)
676		31.96	63.86	208.00


Dr. Sady García Bendezi
Jefe Laboratorio de Microbiología




Constantino Calderón Mendoza
Jefe Laboratorio de Suelos

2. Matriz de validación para encuesta objetivo 4

ANEXO 3.

ENCUESTA DE TESIS DE MAESTRIA.

TEMA: PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO FORESTAL E IDENTIFICACION DE USOS DE T'ANKAR EN LA COMUNIDAD DE COTAHUARCAY DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBILLA, PROVINCIA GRAU- REGION APURIMAC.

DIRIGIDO: A LOS COMUNEROS DE COTAHUARCAY DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBILLA, PROVINCIA GRAU- REGION APURIMAC.

INSTRUCCIONES: RESPONDER EN CADA ITEM O PREGUNTA DE ACUERDO AL CONOCIMIENTO Y/O EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO.

Los datos obtenidos serán utilizados con fines académicos, por lo que se agradece su colaboración.

1. ¿Cuántas hectáreas de cobertura de t'ankar se dispone en su comunidad?
 - a. Hectáreas de t'ankar
 - 1 = menos de 0.05
 - 2 = 0.05 a 0.06
 - 3= más de 0.06.
 - 4= no sabe
2. ¿Cuál es el estado actual de la especie nativa de t'ankar en su comunidad?
 2. En extinción, 3. Vulnerable al daño de animales.
 4. Vulnerable al cambio climático.
3. ¿Cuáles son los principales medios de propagación del t'ankar?
 - 3= Brinzales 4= Dispersión de semillas por aves
 - 5= No se conoce medios de propagación. 6=no contesta.
4. ¿Qué usos le da al arbusto no maderable del t'ankar?
 - 1= Apicultura, 4= Alimento ganado
 - 5= Tinte.
 - 2= Medicinal, 3= Alimento humano 6= Taninos
5. ¿Cuáles son los usos en conservación y protección del t'ankar?
 - 2) Mejora suelos 3) Recuperación de suelos 4) Alimento fauna silvestres
6. ¿Cuál es el manejo del sistema silvicultural de t'ankar?
 - 1) Campo abierto 2) Fajas de enriquecimiento 3) Agroforestería
 - 4) Silvopastura 5) Manejo de Regeneración Natural.

7. . Las preferencias de consumo de los frutos de t'ankar están marcadas en:
1) Niños 2) Jóvenes 3) Los de tercera edad 4) Todas las edades.
8. ¿Cual es la temporada de consumo de los frutos de t'ankar?
1) Una vez al año 2) En el mes de junio 3) En el mes de julio 4) no sabe.
9. Qué importancia económica tiene el t'ankar
1) Forestal 2) Frutícola 3) Cercos de protección 4) Combustible para cocina. 5) No sabe.
10. ¿Cual es la edad de los arbustos de t'ankar en la comunidad?
3) 30 años 4) mayores de 40 años 5) no saben
11. . ¿Alguna ONG o agente del estado realizo algún trabajo en la comunidad? ¿Se tomó en cuenta el bosque de t'ankar?
1) Si 2) No
12. ¿Qué usos le da al fruto de T'ankar?
1=Medicina 2=Alimento humano. 3=Taninos
13. Si se trabajara para recuperar el bosque de t'ankar ¿Estaría a favor de la Investigación?
4) Si 5) No 6) No opina

Nota: Encuesta realizada para la propuesta de plan de manejo agroforestal: Del 1. Al 6 y para la determinación o identificación de usos del 7 Al 13.

CA=Campo abierto, FE=Fajas de enriquecimiento, AG=Agroforestería,

SILV=Silvopastura, MRN=Manejo de Regeneración Natural.

3. Cálculo de densidad de plantas de t'ankar por superficie

Para hallar el número de arbustos por hectárea en el sistema tresbolillo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad (planta/ha)} = \frac{10000 \text{ m}^2 \text{ H}}{d \text{ (m)} \times d \text{ (m)} \times 0.866}$$

Dónde:

D = Densidad

H = Número de hectáreas.

d = Distancia entre plantas.

Factor = 0.866 conversión de cuadrado latino a tres bolillos.

10000 = m²/ha (área en m² equivalente a 1 ha.)

Densidad sistema tres bolillos para establecimiento de plantas de t'ankar con distanciamiento técnica recomendable.

$$\text{Densidad (planta/ha)} = \frac{10000 \text{ m}^2 \text{ H}}{3 \text{ (m)} \times 3 \text{ (m)} \times 0.866}$$

D = 1,283 plantas/hectárea.

Sin embargo, el cálculo en el estado actual de cobertura del matorral arbustivo de t'ankar y con los datos empíricos se tiene:

Densidad de plantas de t'ankar por sectores muestreados se tiene de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (planta/ha)} = \frac{3925 \text{ m}^2 \text{ H}}{2.94 \text{ (m)} \times 2.94 \text{ (m)} \times 0.866}$$

D = 523 plantas/hectárea.

ANEXO N° 05.

FECHAS DE ANALISIS DE SUELOS Y BRINZALES CON SUSTRATO

DESCRIPCION	FECHA DE MUESTREO SUELOS, FISICO Y QUIMICO
MUESTREO DE SUELOS EN COTAHUARCAY	5/08/2023
RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO	12/08/2023
	FECHA DE MUESTREO BRINZALES CON SUSTRATO
MUESTREO DE SUELOS CON BRINZALES	10/08/2023
RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO	21/08/2023

Nota: Las fechas se aprecia tambien en las copias del resultado de análisis de los laboratorios y vistas fotograficas

Tabla 116*Densidad de plantas encontradas y conversión de T'ankar/Ha*

MUESTRA	ALTITUD	OBSERVACION Area (ha.)	DENSIDAD DE PLANTAS ENCONTRADAS	DENSIDAD EMPIRICA DE PTAS. POR SECTOR/Has
M1 T'ankarpata	3868.73	0.1025	56	137
M2 Gerucuma	3869.49	0.068	28	90
M3 Tintin Orcco	3983.47	0.075	30	100
M4 Quicillo	3832.06	0.052	15	69
M5 Cotahuarcay	3856.84	0.095	49	127
M6 Testigo (Vaquerianapata)	3488..27	0.0105	0	-
TOTAL		0.3925	178	523

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de campo 2024.

6. Clasificación de densidad de planta y ubicación de sectores según pendiente**Tabla 117***Clasificación de densidad de planta y ubicación de sectores según pendiente.*

MUESTRA	ALTITUD	DENSIDAD DE PLANTAS ENCONTRADAS	DENSIDAD DE PLANTAS ENCONTRADAS	PENDIENTE (%)
M1 T'ankarpata	3868.73	56	Alta	Suavemente inclinado-Clase 2
M2 Gerucuma	3869.49	28	Media	Inclinado- Clase 3
M3 Tintin Orcco	3983.47	30	Media	. Moderadamente escarpado- Clase 4
M4 Quicillo	3832.06	15	Baja	Inclinado- Clase 3
M5 Cotahuarcay	3856.84	49	Alta	Suavemente inclinado-Clase 2
M6 Testigo (Vaquerianapata)	3488..27	0	0	Inclinado- Clase 3-
TOTAL		178		523

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de pendientes

Pendiente donde están situados puntos muestreados.

Clase 1. Llano o casi llano, 0 - 2%

Clase 2. Suavemente inclinado, 2 - 6% Tankarpata, Cotahuarcay

Clase 3. Inclinado, 6 - 13% Quicillo y Gerucuma

Clase 4. Moderadamente escarpado, 13 - 25% Tintin Orcco

Clase 5. Escarpado, 25 - 55%

Clase 6. Muy escarpado, más del 55%

7. Coordenadas UTM y áreas calculadas de los sectores muestreados.

Tabla 118

Coordenadas UTM de los sectores muestreadas.

MUESTRA	COORDENADAS UTM			ALTITUD	OBSERVACION (Ha)
	E	N	LS		
M1 T'ankarpata	738112.4	8429323	18L	3868.73	0.035
M2 Gerucuma	738456.7	8429686	18 L	3869.49	0.012
M3 Tintin Orcco	740368.6	8430225	18 L	3983.47	0.016
M4 Quicillo	739583.9	8431008	18 L	3832.06	0.008
M5 Cotahuarcay	739703	8430848	18 L	3856.84	0.025
M6 Testigo (Vaquerianapata)	739401.9	8431880	18L	3488..27	0.0105
TOTAL					0.1065

UTM C.C. COTAHUARCA Y	739288.6	8430011	18L	3844.99	Plaza principal de la comunidad de Cotahuarcay
----------------------------------	----------	---------	-----	---------	--