TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

"MICROZONIFICACIÓN AGROECOLOGICA PARA CULTIVOS CON ÉNFASIS EN QUINUA (***Chenopodium quinoa*** Willd) APLICANDO TELEDETECCIÓN Y S.I.G EN LA MICROCUENCA DEL RIO SALADO - PUNO"

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**PEDRO PABLO HUARAHUARA MAMANI**

**URIEL MARCO MONTUFAR CHAMBILLA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

MENCIÓN: GESTIÓN AGROAMBIENTAL

PROMOCIÓN: 2010 – I

PUNO – PERÚ

2016

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

"MICROZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA CULTIVOS CON ÉNFASIS EN QUINUA (***Chenopodium quínoa*** Willd.) APLICANDO TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN LA MICROCUENCA DEL RIO SALADO - PUNO"

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

PEDRO PABLO HUARAHUARA MAMANI

URIEL MARCO MONTUFAR CHAMBILLA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN - PUNO -

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

MENCIÓN:

GESTIÓN AGROAMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 DE ENERO DE 2016

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : .....
Ing. M. Sc. Alfredo CALLOHUANCA PARIAPAZA

PRIMER MIEMBRO : .....
Ing. M. Sc. Ángel CARI CHOQUEHUANCA

SEGUNDO MIEMBRO : .....
Ing. M. Sc. Néstor QUISPE CONDORI

DIRECTOR : .....
Ing. M. Sc. Flavio ORTIZ CALCINA

ASESOR : .....
Ing. Sandro SARDON NINA

**PUNO – PERÚ**

**2016**

**Área: Ciencia agrícolas**
**Tema: Gestión ambiental**

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**DEDICATORIA**

*A mi padre; Ángel Montufar y a mi madre; Marcelina Chambilla, que siempre ha estado ahí para mí, brindándome su apoyo incondicional.*

*A mis hermanos: Elmer Roger, Miguel Angel, Miriam, Judith y Remigia Quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento de mi ejecución de tesis*

***Uriel Marco Montufar Chambilla***

*La concepción de este proyecto está dedicada con mucho cariño e inmensa gratitud a mi padre Antonio Huarahuara y mi querida madre Julia Mamani, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo el trabajo ha sido posible gracias a ellos*

*A mis hermanos Rosee Amalie, María Josefina, Rosil Francisco y Diego Fernando por su apoyo incondicional, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.*

*El mayor tesoro que un hombre puede lograr en el mundo es la serenidad de pensamiento, en la palabra y en la acción.*

***Pedro Pablo Huarahuara Mamani***

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano

**AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica que, gracias a las enseñanzas de sus docentes, forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las Ciencias de la Ingeniería Agronómica.

- Al Ing. M. Sc. Flavio Ortiz Calcina, por su iniciativa de realizar el presente trabajo de investigación y su apoyo profesional incondicional en las diferentes etapas del trabajo, por sus valiosos aportes y compartir sus conocimientos como director de tesis.

- A los miembros de jurado Ing. M. Sc. Alfredo Callohuanca Pariapaza, Ing. M. Sc. Ángel Cari Choquehuanca y al Ing. Néstor Quispe Condori, por la revisión y enriquecimiento de la presente tesis.

- Al Ing. Sandro Sardón Nina y al Ing. Salvador Mamani Cosi, por su apoyo como asesores del presente proyecto de investigación, por sus valiosos consejos y aportes.

- Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA Puno); Laboratorio de Suelos y Aguas; al Ing. Jorge Canihua Rojas y a Ing. Selima Milagro Salcedo Mayta por la colaboración en el análisis de caracterización e interpretación de resultados de las muestras de suelos de la microcuenca de rio Salado

- A la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura y Riego.

- A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano

INDICE

RESUMEN ..... 18
ABSTRACT ..... 19
INTRODUCCIÓN ..... 20
CAPITULO I ..... 21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS ..... 21
1.1. Planteamiento del problema ..... 21
1.2. Antecedentes ..... 22
1.2.1 A nivel Nacional ..... 22
1.2.2 A Nivel de los CIP´s ..... 23
1.3. Objetivos ..... 24
1.3.1 Objetivo general ..... 24
1.3.2 Objetivos específicos ..... 24
1.4. Hipótesis ..... 24
1.4.1 Hipótesis general ..... 24
1.4.2 Hipótesis específicas ..... 24
CAPITULO II ..... 26
MARCO TEORICO, CONCEPTUAL Y LEGAL ..... 26
2.1 Marco teórico ..... 26
2.1.1 Generalidades del cultivo quinua ..... 26
2.1.1.1 Centro de origen ..... 26
2.1.1.2 Posición Taxonómica ..... 27
2.1.1.3 Características morfológicas y fenotípicas ..... 27
2.1.1.4 Requerimientos del cultivo ..... 27
2.1.1.5 Preparación del suelo ..... 29
2.1.1.6 Siembra ..... 29
2.1.1.7 Abonamiento y fertilización ..... 30
2.1.1.8 Cosecha ..... 30
2.1.1.9 Postcosecha ..... 31
2.1.1.10 Propiedades nutricionales ..... 32
2.1.2 Propiedades físicas y químicas del suelo ..... 32
2.1.2.1 Propiedades físicas ..... 33
2.1.3 Evaluación de la fertilidad del suelo ..... 35
2.1.4 Rotación del cultivo ..... 35

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

2.1.5 Rendimiento ..... 36
2.1.6 Clasificación práctica del suelo ..... 37
2.1.6.1 Clasificación del uso actual del suelo ..... 37
2.1.6.2 Clasificación por capacidad de uso mayor ..... 37
2.1.6.2.1 Clases de capacidad de uso ..... 38
2.1.7 Los modelos y simulaciones ..... 42
2.1.7.1 El papel del sistema de información geográfica (SIG) en el modelamiento y simulación. ..... 42
2.1.7.2 Modelos de datos ..... 43
2.1.8 La Teledetección ..... 43
2.1.8.1 Sistemas espaciales de teledetección ..... 44
2.1.8.1.1 Tipos de sistemas ..... 44
2.1.8.1.2 Sensor satélite RapidEye ..... 45
2.1.8.1.3 Resolución de un sistema sensor ..... 47
2.2 Marco conceptual ..... 48
2.2.1 Modelos ..... 48
2.2.2 Mapa base ..... 48
2.2.3 Mapa temático ..... 48
2.2.4 Sistemas ..... 48
2.2.5 Pixel ..... 48
2.3 Marco legal ..... 48
2.3.1 Zonificación ..... 49
2.3.1.1 Zonificación agroecológica (ZAE). ..... 49
2.3.1.2 Zonificación ecológico-económica (ZEE) ..... 50
2.3.2 Niveles de zonificación ..... 50
2.3.2.1 Macro zonificación ..... 50
2.3.2.2 Meso zonificación ..... 50
2.3.2.3 Microzonificación ..... 51
2.3.3 Ordenamiento Territorial. ..... 52
2.4 Estudio socioeconómico. ..... 52
CAPITULO III ..... 53
MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 53
3.1 Método cualitativo ..... 53
3.2 Materiales. ..... 53

Herramientas y equipos: ....53
3.3 Metodología para la determinación del área del estudio ....54
3.3.1 Recopilación de información disponible ....54
3.3.2 Delimitación del área de estudio ....54
3.3.3 Adquisición de imagen de satélite ....56
3.3.4 Combinación de bandas espectrales ....56
3.4 Metodología para modelar las potencialidades, limitaciones de tierras en la microcuenca del rio Salado ....57
3.4.1 Elaboración del mapa de pendiente ....57
3.4.2 Elaboración de mapa geológico ....60
3.4.3 Elaboración del mapa fisiográfico ....61
3.4.4 Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras ....64
3.5 Metodología para zonificar el uso actual del espacio territorial ....67
3.5.1 Clasificación del uso actual de tierras ....67
3.6 Metodología para modelar los parámetros agro climatológicos en la microcuenca del rio Salado ....68
3.6.1 Metodología para determinar la clasificación climática ....69
3.6.2 Metodología para determinar precipitación ....71
3.6.3 Metodología para determinar temperatura ....73
3.7 Metodología para determinar del recurso hídrico para el cultivo en la microcuenca del rio Salado ....74
3.8 Metodología para determinar conflicto de uso ....77
3.9 Metodología para determinar el estudio socioeconómico ....78
3.10 Metodología para determinar la zonificación agroecológica ....78
CAPITULO IV ....80
CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO ....80
4.1 Localización del estudio ....80
4.2 Geología de la Zona de estudio. ....81
4.3 Fisiografía ....86
4.3.1 Generalidades ....86
4.3.2 Descripción de las unidades fisiográficas de la microcuenca del rio Salado ....86
4.3.3 Descripción del gran paisaje y paisaje de la microcuenca del rio Salado ....88

4.3.4 Descripción del Sub paisaje y elementos de paisaje de la microcuenca del rio Salado ....89
CAPITULO V ....92
EXPOSICIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS ....92
5.1 Zonas de vida de la microcuenca del rio Salado según Holdridge. ....92
5.1.1 Bosque húmedo montano subtropical (bh – MS) ....92
5.1.2 Paramo muy húmedo subalpino subtropical (pmh – SaS) ....93
5.2 Determinación de capacidad de uso mayor de las tierras del área de estudio ..94
5.2.1 Tierras aptas para cultivos (A) ....95
5.2.2 Tierras aptas para pastos (P) ....100
5.2.3 Tierras aptas para producción forestal (F) ....104
5.2.4 Tierras de Protección (X sec) ....105
5.3 Unidad de cobertura vegetal ....105
5.3.1 Clasificación de las unidades de cobertura vegetal de la microcuenca...105
5.3.2 Descripción de las unidades de cobertura vegetal. ....106
5.4 Categorías del uso actual de la tierra ....107
5.4.1 Terrenos urbanos (1) ....109
5.4.2 Terrenos con cultivos transitorio en secano (4) ....110
5.4.3 Terrenos con praderas naturales (6) ....111
5.4.4 Terrenos con Bosques (7) ....113
5.4.5 Terrenos Húmedos (8) ....115
5.4.6 Terrenos sin uso y/o improductivos (9) ....116
5.5 Clasificación climática de la microcuenca del rio Salado. ....119
5.5.1 Estaciones meteorológicas. ....119
5.5.2 Clasificación climática por método de Thornthwaite ....119
5.5.3 Precipitación. ....120
5.5.4 Humedad relativa multianual ....122
5.5.5 Análisis de la variable temperatura ....124
5.5.6 Calculo de evapotranspiración potencial ....126
5.5.6.1 Método de Hargreaves III modificado ....126
5.5.6.2 Método de Serruto. ....128
5.5.7 Demanda de agua. ....130
5.5.8 Balance Hídrico. ....132
5.6 Conflicto de uso. ....134

5.6.1 Definición de conflicto de uso. ..... 134
5.6.2 Modelo conflicto de uso de tierras. ..... 134
5.6.3 Resultados e interpretación del modelo de conflicto de uso. ..... 135
5.7 Situación socioeconómica de la microcuenca rio Salado ..... 136
5.7.1 Aspectos demográficos ..... 136
5.7.1.1 Población del distrito Juli y de la microcuenca rio Salado ..... 136
5.7.1.2 Población por área urbana y rural de la microcuenca del rio Salado ..... 137
5.7.1.3 Densidad poblacional de la microcuenca rio Salado ..... 138
5.7.1.4 Migración. ..... 138
5.7.2 Características sociales de la microcuenca del rio salado ..... 138
5.7.2.1 Índice de desarrollo humano. ..... 138
5.7.2.2 Salud. ..... 139
5.7.2.3 Desnutrición. ..... 140
5.7.2.4 Población económicamente Activa (PEA) de la microcuenca Rio Salado ... ..... 140
5.7.3 Características económicas y productivas ..... 141
5.7.3.1 Actividad pecuaria. ..... 141
5.7.3.2 Actividad agrícola. ..... 143
5.7.4 Aspectos culturales y organización ..... 146
5.7.4.1 Costumbres y culturas ..... 146
5.7.4.2 Organización de la microcuenca rio salado ..... 147
5.8 Modelo agroecológico para el cultivo de quinua en la microcuenca rio Salado .. ..... 149
5.8.1 Resultados e interpretación de la modelación agroecológica para la quinua ..... 152
CONCLUSIONES ..... 153
RECOMENDACIONES ..... 156
BIBLIOGRAFIA ..... 157
ANEXOS ..... 161

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos de un proceso de teledetección .....43
Figura 2. Espectro de la presentación de granos de quinua con tratamiento .....47
Figura 3. Proceso de delimitación de la microcuenca del rio Salado .....55
Figura 4 Color de la imagen satélite RapidEye .....56
Figura 5. Obtención de curvas de nivel .....57
Figura 6. Obtención de pendiente con MDE .....58
Figura 7. Obtención de pendiente con la herramienta Slope .....58
Figura 8 Reclasificación de pendiente .....59
Figura 9. Pendiente reclasificada .....59
Figura 10 Conversión de Raster a polígono .....60
Figura 11. Imagen con designación de pendientes .....60
Figura 12. Combinación de bandas 5, 3 y 1 (RGB) .....61
Figura 13. Combinación de imagen de satélite con pendiente .....62
Figura 14. Elaboración de paisaje de la microcuenca del rio Salado .....62
Figura 15. Sub paisaje de la microcuenca del rio Salado .....63
Figura 16. Elementos del paisaje de la microcuenca del rio Salado .....63
Figura 17. Características que se evalúan de un horizonte de suelo .....65
Figura 18. Proceso de construcción de una calicata .....65
Figura 19. Toma de muestra de suelo por capa o horizontes .....66
Figura 20. Firma espectral 543 (RGB) para la vectorización del UAT ENVI 4.5 .....68
Figura 21. Línea de isoyetas de una microcuenca .....72
Figura 22. Mapa de isoterma considerando la gradiente altitudinal .....73
Figura 23. Interpolación usando Kriging e interpolación considerando el gradiente altitudinal .....74
Figura 24. Diseño temático de conflicto de uso .....77
Figura 25. Selección de atributos para determinar el conflicto de uso (CU): "CUM" = 'A3swc' AND "SIM_UAT" = '4a' donde Conflicto de uso es 1 .....78
Figura 26. Model Builder para crear, editar y administrar modelos .....79
Figura 27. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio de la microcuenca rio Salado .....80
Figura 28. Proceso de delimitación de la microcuenca del rio Salado .....81
Figura 29. Porcentaje de áreas de subclase según CUM .....94

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Figura 30. Representación gráfica de UAT según UGI. .....109
Figura 31. Zona urbana de la microcuenca rio salado.....110
Figura 32. Cultivo en limpio (Quinua) .....110
Figura 33. Cultivos transitorios en andenería .....111
Figura 34. Praderas naturales chilliguares .....112
Figura 35. Praderas naturales de pastizales de ichu .....112
Figura 36. Praderas naturales con iro ichu.....113
Figura 37. Arbusto de queñuales y colle .....114
Figura 38. Arbusto de eucalipto, ciprés y pino .....114
Figura 39. Arbusto de Espina de cristo .....115
Figura 40. Terrenos húmedos .....116
Figura 41. Caja de rio .....116
Figura 42. Terrenos en descanso .....117
Figura 43. Afloramiento rocoso. .....117
Figura 44. Lagunas .....118
Figura 45. Terrenos con escasa vegetación .....118
Figura 46. Clasificación climática de la microcuenca del rio Salado .....120
Figura 47. Precipitación media total multianual .....121
Figura 48. Precipitación media de la microcuenca del rio Salado .....122
Figura 49. Humedad relativa anual de la microcuenca del rio Salado .....123
Figura 50. Humedad relativa de la microcuenca del rio Salado .....124
Figura 51. Temperatura media mensual .....125
Figura 52. Temperatura media mensual de la microcuenca del rio Salado. .....126
Figura 53. Balance hídrico de la microcuenca del rio Salado .....133
Figura 54. Población de la microcuenca rio Salado .....137
Figura 55. Variables utilizadas para el diseño de un modelo agroecológico.....150
Figura 56. Estructura del modelo agroecológico para el cultivo de quinua .....151
Figura 57. Perfil modal del suelo Miraflores (MI).....162
Figura 58. Paisaje del suelo Miraflores (MI).....162
Figura 59. Perfil modal del suelo Yacari Tuntachave (YT) .....164
Figura 60. Paisaje del suelo Yacari Tuntachave (YT).....164
Figura 61. Perfil modal del suelo Yacari Umajalso (UM) .....166
Figura 62. Paisaje del suelo Umajalso (UM).....166
Figura 63. Perfil modal del suelo Tisñachuro Vista Azul (TV).....168

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Figura 64. Paisaje del suelo Tisñachuro Vista Azul (TV) ..... 168
Figura 65. Perfil modal del suelo Anccoaque Quilcani (AQ) ..... 170
Figura 66. Paisaje del suelo Anccoaque Quilcani (AQ) ..... 170
Figura 67. Perfil modal del suelo Percatuyo (PTY), ..... 172
Figura 68. Paisaje del suelo Percatuyo (PTY) ..... 172
Figura 69. Perfil modal del suelo Ancoaque San Francisco (ASF) ..... 174
Figura 70. Paisaje del suelo Ancoaque San Francisco (ASF) ..... 174
Figura 71. Perfil modal del suelo Yacari Tisñachuro (YT) ..... 176
Figura 72. Paisaje del suelo Yacari Tisñachuro (YT) ..... 176
Figura 73. Perfil modal del suelo Rio Salado (RS) ..... 178
Figura 74. Paisaje del suelo Rio Salado (RS) ..... 178
Figura 75. Perfil modal del suelo Huaquina (HUQ) ..... 180
Figura 76. Paisaje del suelo Huaquina (HUQ) ..... 180
Figura 77. Perfil modal del suelo Moyopampa I (MI) ..... 182
Figura 78. Paisaje del suelo Moyopampa I (MI) ..... 182
Figura 79. Perfil modal del suelo Moyopampa II (M-II) ..... 184
Figura 80. Paisaje del suelo Moyopampa II (M-II) ..... 184
Figura 81. Perfil modal del suelo Moyopampa III (M-III) ..... 186
Figura 82. Paisaje del suelo Moyopampa III (M-III) ..... 186
Figura 83. Perfil modal del suelo Hacienda Calliri (HC) ..... 188
Figura 84. Paisaje del suelo Hacienda Calliri (HC) ..... 188
Figura 85. Perfil modal del suelo Bertaparque (BP) ..... 190
Figura 86. Paisaje del suelo Bertaparque (BP) ..... 190
Figura 87. Perfil modal del suelo Chullucachi Acero Waca (CHAW) ..... 192
Figura 88. Paisaje del suelo Chullucachi Acero Waca (CHAW) ..... 192
Figura 89. Perfil modal del suelo Ancco Vilque (AV) ..... 194
Figura 90. Paisaje del suelo Ancco Vilque (AV) ..... 194
Figura 91. Análisis de caracterización de suelo Nº0290H5S-2015 ..... 201
Figura 92. Análisis de caracterización de suelo Nº0290J5S-2015 ..... 202
Figura 93. Análisis de caracterización de suelo Nº0290P1S-2015 ..... 203
Figura 94. Análisis de caracterización de suelo Nº0290R2S-2015 ..... 204
Figura 95. Análisis de caracterización de suelo Nº0290K5S-2015 ..... 205
Figura 96. Análisis de caracterización de suelo Nº0290M5S-2015 ..... 206
Figura 97. Análisis de color de suelo Nº275Q2-2015 ..... 207

Figura 98. Análisis de color de suelo Nº275O2-2015 ..... 208

Figura 99. Análisis de color de suelo Nº275O2-2015 ..... 209

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%).....32
Tabla 2. Clasificación del uso actual de tierras.....37
Tabla 3. Características del sensor.....45
Tabla 4. Especificaciones técnicas de las bandas de satélite RAPIDEYE .....56
Tabla 5. Esquema metodológico para la elaboración de mapa de capacidad de uso mayor .....64
Tabla 6. Precipitación efectiva.....70
Tabla 7.Temperatura eficiente. .....70
Tabla 8. Distribución de la precipitación a través del año.....71
Tabla 9. Humedad relativa.....71
Tabla 10 Perfil lítico estratificado local de la microcuenca rio salado .....83
Tabla 11. Esquema fisiográfico de la microcuenca rio salado .....87
Tabla 12. Elementos del gran paisaje de la microcuenca del rio Salado.....88
Tabla 13. Elementos del paisaje de la microcuenca del rio Salado. .....88
Tabla 14. Elementos del sub paisaje de la microcuenca del rio Salado .....89
Tabla 15. Elementos de paisaje de la microcuenca del rio salado. .....90
Tabla 16. Zonas de vida de la microcuenca del rio Salado. .....92
Tabla 17. Superficie y porcentaje de las tierras estudia según CUM.....95
Tabla 18. Unidad de cobertura vegetal de la microcuenca del rio Salado .....106
Tabla 19. Categorías y /o subclases de cobertura y UAT de acuerdo al UGI .....108
Tabla 20. Estaciones aledañas a la microcuenca del rio Salado .....119
Tabla 21. Clasificación climática por método Thornthwaite.....120
Tabla 22. Registro de precipitación total mensual multianual.....121
Tabla 23. Registro de humedad relativa multianual de la microcuenca del rio Salado 123
Tabla 24. Registro de temperatura media mensual. .....125
Tabla 25. Calculo de evapotranspiración potencial de la microcuenca del rio Salado .128
Tabla 26. Calculo de ETP por método Serruto .....129
Tabla 27. Cedula de cultivo .....130
Tabla 28. Kc del cultivo .....130
Tabla 29. Calculo de la demanda de agua para el cultivo de quinua bajo riego .....131
Tabla 30 Balance hídrico con disponibilidad hídrica de la microcuenca rio Salado ....133
Tabla 31 Déficit y superávit del rio Salado .....134

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 32. Leyenda de codificación de conflicto de uso de tierra.....134
Tabla 33. Matriz de CUM y UAT.....135
Tabla 34. Área y porcentaje del modelo de uso.....135
Tabla 35. Población del distrito de Juli y la microcuenca rio salado.....136
Tabla 36. Población urbana y rural de la microcuenca del rio Salado.....137
Tabla 37. Densidad poblacional de la microcuenca rio Salado.....138
Tabla 38. Índice de desarrollo humano. .....139
Tabla 39. Tasa de desnutrición del distrito de Juli.....140
Tabla 40. PEA de la microcuenca rio Salado .....141
Tabla 41. Precios de principales productos pecuarios.....143
Tabla 42. Cultivos por tipo y grupo en el distrito de Juli.....144
Tabla 43. Principales cultivos producidos en el distrito de Juli.....145
Tabla 44. Precios de los productos agrícolas (S/.) en Juli.....146
Tabla 45. Organización de la población en la microcuenca rio Salado .....148
Tabla 46. Parámetros utilizados para el diseño de un modelo agroecológico .....149
Tabla 47. Modelo agroecológico para la quinua.....151
Tabla 48. Clave 6: Páramo húmedo - Subalpino Subtropical; Páramo pluvial - Subalpino Subtropical; Páramo muy húmedo – Subalpino Subtropical.....195
Tabla 49. Clave 10: Bosque húmedo - Montano Tropical; Bosque húmedo - Montano Subtropical.....196
Tabla 50. Características físicas químicas del suelo de la microcuenca del rio Salado – parte 1.....210
Tabla 51. Características físicas químicas del suelo de la microcuenca del rio Salado – parte 2.....211
Tabla 52. Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado – parte 1.....212
Tabla 53. Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado – parte 2.....213
Tabla 54. Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado – parte 3.....214

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Descripción de los perfiles modales de las unidades de suelo.....161

Anexo 2. Claves para determinar el grupo de capacidad de uso mayor.....195

Anexo 3. Claves para determinar la clase y sub clase de capacidad de uso mayor .....197

Anexo 4. Análisis de caracterización del suelo .....201

Anexo 5. Características físicas químicas del suelo de la microcuenca del rio Salado 210

Anexo 6. Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado.....212

Anexo 7. Mapas temáticos de la microcuenca del rio Salado .....215

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- bh-MS : Bosque húmedo montano subtropical
- CCPP : Centro poblado
- CIP : Centro de Investigación y Producción
- CUM : Capacidad de uso mayor de las tierras
- DEM : Digital elevation model
- FAO : Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
- INEI : Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- INIA : Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- INGEMMET : Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
- IGN : Instituto Geográfico Nacional
- Kc : Coeficiente de cultivo
- MED : Ministerio de Educación
- MINAM : Ministerio del Ambiente
- MINAGRI : Ministerio de Agricultura y Riego
- MINSA : Ministerio de Salud
- ONERN : Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
- PEA : Población económicamente activa
- pmh-Sas : Paramo muy húmedo subalpino subtropical
- SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
- SIG : Sistema de Información Geográfica
- t/ha : Toneladas / hectárea
- UAT : Uso actual de tierras
- UGI : Unión Geográfica Internacional
- ZEE : Zonificación económica ecológica
- ZAE : Zonificación agroecológica

Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación "Microzonificación agroecológica para cultivos con énfasis en quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd) aplicando teledetección y S.I.G. en la microcuenca del río Salado - Puno" fue desarrollado en el distrito de Juli, provincia de Chucuito, departamento de Puno; la zona de estudio comprende 8,245.93 ha de superficie; con el objetivo principal de zonificar la aptitud agroecológica para los cultivos con énfasis en el cultivo de la quinua; con objetivos específicos como: a) Modelar las potencialidades, limitaciones de tierras; b) Zonificar el uso actual del espacio territorial, c) Determinar la disponibilidad del recurso hídrico para los cultivos, d) Modelar los parámetros agro climatológicos de precipitación, temperatura y humedad relativa e) Determinar la situación socioeconómica de la población en la zona. Teniendo como resultado: Según el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (Decreto Supremo N.º 017-2009-AG); en la zona en estudio se ha identificado las siguientes categorías: **a)** tierras aptas para cultivos en limpio (A) de calidad agroecológica baja y subclases como: A3sc(r), A3sec, A3sc(a), A3sec(a), y A3swc con 3069,47 ha (37.22% ); **b)** tierras aptas para pastos con calidad agroecología media a baja con subclases: P2sec, P2sec(a), P3s, P3se, P3sec y P3swl con 2746,90 ha (33.31%); **c)** tierras aptas para forestación con calidad agroecológica baja de subclase F3sec con 560.42 ha (6.8 %); **d)** tierra de protección Xsec con 1,659.30 ha (20.12%) y **e)** ciudad, lagunas, ríos con 209.83 ha (2.54%); las limitaciones encontradas que se tiene son: suelo (s), erosión (e), drenaje (w), salinidad (l) y clima (c). Seguidamente en el área de estudio se identificaron 03 grandes grupos edáficos, donde las unidades del suelo han sido clasificados taxonómicamente de acuerdo al sistema del "Soi1 Taxonomy (2010)"y es como sigue: **a)** Orden Entisols con unidades de suelo: Moyopampa I y III, Hacienda Calliri, Bertaparque, Miraflores, Yacari Tuntachave, Umajalso, Tisnachuro Vista Azul, Ancoaque Quilcani, Percatuyo, Ancoaque San Francisco, Yacari Tisñachuro, Huaquina, y Ancco Vilque; **b)** Orden Inceptisols con unidades de suelo: Rio Salado y Moyopampa II y **c)** Orden Mollisols con unidad de suelo: Chullucachi Acero Waca); teniendo un total de 17 unidades de suelo en la microcuenca del rio Salado con fertilidad natural de condición media a baja. A continuación, se ha identificado seis categorías de uso actual de la tierra según la Unión Geográfica Internacional tenemos: terrenos urbanos (146.67 ha), terrenos con cultivos transitorio en secano (2426.40 ha), con praderas naturales (4, 595.41 ha), con bosque (115.03 ha), terrenos húmedos (91.31 ha) y terrenos sin uso y/o improductivos (871.11 ha). En las características climáticas tenemos una precipitación de 802 a 862 mm/año con altos índices de insolación y con una evapotranspiración de (1402.3 mm/año) y el cultivo de quinua requiere una precipitación de 500 a 800 mm/año. Teniendo déficit de agua en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero; la temperatura media diaria varía de 3 a 4 °C, en zonas altas, 4 a 6 °C en zonas medias y 6 a 8 °C en zonas bajas; la humedad relativa varia de 57 a 60 % condiciones favorables para el cultivo de quinua. La microcuenca de rio Salado tiene una población de 2,764 habitantes; con una población económicamente activa del 40.38%, la actividad principal es agropecuario con 19.57%; otras actividades 20.80% y NSA 59.62%, con una disminución de población anual en un 13. 52%. Y finalmente se determinó zonas con valor agrologico medio (2,020. 96 ha) con características favorables para la producción de quinua, zonas con valor agroecológico bajo (790.48 ha) y zona con valor agroecológico no apta es de (5,434.69 ha).

***Palabras claves:*** Microzonificación, aptitud agroecológica, suelo, quinua, clima y estudio socioeconómico.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**ABSTRACT**

The present research work "Agroecological microzoning for crops with emphasis on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) applying remote sensing and S.I.G. in the micro basin river Salado - Puno" was developed in the district of Juli, province of Chucuito, department of Puno; The study area comprises 8,245.93 ha of surface area, with the main objective zoning agroecological aptitude for the crops with emphasis on the cultivation of quinoa. With specific objectives such as: a) Model the potentialities, land limitations; b) Zoning the current use of territorial space, c) Determine the availability of water resource for the crops cultivations, d) to model the agroclimatological parameters of precipitation, temperature and relative humidity and e) Determine the socioeconomic situation of the population in the area. Having as resulting: to according to the regulation of lands classification for its capacity of use greater(Supreme Decree No. 017-2009-AG); In the study zone, the following categories have been identified: **a)** lands suitable for crops in clean (A) of quality low agroecological and subclasses as: A3sc (r), A3sec, A3sc (a), A3sec (a), and A3swc with 3069.47 ha (37.22%); **b)** lands apt were for pasture with medium to low agroecological quality with subclasses: P2sec, P2sec (a), P3s, P3se, P3sec and P3swl with 2746.90 ha (33.31%); **c)** lands apt for afforestation with quality low agroecological of subclass F3sec with 560.42 ha (6.8%); c) protection lands Xsec with 1,659.30 ha (20.12%); and **e)** city, lagoons, rivers with 209.83 ha (2.54%), the found limitations have are : soil (s), erosion (e), drainage (w), salinity (l) and climate (c). Next, in the study area, 03 large edaphic groups were identified, where soil units have been classified taxonomically according to the "Soil Taxonomy (2010)" system and it is as follow: **a)** Entisols Order with soil units: Moyopampa I and III, Hacienda Calliri, Bertaparque, Miraflores, Yacari Tuntachave, Umajalso, Tisnachuro Vista Azul, Ancoaque Quilcani, Percatuyo, Ancoaque San Francisco, Yacari Tisñachuro, Huaquina, and Ancco Vilque); **b)** Inceptisols Order with soil units: Rio Salado and Moyopampa II and **c)** Mollisols Order with soil units: Chullucachi Acero Waca); having a total of 17 soil units in the Salado river micro-basin with natural fertility from medium to low condition. Next, we have identified six categories of current land use according to the International Geographical Union wehave: urban lands (146.67 ha), lands with transient crops in dry (2426.40 ha), with natural meadows (4, 595.41 ha), with forest (115.03 ha), wetlands (91.31 ha) and unused and/or unproductive lands (871.11 ha). In the climatic characteristics we have a precipitation of 802 to 862 mm/year with high indices of insolation and with an evapotranspiration of (1402.3 mm/year) and the cultivation of quinoa requires a rainfall of 500 to 800 mm/year. Having water deficit in the months of October, November, December and January; the average daily temperature varies from 3 to 4 °C, in zones high, 4 to 6 °C in medium zones and 6 to 8 °C in low zones; relative humidity varies from 57 to 60% favorable conditions for the cultivation of quinoa. The Salado river micro basin has a population of 2,764 inhabitants; with an economically active population of 40.38%, the main activity is agricultural with 19.57%; other activities 20.80% and NSA 59.62%, with an annual population decrease of 13.52%. Finally, zones with medium agrological value determine (2,020, 96 ha) were determined with favorable characteristics for the production of quinoa, zones with low agroecological value (790.48 ha) and zones with agroecological not fit value it is (5,434.69 ha).

***Key words:*** Microzonification, agroecological aptitude, soil, quinoa, climate and socioeconomic study.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# INTRODUCCIÓN

La microzonificación agroecológica es un instrumento de gestión que permite conocer las potencialidades y limitaciones que tiene el territorio para desarrollar las diversas actividades económicas, preservando el ambiente con ocupación ordenada y sostenible; Siendo un instrumento importante, se requiere conocer las dinámicas de territorio y las posibilidades que tenemos como sociedad, en ese sentido el ordenamiento territorial considera otros instrumentos como estudios especializados que permiten la identificación y análisis de dinámica sociales, económicas, cambios del uso del territorio como población y entre otros aspectos.

La microzonificación no define ni constituye usos, si no propone diferentes alternativas para gestionar el impacto que puedan generar algunas actividades, haciéndolas más rentables; y aportando a la disminución de conflictos. No establece derechos de propiedad tampoco restringe ni excluye las inversiones. (Decreto Supremo. N°087-2004-PCM)

El propósito del proyecto de investigación "Microzonificación agroecológica para cultivos con énfasis en quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd) aplicando teledetección y S.I.G. en la microcuenca del río Salado - Puno". Es conocer las potencialidades, limitaciones de tierras, el uso actual del espacio territorial, la disponibilidad del recurso hídrico para el cultivo de quinua, comportamiento climatológico y la situación socioeconómica de la población en la microcuenca del rio Salado.

Para implementar posteriormente una actividad agropecuaria sostenible, rentable y competitiva, haciendo uso racional de los recursos naturales, preservando el medio ambiente, aprovechando las ventajas comparativas y comprometiendo la participación de todos los agentes agrarios en la ejecución de las acciones que les corresponde. Priorizando el cultivo de quinua por su amplia variabilidad genética, capacidad de adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo y su calidad nutricional que puede contribuir en la seguridad alimentaria.

Con base en esta problemática se considera necesario formular, diferentes alternativas para la optimización y uso sostenible de los recursos naturales en el área de estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# CAPITULO I

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

## 1.1. Planteamiento del problema

El problema básico que se percibe en el ámbito de estudio del proyecto es el aumento de la presión ejercida sobre el uso y manejo de los recursos naturales, alcanzando a los límites de la capacidad de producción de los recursos que vienen determinados por las condiciones del suelo, clima, fisiografía y manejo adecuado a sus suelos. El manejo sostenible de los recursos naturales requiere de políticas correctas y una planificación basada en el conocimiento de microzonificación agroecológica siendo un proceso flexible y dinámico que permite identificar estas potencialidades y limitaciones.

Sin embargo, la ocupación desordenada y el uso no sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad, conjuntamente con los problemas sociales, y la aplicación de políticas inadecuadas o alejadas de la realidad, no permiten aplicar con eficiencia los mandatos legales. Actualmente, el reto significa planificar concertadamente con todos los actores sociales y determinar el cómo usar y ocupar adecuadamente el territorio, mejorando la competitividad de las diversas actividades económicas, preservando el ambiente y reduciendo los altos niveles de pobreza.

Para la microzonificación agroecológica se requiere conocer cuáles son las potencialidades y limitaciones que tiene el ámbito de estudio, qué alternativas de usos sostenibles y dónde se pueden desarrollar las diversas actividades productivas. Sin esta información no es posible planificar el desarrollo local, es mas no existe un modelo base de información temática grafica utilizando imágenes mediante el manejo del Teledetección y Sistema de Información Geográfica que permita la toma de decisiones respecto al manejo del recurso natural

Por lo que surge, implementar la microzonificación agroecológica para determinar la aptitud para los cultivos con énfasis en el cultivo de quinua, a partir de los análisis de suelo, datos climatológicos, fisiografía, altitud, vegetación y situación socioeconómica del ámbito de proyecto; lo que permitirá obtener información de manera más acertada, por lo que nos planteamos las siguientes preguntas de investigación:



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

¿Cuáles son las zonas de aptitud agroecológica para los cultivos transitorios con énfasis en el cultivo de quinua aplicando Teledetección y S.I.G en la microcuenca del rio Salado?

¿Cuál es la potencialidad y limitación de las tierras de la microcuenca del rio Salado?

¿Cómo se aprovecha actualmente las tierras?

¿Cuál es la disponibilidad del recurso hídrico para los cultivos?

¿Las condiciones climáticas que se presentan en la microcuenca del rio salado son aptas para el desarrollo de los cultivos?

¿Cuál es la situación socioeconómica de la población en la zona de la microcuenca del rio Salado?

## 1.2. Antecedentes

### 1.2.1 A nivel Nacional

A partir de 1985, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN, puso en operación el primer SIG con equipamiento, capacitación y asistencia técnica, con fondos de donación de la Agencia para el Desarrollo Internacional - AID. El SIG de ONERN, utiliza el formato de búsqueda de salida y entrada de datos, orientado a la producción cartográfica tipo celular o malla cuadriculada.

De acuerdo al seguimiento realizado por la Dirección General de Ordenamiento Territorial del MINAM, (diciembre – 2015) son trece (13) las regiones que cuentan con sus estudios de Zonificación Ecológica y Económica culminados a nivel de macro y meso zonificación como: Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Callao, Cusco, Huancavelica, Lambayeque, Madre de Dios, Piura, Puno, Tacna, Junín y San Martin.

El Ministerio del Ambiente publica en el 2015 la Zonificación Ecológica Económica, estudio realizado a nivel de “Meso zonificación a escala 1:100000 en el departamento de puno, es elaborado en el marco de las disposiciones técnicas del ministerio del ambiente”.

Los estudios realizados a nivel de microzonificación ecológica económica se han realizado en dos regiones como se detalla a continuación:



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

La sub cuenca de Pitumarca, es un espacio de la cuenca del Vilcanota, que políticamente es parte de los distritos de Pitumarca y Checacupe de la provincia de Canchis Región Cusco. La sub cuenca presenta una superficie de 69 037.80 has. y se caracteriza por su gran disponibilidad de recursos naturales, especialmente agua y pastizales, pero con muchas limitaciones referidas a lo accidentado de su territorio y los fuertes procesos de erosión que afectan al escaso recurso suelo. Socioeconómicamente, la sub cuenca se caracteriza por una población netamente quechua hablante; la población total de la sub cuenca es 10 656 habitantes, de los cuales 7 633 pertenecen al distrito de Pitumarca y 3 023 a Checacupe.

En Febrero del 2012 se publica el estudio de microzonificación que se desarrolló en los Centros Poblados de Simón Bolívar, Lejía, Nuevo Amazonas, Vista Alegre, Alto Jorge Chávez, Paraíso, Alto Ponasa y Santa Rosa y en la CCNN Chambira, en el Distrito de Shamboyacu, Provincia de Picota región de San Martín, abarcando un área total de 26,732.17 hectáreas en lo que constituye a la formulación de políticas más sostenibles y viables en los ámbitos donde se aplica el proceso de zonificación para el ordenamiento del territorio, compatible con la base de recursos de la zona.

### 1.2.2 A Nivel de los CIP´s

En el CIP Camacani de UNA Puno se hizo el proyecto de investigación “Zonificación y análisis de la potencialidad agrícola y forestal de las tierras y su ordenamiento territorial con sistema de información geográfica” realizado por el Ingeniero Eddy Cervantes Zavala de la escuela profesional de Ingeniería Agronómica en el 2012; con la finalidad de delimitar y ubicar las áreas de muestreo y trabajados en el software de Sistema de Información Geográfica. (Cervantes, 2012)

También se realizó el proyecto de investigación ¨Modelación de las potencialidades de tierras, agua, cobertura vegetal y propuesta de manejo agroforestal en S.I.G. y Teledetección en CIP Ituata presentados por los Ingeniero Sandro, Sardón Nina y Salvador, Mamani Cosi en el año 2012. (Sardon, S y Mamani, S, 2012).

De igual manera en el CIP Illpa se realizó el proyecto de investigación “Manejo del recurso suelo mediante Sistema de Información Geográfica en el C.I.P. Illpa-UNA-Puno” presentado por el Ingeniero Marco Graciano, Alanoca Laura de la escuela profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura en el 2008, con la finalidad de implementar un



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

sistema de información geográfica aplicado al manejo del recurso suelo para un mejor aprovechamiento y uso adecuado en el espacio territorial del CIP Illpa. (Alanoca, 2008)

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Zonificar la aptitud agroecológica para los cultivos con énfasis en el cultivo de quinua, aplicando Teledetección y S.I.G. en la microcuenca del rio Salado

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Modelar las potencialidades, limitaciones de tierras en la microcuenca del rio Salado.
- Zonificar el uso actual del espacio territorial.
- Determinar la disponibilidad del recurso hídrico para los cultivos en la microcuenca del río Salado.
- Modelar los parámetros agro climatológicos de precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa de la microcuenca del rio Salado.
- Determinar la situación socioeconómica de la población en la zona de la microcuenca del rio Salado.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis general

La zonificación de la aptitud agroecológica para los cultivos con énfasis en el cultivo de la quinua, aplicando Teledetección y S.I.G, de acuerdo a los parámetros biofísicos la aptitud del cultivo es variable en la microcuenca del rio Salado.

### 1.4.2 Hipótesis específicas

- Los productos obtenidos de la modelación de las potencialidades constituyen distintos grupos de tierra que permite definir las aptitudes
- El espacio territorial tiene diferentes usos (adecuados e inadecuados)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

- La determinación de la disponibilidad del recurso hídrico satisface los requerimientos del cultivo.

- Los parámetros climatológicos locales: precipitación, temperatura y humedad relativa definen la jerarquía de la aptitud de tierras para los cultivos.

- La situación actual socioeconómica será un instrumento para proponer proyectos productivos sostenible en la microcuenca del río Salado.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# CAPITULO II

# MARCO TEORICO, CONCEPTUAL Y LEGAL

## 2.1 Marco teórico

### 2.1.1 Generalidades del cultivo quinua

#### *2.1.1.1 Centro de origen*

La quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas C., Jesús & Choque M., Willy., 2008).

Esto fue corroborado por (Gandarillas, 1979), quien indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no solo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre.

La región andina, es una de las ocho zonas de origen de las plantas cultivadas. La quinua, es entre los ocho cultivos alto andinos el que esta difundido desde la región Marino en Colombia; en, Ecuador la zona de la sierra, entre las cordilleras andinas oriental y occidental; en el Perú toda la zona andina, los valles interandinos desde Cajamarca al Cusco, zonas altas de Arequipa y la Región del Altiplano en Puno; en Bolivia desde la zonas del altiplano hasta los salares de Uyuni y Garci Mendoza; en la Argentina se encuentra en forma aislada en la Provincia de Jujuy, en la quebrada de Humahuaca; en Chile en la zona de Valdivia y Concepción y la zona del Altiplano Chileno zona de Isluga. (Lescano, 1994)

Desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocentrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que muestran mayor diversidad y variación genética (FAO, 2001).



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### *2.1.1.2 Posición Taxonómica*

Según Engler citado por (Mujica, 1993), sistemáticamente la especie en estudio está ubicada taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino : Vegetal

Sub reino : Phanerogamae

División : Angiospermae

Clase : Dicotyledoneae

Sub Clase : Archychlamideae

Orden : Centrospermales

Familia : Chenopodiaceae

Género : Chenopodium

Especie : ***Chenopodium quinoa*** Willd.

#### *2.1.1.3 Características morfológicas y fenotípicas*

(Gandarillas, 1979) y (Tapia & Fries, 2007), mencionan que la quinua es una planta erguida, en el altiplano sur puede alcanzar 1.80 m de alto, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece; con una raíz pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa; presenta hojas alternas con una forma polimorfa en la misma planta con colores diferentes; su inflorescencia es una panoja típica, con flores pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos y al madurar tienen un fruto en aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorso ventral.

#### *2.1.1.4 Requerimientos del cultivo*

**Clima**

(Apaza V. , 1996), indica que el altiplano puneño está sujeto a grandes variaciones climáticas, que significan alto riesgo en la agricultura. Las sequias y heladas son



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

continuas, y su magnitud, frecuentemente, causa la disminución o pérdida de las cosechas. La quinua presenta facultades de adaptación a condiciones adversas del clima, como tolerancia al frio y a la sequía.

(Tapia M. , 2000), menciona que la quinua por su amplia variabilidad genética se adapta a diferentes climas desde el desierto, caluroso y seco en la costa hasta el frio y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando incluso hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y en forma sorprendente a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes.

**Agua**

(Apaza V. , 2005), menciona que el cultivo de quinua requiere 408 mm de agua en los 161 días de su periodo vegetativo. La falta de humedad del suelo afecta sensiblemente el normal crecimiento y desarrollo de la planta, afectando sus principales funciones, disminuyendo su potencial productivo o rendimiento de sus órganos lo cual puede ocurrir en cualquier fase fenológica.

(FAO, 2001), sostiene que de acuerdo con las últimas investigaciones efectuadas se ha determinado que la humedad del suelo adecuada para el cultivo de quinua, es de solo 3/4 de la capacidad de campo, para obtener una producción ideal. En los suelos desérticos y arenosos como en la costa peruana, la capacidad de campo de los suelos está alrededor de 9% mientras que en el altiplano peruano los suelos franco arcilloso alcanzan la capacidad de campo con el 22% de humedad.

**Temperatura**

(Frere, Rikjs, & Rea, 1975), mencionan que la temperatura media adecuada para el cultivo de la quinua este alrededor de 15-20°C sin embargo, se ha observado que a temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así como a temperaturas medias y altas de 25°C prospera adecuadamente. Al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8°C en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante en la fase fenológica de ramificación y la más susceptible, la floración y llenado de grano.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

El mismo autor indica que con respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los 38°C produce aborto de flores y muertes de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen, por tanto, impidiendo la formación de granos.

**Altitud**

(Apaza V. , 2005) y (Tapia & Fries, 2007), indican que la quinua se cultiva en altitudes comprendidas desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. sin embargo, se estima que la altitud ideal para su cultivo se encuentra de 2500 a 3900 m.s.n.m.

***2.1.1.5 Preparación del suelo***

(Apaza V. , 2005), señalan que la preparación de suelo es una de las labores más importantes de cual depende en gran parte el éxito del cultivo. Sin embargo, la información disponible no permite generalizar en cuanto a hacer recomendaciones sobre la forma de preparar la tierra bajo condiciones diferentes. Desde el punto de vista de la conservación de suelos, es hacer una mínima labranza necesaria para lograr la descomposición de residuos del cultivo anterior en materia orgánica, facilitar la aireación del suelo, conservación y acumulación de la humedad y conseguir una adecuada cama para la germinación de la semilla y el control de malezas.

***2.1.1.6 Siembra***

(FAO, 2001) y (Valdivia, Paredes, Zegarra, Choquehuanca, & Reinoso, 1997); indican que la siembra consiste en colocar la semilla en un terreno preparado adecuadamente para facilitar su desarrollo normal. Esta semilla debe estar seleccionada de tal manera que sean los granos más grandes y por ende con mayor cantidad de reservas nutritivas para soportar adversidades durante la germinación y la emergencia de las plántulas.

(Apaza V. , 1996) y (FAO, 2001); sostienen que la época más oportuna de la siembra dependerá de las condiciones ambientales del lugar de siembra generalmente en la zona andina y en el altiplano, la fecha optima es del 15 septiembre al 15 de noviembre, lógicamente se puede adelantar o retrasar un poco de acuerdo a las disponibilidad de agua y duración del periodo vegetativo de los



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

genotipos a sembrarse, en zonas más frías se acostumbra adelantar ya que el periodo vegetativo se alarga. La época de siembra está muy ligada a las características de cada localidad.

#### *2.1.1.7 Abonamiento y fertilización*

(Cari, 1978), indica que la quinua responde económicamente al abonamiento nitrogenado y fosfatado hasta a un nivel aproximado de 60 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de $P_2O_5$, estos niveles han sido confirmados mediante pruebas experimentales de cultivos.

(Tapia M. , 1990), señala que en general en la zona andina, cuando se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable para el cultivo de la quinua, por la descomposición lenta del estiércol y preferencias nutricionales de la papa, en algunos casos casi está completo sus requerimientos y solo necesita un abonamiento complementario, sin embargo cuando se siembra después de una gramínea cebada o avena en la sierra, es necesario no solo utilizar materia orgánica en una proporción de tres toneladas por hectárea, es recomendable fraccionar la fuente de nitrógeno en dos partes, una en la siembra y otro al momento del deshierbo.

(FAO, 2001), afirma que la incorporación de estiércol en la época de roturación de suelos varía entre 4 a 10 t/ha, conforme se trate de aplicación en el sistema de hoyos, surcos y voleo. Cuando se utiliza compost está determinado que incorporado 300g/hoyo se utiliza hasta 2.1 t/ha. Mientras que (Apaza V. , 2005), indica que no cabe dar normas concretas en lo que concierne al abonado de quinua, ya que en la absorción de nutrientes por las plantas influyen múltiples factores que son susceptibles de infinitas combinaciones. El mismo autor indica que investigaciones recientes han podido comprobar que con la incorporación al suelo de 6 t/ha de humus de lombriz se incrementa el rendimiento de quinua en un 61 %, por otro lado, con 5 t/ha de estiércol más aplicación adicional de biol al follaje.

#### *2.1.1.8 Cosecha*

(Valdivia, Paredes, Zegarra, Choquehuanca, & Reinoso, 1997) y (Tapia & Fries, 2007),mencionan que la cosecha se realiza una vez que las plantas llegan a la



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

madurez fisiológica, reconocible porque las hojas inferiores cambian de color y empiezan a caerse, dando una coloración amarilla característica a toda la planta. El grano, al ser presionado con las unas ofrece resistencia que dificulta su penetración. Para llegar a esta fase transcurren de 5 a 8 meses, según el ciclo vegetativo de las variedades.

Los mismos autores indican que en Puno, la cosecha es de abril a mayo. Es conveniente asegurarse de la maduración para determinar la fecha de cosecha ya que, al adelantarla y exponerla a lluvias tardías, se corre el riesgo de fermentaciones en las parvas que oscurecen el grano. Si por el contrario se realiza muy tarde, se desgrana fácilmente.

#### *2.1.1.9 Postcosecha*

(FAO., 2011); esta actividad comprende las labores de secado o emparve, trilla, venteo y almacenamiento, las cuales permite la obtención del grano.

***Fruto de la quinua (grano)***

El fruto de la quinua es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14.5% (Gallardo, *et al.;* 1997) citado por (FAO, 2001). El perigonio tiene un aspecto membranáceo, opaco de color ebúrneo, con estructura alveolar, con un estrato de células de forma poligonal-globosa y de paredes finas y lisas. El fruto es seco e indehiscente en la mayoría de los genotipos cultivados, dejando caer las semillas a la madurez en los silvestres y en algunas accesiones del banco de germoplasma.

(Gandarillas, 1979) afirma que el carácter amargo o contenido de saponina estaría determinado por un simple gen dominante. Sin embargo, la presencia de una escala gradual de contenido de saponina indicaría más bien su carácter poligénico.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### *2.1.1.10 Propiedades nutricionales*

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,.9% dependiendo de la variedad; debido, al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. Al respecto Risi (1993) citado por (FAO., 2011) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche. Su composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con la carne, el huevo, el queso y la leche se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1 *Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%)*

| Componentes (%) | Quinua | Carne | Huevo | Queso | Leche Vacuna | Leche Humana |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Proteínas | 13,00 | 30,00 | 14,00 | 18,00 | 3,50 | 1,80 |
| Grasas | 6,10 | 50,00 | 3,20 | - | 3,50 | 3,50 |
| Hidratos de carbono | 71,00 | - | - | - | - | - |
| Azúcar | - | - | - | - | 4,70 | 7,50 |
| Hierro | 5,20 | 2,20 | 3,20 | - | 2,50 | - |
| Calorías 100 g | 350 | 431 | 200 | 24 | 60 | 80 |

Fuente: Informe agroalimentario, 2009 MDRT-BOLIVIA

### 2.1.2 Propiedades físicas y químicas del suelo

(Bohn, 1993), considera que el gran interés de la gente por el crecimiento de las plantas y la producción de alimentos ha fomentado el estudio de la química de suelos. La capacidad para producir alimentos ha sido un factor fundamental para la evolución de la sociedad. Las sociedades primitivas entendían ya la importancia de mantener la fertilidad del suelo para lo cual variaban los cultivos, los abonaban, devolvían los desperdicios al suelo y mantenían la rotación de cultivos.

El principal alimento de las plantas es el agua, y que la principal función del suelo era mantener las plantas erguidas y protegerlas del frio y del calor. También



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

sostenía que el continuo cultivo de una determinada planta sobre un mismo suelo lo empobrecía para esta especie en particular, ya que cada planta extraía del suelo una sustancia concreta para su alimentación y correcto desarrollo (Navarro, 2003).

#### *2.1.2.1 Propiedades físicas*

***Textura del suelo***

(Tapia M. , 1990), sostiene que el cultivo de quinua prefiere suelos sueltos, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes. También pueden adaptarse a suelos franco arenoso, arenosos o franco arcilloso, siempre que se le dote de nutriente no exista la posibilidad de encharcamientos del agua, puesto que, es muy susceptible al exceso de humedad sobre los primeros estadios. La textura del suelo es la proporción de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, cuando más pequeña es la partícula más se acerca a la arcilla; cuando más grande es la partícula más se acerca a arena.

(Quiroga & Romano, 2008), mencionan que la textura es el elemento que mejor caracteriza al suelo desde el punto de vista físico. La permeabilidad, la consistencia, la capacidad de intercambio de iones, de retención hídrica, distribución poros, infiltración y estructura, son algunas de las características del suelo que en gran medida dependen de la proporción de las distintas fracciones texturales que constituyen un determinado suelo.

***Estructura del suelo***

Se refiere esta propiedad a la forma como se agregan y disponen las partículas del suelo, arena, limo y arcilla, en el perfil edáfico. Los agregados difieren en tamaño, forma y estabilidad. Los cuatro tipos de estructura o agregados son: granular, lenticular (laminar), cubica (en bloques) y prismática. La estructura tiene una notable influencia sobre la absorción y movimiento del agua, porosidad, aireación, fertilidad del suelo y penetrabilidad de las raíces de las plantas, entre otras la estructura en el campo es calificada a simple vista, separando los agregados (ONERN, 1965).

(Jaramillo, 2001), sostiene que las partículas sólidas del suelo se unen entre sí de diversas formas, generando unidades de mayor tamaño llamadas agregados,



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

unidades estructurales. El arreglo que se produce con estos solidos se denomina estructura del suelo. Las partículas finas están unidades entre si formando grupos más o menos grandes llamados agregados.

***Densidad aparente***

(Jaramillo, 2001) y (Vargas, 2009), sostienen que la densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto solidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Los valores de densidad aparente bajos indican generalmente una condición porosa del suelo, los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de infiltración del agua. La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema.

***Consistencia del suelo***

Es la propiedad del suelo en su relación a la resistencia que ofrece a la deformación o ruptura cuando está seco, húmedo o mojado, bajo la acción de presiones de intensidades variables. La determinación de la consistencia en el campo es puramente cualitativa y variable de acuerdo al estado de humedad del suelo. Esta propiedad tiene importancia por su efecto en la penetración y desarrollo en el sistema radicular, movimiento del agua, uso de implementos agrícolas, etc. (ONERN, 1965).

(Jaramillo, 2001), manifiesta que, de acuerdo con el contenido de humedad, el suelo presenta varios estados de consistencia, los cuales le dan ciertas propiedades especiales que definen su comportamiento mecánico; estos estados reflejan la relación en que se encuentran las fuerzas de cohesión (atracción entre partículas o moléculas de la misma sustancia) y de adhesión (atracción entre sustancias o partículas heterogéneas) en el suelo.

La consistencia se refiere al grado de cohesión o adhesión de la masa del suelo, incluye las propiedades del suelo como la friabilidad, adhesividad, y resistencia a



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

la compresión y, depende en gran medida de la cantidad y el tipo de arcilla, materia orgánica y contenido de humedad del suelo (Vargas, 2009).

***Humedad***

(Jaramillo, 2001), indica que la cantidad de agua que posee el suelo es una de sus características más específicas y está determinada fundamentalmente por su textura, su contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración.

### 2.1.3 Evaluación de la fertilidad del suelo

La evaluación de la fertilidad del suelo es el proceso mediante el cual se hace un diagnóstico de los problemas de nutrición y se hacen recomendaciones de fertilización. Los más difundidos se basan en análisis de suelo, análisis de plantas, técnicas de elemento faltante, ensayos de fertilizantes simples, y con frecuencia combinaciones de ellos (Sánchez, 1997).

El mismo autor indica que el propósito del laboratorio de evaluación de la fertilidad del suelo, es proporcionar servicios rápidos de diagnóstico a los agricultores, lo cual involucra hacer cantidades grandes de muestra diariamente con técnicas sencillas pero precisas. Un procedimiento satisfactorio de pruebas del suelo se debe extraer todas las formas de los nutrientes disponibles o una parte proporcional de suelos ampliamente diferentes por medio de técnicas rápidas y precisas. Los resultados deben de estar correlacionados con la respuesta de crecimiento bajo condiciones de campo. Pocos procedimientos de pruebas de suelos satisfacen estos requisitos.

### 2.1.4 Rotación del cultivo

Según (Tapia & Fries, 2007), la rotación de cultivos es importante por lo siguiente:

- Rompe ciclos biológicos de plagas y enfermedades.
- Aprovechamiento óptimo de la fertilidad del suelo.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

- Mejora las condiciones físicas del suelo.
- Disminuye la erosión.
- Permite obtener diversidad de productos agrícolas.
- La rotación con leguminosas favorece la fijación del nitrógeno del aire incorporándolo al suelo.
- Disminuye la invasión de malezas.
- Se aprovecha al máximo la capacidad productiva del suelo al no dejar barbechos prolongados.

(Mujica, A. & et al, 2001), manifiestan que la rotación que sugiere en el altiplano es papa- quinua-habas/tarwi; cebada/avena y forrajes (pastos cultivados), en otras condiciones donde solo es posible sembrar quinua, evitar en lo posible el monocultivo de quinua, pues permite que el suelo se esquilme y la incidencia de plaga y enfermedades se incremente.

(Apaza V. , 2005), mencionan que la rotación es la sucesión de diferentes cultivos dentro del mismo campo a través del tiempo, siendo uno de los componentes vitales de la agricultura orgánica que ofrece al productor la posibilidad de lograr un mejor control de enfermedades, plagas y malezas, permiten aumentar la fertilidad del suelo y la producción de cultivos. La rotación con leguminosas, por ejemplo, permite aumentar el contenido de nitrógeno del suelo y mejorar sus condiciones fisicoquímico.

### 2.1.5 Rendimiento

(Valdivia, Paredes, Zegarra, Choquehuanca, & Reinoso, 1997), mencionan que el rendimiento es el resultado que se obtiene de la producción. Estos resultados varían de acuerdo a los siguientes factores: variedad, calidad de la semilla, calidad de los suelos, los niveles de fertilización, el control de plagas y enfermedades y el nivel tecnológico que se utiliza en la producción.

(Mujica, A. & et al, 2001), indica que la producción más alta obtenida en condiciones óptimas de suelo, humedad, temperatura y en forma comercial está



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

alrededor de las 6 t/ha, sin embargo, en condiciones actuales del Altiplano Peruano - Boliviano con minifundio, escaza precipitación pluvial, terrenos marginales, sin fertilización, la producción promedio no sobrepasa de 0.85 t/ha, mientras que en los valles interandinos es de 1.5 t/ha. La Producción de materia seca después de la cosecha alcanza un promedio de 7.2 t/ha de tallos, 4.7 t/ha de broza y 4.1 t/ha de grano.

### 2.1.6 Clasificación práctica del suelo

#### *2.1.6.1 Clasificación del uso actual del suelo*

(Herrera, 2010), dice, que consiste en el registro sobre el uso presente o actual del suelo. Es considerada en agrupamiento auxiliar interpretativa, debido a que no da predicciones precisas sobre la potencialidad de uso de los suelos.

(UGI, 1957) citado por (Herrera, 2010), la Unión Geográfica Internacional, propone y establece la clasificación de las categorías de uso, que está distribuida de la siguiente manera:

Tabla 2. *Clasificación del uso actual de tierras*

| Categoría de uso | Sistema de clasificación UGI / Categorías de uso actual |
|---|---|
| 1 | Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales. |
| 2 | Terrenos con hortalizas |
| 3 | Terrenos con huertos frutales y otros cultivos permanentes |
| 4 | Terrenos con cultivos extensivos. |
| 5 | Praderas permanentes mejoradas. |
| 6 | Praderas naturales |
| 7 | Terrenos de bosque. |
| 8 | Terrenos húmedos |
| 9 | Terrenos sin uso y/o improductivos |

Fuente: (UGI, 1957) citado por (Herrera, 2010)

#### *2.1.6.2 Clasificación por capacidad de uso mayor*

Fue adoptada por el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú a través del Departamento de Tierras y Aguas.

Según (El Peruano, Decreto Supremo N° 017·2009·AG., 2009), esta categoría



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

representa la más alta abstracción, agrupando suelos de acuerdo a su vocación máxima de su uso. Reúne los suelos que presentan características y cualidades en cuanto a su aptitud natural para la producción.

El sistema establece los siguientes grupos de Capacidad Mayor de las tierras:

- Tierras aptas para el cultivo en limpio (símbolo A)
- Tierras aptas para cultivo permanente (símbolo C)
- Tierras aptas para pastos (símbolo P)
- Tierras aptas para producción forestal (símbolo F)
- Tierras aptas para protección (símbolo X)

*2.1.6.2.1Clases de capacidad de uso*

Las clases de capacidad son agrupaciones de los suelos en base a su calidad agrologica, que refleja la potencialidad y grado de amplitud de las limitaciones para uso agrícola.

*A. Clases de tierras aptas para cultivos en limpio (Símbolo A)*

Se establece las siguientes clases: A1, A2 y A3. La calidad agrológica disminuye progresivamente de la clase A1 a la A3, y ocurre lo inverso con las limitaciones, incrementándose éstas de la A1 a la A3.

*a.1. Calidad agrologica alta (Símbolo A1)*

Agrupa a las tierras de la más alta calidad, con ninguna o muy ligeras limitaciones que restrinjan su uso intensivo y continuado que, por sus excelentes características y cualidades climáticas, de relieve o edáficas, permiten un amplio cuadro de cultivos, requiriendo de prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos para mantener su productividad sostenible y evitar su deterioro



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*a.2. Calidad agrológica media (Símbolo A2)*

Agrupa a tierras de moderada calidad para la producción de cultivos en limpio con moderadas limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, que reducen un tanto el cuadro de cultivos, así como la capacidad productiva. Requieren de prácticas moderadas de manejo y de conservación de suelos, a fin de evitar su deterioro y mantener una productividad sostenible.

*a.3. Calidad agrológica baja (Símbolo A3)*

Agrupa a tierras de baja calidad, con fuertes limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, que reducen significativamente el cuadro de cultivos y la capacidad productiva. Requieren de prácticas más intensas y a veces especiales, de manejo y conservación de suelos para evitar su deterioro y mantener una productividad sostenible.

*B. Clases de tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C)*

Se establece las siguientes clases: C1, C2 y C3. La calidad agrológica del suelo disminuye progresivamente de la clase C1 a la C3.

*b.1 Calidad agrológica alta (Símbolo C1)*

Agrupa a tierras con la más alta calidad de suelo de este grupo, con ligeras limitaciones para la fijación de un amplio cuadro de cultivos permanentes, frutales principalmente. Requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos poco intensivas para evitar el deterioro de los suelos y mantener una producción sostenible.

*b.2 Calidad agrológica media (Símbolo C2)*

Agrupa tierras de calidad media, con limitaciones más intensas que la clase anterior de orden climático, edáfico o de relieve que restringen el cuadro de cultivos permanentes. Las condiciones edáficas de estas tierras requieren de prácticas moderadas de conservación y mejoramiento a fin de evitar el deterioro de los suelos y mantener una producción sostenible.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*b.3 Calidad agrológica baja (Símbolo C3)*

Agrupa tierras de baja calidad, con limitaciones fuertes o severas de orden climático, edáfico o de relieve para la fijación de cultivos permanentes y, por tanto, requieren de la aplicación de prácticas intensas de manejo y de conservación de suelos a fin de evitar el deterioro de este recurso y mantener una producción sostenible.

*C. Clases de tierras aptas para pastos (Símbolo P)*

Se establecen las siguientes clases de potencialidad: P1, P2 y P3. La calidad agrológica de estas tierras disminuye progresivamente de la clase P1 a la P3.

*c.1 Calidad agrológica alta (Símbolo P1)*

Agrupa tierras con la más alta calidad agrologica de este grupo, con ciertas deficiencias o limitaciones para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas que permitan el desarrollo sostenible de una ganadería. Requieren de prácticas sencillas de manejo de suelos y manejo de pastos para evitar el deterioro del suelo.

*c.2 Calidad agrológica media (Símbolo P2)*

Agrupa tierras de calidad agrológica media en este grupo, con limitaciones y deficiencias más intensas que la clase anterior para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas, que permiten el desarrollo sostenible de una ganadería. Requieren de la aplicación de prácticas moderadas de manejo de suelos y pastos para evitar el deterioro del suelo y mantener una producción sostenible.

*c.3 Calidad agrológica baja (Símbolo P3)*

Agrupa tierras de calidad agrológica baja en este grupo, con fuertes limitaciones y deficiencias para el crecimiento de pastos naturales y cultivados, que permiten el desarrollo sostenible de una determinada ganadería. Requieren de la aplicación de prácticas intensas de manejo de suelos y pastos para el desarrollo de una ganadería sostenible, evitando el deterioro del suelo.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*D. Clases de tierras aptas para producción forestal (Símbolo F)*

Se establecen las siguientes clases de aptitud: F1, F2 y F3. La calidad agrológica de estas tierras disminuye progresivamente de la clase F1 a la F3.

*d.1 Calidad agrológica alta (Símbolo F1)*

Agrupa tierras con la más alta calidad agrológica de este grupo, con ligeras limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, para la producción de especies forestales maderables. Requieren de prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos y de bosques para la producción forestal sostenible, sin deterioro del suelo.

*d.2 Calidad agrológica media (Símbolo F2)*

Agrupa tierras de calidad agrológica media, con restricciones o deficiencias más acentuadas de orden climático, edáfico o de relieve que la clase anterior para la producción de especies forestales maderables. Requiere de prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos y de bosques para la producción forestal sostenible, sin deterioro del suelo.

*d.3 Calidad agrológica baja (Símbolo F3)*

Agrupa tierras de calidad agrológica baja, con fuertes limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, para la producción forestal de especies maderables. Requiere de prácticas más intensas de manejo y conservación de suelos y bosques para la producción forestal sostenible, sin deterioro del recurso suelo.

*E. Clases de tierras de protección (Símbolo X)*

Estas tierras no presentan clases de capacidad de uso, debido a que presentan limitaciones tan severas de orden edáfico, climático o de relieve, que no permiten la producción sostenible de cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos ni producción forestal.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

### 2.1.7 Los modelos y simulaciones

(Alzate, 2001), el modelamiento de procesos y las simulaciones cobijan los conceptos teóricos y los métodos computacionales que describen, representan y simulan el funcionamiento de los procesos del mundo real. Los modelos son abstracciones simplificadas de la realidad, que representan o describen sus más importantes elementos de conducción y sus interacciones. Las simulaciones pueden ser consideradas como modelos que se corren para ciertas condiciones iniciales (reales o diseñadas).

**El propósito de los modelos y las simulaciones**

- Análisis y entendimiento de los fenómenos observados
- La predicción del comportamiento de los sistemas espacio – temporales bajo varias condiciones y escenarios, a menudo realizados para apoyar la toma de decisiones.
- Nuevos descubrimientos del funcionamiento de los fenómenos geoespaciales, logrados debido a las capacidades únicas de los experimentos del computador.

#### *2.1.7.1 El papel del sistema de información geográfica (SIG) en el modelamiento y simulación.*

(Alzate, 2001), el SIG juega un papel importante como el de almacenar y manejar los datos de entrada y los resultados, preprocesamiento de datos de entrada (edición, transformación, interpolación, derivación de parámetros, etc.), análisis y visualización de los resultados, además de proveer el ambiente computacional y las herramientas para la simulación. En relación con el modelamiento, los SIG cada vez ofrecen más facilidades de desarrollar modelos y simulaciones de procesos del mundo real, a través del modelamiento simple soportando por la mayoría de los SIG comerciales, bien sea en estructuras de datos ráster o vector. Otros SIG han desarrollado numerosas extensiones para la integración de modelos complejos (3D, métodos matemáticos, modelos hidrológicos).



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### *2.1.7.2 Modelos de datos*

***Modelo Vectorial***

(Bosque, 2000), indica que el modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando de modo explícito, sus "fronteras" (el límite o perímetro que separa el objeto del contorno). Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman. De este modo, los objetos puntuales (Dimensión topológica) se representa mediante un par de coordenadas, la X y la Y de la posición del objeto.

***Modelo Ráster***

(Lantada & Nuñez, 2004), indica que el modelo ráster centra su interés más en las propiedades del espacio que en la representación precisa de los elementos que lo conforman. Para ello la estructura del espacio en una serie de elementos discretos por medio de una retícula regular, generalmente compuesta por celdas cuadradas, también llamadas "pixel", cada una de esas celdas se considera como indivisible y es identificable por su número de fila y columna.

### 2.1.8 La Teledetección

**(Chuvieco, 1996)**, la teledetección o la percepción remota es la ciencia de adquirir y procesar información de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, gracias a la interacción de la energía electromagnética que existe entre el sensor y la tierra

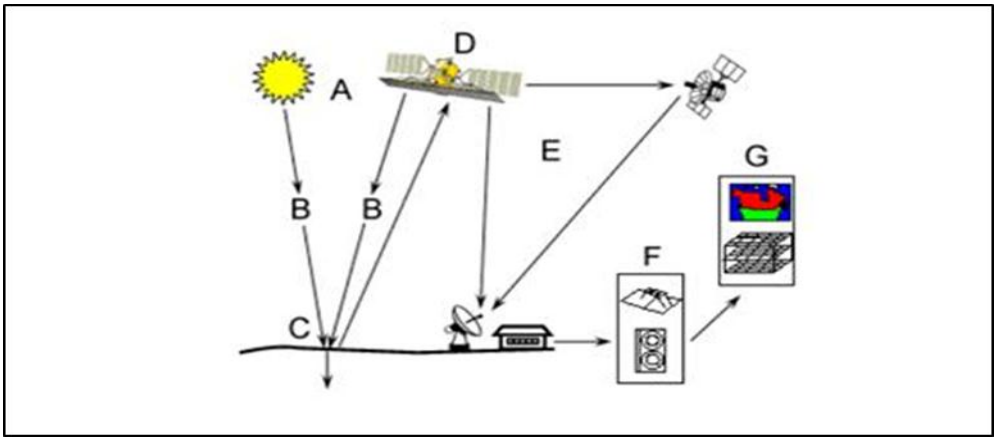



*Figura 1* Elementos de un proceso de teledetección



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

A. **Fuente de energía o iluminación**. - El primer requerimiento en teledetección es disponer de una fuente de energía que ilumine o provea energía electromagnética al objeto de interés.

B. **Radiación y la atmosfera**. - Ya que la energía "viaja" desde la fuente al objeto, entra en contacto e interacciona con la atmosfera. Esta interacción tiene lugar una segunda vez cuando la energía "viaja" desde el objeto al sensor.

C. **Interacción con el objeto**. - La energía interactúa con el objeto dependiendo de las propiedades de este y de la radiación incidente.

D. **Detección de energía por el sensor**. - Necesitamos un sensor remoto que recoja y grabe la radiación electromagnética reflejada o emitida por el objeto y la atmosfera.

E. **Transmisión, recepción y procesamiento**. - La energía grabada por el sensor debe ser transmitida, normalmente en forma electrónica, a una estación de recepción y procesamiento donde los datos son convertidos a imágenes digitales.

F. **Interpretación y análisis**. - La imagen procesada se interpreta, visualmente o digitalmente, para extraer información acerca del objeto que fue iluminado (o que emitió radiación).

G. **Aplicación**. - El paso final en el proceso de teledetección se alcanza en el momento en que aplicamos la información extraída de las imágenes del objeto para un mejor conocimiento del mismo.

#### *2.1.8.1 Sistemas espaciales de teledetección*

##### *2.1.8.1.1 Tipos de sistemas*

(Chuvieco, 1996)**,** entre las variadas formas de clasificar los sensores remotos, una de las más habituales considera su procedimiento de recibir la energía procedente de las distintas cubiertas. En este sentido, se habla de dos tipos de sensores: pasivos, cuando se limitan a recibir la energía proveniente de un foco



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

exterior a ello. Y los sensores activos, cuando son capaces de emitir su propio has de energía, el equipo más conocido es el radar bastante aplicado en aplicaciones militares.

*2.1.8.1.2 Sensor satélite RapidEye*

(Labrador, Évora, & Arbelo, 2012); menciona que RAPIDEYE es una constelación formada por 5 satélites comerciales propiedad de RapidEye AG, compañía alemana proveedora de información geoespacial. Los cinco satélites, llamados TACHYS (Rapid), MATI (Eye), CHOMA (Earth), CHOROS (Space) y TROCHIA (Orbit), están equipados con sensores idénticos y situados en el mismo plano orbital, lo que multiplica su capacidad de revisita y de captación de imágenes. Los 5 satélites, puestos en órbita el 29 de agosto de 2008, orbitan a una altura de 630 km sobre la superficie terrestre. La constelación fue construida por SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd) y destaca por el pequeño tamaño de los satélites (alrededor de 1 $m^3$). En conjunto, los 5 satélites son capaces de cubrir una superficie de 4 millones de $km^2$ por día, aproximadamente 8 veces la superficie del estado español.

Las aplicaciones de esta constelación esta orientadas principalmente al monitoreo de cultivos, pronóstico de cosechas, inteligencia comercial, seguros agrícolas, monitoreo forestal, cartografía, desastres naturales entre otras aplicaciones. Las imágenes de la constelación RapidEye tenemos acceso a la banda del "borde del rojo" (701nm) - red egde - donde la vegetación pasa rápidamente de unos valores bajos en el rojo a uno muy altos en el infrarrojo. Esta zona de transición entre rojo e infrarrojo resulta clave para estudios y análisis de vegetación.

Tabla 3. *Características del sensor*

| **Parámetros** | **RapidEye** | |
|---|---|---|
| Bandas espectrales | Azul | 440 - 510 nm |
| | Verde | 520 - 590 nm |
| | Rojo | 630 - 685 nm |
| | Borde del rojo | 690 - 730 nm |
| | Infrarrojo cercano | 760 - 850 nm |
| Distancia de muestreo sobre el terrero (nadir) | 6,5 m | |
| tamaño del pixel (orto rectifica do) | 5m | |
| Ancho de observación | 77 km | |
| Tiempo de revisita | Diario | |
| Hora de cruce por el ecuador | 11:00 a.m (aproximadamente) | |
| Capacidad de captura de imágenes | Hasta 5 millones de Km2 a diario | |

Fuente: RapidEye ™ Mosaic Product Specifications



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Bandas espectrales**

(Schomwandt, 2015) explica las bandas espectrales y es como sigue:

- **Banda 1:** (440 a 510 nanómetros – también llamada Banda azul, debido a que es la porción correspondiente al color azul del espectro electromagnético) Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo, coníferas y latifoliadas. También es utilizada para realizar índices que sirven para diferenciar los diferentes tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.

- **Banda 2:** (520 a 590 nanómetros - correspondiente al color verde) Diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana. Esto se debe a que existe un pico relativo de reflectancia (o radiancia) en la vegetación con buen estado o vigorosa; útil también para diferenciar tipos de rocas, que al igual que la banda 1 utilizada con índices minerales, puede detectar la existencia de limonita.

- **Banda 3:** (630 a 685 nanómetros - correspondiente al color rojo) Es una banda que exhibe un pico relativo de absorción de la clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. Al igual que las anteriores dos, también sirve en la diferenciación de los distintos materiales del suelo.

- **Banda 4:** (690 a 730 nanómetros - infrarrojo cercano) Para el caso de análisis de la vegetación, puede ser muy útil para determinar el contenido de biomasa, a su vez también puede ser utilizado para la delimitación de cuerpos de agua debido a la absorción de esta porción del espectro por el agua. Al igual que las anteriores bandas es muy útil para la discriminación de las rocas.

- **Banda 5:** (760 a 850 nanómetros - infrarrojo medio); es utilizado para evapotranspiración, determinar el uso del suelo, indicativo del contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*2.1.8.1.3 Resolución de un sistema sensor*

- **Resolución espacial**. - Este término designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen.
- **Resolución espectral**. - Indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor.
- **Resolución radiométrica**. - Hace mención a la sensibilidad del sensor, esto es, a su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe.
- **Resolución temporal**. - Este concepto alude a la frecuencia de coberturas que proporciona el sensor.

### 2.1.9 Firma espectral de la quinua

(Ibañez J. , 2016); menciona que, una vez finalizada la lectura de espectros de infrarrojo, se analizaron los diferentes espectros obtenidos de la quinua en forma de grano y de harina. Se determinó que las muestras de quinua de colores claros y oscuros pertenecían a grupos poblacionales de características diferentes. Dada esta condición, se desarrollaron las diversas calibraciones en base a las quinuas de colores claros (crema, amarillo y naranja), el grupo de mayor tamaño.

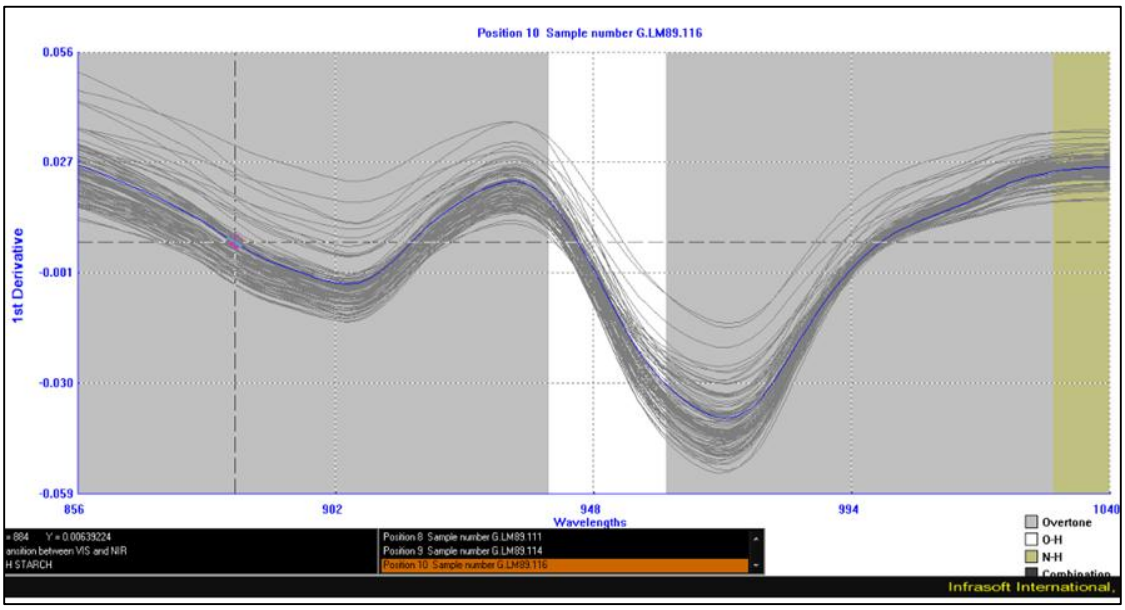



*Figura 2.* Espectro de la presentación de granos de quinua con tratamiento



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Modelos

Los modelos son abstracciones simplificadas de la realidad, que representan o describen sus más importantes elementos de conducción y sus interacciones. (Alzate, 2001).

### 2.2.2 Mapa base

Es una imagen sintética del territorio, cuyo objeto es la referenciación geográfica del contenido temático del mapa; es decir nos proporciona información espacial sobre la que referencia el contenido temático. (Quispe, 2002).

### 2.2.3 Mapa temático

Podemos definir los mapas temáticos como aquellos que muestran las características estructurales de la distribución espacial de un fenómeno geográfico particular. (Quispe, 2002).

### 2.2.4 Sistemas

Es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas relacionadas entre sí, de tal manera forman y actúan como una unidad o un todo.

### 2.2.5 Pixel

Es una representación numérica o lógica del campo instantáneo de vista y es la medida de la energía promedio que proviene de dicho campo.

## 2.3 Marco legal

- El Peruano, Decreto Supremo Nº087-2004-PCM, (24 de Diciembre de 2004). Aprueban Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).

- Ley Nº26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, en su artículo 11º, dispone que la ZEE del país, se aprueba a propuesta de la Presidencia del Consejo de Ministros en



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

coordinación intersectorial como apoyo al Ordenamiento Territorial, a fin de evitar conflictos con superposición de títulos y usos inapropiados y demás fines.

- II plan operativo bienal Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial 2008-2010.

- III Plan Operativo Bienal Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial 2011-2013, y de acuerdo al reglamento de organización y funciones del MINAM, Decreto Legislativo Nº1013, señala que la Dirección General de Ordenamiento Territorial, es responsable de promover los procesos de ZEE y OT en el país, y hacer el seguimiento respectivo a través del Plan Operativo Bienal de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial, que tiene por finalidad orientar y planificar los procesos que se desarrollan a nivel nacional.

- El Peruano, Decreto Supremo N° 017·2009·AG. (02 de Setiembre de 2009). Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, págs. 401820-401837.

- El Peruano, Decreto Supremo N° 13-2010-AG. (20 de Noviembre de 2010). Aprueban Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos, págs. 429454-429462.

- Resolución Ministerial Nº059-2015 – MINAM (19 de marzo de 2015). Aprueban Guía de inventario de la Flora y Vegetación.

### 2.3.1 Zonificación

#### *2.3.1.1 Zonificación agroecológica (ZAE).*

(FAO., 1997), menciona que la división de un área geográfica en unidades más pequeñas con similares características en cuanto a la aptitud para ciertos cultivos, al potencial de producción y al impacto ambiental de su utilización.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### *2.3.1.2 Zonificación ecológico-económica (ZEE).*

(El Peruano, Decreto Supremo Nº 087-2004-PCM,, 2004), señala que es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobado la ZEE se convierte en un instrumento técnico y orientador del uso sostenible de un territorio y de sus recursos naturales.

### 2.3.2 Niveles de zonificación

#### *2.3.2.1 Macro zonificación*

(MINAM , 2010), señala que la macro zonificación es aplicada a nivel nacional, macro regional, regional y a nivel de provincias, cuencas hidrográficas y otros ámbitos espaciales con superficies relativamente grandes, delimitando grandes unidades espaciales en el territorio, definidos con criterios: físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. También puede ser tomada como referencia para definir prioridades espaciales en los otros niveles de mayor acercamiento espacial (meso y microzonificación).

La cartografía aplicable a los estudios del medio biofísico de grandes ecosistemas y paisajes, corresponde a una escala de trabajo menor o igual a 1:250000. Mientras que la información socioeconómica debe corresponder, por lo menos a las unidades espaciales provinciales o distritales, según las características de cada territorio. Así también el grado de participación a este nivel involucra las diversas instituciones públicas y representantes de las organizaciones de la sociedad civil.

#### *2.3.2.2 Meso zonificación*

(MINAM , 2010), señala que la meso zonificación puede ser aplicada a nivel regional, provincial y distrital, a nivel de cuencas hidrográficas y otros ámbitos espaciales con superficies relativamente no muy grandes, incluyendo el área de influencia de zonas metropolitanas, delimitando unidades espaciales del territorio a semi detalle, con los mismos criterios de la macro zonificación. A su vez es marco de referencia para definir prioridades espaciales a nivel de microzonificación.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

La aplicación cartográfica para los estudios del medio biofísico (grandes ecosistemas y paisajes) corresponde a una escala de trabajo mayor o igual a 1:100000, cuyas unidades espaciales para la información socioeconómica deben corresponder a los distritos o micro cuencas.

El grado de participación dependerá de las instituciones públicas y privadas con actuación directa en el territorio comprometido, en especial los gobiernos provinciales y distritales, las instancias territoriales del gobierno regional y direcciones sectoriales, ONGs, asociación de productores, comunidades campesinas e indígenas, gremios empresariales, medios de comunicación, entre otros.

#### *2.3.2.3 Microzonificación*

Tiene por propósito, generar información sobre las potencialidades y limitaciones del territorio que sirva de base para la elaboración, aprobación y promoción de los proyectos de desarrollo, planes de manejo en áreas y temas específicos en el ámbito local. Igualmente, contribuye al ordenamiento y/o acondicionamiento territorial, así como al plan de desarrollo urbano y rural, cobertura espacial de áreas específicas de interés (El Peruano, Decreto Supremo Nº 087-2004-PCM,, 2004)).

(MINAM , 2010), menciona que la microzonificación se aplica a nivel local, en ámbitos espaciales con superficies relativamente pequeñas, incluyendo el área de influencia de zonas urbanas, delimitando unidades espaciales del territorio a nivel de detalle, con criterios biofísicos, a nivel de atributos específicos del paisaje, y criterio socioeconómico, a nivel de área de influencia de centros poblados o comunidades.

El nivel micro es más detallado y está orientado a identificar los usos existentes y potenciales, para definir los usos específicos en determinadas áreas donde se requiere de información más precisa. Al igual que la macro y meso zonificación, permite generar información sobre las potencialidades y limitaciones del territorio, para la elaboración, aprobación y promoción de los proyectos de desarrollo, planes de manejo en áreas y temas específicos en el ámbito local. Igualmente, contribuye al ordenamiento y/o acondicionamiento territorial, así como al plan de desarrollo urbano y rural.

La cartografía aplicable a estudios del medio biofísico corresponde a una escala de trabajo mayor o igual a 1:25000, depende de la extensión y de las características del área de



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

estudio. Así también las unidades espaciales para la información socioeconómica, debe corresponder a los centros poblados.

En el caso de las zonas marino costeras, la unidad espacial de análisis socioeconómica será diferenciada en concordancia a las actividades desarrolladas en este ámbito.

El grado de participación a nivel micro recae en el gobierno local respectivo, las direcciones sectoriales comprometidas por las características ambientales y socioeconómicas del territorio, las comunidades campesinas e indígenas, ONGs, asociación de productores, gremios empresariales, medios de comunicación y población en general.

### 2.3.3 Ordenamiento Territorial.

(MINAM, 2015), menciona que es una normativa, con fuerza de ley, que regula el uso del territorio, definiendo los usos posibles para las diversas áreas en que se ha dividido el territorio, ya sea el país como un todo o una subdivisión político-administrativa del mismo.

## 2.4 Estudio socioeconómico.

El estudio socioeconómico consiste en recoger información relevante de los diferentes aspectos relacionados con las condiciones sociales, culturales, económicas de los grupos afectados en el estudio del proyecto.

**¿Para qué sirve?**

El objetivo de un estudio socioeconómico es de corroborar la forma de vida, social, cultural, actividad económico y referencias laborales, en general, establecer cuál es el ambiente que rodea al ámbito de estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# CAPITULO III

# MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proceso investigativo, se caracterizó por ser una investigación aplicada a la modelación agroecológica de las potencialidades y limitaciones de un territorio, cuya información es cualitativa y descriptiva a nivel semidetallado.

## 3.1 Método cualitativo

Los modelos cualitativos determinan, de manera general, las relaciones entre diferentes factores o componentes del sistema. Estos modelos no pretenden cuantificar dichas relaciones sino solamente facilitar el entendimiento de cómo funciona el proceso específico que nos interesa. La modelación es una actividad creativa, interesante y de mucha utilidad (Ibañez V. , 2003). A continuación, se indica los materiales, la secuencia y los métodos que se emplearon en el proceso de ejecución del presente proyecto de investigación.

## 3.2 Materiales.

**Herramientas y equipos:**

**De Campo:**

- 01 libreta de campo
- Mapa base
- Tarjetas de descripción de calicatas
- Muestreador
- Martillo geológico
- Mira o estadía (1.50m)
- Cinta métrica
- Picos, palas y barreta



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

- Bolsas de polietileno
- Plumón indeleble
- GPS navegador MAP76 CSs
- Cámara digital
- Altímetro

**De gabinete:**

- Computadora/laptop
- Carta Nacional IGN hoja catastral 33X y 33Y
- Imagen del Satélite Landsat7 ETM+, resolución especial 15 metros, resolución espectral 5,4,3
- Software: Global Mapper 16, Arc GIS 10.x, Erdas Imagine 2014 y Google Earth Pro
- Imagen ASTER GDEM v2 con resolución espacial de 30 metros.
- Datos meteorológicos (SENAMHI)
- Imagen de satélite RapidEye con resolución espacial de 5 metros.

## 3.3 Metodología para la determinación del área del estudio

### 3.3.1 Recopilación de información disponible

Se recopilo información bibliográfica y cartográfica existente de instituciones como el Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), Ministerio del Ambiente (MINAM), Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN) y Municipalidad provincial de Chucuito, entre otros.

### 3.3.2 Delimitación del área de estudio

Para delimitar la microcuenca del rio Salado se realizó mediante el método de Otto Pfafstetter y con un modelo digital de elevación (MDE), para iniciar el proceso de



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

codificación en principio se determinó el curso del río principal de la unidad que se codificó. Una vez determinado el curso del río principal, se determinaron las cuatro unidades hidrográficas de tipo cuenca, que son las cuatro unidades de mayor área que confluyen al río principal.

Posteriormente fue corregido manualmente mediante un modelo digital de elevación (MDE), que es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como es la altitud y curvas de nivel.

Finalmente usando imágenes de satélite RapidEye y curvas de nivel se culminó delimitar el área de estudio.

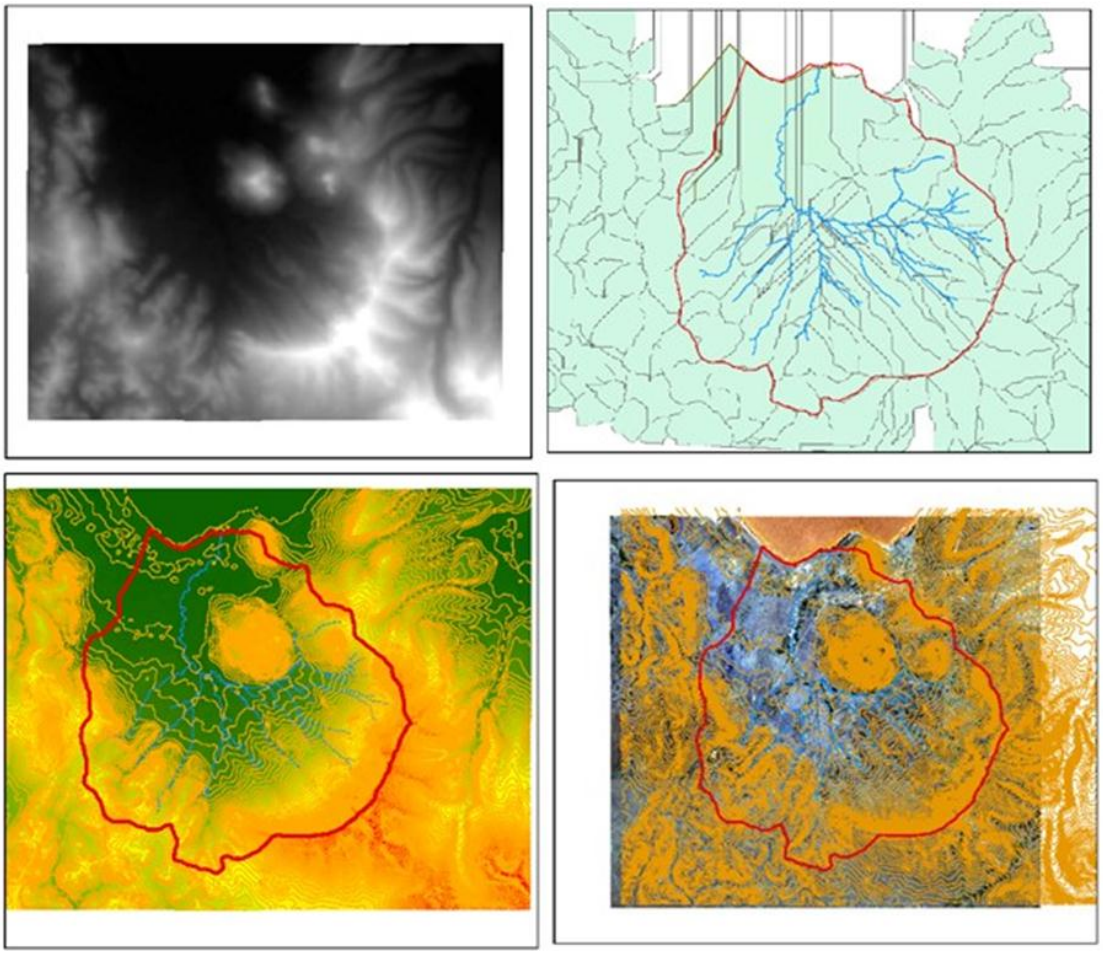


*Figura 3.* Proceso de delimitación de la microcuenca del rio Salado



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

### 3.3.3 Adquisición de imagen de satélite

La imagen de satélite RapidEye fue utilizada para la interpretación de resultados de acuerdo a los objetivos planteados en el presente proyecto y fue facilitada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura y Riego.

Tabla 4. *Especificaciones técnicas de las bandas de satélite RAPIDEYE*

| **Parámetros** | **RapidEye** | |
|---|---|---|
| Bandas espectrales | Azul | 440 - 510 nm |
| | Verde | 520 - 590 nm |
| | Rojo | 630 - 685 nm |
| | Borde del rojo | 690 - 730 nm |
| | Infrarrojo cercano | 760 - 850 nm |
| Distancia de muestreo sobre el terrero (nadir) | 6,5 m | |
| tamaño del pixel (orto rectifica do) | 5m | |
| Ancho de observación | 77 km | |
| Tiempo de revisita | Diario | |
| Hora de cruce por el ecuador | 11:00 a. m. (aproximadamente) | |
| Capacidad de captura de imágenes | Hasta 5 millones de $Km^2$ a diario | |

*Fuente:* RapidEye ™ Mosaic Product Specifications

### 3.3.4 Combinación de bandas espectrales

La combinación de bandas espectrales 5, 4, 3 (RGB), nos permite realizar aplicaciones muy avanzadas en la agricultura, donde la fecha de toma, es un elemento importante para el análisis.

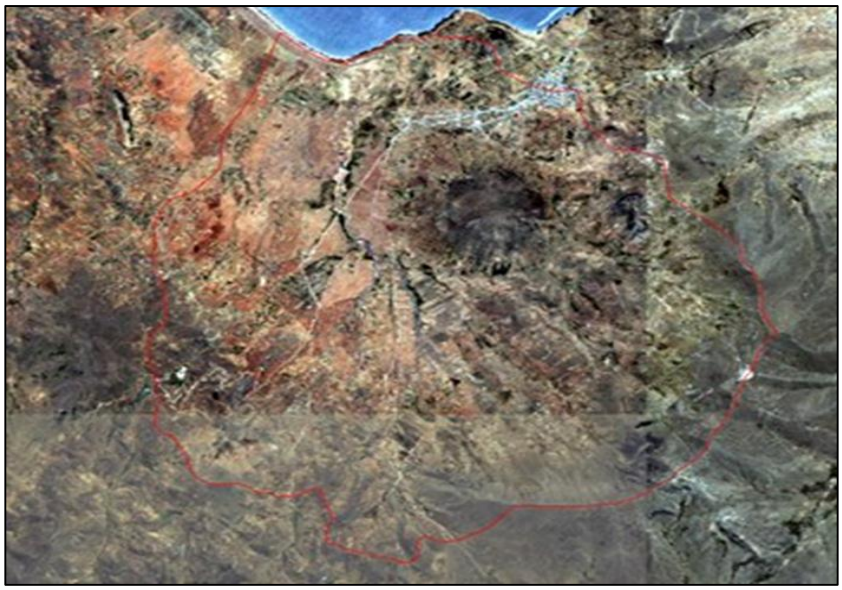


*Figura 4* Color de la imagen satélite RapidEye



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## 3.4 Metodología para modelar las potencialidades, limitaciones de tierras en la microcuenca del rio Salado

### 3.4.1 Elaboración del mapa de pendiente.

En el proceso de elaboración de mapa de pendientes se realizó mediante el uso de curvas de nivel a 25 metros. Siendo un instrumento importante para su procesamiento el software Global Mapper y Arc Gis 10x. Al no existir curvas de nivel a 25 metros en las hojas catastrales del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se optó por utilizar la imagen de satélite ASTER GDEM v2, el modelo de elevación se genera de las bandas 3N (Nadir) Y 3B (Back). A partir de estas imágenes se pueden generar DEM relativo y curvas de nivel en Globar Mapper, como se muestra en la figura 5.

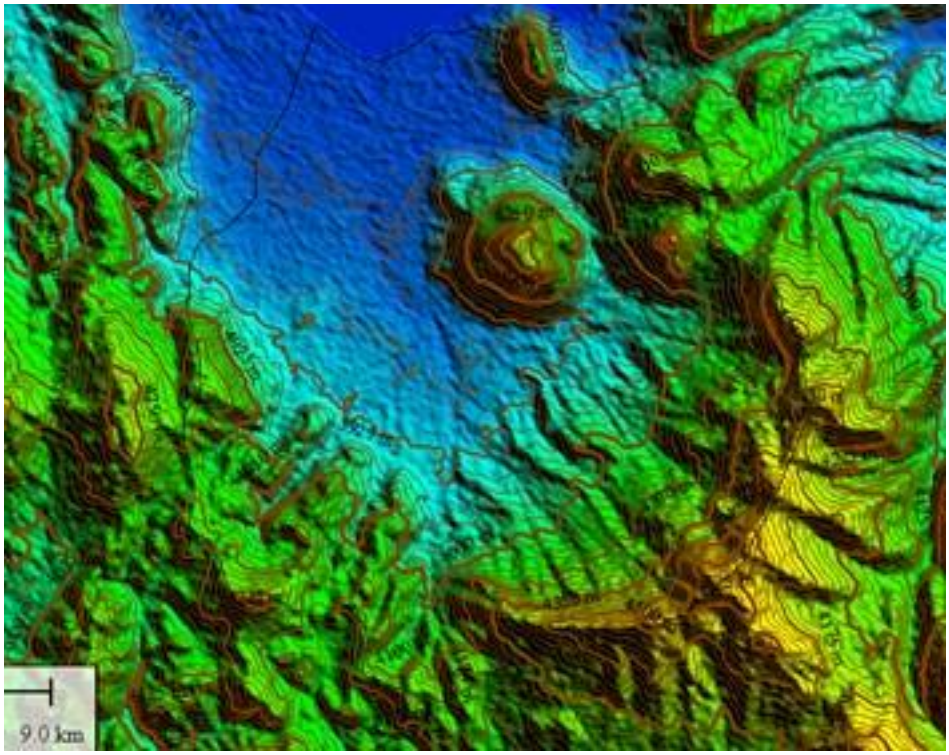



*Figura 5.* Obtención de curvas de nivel

Luego de adquirir las curvas de nivel a 25 metros de la imagen de satélite ASTER GDEM v2, posterior a ello se insertó al ArcGIS 10.x, donde se estableció los parámetros de rangos de pendientes según el Decreto Supremo Nº017 – 2009 –AG.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

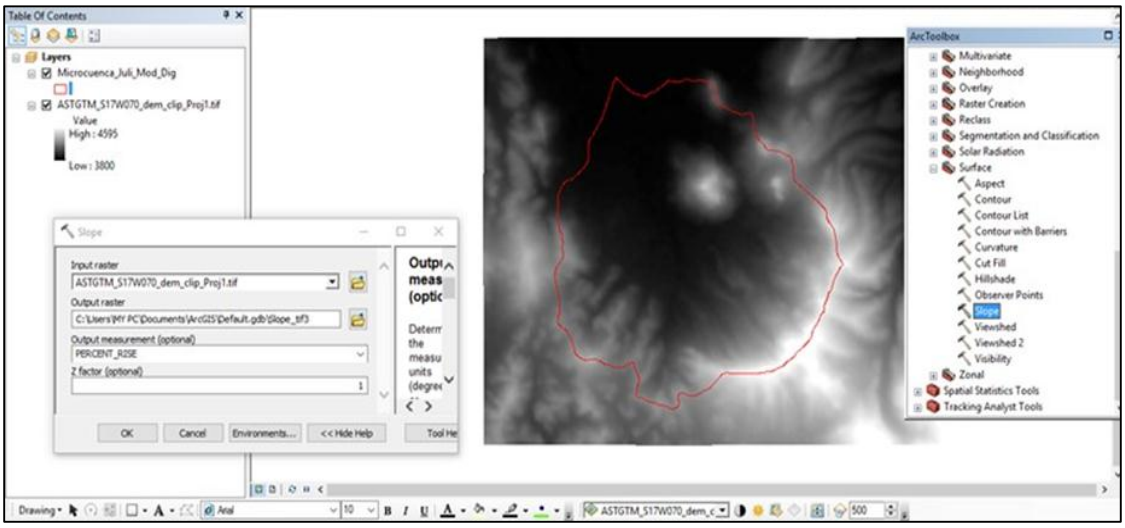



*Figura 6.* Obtención de pendiente con MDE

La herramienta "Slope" o PENDIENTE, permite calcular la tasa máxima de cambio existente entre los valores de una celda y los valores de las celdas inmediatamente aledañas a ella. Esto significa que esta herramienta es capaz de identificar los valores de inclinación para cada una de las celdas analizadas, las cuales son tomadas a partir de un ráster de superficie.

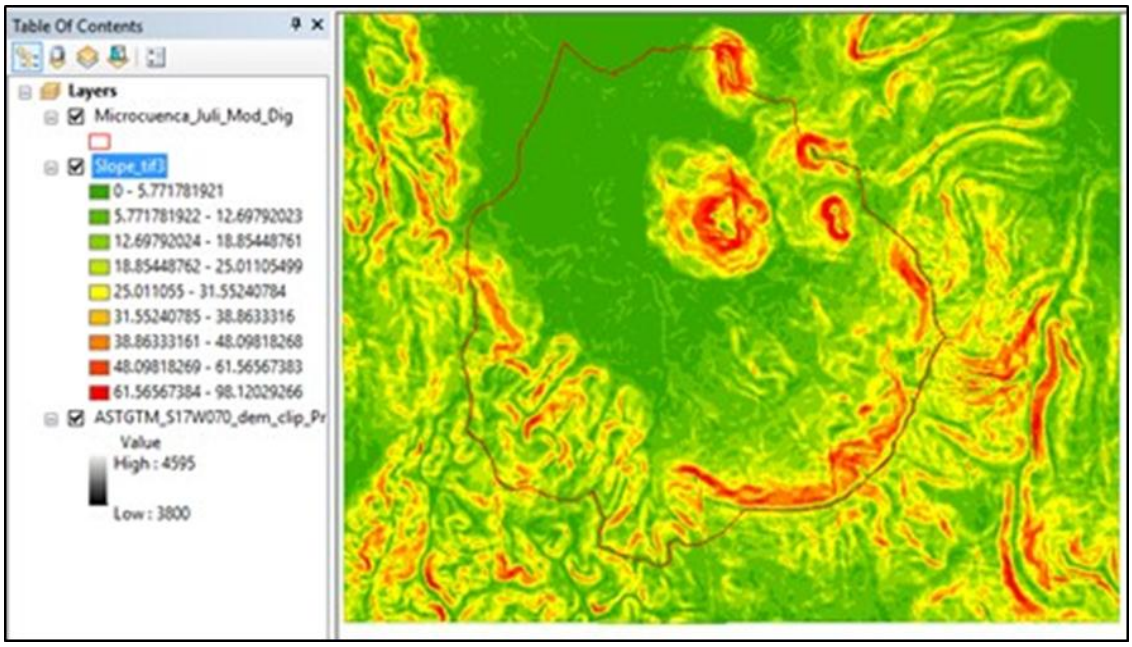



*Figura 7.* Obtención de pendiente con la herramienta Slope

Luego reclasificamos los valores de manera manual con la herramienta ArcToolbox: opción Spatial Analisys Tools/reclass/reclassify y obtenemos:



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

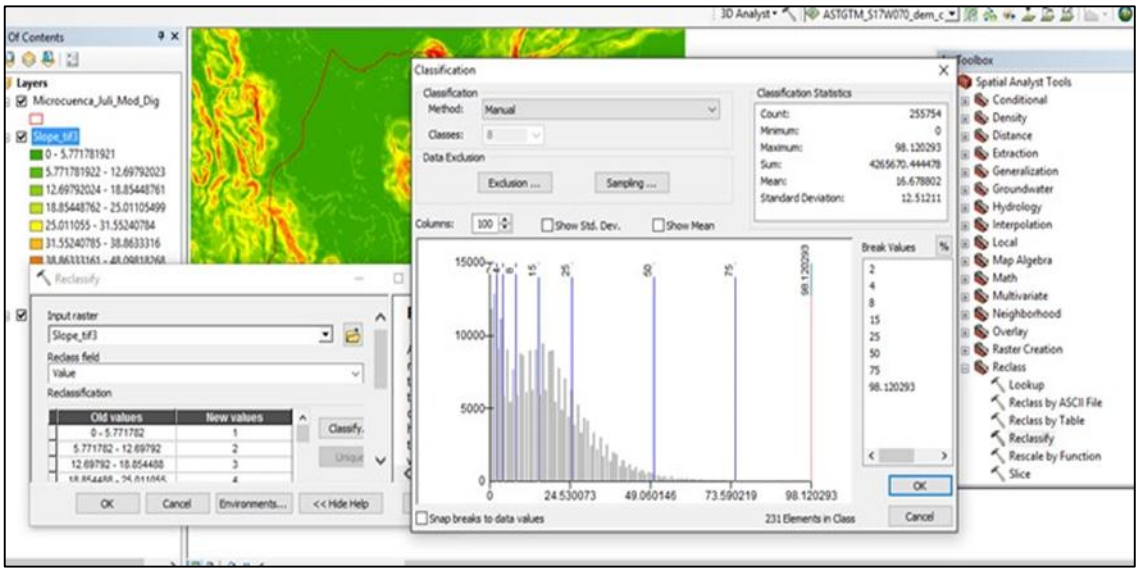



*Figura 8* Reclasificación de pendiente

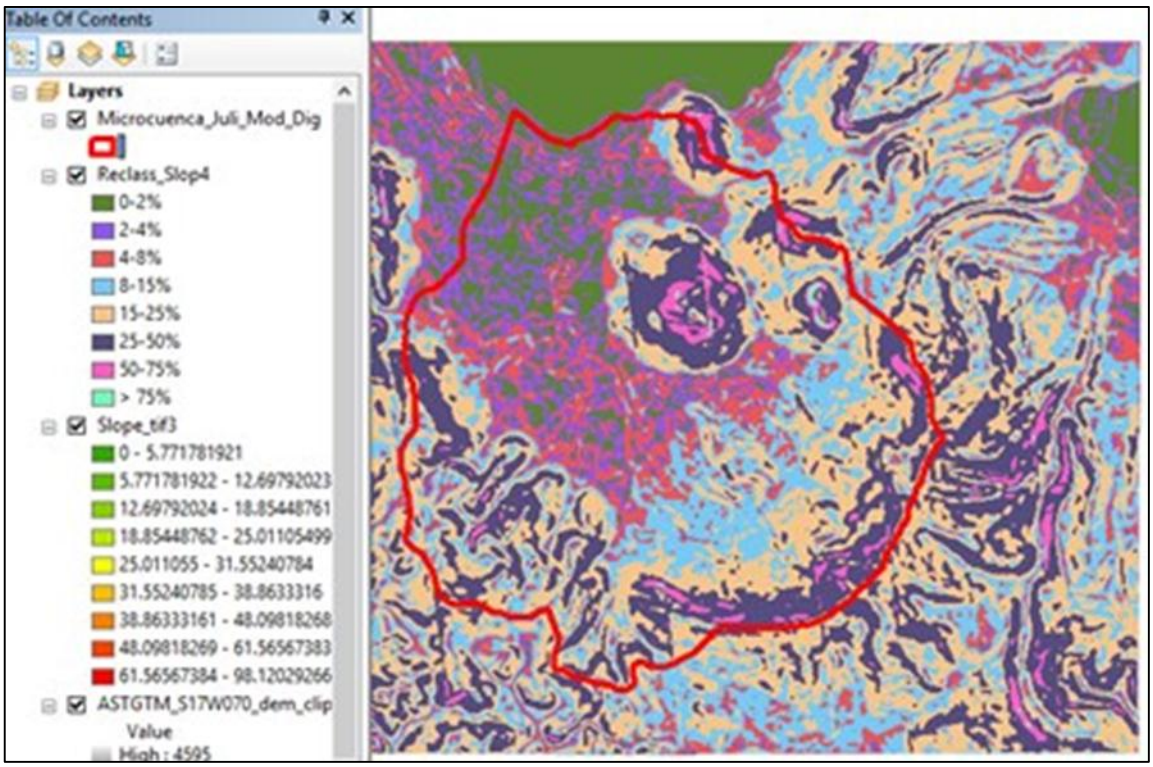



*Figura 9.* Pendiente reclasificada

Posteriormente realizamos la conversión de formato ráster a vector y designamos los parámetros de rangos de pendientes según el Decreto Supremo Nº 017 – 2009 –AG.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

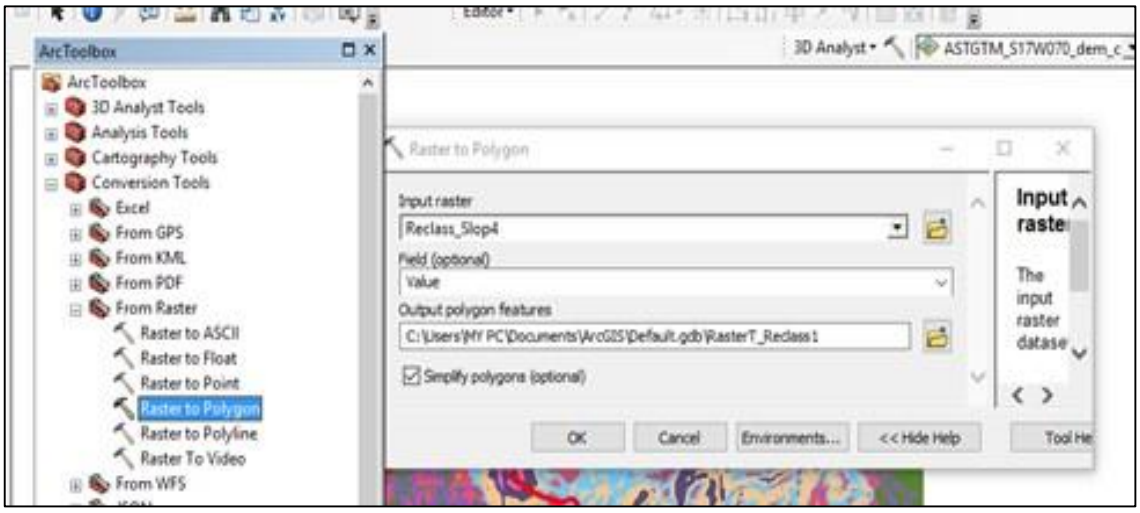



*Figura 10* Conversión de Raster a polígono

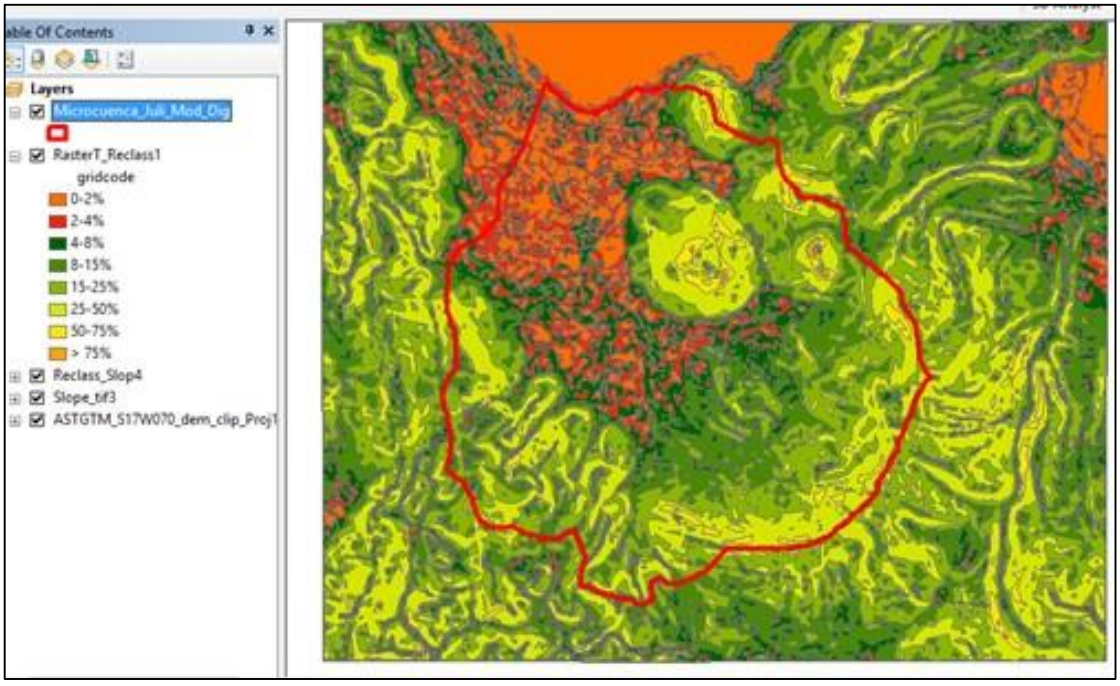



*Figura 11.* Imagen con designación de pendientes

Posteriormente contrastamos con imagen satelital RapidEye la designación de pendientes y calculamos el área de cada polígono.

### 3.4.2 Elaboración de mapa geológico

Para la obtención de unidades litológicas se vectorizo en el programa Arc Gis 10x con la ayuda de la imagen de satélite RapidEye y posteriormente validado en campo, las áreas líticas son identificables gracias a la Banda 5. A continuación, se presenta la combinación



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

5, 3, 1 se diferencia el contorno de superficies líticas, lo cual se aplicó para su vectorización.

*Figura 12.* Combinación de bandas 5, 3 y 1 (RGB)

### 3.4.3 Elaboración del mapa fisiográfico

La elaboración del mapa fisiográfico de la microcuenca del ríos salado, se realizó mediante el uso de las herramientas del software SIG; mediante procedimientos de digitalización, con la finalidad de generar los polígonos de unidades fisiográficas y realizar la clasificación de las unidades para tener los análisis cartográficos y su respectiva interpretación física, para luego realizar las respectivas descripciones de cada unidad fisiográfica de acuerdo a su distribución espacial en el territorio del área en estudio, según los grupos jerarquizados de la metodología de clasificación fisiográfica es en función a la litología, formas, edad y rango de pendiente.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

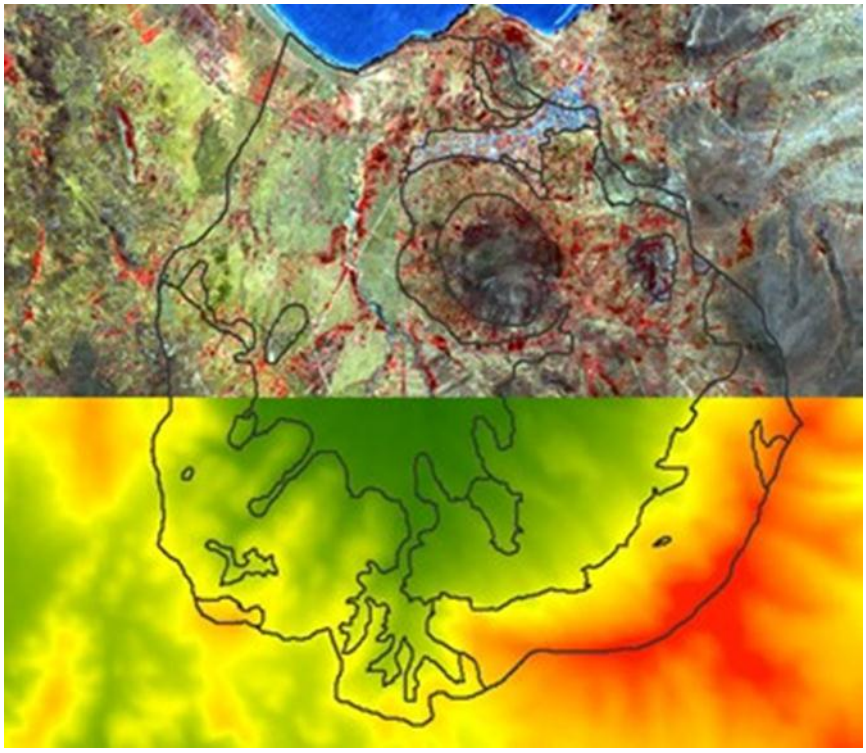


*Figura 13.* Combinación de imagen de satélite con pendiente

Para la obtención del paisaje es necesario conocer forma litológica y edad del suelo

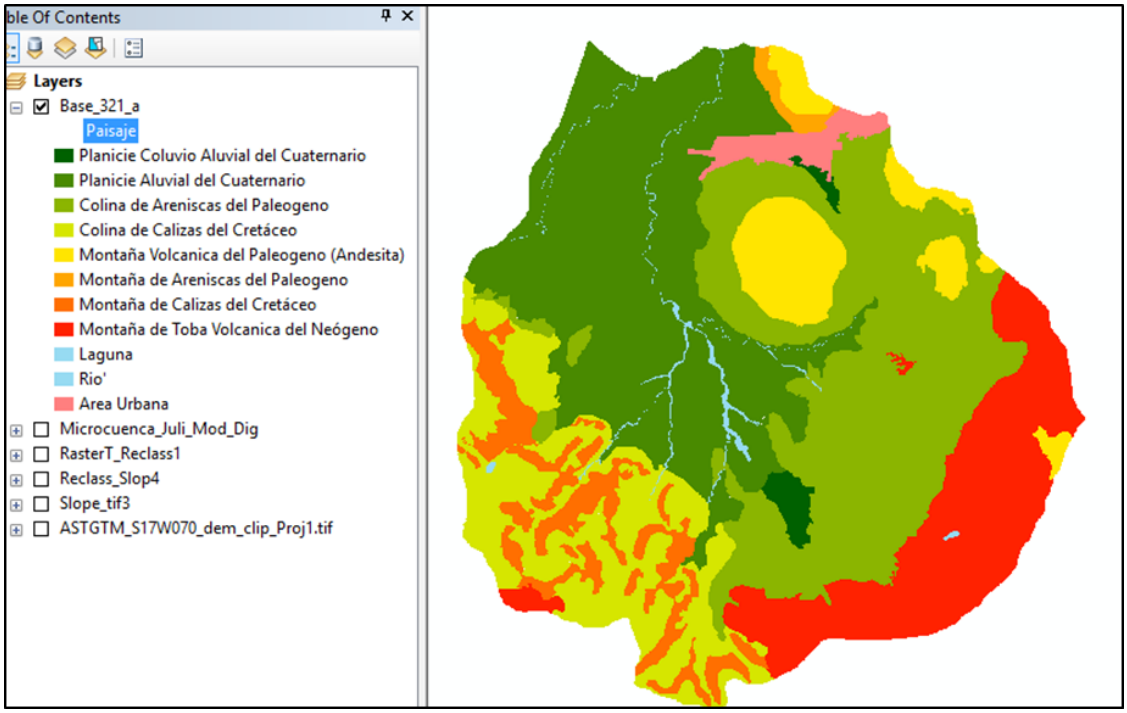



*Figura 14.* Elaboración de paisaje de la microcuenca del rio Salado



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Para la elaboración del sub paisaje se requiere conocer la forma del suelo

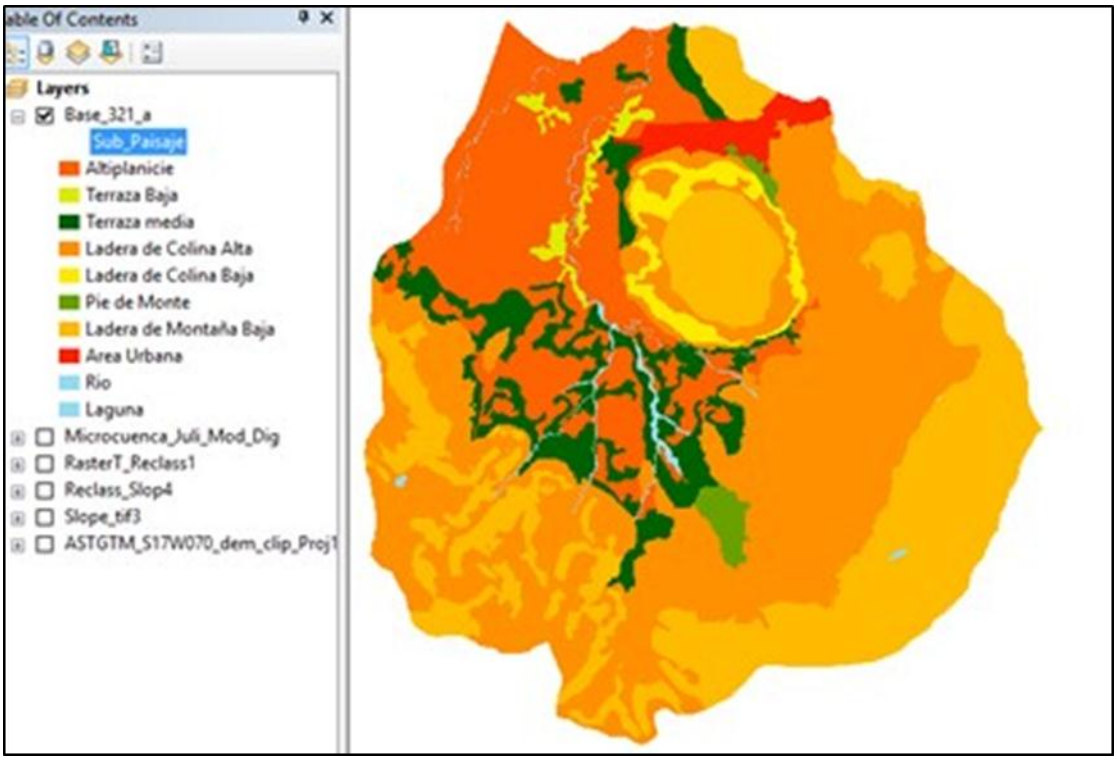



*Figura 15.* Sub paisaje de la microcuenca del rio Salado

Para elaborar los elementos del paisaje se requiere conocer la pendiente del terreno.

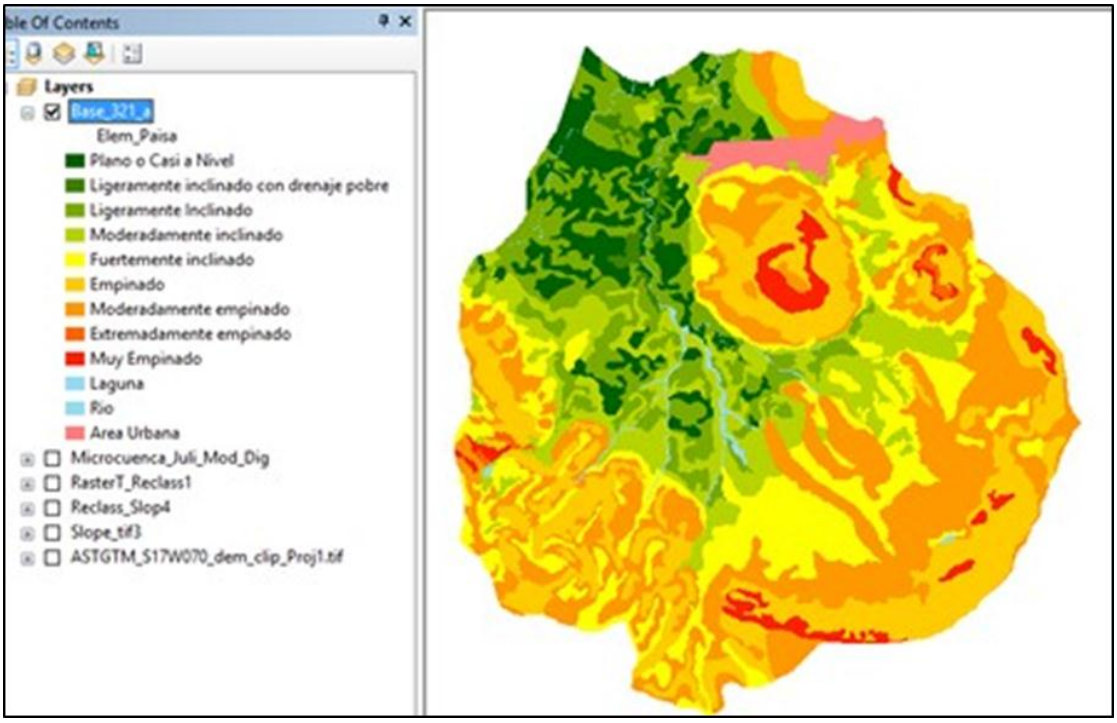



*Figura 16.* Elementos del paisaje de la microcuenca del rio Salado



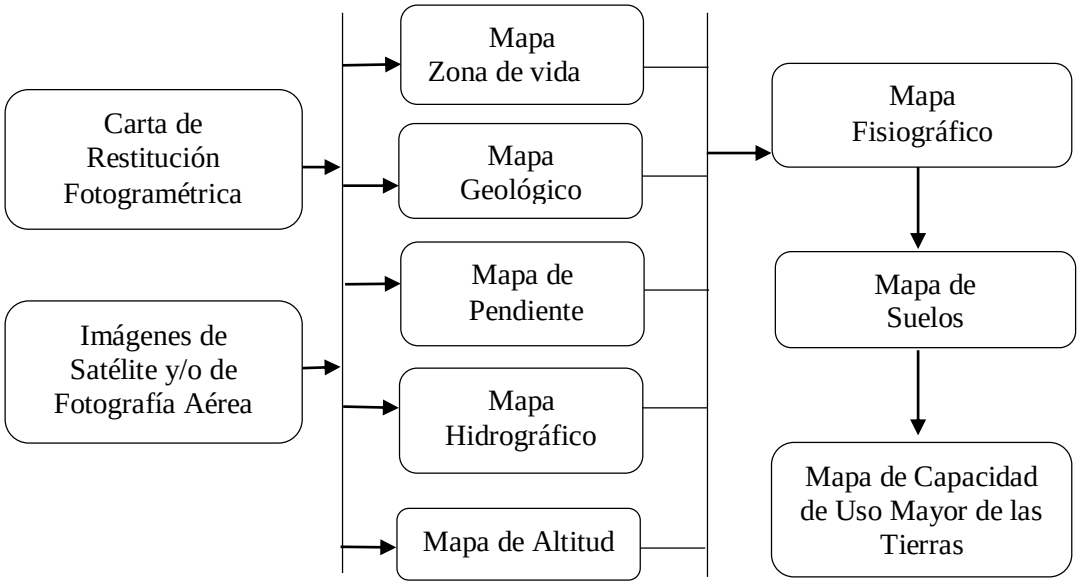
Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

### 3.4.4 Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras

El presente estudio se realizó a través de una secuencia de actividades de gabinete, campo y laboratorio, de acuerdo al reglamento para la ejecución de levantamientos de suelos (El Peruano, Decreto Supremo N° 13-2010-AG, 2010) que esquemáticamente se resume:

Tabla 5. *Esquema metodológico para la elaboración de mapa de capacidad de uso mayor*




**Etapa preliminar de gabinete**

Esta etapa consistió principalmente en la recolección, compilación y procesamiento de la información existente, relacionada con la zona estudiada. Asimismo, se realizó la fotointerpretación de la imagen del satélite RapidEye por el método de análisis fisiográfico, el cual se fundamenta en la estrecha relación que existe entre las formas del paisaje y las características de los suelos que involucran. Las unidades delimitadas se hacen en base a los elementos identificables tales como: el relieve, la pendiente, las condiciones de drenaje, la vegetación, el material parental, color y otros.

**Etapa de campo**

Esta etapa se llevó en dos fases definidas: en la primera se realizó un reconocimiento general del área de estudio y la distribución espacial de las calicatas representativas.

En la segunda fase se realizó el mapeo sistemático de campo, consistente en el examen y evaluación minuciosa de los suelos mediante la apertura de las calicatas, cuyas capas u



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

horizontes se describieron cuidadosamente, anotando su espesor, textura, consistencia, presencia de otras características, tales como proporción de gravas y/o piedras.

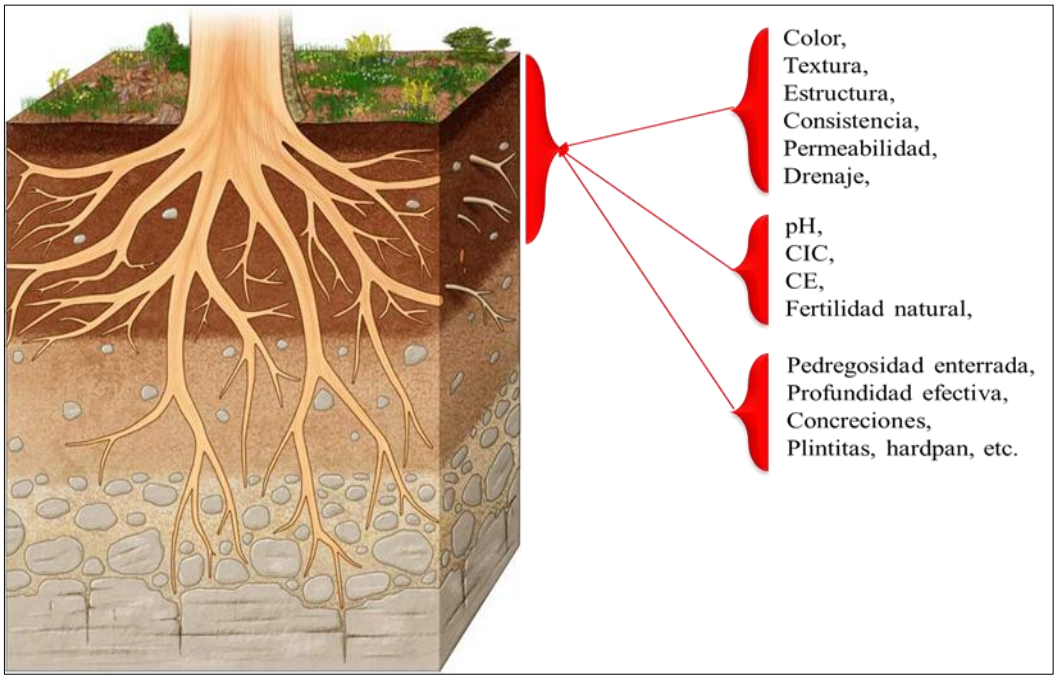



*Figura 17.* Características que se evalúan de un horizonte de suelo

Las anotaciones incluyen también aspectos exteriores del paisaje, describiendo el drenaje externo, relieve topográfico, erosión, pedregosidad superficial y otras características. Concluido el examen del suelo se tomaron muestras de cada horizonte o capa del perfil, consistente en proporciones de suelo aproximadamente 1 kg., que luego fueron enviadas al laboratorio, con la finalidad de poder cuantificar ciertas propiedades físico-mecánicas y químicas de los mismos.

*Figura 18.* Proceso de construcción de una calicata



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 19.* Toma de muestra de suelo por capa o horizontes

**Etapa de laboratorio**

Consistió en el procesamiento y análisis de las muestras de suelos para lo cual fueron enviadas al laboratorio de Suelos y Aguas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), donde se realizaron los análisis correspondientes.

**Etapa final de gabinete**

Se efectuó el procesamiento y compilación de toda la información de campo y laboratorio, el reajuste de la fotointerpretación inicial, así como el establecimiento y trazo definitivo de las unidades de mapeo, las cuales fueron descritas en base al examen morfológico y al resultado de los análisis de laboratorio. Complementariamente, se realizó la interpretación práctica de todas las unidades edáficas identificadas, en términos de aptitud potencial capacidad de uso mayor, taxonomía de suelos, fertilidad de suelos, uso actual de tierras y otros, incluyendo su denominación, simbología y representación gráfica en el mapa definitivo.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## 3.5 Metodología para zonificar el uso actual del espacio territorial

### 3.5.1 Clasificación del uso actual de tierras

La evaluación que se realizó se basa en el reconocimiento cartográfico de los tipos de uso de la tierra, tomando como referencia el sistema de clasificación de uso de la tierra propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI). La cual contiene nueve clases.

A continuación, se muestra dicha clasificación.

1. Áreas Urbanas y/o instalaciones gubernamentales y privadas
   - Centros poblados e instalaciones de gobierno y/o privadas (carreteras, granjas, canales, establos, huacas).
2. Terrenos con hortalizas
3. Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos perennes
4. Terrenos con cultivos extensivos (papa, camote, yuca, etc.)
5. Áreas de praderas mejoradas permanentes
6. Áreas de praderas naturales
7. Terrenos con bosques
8. Terrenos pantanosos y/o cenagosos
9. Terrenos sin uso y/o improductivos:
   - Tierras en barbecho (preparación o descanso temporal)
   - Terrenos agrícolas sin uso (actualmente abandonados)
   - Terrenos de litoral, caja de río
   - Áreas sin uso no clasificadas

El uso actual de tierras se determinó mediante técnicas de interpretación visual de la imagen satélite RapidEye y según la reflectividad emitida por los objetos de la superficie



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

terrestre, respectivamente. El procedimiento de identificación de las clases de uso se realizó utilizando los softwares de ENVI 4.5 y para su vectorización con Arc GIS 10x, en donde se delimitaron las unidades territoriales identificando las áreas que tienen el mismo patrón espectral, que fueron georreferenciadas en el campo.

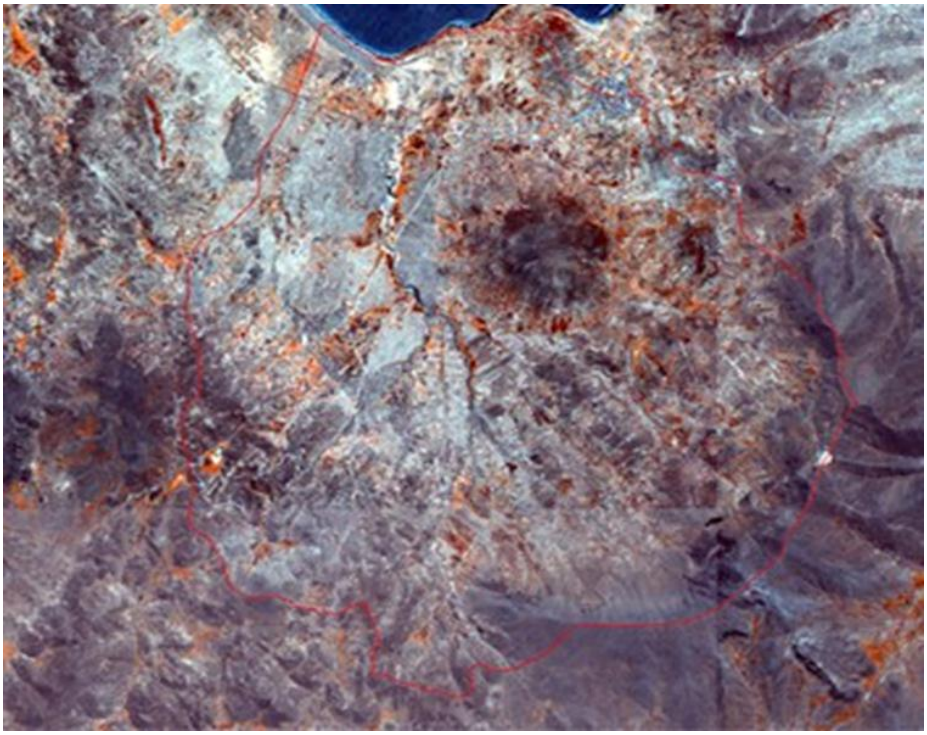


*Figura 20.* Firma espectral 543 (RGB) para la vectorización del UAT ENVI 4.5

### 3.6 Metodología para modelar los parámetros agro climatológicos en la microcuenca del rio Salado

Se efectuó el procesamiento, compilación de toda la información de campo y se solicitó al SENAMHI Puno, datos meteorológicos de las estaciones que se encuentran en el área de influencia, una vez obtenidos los datos se realizó:

- Clasificación climática.
- Análisis de la serie histórica (anual de la precipitación, temperatura y humedad relativa)
- Cálculo de evapotranspiración potencial (ETP) por el método de HARGREAVES III MODIFICADO y SERRUTO



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

### 3.6.1 Metodología para determinar la clasificación climática

La información climática de esta clasificación está sustentada en información meteorológica de aproximadamente veinte años (1965 - 1984) proporcionada por SENAMHI, con la cual se procedió a formular los "Índices Climáticos" y el trazado de las zonas de acuerdo a la clasificación de climas de Warren Thornthwaite. Los parámetros meteorológicos considerados son: precipitación, humedad y temperatura del aire, por ser los más caracterizados para la descripción de un clima.

Para determinar los tipos de clima del área en estudio se usó los índices propuestos por Thornthwaite (1948), y que son los siguientes:

a. **Índice de humedad (Ih) en %:** Se obtiene a partir de la fórmula:

$$Ih = (100Sa) / ETP \qquad (1)$$

Donde:

Sa = Exceso anual de agua (mm).

ETP = Evapotranspiración potencial anual (mm)

b. **Índice de aridez (Ia) en %:** Para obtener este valor se emplea la siguiente fórmula:

$$Ia = (100D) / ETP \qquad (2)$$

Donde:

D = Déficit anual de agua (mm).

c. **Índice pluvial o hídrico (Im) en %:** Sustituyendo las dos ecuaciones anteriores (1) y (2) en la siguiente ecuación:

$$Im = (100Sa – 60\ D) / ETP$$

Resulta que Im, se obtiene de la ecuación siguiente: Im = Ih – 0.6 Ia

**Nota.** Se da menor peso al “Ia” debido a que el valor de dicho índice, tiene una influencia menor en la sequedad, puesto que en ocasiones existe una falta de agua de



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

lluvia, pero, sin embargo, la planta sigue viviendo merced a que la humedad del suelo, no ha llegado al valor de su índice de marchites.

d. **Concentración térmica en verano (S) en %:** Se aplica la fórmula siguiente:

$$S = (ETPn) / ETP) *100$$

Donde:

ETPn = Suma de los "ETP" de los tres meses consecutivos con temperatura media más alta.

e. **Clasificación del clima:** Con los valores de los índices anteriores se procede a determinar la fórmula del clima, para lo cual cada uno de los índices definidos, se divide en grupos.

**Primero:** La determinación de los índices I e I' de la precipitación y temperatura, han sido calculados en base a la fórmula de Thornthwaite, donde se dispone de información meteorológica.

Tabla 6. *Precipitación efectiva.*

| Índice anual (I) | Carácter del clima | Símbolo | Carácter de la vegetación |
|---|---|---|---|
| 128 o mayor | Muy lluvioso | A | Selva |
| 64 a 127 | Lluvioso | B | Bosque |
| 32 a 63 | Semiseco | C | Pastizal |
| 16 a 31 | Semiárido | D | Estepa |
| menor de 16 | Árido | E | Desierto |

Fuente: SENAMHI

Tabla 7.*Temperatura eficiente.*

| Índice anual(I´) | Carácter del clima | Símbolo | Zonas |
|---|---|---|---|
| 128 o mayor | Cálido | A´ | Tropical |
| 101 a 127 | Semicálido | B´1 | |
| 80 a 100 | Templado | B´2 | Mesotermal |
| 64 a 79 | Semifrío | B´3 | |
| 32 a 63 | Frío | C´ | Microtermal |
| 16 a 31 | Semifrigido | D´ | |
| 1 a 15 | Frígido | E´ | |
| 0 | Polar | F´ | Hielo Perpetuo |

Fuente: SENAMHI



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Segundo:** distribución de la precipitación a través del año y humedad relativa

Tabla 8. *Distribución de la precipitación a través del año.*

| Símbolo | Significado |
|---|---|
| r | Precipitación abundante en todas las estaciones del año |
| I | Con invierno seco |
| p | Con primavera seca |
| v | Con verano seco |
| O | Con otoño seco |
| D | Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año |

Fuente: SENAMHI

Para que una estación del año sea calificada como seca, se requiere que por lo menos dos de sus meses sean secos.

El símbolo "r" se utiliza para todos aquellos climas en los que ninguna estación del año resulte seca, juzgada con este criterio y cuando el valor del índice anual "I" resulte dentro de la categoría "E", la caracterización que le corresponderá será la anotación "d".

Se ha considerado la humedad relativa por su gran importancia como elemento meteorológico, debido a sus múltiples aplicaciones en diversas actividades.

Tabla 9. *Humedad relativa.*

| Valores Medios Anuales (H) | Característica Climática | Símbolo |
|---|---|---|
| 25% a 44% | Muy Seco | H1 |
| 45% a 64% | Seco | H2 |
| 65% a 84% | Húmedo | H3 |
| 85% a 100% | Muy Húmedo | H4 |

Fuente: SENAMHI

### 3.6.2 Metodología para determinar precipitación

El cálculo de la precipitación media fue utilizando el método de las isoyetas, método más preciso, pues permite la consideración de los efectos orográficos en el cálculo de la lluvia media sobre la cuenca en estudio. Se basa en el trazado de curvas de igual precipitación de la misma forma que se hace para estimar las curvas de nivel de un levantamiento topográfico.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

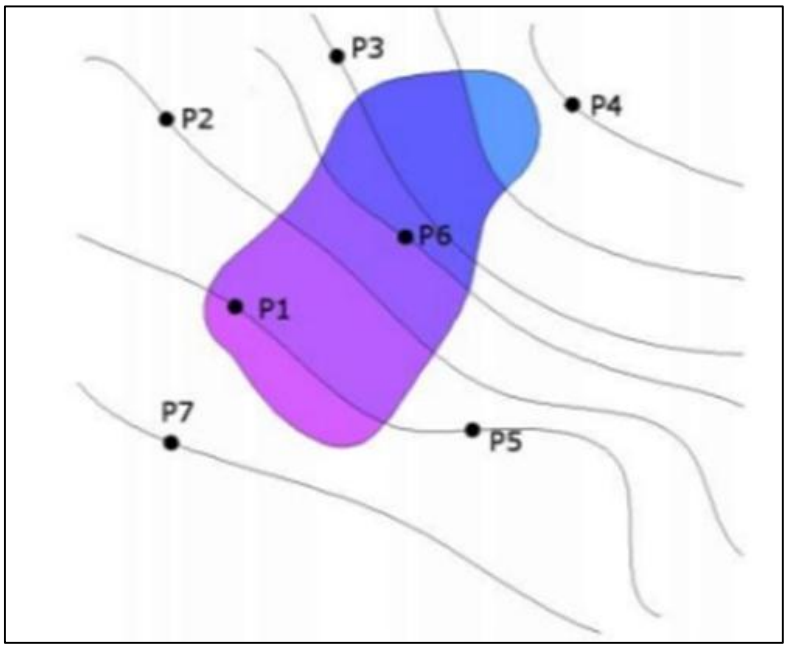



*Figura 21.* Línea de isoyetas de una microcuenca

Las líneas así construidas son conocidas como isoyetas, un mapa de isoyetas de una cuenca es un documento básico dentro de cualquier estudio hidrológico, ya que no solamente permite la cuantificación del valor medio, sino que también presenta de manera gráfica la distribución de la precipitación sobre la zona para el período considerado. Una vez construidas las isoyetas será necesario determinar el área entre ellas para poder determinar la precipitación media mediante la expresión:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{m} \left[ \left( P_j + P_{j+1} \right) / 2 \right] \cdot A_j}{\sum_{j=1}^{m} A_j}$$

Donde:

P: Precipitación media

Pj: Valor de la Precipitación de la Isoyeta j

$Pj_{+1}$: Valor de la Precipitación de la Isoyeta j +1

Aj: Área incluida entre dos isoyetas consecutivas (j).

m: Número total de isoyetas.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Como se observa de la anterior expresión este método asume que la lluvia media entre dos isoyetas sucesivas es igual al promedio numérico de sus valores.

### 3.6.3 Metodología para determinar temperatura

Para determinar la temperatura de la microcuenca del rio Salado, se creó un mapa de isotermas en donde se considera el gradiente altitudinal. Siendo, las isotermas como una herramienta elemental para determinar la temperatura de un determinado sitio, su representación por medio de líneas dentro de un plano cartográfico permite conocer la temperatura en diferentes periodos o estados de tiempo (día, mes, estación, año, mínima, máxima, etc.). Sin embargo, los métodos de interpolación dentro de un sistema de información geográfica, ofrecen la posibilidad de contar con la información tipo ráster, posibilitando mayor facilidad en la ejecución de operaciones para el análisis.

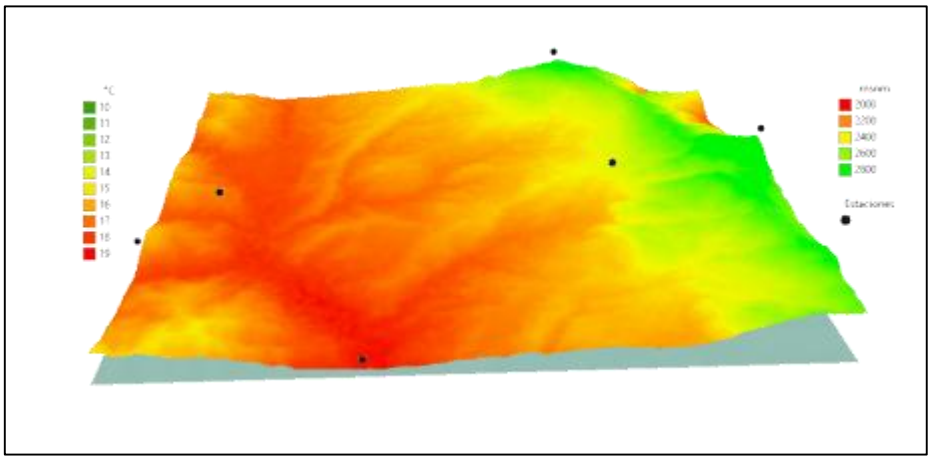



*Figura 22.* Mapa de isoterma considerando la gradiente altitudinal

También es conocido e inclusive en el argot popular, que la temperatura desciende a mayor altitud, a no ser que exista una inversión térmica, en la presente entrada se toma la metodología usada por Andreas Fries en "Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization" para generar un mapa de isotermas o mapa de calor, tomando en consideración el gradiente altitudinal, para lo cual se requiere un modelo de elevación digital (DEM), y datos de temperatura de las estaciones meteorológicas que influyen al área de estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

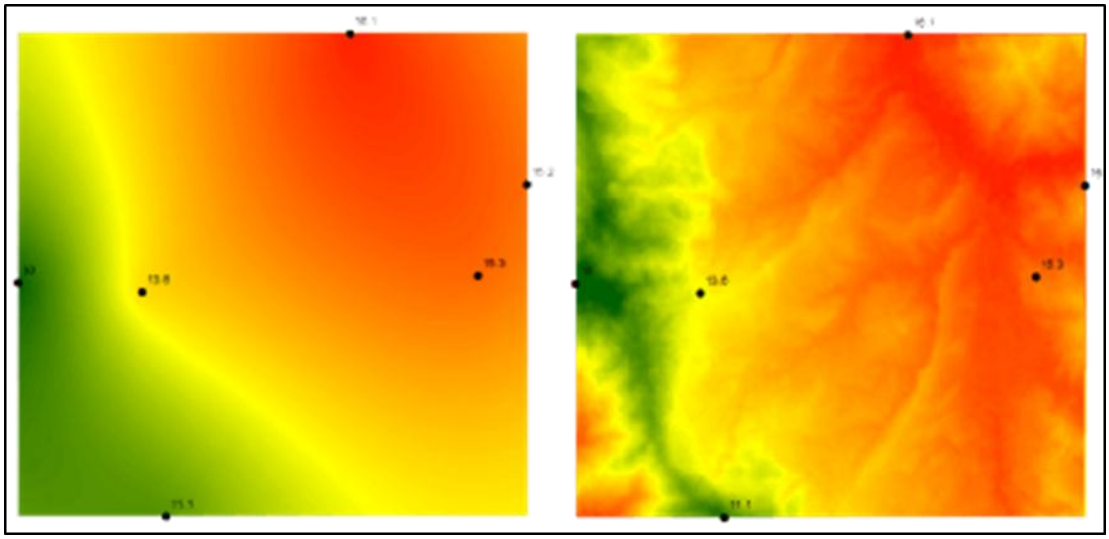


*Figura 23.* Interpolación usando Kriging e interpolación considerando el gradiente altitudinal

En la imagen de la izquierda, se puede distinguir claramente cuando se interpola por el método de Kriging, la distribución de la información se realiza considerando sus vecinos cercanos, en tanto la imagen de la derecha considera el gradiente altitudinal, dando como resultado información con mayor fiabilidad especialmente para regiones montañosas, en resumen, el método consiste en determinar el gradiente altitudinal y calcular los nuevos valores de temperatura a una altitud determinada usando el gradiente altitudinal calculado, finalmente se interpola los datos de temperatura considerando la altitud de un modelo de elevación digital (para aplicar las fórmulas de uso Raster Calculator de ArcGIS, pero también se puede hacer en Idrisi o Surfer), esto también se puede aplicar para radiación solar, índices UV, humedad relativa, presión barométrica. No obstante, este método no es recomendable para precipitación, evapotranspiración, velocidad del viento, es decir no aplica para variables que no sean dependientes.

## 3.7 Metodología para determinar del recurso hídrico para el cultivo en la microcuenca del rio Salado

### Materiales

Para realizar un balance hídrico superficial es necesario conocer no solo los procesos o caminos que sigue el agua en el suelo, sino también las características fisiográficas, edafológicas y biológicas del lugar en los cuales ellos se desarrollan; por eso, una evaluación precisa del balance hídrico está estrechamente ligada con la cantidad y calidad



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

de la información disponible y, en particular, de la red de estaciones y número de años de sus registros.

a) Información cartográfica, edafológica y biológica.

La información cartográfica comprende la convencional obtenida en el campo, y los derivados de la percepción remota (fundamentalmente cobertura del terreno, relieve y suelos, acuíferos) también verificados en campo. La cartografía de los recursos naturales se ve estrechamente ligada al desarrollo de las tecnologías de prospección e inventario mediante la percepción remota (o teledetección) y de posicionamiento global satelital; que hoy en día con el avance de la tecnología se ve favorecida con el uso de la plataforma de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que agilizan el proceso de ingreso, almacenamiento, cálculo y análisis de datos geográficos para generar información temática adecuada y precisa; con el propósito de convertir datos en información apta para la toma de decisiones

b) Información hidrometeorológica

El período para el cálculo del balance de agua está directamente condicionado por: la superficie y topografía del continente, los parámetros hídricos que se deciden analizar para tipificar el fenómeno, los datos realmente factibles de obtener en las redes de estaciones y la disponibilidad de información simultánea en todo el continente. Un balance puede ser realizado para distintos períodos (horas, días, meses, estaciones del año, años). Los balances medios de agua se realizan en forma anual, permitiendo de esta manera minimizar el cálculo del término de variación de almacenamiento, reduciendo la ecuación general del Balance Hídrico.

**Metodología**

El desarrollo metodológico y conceptual del Balance Hídrico, se presenta a continuación, como una guía técnica de para su aplicación y determinación final.

Para (Ordoñez Gálvez, 2011), la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

La ecuación de Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca.

En general podemos afirmar que:

- Del agua que cae en un determinado sitio (precipitación = PP)
- Parte vuelve a la atmósfera ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (evapotranspiración = ETP);
- Otra parte escurre por la superficie de la cuenca (escorrentía superficial = Esc).

A continuación, se describe el concepto y la metodología utilizada para calcular cada uno de los componentes de la fórmula del balance.

**Precipitación (P)**

Se elaboran las isoyetas de precipitación promedio anual característico para la cuenca, así como el climograma general de la misma para observar la relación entre precipitación y temperatura promedio mensual a través del año. La información de los mapas de isoyetas mensuales y anuales, permite calcular la precipitación media areal de las cuencas, con los que se inicia el cálculo de los parámetros del Balance Hídrico.

**Temperatura (T)**

Esta variable juega un papel importante, ya que interviene en todos los métodos empíricos y por lo general junto con la precipitación son las únicas que podemos encontrar en las estaciones meteorológica con plena seguridad. Su análisis contempla su homogenización y caracterización térmica de la zona en estudio.

Las variables climatológicas, por lo general no presentan variaciones considerables a través del tiempo, sin embargo, con el fin de poder uniformizar la serie de datos de cada una de las estaciones; se realizó un análisis de extensión de los datos de temperatura a nivel medio, máximo y mínimo.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Evapotranspiración (ET)**

La determinación de este parámetro, es de difícil cuantificación, sobre todo por la ausencia de estaciones que permitan medir estos parámetros en el campo, por lo que resulta necesario deducir, en primer lugar, el valor de la evapotranspiración potencial (ETP) mediante fórmulas empíricas.

Aunque la evapotranspiración es el segundo término en importancia en un balance hidrológico –después de la precipitación – o el primero en zonas áridas y semiáridas, en la actualidad no existe una metodología para medirla a escala de cuenca, por lo que se estima a partir de la utilización de diferentes modelos. La dificultad de la modelación de la evapotranspiración radica en representar los procesos y factores que la determinan de una manera simple.

En el capítulo V se desarrollan en síntesis los métodos utilizados para estimar la evapotranspiración potencial (ETP), evapotranspiración de referencia o del cultivo de referencia (ETo), evapotranspiración real (ETR) y la evapotranspiración del cultivo de referencia. (ETc).

### 3.8 Metodología para determinar conflicto de uso

Para el conflicto de uso de tierras, se superpuso dos mapas temáticos, capacidad de uso mayor de tierras con uso actual de tierras y se hizo la selección directa de los atributos para los conflictos de uso de tierras.

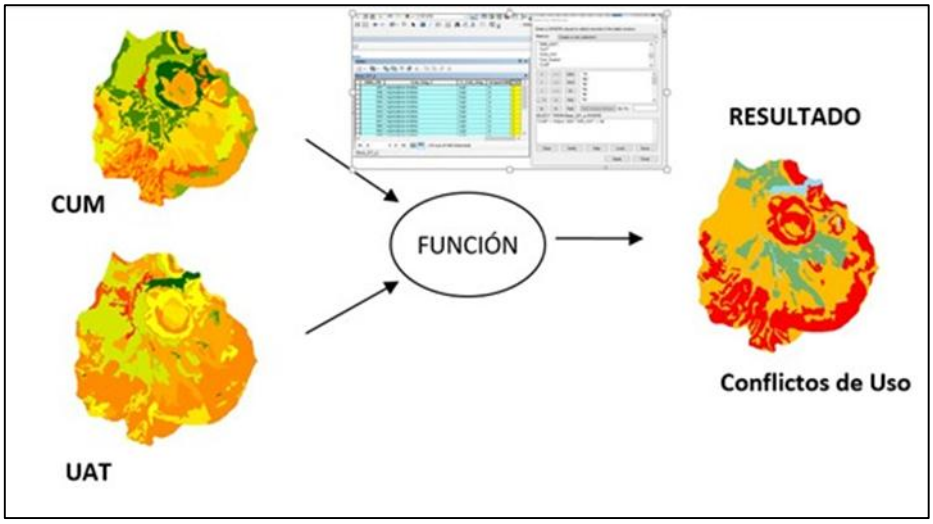



*Figura 24.* Diseño temático de conflicto de uso



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

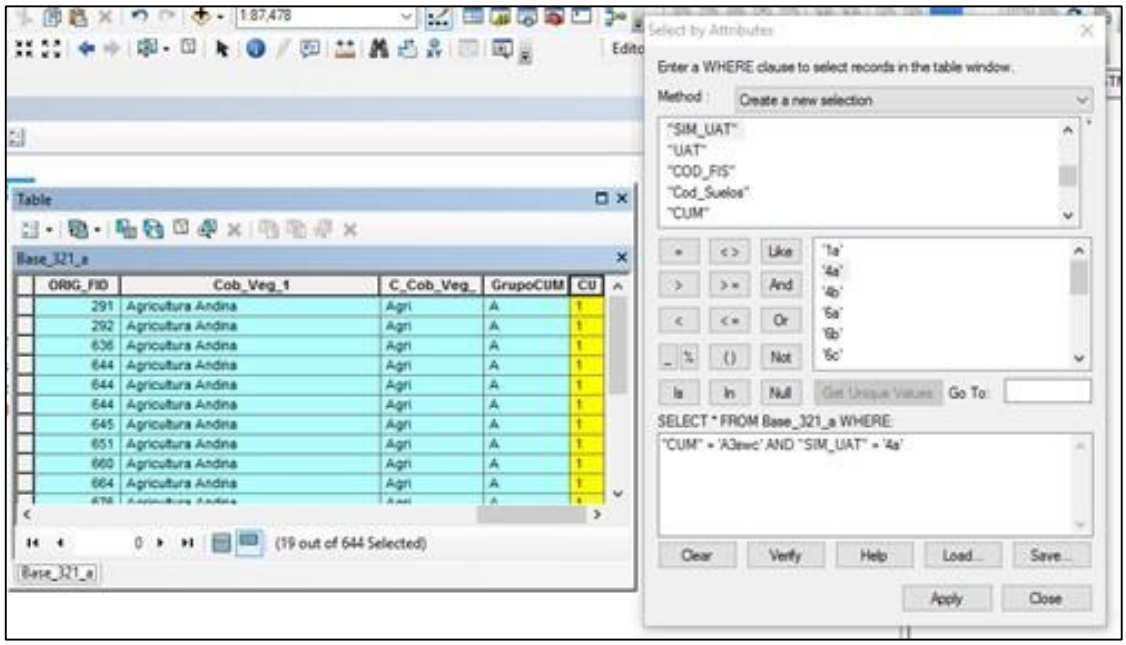



*Figura 25.* Selección de atributos para determinar el conflicto de uso (CU): "CUM" = 'A3swc' AND "SIM_UAT" = '4a' donde Conflicto de uso es 1

### 3.9 Metodología para determinar el estudio socioeconómico

La obtención de información socioeconómica se solicitó al instituto nacional de estadística informática (INEI) Luego procedió a procesar en gabinete y contrastar la información mediante encuestas para obtener la información necesaria como; población, densidad poblacional, organización social, actividades económicas y población económicamente activa.

### 3.10 Metodología para determinar la zonificación agroecológica

La modelación agroecológica para el cultivo de quinua se realizó utilizando Model Builder de Arc Gis 10x, que es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. Model Builder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

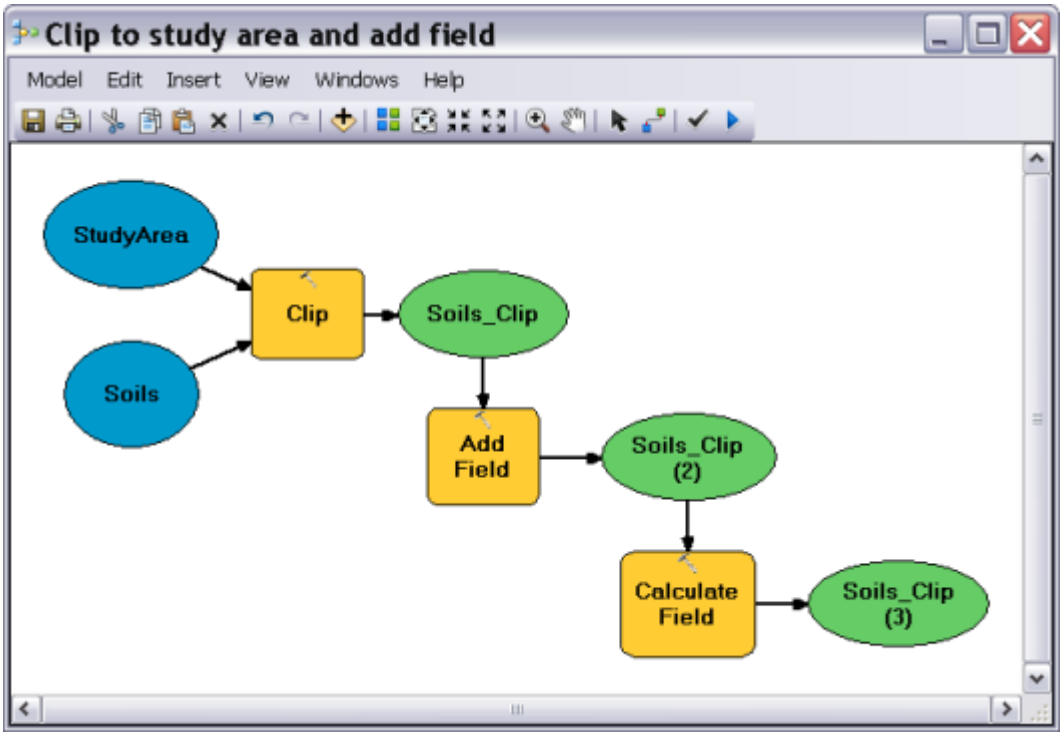



*Figura 26.* Model Builder para crear, editar y administrar modelos

Model Builder es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad de ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de herramienta.

Para el presente modelo se utilizó las siguientes variables como: CUM (40%), UAT (3%), cobertura vegetal (2%), altitud (5%), precipitación (20%), temperatura (20%) y balance hídrico (10%). Como resultado para la zonificación agroecológica (ZAE) se utilizó el sistema propuesto de valoración: NO APLICA, BAJO, MEDIO y ALTO.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# CAPITULO IV

# CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

## 4.1 Localización del estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la microcuenca del río Salado, ubicado en el Distrito de Juli, Provincia de Chucuito, del Departamento de Puno, abarca una superficie de 8,245.93 ha.

La ubicación geográfica del ámbito de estudio está comprendida entre las siguientes coordenadas Este 444058 a 454536 y Norte de 8208557 a 8197364. (Coordenadas UTM, DATUM WGS 84 y Zona 19 S). Para delimitar la microcuenca del rio Salado se realizó mediante el método de Otto Pfafstetter.

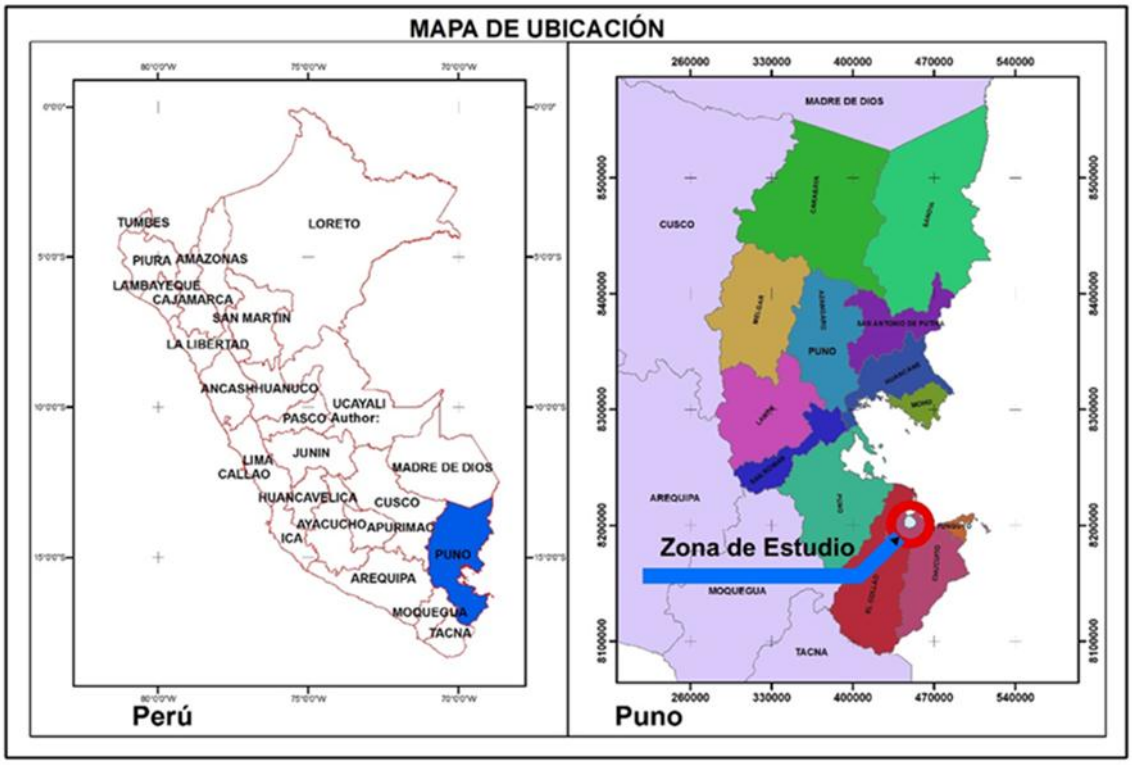



*Figura 27.* Mapa de ubicación geográfica del área de estudio de la microcuenca rio Salado

Límites:

Norte : Vertiente del Lago Titicaca.

Sur : Microcuenca del rio Pashire.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Oeste : Microcuenca del rio Molino

Este: Microcuenca del rio Camillaqui

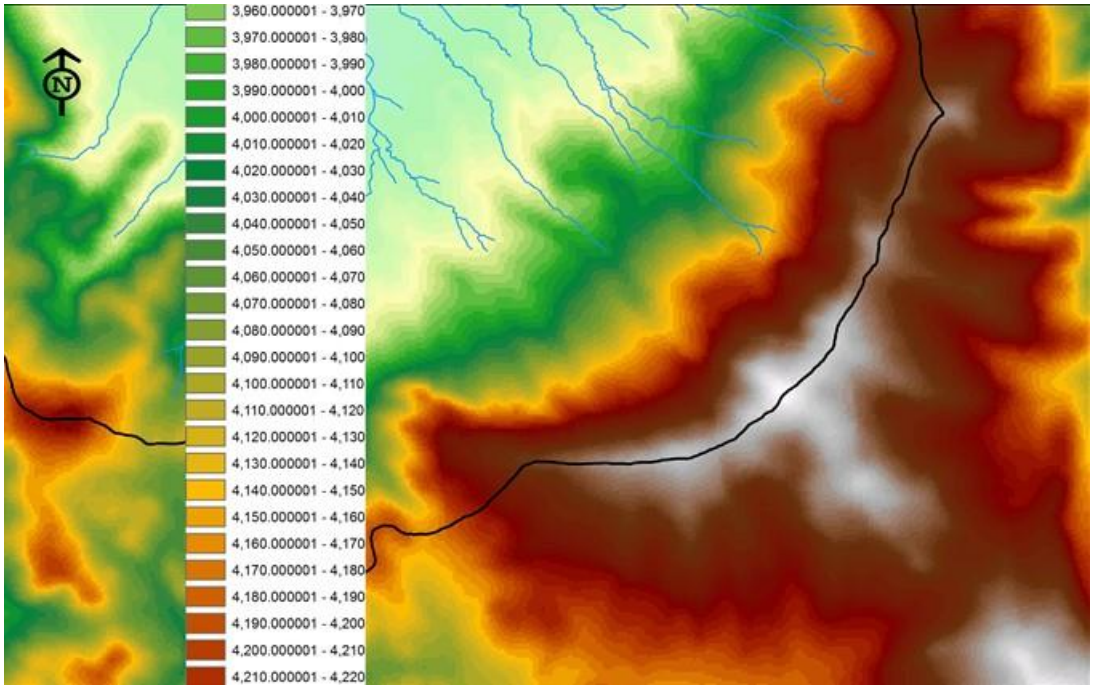



*Figura 28.* Proceso de delimitación de la microcuenca del rio Salado

## 4.2 Geología de la Zona de estudio.

En el área de estudio, se distingue afloramientos de rocas ígneas volcánicas, plutónicas y también de rocas sedimentarias, las cuales varían en edad desde el Paleozoico hasta períodos geológicos recientes. Los afloramientos que ocupan mayores extensiones en el área de estudio pertenecen a rocas volcánicas del Cenozoico.

De la geología regional, se desprende tanto el área estudiada como las áreas circunvecinas que han estado sometidas a movimientos tectónicos a través de los diferentes periodos geológicos. El tectonismo se evidencia por el levantamiento de los andes hasta alturas considerables actuales y por la presencia de fallas. Intenso vulcanismo y procesos estructurales debidos a esfuerzos de tensión y compresión, han llegado a originar zonas en las que se han desarrollado estructuras complejas, tales como grandes fallas, sobre escurrimientos, plegamientos, etc. Luego, prosiguió una etapa de peneplanización, fallamiento en bloques y subsidencia. Las rocas intrusivas consolidadas a mediana profundidad (hipabisales) y las plutónicas, han ocasionado cambios en la posición de las



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

rocas preexistentes produciendo, en algunos casos, ligero metamorfismo y mayormente zonas mineralizadas, que constituyen el potencial minero.

**Estratigrafía Regional**

En esta parte se hace una descripción generalizada de la secuencia estratigráfica del área, la cual fue correlacionada con los trabajos realizados anteriormente. Las rocas aflorantes más antiguas están representadas por sedimentos lutáceo pizarrosos, areniscas y cuarcitas del Paleozoico (Devónico); sobre ellos después de un hiato yacen sedimentos compuestos mayormente de areniscas, lutitas, limolitas y calizas, durante el Mesozoico (Jurásico y Cretáceo) y parte del Cenozoico (Terciario inferior); luego, prosigue el emplazamiento de los intrusivos, en el Terciario, acompañado de fuerte vulcanismo que se extiende hasta principios del Cuaternario, donde es característico la presencia de depósitos aluviales. (INGEMMET, y otros, 1993)

A continuación, se hace la descripción de cada una de las unidades estratigráficas, empezando desde la más antigua hasta la más reciente.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 10 *Perfil lítico estratificado local de la microcuenca rio salado*

| Era | Sistema | Periodo | Unidad Estratigráfica | Descripción | Símbolo |
|---|---|---|---|---|---|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Cuaternario Aluvial | Gravas redondeadas y arenas mal seleccionadas en matriz limo arenosa | Qh-al |
| | | | Cuaternario Coluvio Aluvial | Clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arena guijarrosa o grava arenosa, intercalada con arenas y limos poco gradados | Qh-coal |
| | Neógeno/ Cuaternario | Plioceno/ Pleistoceno | Grupo Barroso | Derrames de lavas y tufos traquíticos y traquiandesíticos, lavas intercaladas con brechas y aglomerados de composición andesítica y traquitica | NQ-vba |
| | Neógeno | Plioceno | Grupo Barroso | Tobas blanquecinas y rosadas | N-Ba/ca |
| | Paleógeno | Paleoceno | Pórfidos Cenozoicos | Pórfido andesita | P-po/an |
| | | Paleoceno/ Oligoceno | Grupo Puno | Areniscas feldespáticas y líticas interestratificadas con conglomerados polimícticos de clastos subredondeados de calizas, cuarcitas y areniscas rojizas calcáreas como matriz; intercalados con areniscas conglomerádicas | P-pu |
| Mesozoico | Cretáceo | Inferior/ Superior | Formación Ayabacas | Calizas micríticas laminares y bioturbadas, lentes de chert, arcillitas rojas y areniscas calcáreas | Kis-ay |
| Laguna | Laguna | Laguna | Laguna | Acumulaciones de agua depositadas en depresiones | Laguna |
| Ciudad | Ciudad | Ciudad | Ciudad | Áreas con construcciones actuales de origen antrópico | Ciudad |
| Río | Río | Río | Río | Áreas de acumulación y movimiento de sedimentos, gravas y arenas | Río |

Fuente: Elaboración propia en base a (INGEMMET, y otros, 1993)

**Formación Ayabacas (Kis-ay)**

Litológicamente está constituido por calizas micríticas gris oscuras a gris claras, así como areniscas calcáreas en forma lenticular. Estas calizas presentan estratificación laminar; su grosor estimado es de 120 m., las calizas presentan estratificación laminar, por su grado de resistencia forma crestas o farallones debido a su resistencia a la erosión.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

La formación ayavacas, aflora de manera caótica y es poco probable encontrar una secuencia completa. Estas calizas se hallan frecuentemente dolomitizadas, sin embargo, se ha podio reconocer facies margosas gris oscuras, facies mudstone bioturbadas o no, facies wackestone –packstone más ó menos bioclasticas y menos frecuentemente facies grainstone con ooliitos de bioclastos o granos de cuarzo. Algunas facies aparecen con figuras de emersión (disolución), con aspecto de brechas y figuras de estructuras de tipo slump.

Respecto al medio de depositación, pertenecen a una plataforma carbonatada poco profunda. Los medios varían de infratidal a intertidal, hasta emergentes. La sedimentación ha sido controlada por las variaciones eustáticas del mar.

En términos generales la formación consiste de un matriz fangolítica roja isótropa alrededor de bloques y escamas de calizas fallados y plegados complejamente. Este ensamblaje caótico da a la formación un rasgo fotogeológico altamente distinguible por los bloques de caliza relativamente resistentes con orientación irregular de tono pálido rodeados por fangolitas de tono oscuro.

**Grupo Puno (PN - pu)**

Con esta denominación se conoce a una secuencia de areniscas rojizas rosadas y conglomerados. Las areniscas son de grano fino a grueso generalmente arcósicas (granos de arenas con predominio de cuarzo); los constituyentes feldespáticos casi siempre están alterados y tienen coloración clara. Los estratos conglomerádicos son masivos y menores a los 2 m. de espesor.

Estos estratos gruesos de areniscas están intercalados con limo arcillitas en estratos delgados y de color rojizo oscuro a marrón. A este grupo formacional se le asigna una edad Paleógeno, del Cenozoico.

**Grupo Barrosos (T-Ba)**

Son efusiones alternancia de derrames ígneas andesiticos y traquiandesiticos que se presenta brechas aglomerados en el sector margen izquierdo de cerro Umajalso y Chocarasi



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Roca Intrusiva (Pórfido Andesítico) (P-po/an)**

El Pórfido Andesítico es una roca de color gris a gris pardusco de textura porfídica, con 30% de fenocristales de plagioclasa anhedrales a subhedrales y 1% de fenocristales de biotita subhedrales; cortada por vetillas tardimagmáticas de cuarzo, anhidrita con halos siliceos y vetillas hidrotermales principales de anhidrita, cuarzo, calcopirita con halos cuarzo sericíticos. En sección transparente corresponden a rocas holocristalinas de textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa, biotita y cuarzo. Los fenocristales de plagioclasa (20 a 35%) son subhedrales a euhedrales con un largo promedio entre 0,9 a 1,4 mm, alcanzando 4,5 mm. Presentan macla simple, polisintética, y en algunas ocasiones zonación. Los cristales de biotita (1%) son subhedrales a anhedrales, con largo promedio de 0,8 a 1,6mm. El cuarzo es escaso, presentando formas anhedrales con embaimientos. El largo promedio es de 0,4 mm, alcanzando 0,7 mm de largo máximo. La masa fundamental (65 a 80%), está constituida por relictos de plagioclasa, cuarzo microcristalino, biotita secundaria, anhidrita y opacos

**Depósitos cuaternarios**

**Depósitos Cuaternario reciente (QT-c):** En el área de estudio, aflora en el cauce de ríos, donde está constituido por arenas, limos y arcillas, donde se ha llegado a diferenciar un nivel de terraza; en el área del proyecto están representadas principalmente por los depósitos aluviales, fluviales y coluviales.

**Depósitos Morrenicos (Qr-m):** Se estudia bajo este nombre, a todos los depósitos recientes, cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a gran distancia de su lugar de origen. Están conformados por arenas, limos, y arcillas, rellenando el cauce de los ríos y configurando terrazas, conos aluviales y planicies

**Depósitos aluviales (Qh-al):** Estudiamos bajo este nombre, a todos los depósitos recientes, cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a gran distancia de su lugar de origen. Están conformados por arenas, limos, y arcillas, rellenando el cauce de los ríos y configurando terrazas, conos aluviales y planicies.

**Depósitos coluvio-aluvial (Qr-co-al):** Estos depósitos corresponden a acumulaciones intercaladas; de clastos angulosos y subredondeados; según la calidad del macizo rocoso de donde provengan, ubicados en cauces y/o borde de quebradas.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Depósitos coluviales (Qr-co):** Conformados por materiales angulosos fragmentados, provenientes de procesos erosivos puntuales de afloramientos de rocas sedimentarias transportándose a manera de arroyadas difusas, depositándose sobre los macizos rocosos preexistentes.

## 4.3 Fisiografía

### 4.3.1 Generalidades

(Villota, 1992), Las geoformas definidas por la configuración del relieve, son el resultado de la acción dinámica de los procesos tectónicos, orogénicos, climáticos, erosiónales y deposicionales (Gradacionales y agradacionales). La zona evaluada se encuentra enmarcada dentro de dos grandes paisajes, el gran paisaje de planicie, colinoso y el montañoso, el esquema general se muestra en el Tabla 11 donde se agrupan las geoformas en base a sus características, geogenéticas geológicas y geomorfológicas.

### 4.3.2 Descripción de las unidades fisiográficas de la microcuenca del rio Salado

En el área de estudio, se presentan del Paisaje de las laderas altas, medias, bajas y terrazas que constituyen las partes más depresionadas de la altiplanicie en las que se incluyen terrazas bajas y los lechos de ríos.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis



Tabla 11. *Esquema fisiográfico de la microcuenca rio salado*

| Gran Paisaje | Paisaje | Sub Paisaje | Elemento del Paisaje | Pendiente | Simb. | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planicie | Planicie Aluvial del Cuaternario | Terraza Baja | Ligeramente inclinado con drenaje pobre | A | PATB/A | 48.41 | 0.59 |
| | | | Ligeramente inclinado con drenaje pobre | B | PATB/B | 34.02 | 0.41 |
| | | Terraza Media | Moderadamente inclinado | C | PATm/C | 678.16 | 8.22 |
| | | Altiplanicie | Plano o Casi a Nivel | A | PAA/A | 607.24 | 7.36 |
| | | | Ligeramente Inclinado | B | PAA/B | 981.72 | 11.91 |
| | Planicie Coluvio Aluvial del Cuaternario | Pie de monte | Moderadamente inclinado | C | PCAC/C | 9.20 | 0.11 |
| | | | Fuertemente inclinado | D | PCAC/D | 74.54 | 0.90 |
| Colinoso | Colina de Areniscas del Paleógeno | Ladera de Colina Baja | Moderadamente empinado | E | CAPCb/E | 166.71 | 2.02 |
| | | Ladera de Colina Alta | Moderadamente inclinado | C | CCCa/C | 334.80 | 4.06 |
| | | | Fuertemente inclinado | D | CCCa/D | 1256.02 | 15.23 |
| | | | Moderadamente empinado | E | CCCa/E | 1372.84 | 16.65 |
| | | | Empinado | F | CCCa/F | 203.49 | 2.47 |
| Montañoso | Montaña de Areniscas del Paleógeno | Ladera de Montaña Baja | Moderadamente empinado | E | MAP/E | 49.86 | 0.60 |
| | Montaña de Calizas del Cretáceo | Ladera de Montaña baja | Empinado | F | MCC/F | 520.82 | 6.32 |
| | | | Muy Empinado | G | MCC/G | 15.46 | 0.19 |
| | | | Extremadamente empinado | H | MCC/H | 12.52 | 0.15 |
| | Montaña de Toba Volcánica del Neógeno | Ladera de Montaña baja | Fuertemente inclinado | D | MTVN/D | 31.69 | 0.38 |
| | | | Moderadamente empinado | E | MTVN/E | 442.65 | 5.37 |
| | | | Empinado | F | MTVN/F | 591.79 | 7.18 |
| | | | Muy Empinado | G | MTVN/G | 100.60 | 1.22 |
| | Montaña Volcánica del Paleógeno (Andesita) | Ladera de Montaña Baja | Fuertemente inclinado | D | MVP/D | 8.99 | 0.11 |
| | | | Moderadamente empinado | E | MVP/E | 44.48 | 0.54 |
| | | | Empinado | F | MVP/F | 166.33 | 2.02 |
| | | | Muy Empinado | G | MVP/G | 11.30 | 0.14 |
| | | Ladera Montaña Baja | Moderadamente empinado | E | MVPMb/E | 14.89 | 0.18 |
| | | | Empinado | F | MVPMb/F | 139.06 | 1.69 |
| | | | Muy Empinado | G | MVPMb/G | 103.31 | 1.25 |
| | | | Extremadamente empinado | H | MVPMb/H | 15.21 | 0.18 |
| Rio | Rio | Rio | Rio | Rio | Rio | 58.97 | 0.72 |
| Ciudad | Ciudad | Ciudad | Ciudad | Ciu | Ciudad | 146.67 | 1.78 |
| Laguna | Laguna | Laguna | Laguna | Lag | Laguna | 4.19 | 0.05 |
| TOTAL | | | | | | 8245.93 | 100.00 |



Universidad Nacional del Altiplano

### 4.3.3 Descripción del gran paisaje y paisaje de la microcuenca del rio Salado

Tabla 12. *Elementos del gran paisaje de la microcuenca del rio Salado*

| Gran Paisaje | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Planicie | 2433.29 | 29.51 |
| Colinoso | 3333.86 | 40.43 |
| Montañoso | 2268.95 | 27.52 |
| Rio | 58.97 | 0.72 |
| Ciudad | 146.67 | 1.78 |
| Laguna | 4.19 | 0.05 |
| **Total** | **8245.93** | **100.00** |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. *Elementos del paisaje de la microcuenca del rio Salado.*

| Paisaje | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Planicie Aluvial del Cuaternario | 2349.55 | 28.49 |
| Planicie Coluvio Aluvial del Cuaternario | 83.74 | 1.02 |
| Colina de Areniscas del Paleogeno | 3333.86 | 40.43 |
| Montaña de Areniscas del Paleogeno | 49.86 | 0.60 |
| Montaña de Calizas del Cretáceo | 548.79 | 6.66 |
| Montaña de Toba Volcanica del Neógeno | 1166.73 | 14.15 |
| Montaña Volcanica del Paleogeno (Andesita) | 503.57 | 6.11 |
| Rio | 58.97 | 0.72 |
| Ciudad | 146.67 | 1.78 |
| Laguna | 4.19 | 0.05 |
| **Total, Área** | **8245.93** | **100.00** |

Fuente: elaboración Propia

**Planicie (agradacional y degradacional)**

Es una gran depresión topográfica, así como superficie estructural y superficie de erosión del substrato geológico, rellenado y/o parcialmente cubierta por depósitos aluviales, lacustre y substrato rocoso en procesos agradacional y degradacional.

Las unidades fisiográficas de paisaje son:

- Planicie aluvial del cuaternario
- Planicie Coluvio Aluvial del Cuaternario



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Colinoso (degradacional)**

Está conformada principalmente por unidades litológicas por rocas de origen metamórfico, constituida por afloramientos mayoritarios de pizarras seguido de cuarcitas ambas de edad Paleozoica. Estructurales sedimentarias, litológicamente está formada por: areniscas feldespáticas.

Las unidades fisiográficas de paisaje son: Colina de Areniscas del Paleógeno

**Montañoso (degradacional)**

Está conformada principalmente por unidades litológicas por rocas de origen metamórfico, constituida por afloramientos mayoritarios de pizarras seguido de cuarcitas ambas de edad Paleozoica. Estructurales sedimentarias, litológicamente está formada por: areniscas feldespáticas, estructural volcánica, constituida litológicamente por tobas volcánicas, andesitas y degradacional, constituida por depósitos de origen coluvio aluviales encontrándose en las laderas de las montañas. Las unidades fisiográficas de paisaje son: montaña de areniscas del paleógeno, montañas calizas del cretáceo, montaña de toba volcánica del neógeno y montaña volcánica del paleógeno (andesita)

### 4.3.4 Descripción del Sub paisaje y elementos de paisaje de la microcuenca del rio Salado

Tabla 14. *Elementos del sub paisaje de la microcuenca del rio Salado*

| Sub Paisaje | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Terraza Baja | 82.43 | 1.00 |
| Terraza Media | 678.16 | 8.22 |
| Altiplanicie | 1588.96 | 19.27 |
| Piedemonte | 83.74 | 1.02 |
| Ladera de Colina Baja | 166.71 | 2.02 |
| Ladera de Colina Alta | 3167.16 | 38.41 |
| Ladera de Montaña Baja | 2268.94 | 27.52 |
| Rio | 58.97 | 0.72 |
| Ciudad | 146.67 | 1.78 |
| Laguna | 4.19 | 0.05 |
| Área Total | 8245.93 | 100 |

Fuente: elaboración Propia



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 15. *Elementos de paisaje de la microcuenca del rio salado.*

| Elemento del Paisaje | Pendiente | Símbolo | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|---|---|
| Ligeramente inclinado con drenaje pobre | A | PATB/A | 48.41 | 0.59 |
| Ligeramente inclinado con drenaje pobre | B | PATB/B | 34.02 | 0.41 |
| Moderadamente inclinado | C | PATm/C | 678.16 | 8.22 |
| Plano o Casi a Nivel | A | PAA/A | 607.24 | 7.36 |
| Ligeramente Inclinado | B | PAA/B | 981.72 | 11.91 |
| Moderadamente inclinado | C | PCAC/C | 9.20 | 0.11 |
| Fuertemente inclinado | D | PCAC/D | 74.54 | 0.90 |
| Moderadamente empinado | E | CAPCb/E | 166.71 | 2.02 |
| Moderadamente inclinado | C | CCCa/C | 334.80 | 4.06 |
| Fuertemente inclinado | D | CCCa/D | 1256.02 | 15.23 |
| Moderadamente empinado | E | CCCa/E | 1372.84 | 16.65 |
| Empinado | F | CCCa/F | 203.49 | 2.47 |
| Moderadamente empinado | E | MAP/E | 49.86 | 0.60 |
| Empinado | F | MCC/F | 520.82 | 6.32 |
| Muy Empinado | G | MCC/G | 15.46 | 0.19 |
| Extremadamente empinado | H | MCC/H | 12.52 | 0.15 |
| Fuertemente inclinado | D | MTVN/D | 31.69 | 0.38 |
| Moderadamente empinado | E | MTVN/E | 442.65 | 5.37 |
| Empinado | F | MTVN/F | 591.79 | 7.18 |
| Muy Empinado | G | MTVN/G | 100.60 | 1.22 |
| Fuertemente inclinado | D | MVP/D | 8.99 | 0.11 |
| Moderadamente empinado | E | MVP/E | 44.48 | 0.54 |
| Empinado | F | MVP/F | 166.33 | 2.02 |
| Muy Empinado | G | MVP/G | 11.30 | 0.14 |
| Moderadamente empinado | E | MVPMb/E | 14.89 | 0.18 |
| Empinado | F | MVPMb/F | 139.06 | 1.69 |
| Muy Empinado | G | MVPMb/G | 103.31 | 1.25 |
| Extremadamente empinado | H | MVPMb/H | 15.21 | 0.18 |
| Rio | Rio | Rio | 58.97 | 0.72 |
| Ciudad | Ciu | Ciudad | 146.67 | 1.78 |
| Laguna | Lag | Laguna | 4.19 | 0.05 |
| Área Total | | | 8245.93 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

**Altiplano**

Esta unidad fisiográfica corresponde al gran paisaje de altiplanicie cuyo proceso es agradacional, conformado por depósitos aluviales del cuaternario cuyos horizontes están formados por suelo, arenas y gravas.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Terraza baja**

Esta unidad fisiográfica corresponde al Gran paisaje de altiplanicie y Llanura, están formados por sedimentos transportados por unos procesos aluviales y fluvio aluvial.

**Terraza media**

Son áreas adyacentes a la terraza baja, ocupan fajas discontinuas de conformación irregular. Los suelos pertenecientes a este grupo han sido formados a partir de materiales aluviónicos depositados en épocas relativamente recientes. En general, ocupan una posición más alta que los suelos del grupo anterior, razón por la cual, se encuentran libres del peligro de inundación periódica durante la época de crecientes.

**Ladera de colina baja**

Se caracteriza por presentar alturas inferiores a la colina alta, presentando la forma de domos de estructura convexa.

**Ladera de colina alta**

Se caracteriza por presentar una serie de cerros alineados que da lugar a una cadena montañosa, donde las colinas altas no superan los 300 metros del nivel de base local.

**Ladera de montaña baja**

Se caracteriza por presentar un conjunto o sucesión de montañas de una manera ordenada, por consiguiente, son inferiores a las montañas altas según la altura.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# CAPITULO V

# EXPOSICIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

## 5.1 Zonas de vida de la microcuenca del rio Salado según Holdridge.

Tabla 16. *Zonas de vida de la microcuenca del rio Salado.*

| Símbolo | Zonas de vida | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|---|
| bh – MS | bosque húmedo Montano Subtropical | 5,387.47 | 65.33 |
| pmh – SaS | paramo muy húmedo Subalpino Subtropical | 2,858.46 | 34.67 |
| **Total** | | **8245.93** | **100.00** |

Fuente: (ONERN., 1976)

### 5.1.1 Bosque húmedo montano subtropical (bh – MS)

**a) Ubicación y extensión:**

Se distribuye en la región latitudinal Subtropical con una superficie de 5,387.47 ha que representa el 65.33% del área total de estudio. Situados en las siguientes Centros Poblados, comunidades y parcialidades de Hombre; Miraflores, Yacari tuntachave, Tisñachuro Vista Azul, Anccoaque Quilcani, Ancoaque San Francisco, Yacari tisñachuro, Rio Salado, Huaquina, Moyopampa I, Moyopampa II, Moyopampa III, Hacienda Calliri y Chullucachi Acero Waca

**b) Clima:**

Según el diagrama bioclimático de Holdridge esta zona tiene un promedio de evapotranspiración potencial total variable entre la mitad (0.5) y una cantidad igual (1) al volumen de precipitación promedio total por año, lo que ubica a esta zona de humedad: HUMEDO.

**c) Relieve y suelos:**

Según Holdridge, por lo general en estas zonas dominan suelos relativamente profundos, arcillosos, de reacción acida, tonos rojizos a pardos y que se asimilan al grupo edafogénico de Phaeozems. Así mismo, donde predominan materiales litológicos calcáreos pueden aparecer los Kastonozems, de tonalidades rojizas generalmente.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**d) Uso actual y potencial de la tierra:**

Esta zona de vida, a pesar de tener una precipitación no mayor de 800 mm. Anuales y la reducida evapotranspiración debido a las temperaturas baja, permiten llevar a cabo una agricultura de secano.

**e) Cobertura vegetal:**

El tipo de cobertura vegetal que presenta esta zona de vida es la siguiente: bofedal, bosque de cipres, bosque de eucalipto, bosque de eucalipto y pino, bosque de pino, bosque de pino y cipres, bosque de queñua, bosque de queñua y colle, matorral de canlli, matorral de tola e ichu, pajonal de chilligua, pajonal de chilligua y chiji, pajonal de chilligua y crespillo, pajonal de ichu, pajonal de ichu y canlli, pajonal de iru ichu, pastizal de chiji, pastizal de crespillo, pastizal de crespillo y sillu sillu, terreno con cultivo, terreno con escasa vegetación, vegetación acuática de llacho y vegetación acuática de totora.

### 5.1.2 Paramo muy húmedo subalpino subtropical (pmh – SaS)

**a) Ubicación y extensión:**

Se distribuye en la franja latitudinal Subtropical con una superficie de 2,858.46 ha, que representa el 34.67% del área total del departamento. Situados en las siguientes comunidades de Umajalso 2, percatuyo y Ancco Vilque.

**b) Clima:**

Según el diagrama de Holdridge, la evapotranspiración potencial total por año para esta Zona de Vida se ha estimado que varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que la ubica en la zona de humedad: PERHUMEDO.

**c) Relieve y suelos:**

El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos, generalmente con influencia volcánica (Andosoles) o sin influencia volcánica (Paramosoles).



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**d) Uso actual y potencial de la tierra:**

Esta Zona de Vida se encuentras pastos naturales y consecuentemente con mayor capacidad para producir este tipo de plantas para el sostenimiento de una ganadería productiva.

**e) Cobertura vegetal:**

El tipo de cobertura vegetal que presenta esta zona de vida es la siguiente: bofedal, bosque de eucalipto, bosque de eucalipto y cipres, bosque de eucalipto y pino, bosque de queñua, matorral de canlli, matorral de muña, matorral de tola e ichu, pajonal de chilligua, pajonal de chilligua y crespillo, pajonal de ichu y canlli, pastizal de chiji, pastizal de crespillo, pastizal de crespillo y canlli, pastizal de crespillo y sillu sillu, terreno con escasa vegetación

## 5.2 Determinación de capacidad de uso mayor de las tierras del área de estudio

En los párrafos siguientes se describe en detalle las tierras clasificadas a nivel de Grupo, Clase y Subclase de Capacidad de Uso Mayor (CUM) determinadas en el área de estudio con un área total de 8,245.93 ha.

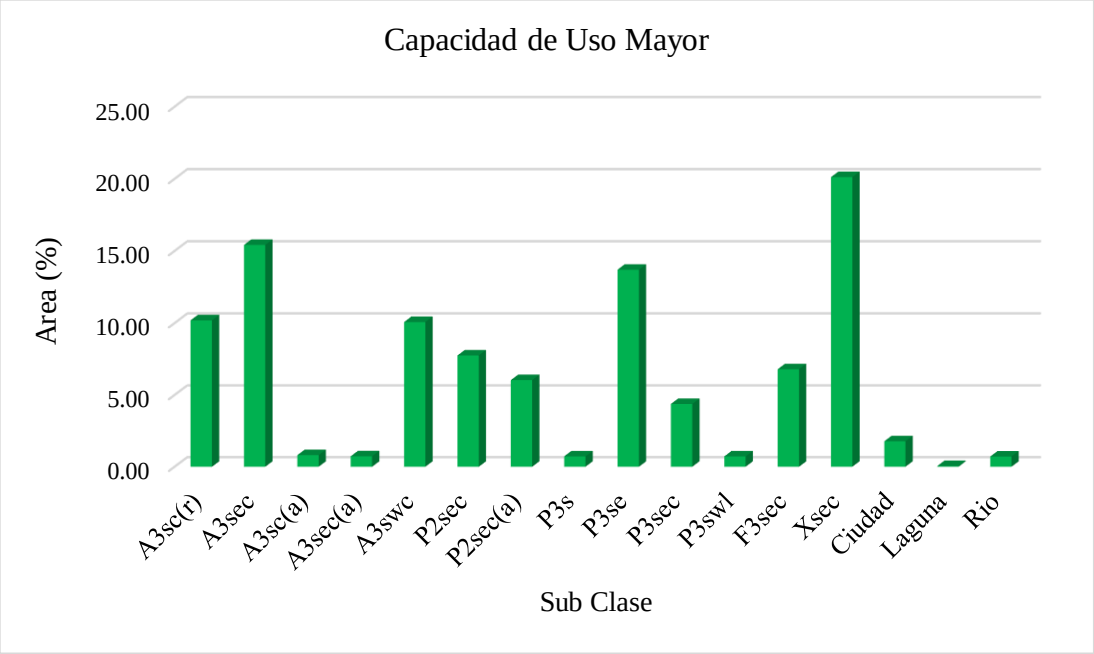



*Figura 29.* Porcentaje de áreas de subclase según CUM



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 17. *Superficie y porcentaje de las tierras estudia según CUM*

| Grupo | Área (ha) | % Área | Clase | Área (ha) | % Área | Sub Clase | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 3069.47 | 37.22 | A3 | 3069.47 | 37.22 | A3sc(r) | 840.23 | 10.19 |
| | | | | | | A3sec | 1271.53 | 15.42 |
| | | | | | | A3sc(a) | 66.93 | 0.81 |
| | | | | | | A3sec(a) | 60.14 | 0.73 |
| P | 2746.90 | 33.31 | P2 | 1137.48 | 13.79 | A3swc | 830.63 | 10.07 |
| | | | | | | P2sec | 639.48 | 7.76 |
| | | | | | | P2sec(a) | 497.99 | 6.04 |
| | | | P3 | 1609.42 | 19.52 | P3s | 59.67 | 0.72 |
| | | | | | | P3se | 1129.67 | 13.70 |
| | | | | | | P3sec | 360.74 | 4.37 |
| | | | | | | P3swl | 59.35 | 0.72 |
| F | 560.42 | 6.80 | F3 | 560.42 | 6.80 | F3sec | 560.42 | 6.80 |
| X | 1659.30 | 20.12 | X | 1659.30 | 20.12 | Xsec | 1659.30 | 20.12 |
| Ciudad | 146.67 | 1.78 | Ciudad | 146.67 | 1.78 | Ciudad | 146.67 | 1.78 |
| Laguna | 4.19 | 0.05 | Laguna | 4.19 | 0.05 | Laguna | 4.19 | 0.05 |
| Rio | 58.97 | 0.72 | Rio | 58.97 | 0.72 | Rio | 58.97 | 0.72 |
| **TOTAL** | | | | | | | **8245.93** | **100.00** |

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1 Tierras aptas para cultivos (A)

Comprende una superficie de 3,069.47 ha, que corresponde un 37.22 % del área estudiada. Estas tierras presentan las mejores características edáficas, topográficas y climáticas de la zona, para el establecimiento de una agricultura de tipo intensivo sobre la base de especies anuales o de corto periodo vegetativo, acorde con las condiciones ecológicas del área.

Dentro este grupo se han establecido la clase: A3

**Clase A3**

Comprende una Superficie de 3,069.22 ha, que representa el 37.22% del área estudia y agrupa a las tierras de calidad agrologica baja, apropiadas para la explotación agrícola



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

con prácticas intensas de manejo, incluye suelos de topografía plana a moderadamente inclinadas con limitaciones de orden edáfico, climático y topográfico.

Dentro de esta clase se ha determinado la siguiente sub clase: A3sc, A3sec, A3sc(a), A3sec(a) y A3swc

**Subclase A3sc(r)**

Cubre una superficie de 840.23 ha, equivalente al 10.19% del área total, evaluada en los suelos de Yacari Tisñachuro, Huerta Parque, Moyopampa3, Huaquina y Anccoaque Quilcani. Están formados por suelos moderadamente profundos, de textura Franca, franca arenosa a franco limoso, de drenaje ligero a bueno y de reacción ligeramente acida a neutra y ligeramente alcalinos. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos y climáticos con necesidad de aplicación de riego suplementario para el crecimiento y desarrollo de los cultivos

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media a baja que presentan, la cual esta expresada por la deficiencia de nutrientes disponibles para los cultivos, especialmente de fosforo y/o potasio y en algunos casos con bajo contenido de nitrógeno, y las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, ya que están expuestas a los peligros de heladas, causadas por las bajas temperaturas y veranillos que causan déficit hídrico.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras en forma intensiva y continuada debe realizarse en el periodo propicio ( diciembre, enero, febrero y marzo), de tal manera que se evite la época de más bajas de temperaturas y requiere de un manejo de suelos, en el cual se dé prioridad al sembrío a en surcos en contorno, dándole cierta inclinación y el abonamiento orgánico, adaptables al medio ecológico como el estiércol descompuesto, compost y roca fosfórica con el fin de aumentar su capacidad de retención de humedad y nutrientes. Además, se debe considerar las medidas culturales como: rotación de cultivos, etc.

**Especies recomendables:** De acuerdo a las características y condiciones climáticas de la zona, se recomienda la implementación de los cultivos tolerantes y resistentes a las bajas temperaturas, tales como: papa, quinua precoz, cañihua, avena y cebada forrajera.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Subclase A3sec**

Cubre una superficie de 1,271.53 ha, equivalente al 15.42% del área total, evaluada en los suelos de Yacari Tisñachuro, Huerta Parque, Huaquina y Anccoaque Quilcani. Están formados por suelos moderada profundidad, de textura franca, franca arenosa a franco limoso, de drenaje de ligero a bueno y de reacción ligeramente acida, neutra a ligeramente alcalinos. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos, microrelieve o pendiente y climáticos.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media a baja que presentan, la cual esta expresada por la deficiencia de nutrientes disponibles para los cultivos, especialmente de fosforo y/o potasio y con bajo contenido de nitrógeno y las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, ya que están expuestas a los peligros de heladas, causadas por las bajas temperaturas y veranillos que causan déficit hídrico.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras en forma intensiva y continuada debe realizarse en el periodo propicio ( diciembre, enero, febrero y marzo), de tal manera que se evite la época de más bajas de temperaturas y requiere de un manejo de suelos, en el cual se dé prioridad al sembrío a en surcos en contorno, dándole cierta inclinación y el abonamiento orgánico, adaptables al medio ecológico como el estiércol descompuesto, compost y roca fosfórica con el fin de aumentar su capacidad de retención de humedad y nutrientes Además se debe considerar las medidas culturales como: rotación de cultivos, etc.

**Especies recomendables:** De acuerdo a las características y condiciones climáticas de la zona, se recomienda la implementación de los cultivos tolerantes y resistentes a las bajas temperaturas, tales como: papa, quinua precoz, haba, cañihua, avena y cebada forrajera.

**Subclase A3sc(a)**

Cubre una superficie de 66.93 ha, equivalente al 0.81% del área total, evaluada en suelo de miraflores. Están formados por suelo moderada profunda y profundo, de textura Franca de drenaje bueno y de reacción ligeramente acida Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos, clima y andenería.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media a baja que presentan, la cual esta expresada por la deficiencia de nutrientes disponibles para los cultivos, especialmente de fosforo o potasio y con medio contenido de nitrógeno y las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, ya que están expuestas a los peligros de heladas, causadas por las bajas temperaturas y veranillos que causan déficit hídrico.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras en forma intensiva y continuada debe realizarse en el periodo propicio ( diciembre, enero, febrero y marzo), de tal manera que se evite la época de más bajas de temperaturas y requiere de un manejo de suelos, en el cual se dé prioridad al sembrío a en surcos en contorno, dándole cierta inclinación y el abonamiento orgánico, adaptables al medio ecológico como el estiércol descompuesto, compost y roca fosfórica con el fin de aumentar su capacidad de retención de humedad y nutrientes. Además, se debe considerar las medidas culturales como: rotación de cultivos, etc.

**Especies recomendables:** De acuerdo a las características y condiciones climáticas de la zona, se recomienda la implementación de los cultivos tolerantes y resistentes a las bajas temperaturas, tales como: papa, quinua precoz, haba, cañihua, avena y cebada forrajera.

**Subclase A3sec(a)**

Cubre una superficie de 60.14 ha, equivalente al 0.73% del área total, evaluada en suelo de Yacari Tuntachave. Están formados por suelo moderada profunda, de textura Franca de drenaje ligero y de reacción ligeramente acida Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos, microrelieve o pendiente, clima con andenería.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media a baja que presentan, la cual esta expresada por la deficiencia de nutrientes disponibles para los cultivos, especialmente de fosforo o potasio y con bajo contenido de nitrógeno y las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, ya que están expuestas a los peligros de heladas, causadas por las bajas temperaturas y veranillos que causan déficit hídrico.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras en forma intensiva y continuada debe realizarse en el periodo propicio ( diciembre, enero, febrero y marzo),



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

de tal manera que se evite la época de más bajas de temperaturas y requiere de un manejo de suelos, en el cual se dé prioridad al sembrío a en surcos en contorno, dándole cierta inclinación y el abonamiento orgánico, adaptables al medio ecológico como el estiércol descompuesto, compost y roca fosfórica con el fin de aumentar su capacidad de retención de humedad y nutrientes. Además, se debe considerar las medidas culturales como: rotación de cultivos, etc.

**Especies recomendables:** De acuerdo a las características y condiciones climáticas de la zona, se recomienda la implementación de los cultivos tolerantes y resistentes a las bajas temperaturas, tales como: papa, quinua precoz, haba, cañihua, avena y cebada forrajera.

**Subclase A3swc**

Cubre una superficie de 830.63 ha, equivalente al 10.07% del área total, evaluada en suelos de Moyopampa I, Moyopampa II y Chullocachi Acero Huaca. Están formados por suelo moderada profunda, de textura Franca arenoso, franco arcilloso a arena franca, granular, fina y débil con drenaje lento y de reacción ligeramente alcalina a fuertemente alcalina Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores suelo, drenaje y clima.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media que presenta, la cual esta expresada por un moderado nutrientes disponibles para los cultivos, medio en fosforo, alto en potasio, medio contenido de nitrógeno y las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, ya que están expuestas a los peligros de heladas, causadas por las bajas temperaturas y veranillos que causan déficit hídrico.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras en forma intensiva y continuada debe realizarse en el periodo propicio (diciembre, enero, febrero y marzo), de tal manera que se evite la época de más bajas de temperaturas y requiere de un manejo de suelos, en el cual se dé prioridad al sembrío encima de surcos, o en waruwaru dándole cierta elevación para el drenaje, el abonamiento orgánico, adaptables al medio ecológico como el estiércol descompuesto, compost y roca fosfórica con el fin de aumentar su capacidad de retención de humedad y nutrientes. Además, se debe considerar las medidas culturales como: rotación de cultivos, etc.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Especies recomendables:** De acuerdo a las características y condiciones climáticas de la zona, se recomienda la implementación de los cultivos tolerantes y resistentes a las bajas temperaturas, tales como: papa, quinua precoz, avena y cebada forrajera.

### 5.2.2 Tierras aptas para pastos (P)

Comprende una superficie de 2,746.90 ha, que corresponde al 33.31% del área estudiada. Estas tierras presentan características edáficas, topográficas y climáticas no son aptas para cultivos intensivos, pero si presentan condiciones aparentes para la conducción de pastos nativos o mejorados, adoptadas a las condiciones ecológicas del medio.

Dentro de este grupo se ha establecido la siguiente Clase de Capacidad de Uso Mayor: P2 y P3

**Clase P2**

Comprende una superficie 1,137.48 ha equivalente al 13.79% del área total evaluada y agrupa a las tierras de calidad agrologica media en este grupo, con limitaciones y deficiencias más intensas que la clase anterior para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas, que permiten el desarrollo sostenible de una ganadería. Requieren de la aplicación de prácticas moderadas de manejo de suelos y pastos para evitar el deterioro del suelo y mantener una producción sostenible.

Dentro de esta clase se ha determinado la siguiente sub clase: P2sec y P2sec(a).

**Subclase P2sec**

Cubre una superficie de 639.48 ha, equivalente al 7.76% del área total evaluada, perteneciente a los suelos de Humajalso y Percatuyo. Están formados por suelos superficiales a moderados profundos, de textura de franca a franco limoso, moderadamente gruesa, fina y débil con drenaje moderado y de reacción ligeramente acida a neutro. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos, microrelieve y climáticos.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media que presentan, la cual esta expresada por los nutrientes disponibles para los cultivos,



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

especialmente fosforo y contenido medio de nitrógeno, presentan suelos moderadamente profundos

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras son mayormente para fines de producción de pastos mejorados adaptables al medio ecológicos, cuyo manejo agrostológico debe considerar las siguientes medidas: implementación de una asociación entre gramíneas y leguminosas, con incorporación de roca fosfórica para mejorar los niveles de nitrógeno y fósforo, abonos orgánicos, prácticas de enmiendas para mejorar la calidad del suelo; establecimientos de cercos, optimizando la carga animal y tiempo de pastoreo adecuado con el fin de evitar el sobre pastoreo y por consiguiente evitar el deterioro del recurso edáfico, por otro lado, en la época de precipitación pluvial se puede producir cultivos forrajeros, que pueden ser aprovechados por el ganado, ya sea en forma directa o indirecta.

**Especies recomendables:** implantación de cultivos y pastos tolerantes al clima, siempre teniendo en cuenta el recurso suelo.

**Subclase P2sec(a)**

Cubre una superficie de 497.99 ha, equivalente al 6.04% del área total evaluada pertenecientes a los suelos: Miraflores Están formados por suelos moderada profundidad a profundo, de textura franca y moderadamente gruesa, fina y débil con drenaje bueno, de reacción ligeramente acida. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los edáficos, microrelieve, clima y andenería.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad natural media que presentan, la cual esta expresada por nutrientes disponibles para los cultivos, especialmente fosforo y nitrógeno, y al clima adverso que soportan, debido a las heladas que se presentan por efecto de las bajas temperatura.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras son mayormente para fines de producción de pastos mejorados adaptables al medio ecológicos, cuyo manejo agrostológico debe considerar las siguientes medidas: implementación de una asociación entre gramíneas y leguminosas en andenerías, con incorporación de roca fosfórica para mejorar los niveles de nitrógeno y fósforo, abonos orgánicos, prácticas de enmiendas para mejorar la calidad del suelo; establecimientos de cercos, optimizando la carga animal y



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

tiempo de pastoreo adecuado con el fin de evitar el sobre pastoreo y por consiguiente evitar el deterioro del recurso edáfico, por otro lado, en la época de precipitación pluvial se puede producir cultivos forrajeros, que pueden ser aprovechados por el ganado, ya sea en forma directa o indirecta.

**Especies recomendables:** implantación de cultivos forrajeros y pastos tolerantes a la alcalinidad, siempre teniendo en cuenta el recurso suelo.

**Clase P3**

Comprende una superficie 1,609.42 ha, equivalente al 19.52 % del área total evaluada y agrupa a las tierras de calidad agrologica baja, que requieren de practica intensivas de manejo para permitir una actividad pecuaria económicamente rentable. Incluye suelos de relieve plano a inclinado con limitaciones de orden edáfico, topográfico, climático, salinidad, drenaje. Dentro de esta clase se ha determinado las siguientes sub clases: P3s, P3se, P3sec y P3swl.

**Subclase P3s**

Cubre una superficie de 59.67 ha, equivalente al 0.72% del área total evaluada, perteneciente a los suelos Yacari Tuntachave. Están formados por suelos de moderada profundidad, de textura franco, granular, fina a media, débil, con drenaje bueno y de reacción ligeramente acida Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad baja que constituye una limitación, debido a las deficiencias de nutrientes disponibles.

**Lineamientos de Uso y Manejo:** La utilización de estas tierras son mayormente para fines de producción de pastos nativos adaptables al medio ecológicos, cuyo manejo agrostológico debe considerar las siguientes medidas: carga animal y tiempo de pastoreo adecuado con el fin de evitar el sobre pastoreo y por consiguiente el deterioro del recurso edáfico.

**Especies recomendables:** Se debe tratar de mantener los pastizales, con sus especies nativas mejoradas adaptadas al medio ecológico.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Subclase P3se**

Cubre una superficie de 1,129.67 ha, equivalente al 13.70% del área total evaluada, perteneciente a los suelos Miraflores, Yacari Tisñachuro, Tisñachuro Vista Azul, Anccoaque San Francisco, Huerta Parque y Calliri. Están formados por suelos de moderada profundidad, de textura franco a franco limoso, granular, fina a media, débil a moderado, con drenaje bueno y de reacción ligeramente acida, neutra a ligeramente alcalina. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los factores edáficos y microrelieve.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad baja que constituye una limitación, debido a las deficiencias de nutrientes disponibles.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras son mayormente para fines de producción de pastos nativos adaptables al medio ecológicos, cuyo manejo agrostológico debe considerar las siguientes medidas: carga animal y tiempo de pastoreo adecuado con el fin de evitar el sobre pastoreo y por consiguiente el deterioro del recurso edáfico.

**Especies recomendables:** Se debe tratar de mantener los pastizales, con sus especies nativas mejoradas adaptadas al medio ecológico.

**Subclase P3sec**

Cubre una superficie de 360.74 ha, equivalente al 4.37% del área total evaluada, pertenecientes a los suelos: Ancco Vilque, Están formados por suelos superficiales y moderada profundidad, de textura franca arenosa, de drenaje bueno y de reacción neutra a ligeramente alcalina. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los edáficos, microrelieve y climáticos

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a al clima adverso que soportan, debido a las heladas que se presentan por efecto de las bajas temperatura, la fertilidad que constituye otra limitación, debido a las deficiencias de nutrientes disponibles. También presenta problemas de Erosión.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras son mayormente para fines de producción de pastos nativos adaptables al medio ecológicos, cuyo manejo



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

agrostológico debe considerar las siguientes medidas: carga animal y tiempo de pastoreo adecuado con el fin de evitar el sobre pastoreo y por consiguiente el deterioro del recurso edáfico.

**Especies recomendables:** Se debe tratar de mantener los pastizales, con sus especies nativas mejoradas adaptadas al medio ecológico

**Subclase P3swl**

Cubre una superficie de 59.35 Has, equivalente al 0.72% del área total evaluada, perteneciente a suelo Rio Salado. Están formados por suelos de moderada profundidad, de textura franco limoso Granular, fina, debil de drenaje imperfecto lento y de reacción ligeramente alcalino. Sus limitaciones principalmente están relacionadas a los edáficos, drenaje y Salinidad.

**Limitaciones de uso:** las limitaciones de uso están referidas a la fertilidad baja que constituye una limitación, debido a las deficiencias de nutrientes disponibles. También presenta problemas de drenaje debido al exceso de aguas pluviales en épocas de lluvia.

**Lineamientos de uso y manejo:** La utilización de estas tierras son mayormente para fines de producción de pastos nativos adaptables al medio ecológicos, cuyo manejo agrostológico debe considerar las siguientes medidas: carga animal y tiempo de pastoreo adecuado con el fin de evitar el sobre pastoreo y por consiguiente el deterioro del recurso edáfico. Creación de sistema de drenaje.

**Especies recomendables:** Se debe tratar de mantener los pastizales, con sus especies nativas mejoradas adaptadas al medio ecológico.

### 5.2.3 Tierras aptas para producción forestal (F)

Comprende una superficie de 560.42 ha, que equivale al 6.80% del área total evaluada. Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas y relieve para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes y pastos más bien son característicos para forestación. En este sentido, las limitaciones de orden climático, edáfico y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas, áreas recreacionales, vida silvestre, plantaciones forestales de protección y otros. Se ha determinado la unidad: F3sec.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Símbolo F3sec**

Comprende una superficie de 560.42 ha, que equivale al 6.80% del área total evaluada. Están constituidas por tierras de Anccoaque San francisco y Calliri, que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas y condiciones topográficas para cultivos en limpio o pastos más bien son características propias para suelos de forestación cuyas pendientes son inclinados.

### 5.2.4 Tierras de Protección (X sec)

Comprende una superficie de 1659.30 ha, que equivale al 20.12% del área total evaluada. Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal. En este sentido, las limitaciones o impedimentos tan severos de orden climático, edáfico y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas de protección, quedando relegadas para otros propósitos como por ejemplo explotación minera, áreas recreacionales, vida silvestre, plantaciones forestales de protección y otros.

## 5.3 Unidad de cobertura vegetal

Las unidades de cobertura vegetal son caracterizadas por la composición y estructuras de las especies que conforman parte de un determinado territorio.

Tanto la fisionomía como florística involucran una gran masa de información puntual cuya interpretación solo es posible después de ordenarla y simplificarla, el primer paso una vez obtenida teniendo los datos cualitativos o cuantitativos consiste en adecuarlos para su análisis posterior mediante una serie de operaciones.

### 5.3.1 Clasificación de las unidades de cobertura vegetal de la microcuenca.

El área estudiada se encuentra en la parte en el nivel medio del Departamento de Puno, identificándose 8 unidades de cobertura vegetal incluyendo áreas urbanas y cuerpos de agua en todo el ámbito de estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 18. *Unidad de cobertura vegetal de la microcuenca del rio Salado*

| Región natural | Macro provincia de humedad | formación vegetal | Unidades naturales de cobertura vegetal | Símbolo | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Andina (Vertiente Occidental Andina) | Subhúmedo | Bosque | Bosque relicto altoandino | Br-al | 107.30 | 1.30 |
| | | Herbazal | Pajonal andino | Pj | 4686.72 | 56.84 |
| | | | **Unidades antrópicas de cobertura vegetal** | **Símbolo** | | |
| | | | Plantación Forestal | PF | 7.73 | 0.09 |
| | | | Agricultura Andina | Agri | 2573.07 | 31.20 |
| | | | **Otras coberturas** | | | |
| | | | Área altoandina con escasa o sin vegetación | Esv | 661.28 | 8.02 |
| | | | Lagunas | L | 4.19 | 0.05 |
| | | | Ríos | R | 58.97 | 0.72 |
| | | | Área Urbana | U | 146.67 | 1.78 |
| | | | **Total** | | **8245.93** | **100.00** |

Fuente: (Resolucion Ministerial Nº059-2015-MINAM, 2015) y elaboración propia

### 5.3.2 Descripción de las unidades de cobertura vegetal.

**Bosque relicto altoandino.**

Esta categoría ocupa una extensión de 107.30 ha, lo que representa el 1.30% del área total del estudio, son áreas cubiertas por una vegetación arbustiva; Queñuales, matorral espina de cristo, etc.

**Pajonal Andino.**

Esta categoría ocupa una extensión de 4686.72 ha, lo que representa el 56.84% del área total del estudio, son áreas cubiertas por una vegetación de chilligares, ichus, graminias, chiji, pastos temporales, etc.

**Plantación forestal.**

Esta clase abarca una extensión de 7.73 ha, que representa el 0.09% de la zona evaluada, Son aéreas cubiertas por una vegetación Arbustiva, predominantemente de especies de Eucalipto, pino y ciprés que varían en sus características de acuerdo a la Zona



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**Agricultura andina.**

Cubre aproximadamente 2,573.07 ha, que representa el 31.20% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por vegetación de cultivos en limpio; papa (tuberculos), Oxsalis, Quinua, cañihua, Habas, tarwui, Cevada, avena, etc

**Área altoandina con escasa o sin vegetación.**

Cubre aproximadamente 661.28 ha, que representa el 8.02% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por una escasa vegetación generalmente la cima de los cerros.

En este tipo de denominación se trata de áreas de territorio desnudo y degradado algunos de ellos por efectos antrópicos y otros de forma natural por efectos de la escorrentía. Generalmente se encuentran ubicados en las cumbres, en algunos casos en montañas o colinas de los andes, presentando un tipo de vegetación característico para este tipo de territorio; Estipa ichu, tolares, margiricarpus, etc

**Terrenos con laguna.**

Cubre aproximadamente 4.19 ha, que representa el 0.05% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por agua o encharcamiento de agua.

**Terrenos en caja de río.**

Esta categoría cubre 58.97 ha, que representa el 0.72% del área evaluada. Es el área ocupada por el cauce del río, en temporadas de estiaje deja bancos de arena y grava que son aprovechados como material de construcción.

**Área urbana.**

Esta categoría ocupa una extensión de 146.67 ha, lo que representa el 1.78% del área total del estudio. Dentro de esta clase está comprendido el local Municipal, plaza de armas, templos coloniales, Centros educativos, viviendas urbanas, calles pavimentadas, plataformas deportivas, entre otros.

### 5.4 Categorías del uso actual de la tierra

La información obtenida sobre el Uso Actual de la Tierra, ha sido ordenada de acuerdo a la clasificación propuesta por la Unión Geográfica Internacional, en categorías y sub



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

clases, las mismas que se describen de acuerdo a sus características más importantes, que comprenden: la ubicación de las tierras que ocupa. Según la explicación simbólica, en el área de influencia directa del proyecto, se ha podido determinar las unidades de mapeo de cobertura y uso actual del suelo, el cual se puede apreciar en el Tabla 19 respectivo.

Tabla 19. *Categorías y /o subclases de cobertura y UAT de acuerdo al UGI*

| **Simb.** | **Categoría y clase de uso** | **Área has** | **Área (%)** |
|---|---|---|---|
| 1 | *Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales* | *146.67* | *1.78* |
| 1a | Áreas con viviendas rurales | 146.67 | 1.78 |
| 4 | *Terrenos con cultivos transitorio en secano* | *2,426.40* | *29.43* |
| 4a | Terrenos con cultivos transitorio en secano | 1,782.31 | 21.61 |
| 4b | Terrenos con cultivos transitorio en secano andenería | 644.09 | 7.81 |
| 6 | *Terrenos de praderas naturales* | *4,595.41* | *55.73* |
| 6a | Terrenos de pajonal con chilliguares | 1,739.99 | 21.10 |
| 6b | Terrenos de pajonal con ichu | 2,815.44 | 34.14 |
| 6c | Terrenos de pajonal con iro ichu | 39.98 | 0.48 |
| 7 | *Terrenos con bosque* | *115.03* | *1.39* |
| 7a | Terrenos con bosque de queñua | 26.06 | 0.32 |
| 7b | Terrenos con bosque de pino y eucalipto | 7.73 | 0.09 |
| 7c | Terrenos con matorral de espina de cristo | 81.24 | 0.99 |
| 8 | *Terrenos húmedos* | *91.31* | *1.11* |
| 8a | Terrenos húmedos con pastizales | 91.31 | 1.11 |
| 9 | *Terrenos sin uso y/o improductivos* | *871.11* | *10.56* |
| 9a | Terrenos con caja de rio | 58.97 | 0.72 |
| 9b | Terrenos en descanso | 146.67 | 1.78 |
| 9c | Terrenos con afloramiento rocoso | 25.65 | 0.31 |
| 9d | Laguna | 4.19 | 0.05 |
| 9e | Terrenos con escasa Vegetación | 635.63 | 7.71 |
| **Total** | | **8,245.93** | **100.00** |

Fuente: Elaboración propia en base a (UGI, 1957) citado por (Herrera, 2010)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

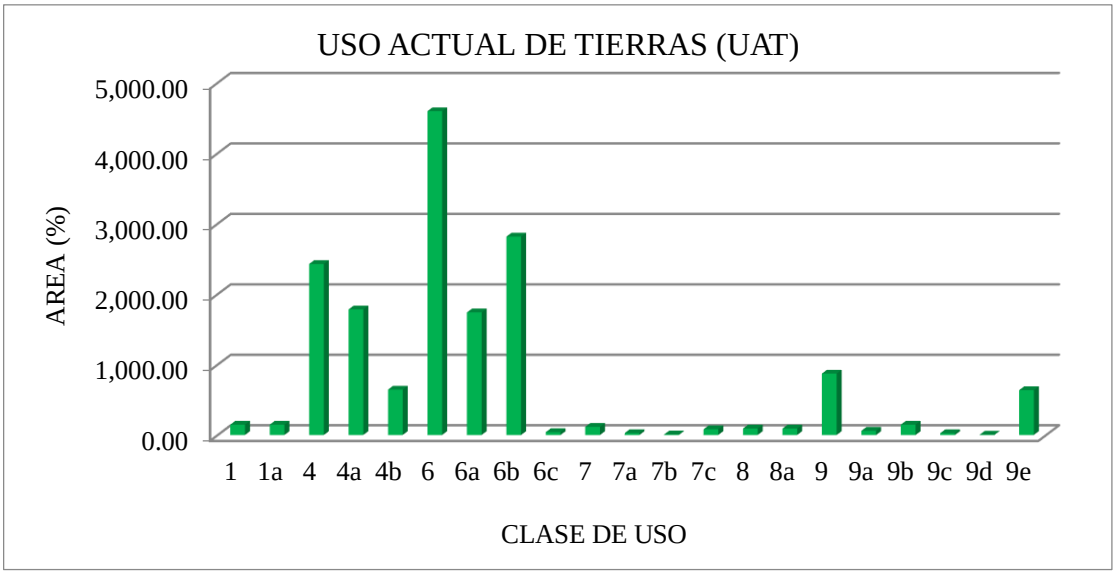



*Figura 30.* Representación gráfica de UAT según UGI.

Se han identificado seis de las nueve categorías de uso de la tierra, que ocupan una superficie de 8,245.93 ha, de las cuales se tiene terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales con 146.67 ha. Terrenos con cultivos transitorios en secano con 2,426.40 ha, terrenos de praderas naturales con 4,595.41 ha, terrenos con bosque con 115.03 ha, Terrenos húmedos con 91.31 ha y terrenos sin uso y/o improductivos con 871.11 ha, el indicador del sistema es mayormente agropecuario.

### 5.4.1 Terrenos urbanos (1)

#### a) Áreas urbanas (1a)

Esta categoría ocupa una extensión de 146.67 ha, lo que representa el 1.78% del área total del estudio. Dentro de esta clase está comprendido el local Municipal, plaza de armas, templos coloniales, Centros educativos, viviendas urbanas, calles pavimentadas, plataformas deportivas, entre otros.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 31.* Zona urbana de la microcuenca rio salado

### 5.4.2 Terrenos con cultivos transitorio en secano (4)

Esta categoría ocupa una extensión de 2,426.40 ha, lo que representa el 29.43% del área total del estudio

**a) Terrenos con cultivos transitorios en secano (4a).**

Abarca una extensión de 1782.31 ha, que representa el 21.61% de la zona evaluada, es la categoría de importancia en la zona, ya que permite tener cultivos en limpio; papa, quinua, cañihua, Haba, cebada, avena forraje y leguminosas.

*Figura 32.* Cultivo en limpio (Quinua)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**b) Terrenos con cultivos transitorio en secano andenería (4b).**

Abarca una extensión de 644.09 ha, que representa el 7.81% de la zona evaluada, es la categoría de importancia en la zona, los productos están cultivados en andenerías para que desarrolle óptimamente, como cultivos papa, quinua, cañihua, habas, cebada, avena forraje y leguminosas.

*Figura 33*. Cultivos transitorios en andenería

### 5.4.3 Terrenos con praderas naturales (6)

Esta categoría ocupa una extensión de 4595.41 ha, lo que representa el 55.73% del área total del estudio

**a) Terrenos de panojal con chilliguares (6a)**

Esta clase abarca una extensión de 1,739.99 ha, que representa el 21.10% de la zona evaluada, es la clase de mayor extensión e importancia en la zona, ya que permite sostener la ganadería, vacuna, ovina y camélidos en mayor proporción, que son el mayor eje económico de la micro cuenca. Son aéreas cubiertas por una vegetación herbácea, predominantemente de especies palatables y que varían en su composición fundamentalmente de acuerdo a la humead del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 34.* Praderas naturales chilliguares

**b). Terrenos de panojal con ichu (6b).**

Esta clase ocupa una extensión de 2,815.44 ha, lo que representa el 34.14% del área total del estudio, los pastizales que están cubiertos por esta especie se llaman chilliguares, Ichu especie perenne, erecta, Su presencia indica un suelo poco profundo a superficiales. La resistencia a la helada hace que sea palatable aún en los meses de sequía, sin embargo, su valor forrajero decrece enormemente a medida que transcurre el periodo vegetativo.

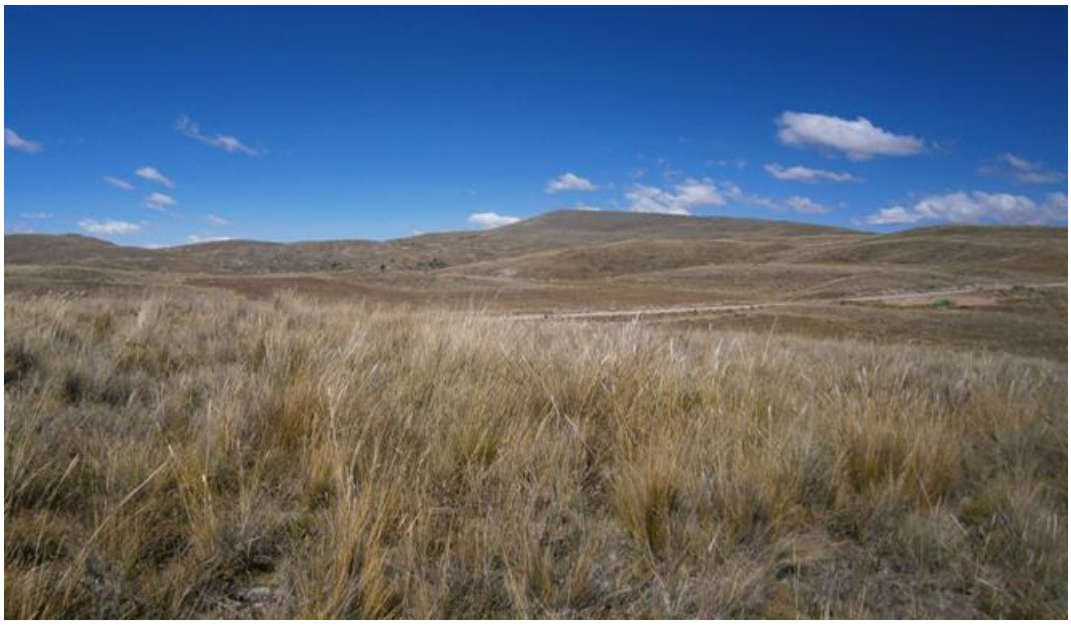


*Figura 35.* Praderas naturales de pastizales de ichu



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**c). Terrenos de panojal con iro ichu (6c)**

Esta clase abarca una extensión de 39.98 ha, que representa el 0.48 % de la zona evaluada, Son aéreas cubiertas por una vegetación herbácea, predominantemente de especies pastizales e iro ichu; son especies nativas, que varían en su composición fundamentalmente de acuerdo a la humead del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica.

*Figura 36.* Praderas naturales con iro ichu

### 5.4.4 Terrenos con Bosques (7)

Esta categoría ocupa una extensión de 115.03 ha, lo que representa el 1.39% del área total del estudio

**a) Terrenos con bosque de queñua (7a)**

Esta clase abarca una extensión de 26.06 ha, que representa el 0.32% de la zona evaluada, son aéreas cubiertas por una vegetación Arbustiva, predominantemente de especies queñuales y colles que varían en sus características de acuerdo a la zona



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

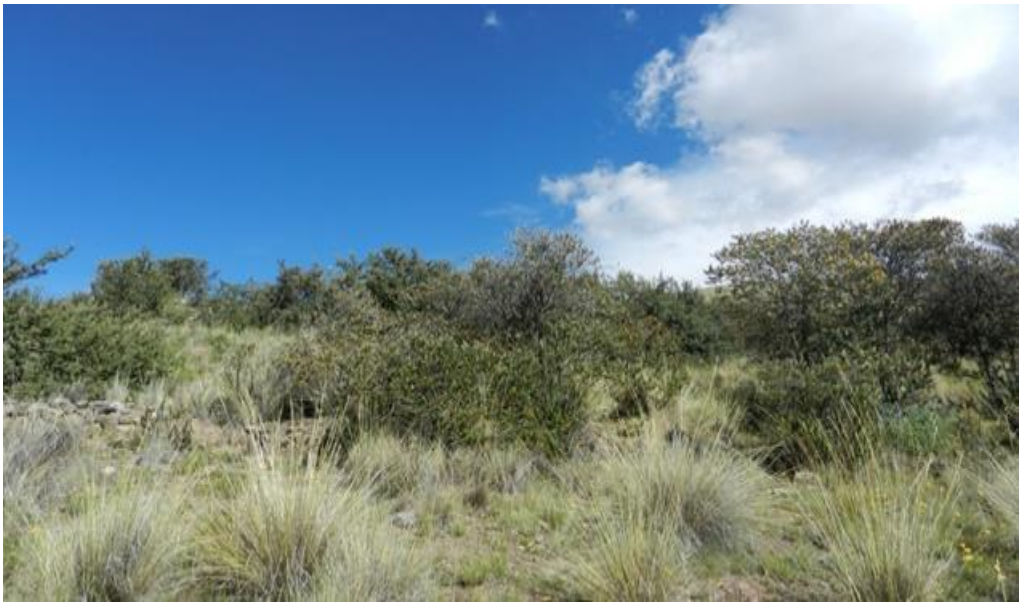


*Figura 37.* Arbusto de queñuales y colle

**b) Terrenos con bosque de pino y eucalipto (7b)**

Esta clase abarca una extensión de 7.73 ha, que representa el 0.09% de la zona evaluada, son aéreas cubiertas por una vegetación Arbustiva, predominantemente de especies de Eucalipto, pino y ciprés que varían en sus características de acuerdo a la zona

*Figura 38.* Arbusto de eucalipto, ciprés y pino



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**c) Terrenos con matorral de espina de cristo (6d)**

Esta clase abarca una extensión de 81.24 ha, que representa el 0.99% de la zona evaluada, es la clase de menor extensión e importante en la zona, son aéreas cubiertas por una vegetación endémica de especies arbustiva que varían en su, exposición y características.

*Figura 39.* Arbusto de Espina de cristo

### 5.4.5 Terrenos Húmedos (8)

Esta categoría ocupa una extensión de 91.31 ha, lo que representa el 1.11% del área total del estudio

**a) Terrenos húmedos con pastizales (8a)**

Esta clase abarca una extensión de 91.31 ha, que representa el 1.11% de la zona evaluada, es la clase de menor extensión e importante en la zona, ya que permite sostener la ganadería, vacuno, ovina y camélidos en proporción. Son aéreas cubiertas por una vegetación de especies palatables y que varían en su composición fundamentalmente de acuerdo a la humead del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 40.* Terrenos húmedos

### 5.4.6 Terrenos sin uso y/o improductivos (9)

Esta categoría ocupa una extensión de 871.11 ha, lo que representa el 10.56% del área total del estudio

**a) Terrenos en caja de Río (9a)**

Esta categoría cubre 58.97 ha, que representa el 0.72% del área evaluada. Es el área ocupada por el cauce del río, en temporadas de estiaje deja bancos de arena y grava que son aprovechados como material de construcción.

*Figura 41.* Caja de rio



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**b) Terrenos en descanso (9b)**

Cubre aproximadamente 146.67 ha, que representa el 1.78% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por terrenos en descanso para cultivar dentro unos años que presentan escasa vegetación.

*Figura 42.* Terrenos en descanso

**c) Terrenos con afloramiento rocoso (9c).**

Cubre aproximadamente 25.65 ha, que representa el 0.31% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por rocas o afloraciones.

*Figura 43.* Afloramiento rocoso.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**d) Laguna (9d).**

Cubre aproximadamente 4.19 ha, que representa el 0.05% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por agua o encharcamiento de agua.

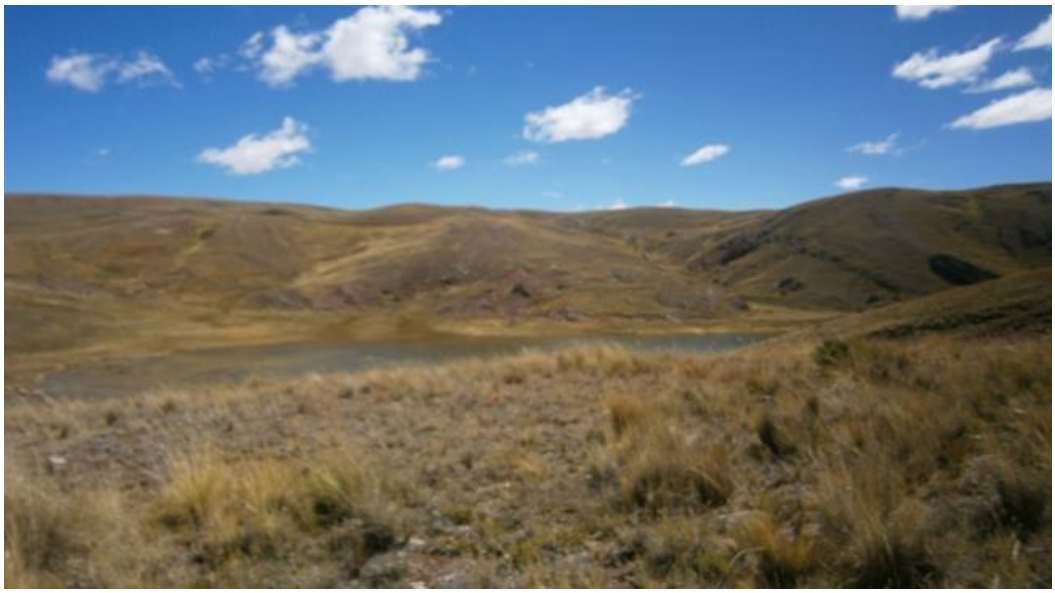


*Figura 44.* Lagunas

**e) Terrenos con escasa vegetación (9e).**

Cubre aproximadamente 635.63 ha, que representa el 7.71% del área estudiada. Estas áreas son ocupadas por una escasa vegetación generalmente la cima de los cerros.

*Figura 45.* Terrenos con escasa vegetación



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## 5.5 Clasificación climática de la microcuenca del rio Salado.

### 5.5.1 Estaciones meteorológicas.

La diferencia de altitud que presenta el área de estudio de 3810 a 4530 msnm entre el punto más bajo y el punto más alto, se ha considerado recopilar los parámetros climáticos (precipitación, temperatura y radiación solar), tomando en consideración la altitud y su ubicación geográfica. Para tal efecto, se ha contado con información de estaciones meteorológicas enmarcadas a la zona de estudio.

Tabla 20. *Estaciones aledañas a la microcuenca del rio Salado*

| N° | Estaciones | Tipo | Distrito | Provincia | Este | Norte | Altitud. (m.s.n.m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Estación Desaguadero | CO | Desaguadero | Chucuito | 495720.79 | 8168178.22 | 3860 |
| 2 | Estación Juli | CO | Juli | Chucuito | 450842.53 | 8208468.59 | 3812 |
| 3 | Estación Pizacoma | CO | Pizacoma | Chucuito | 460750.24 | 8130693.26 | 3940 |
| 4 | Estación Capazo | CO | Capazo | El Collao | 421787.57 | 8099529.65 | 4530 |
| 5 | Estación Ilave | CO | Ilave | El Collao | 431019.57 | 8221195.26 | 3880 |
| 6 | Estación Mazocruz | CO | Santa Rosa | El Collao | 424737.79 | 8149061.23 | 3970 |
| 7 | Estación Laraqueri | CO | Pichacani | Puno | 387728.30 | 8216030.06 | 3970 |
| 8 | Estación Rincon de la Cruz Acora | CO | Acora | Puno | 413241.13 | 8231937.12 | 3935 |
| 9 | Estación Yunguyo | CO | Yunguyo | Yunguyo | 492017.71 | 8197011.87 | 3890 |

Fuente: SENAMHI PUNO; CO: Estación Climatológico Ordinaria

### 5.5.2 Clasificación climática por método de Thornthwaite

Esta clasificación está estructurada con cuatro índices que en su conjunto expresan las características climáticas del lugar; los dos primeros expresan el régimen de humedad del lugar y los restantes el régimen térmico.

**Tipos de climas**

(Thorntwwaite, 1948)), formuló el Factor de humedad (Fh) como el resultado final de las consideraciones sobre el balance de agua, obteniéndose su valor mediante la diferencia entre el índice de humedad (Ir) y el índice de aridez (Ia).

En la Tabla 21 se presenta los tipos de climas para la zona de estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 21. *Clasificación climática por método Thornthwaite*

| N° | Precipitación efectiva | Distribución de la precipitación en el año | Eficiencia de temperatura | Humedad atmosférica | Clasificación |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | B | o, i | D' | H3 | B (o, i) D' H3 |
| 2 | C | o, i | C' | H2 | C (o, i) C' H2 |

Fuente: SENAMHI

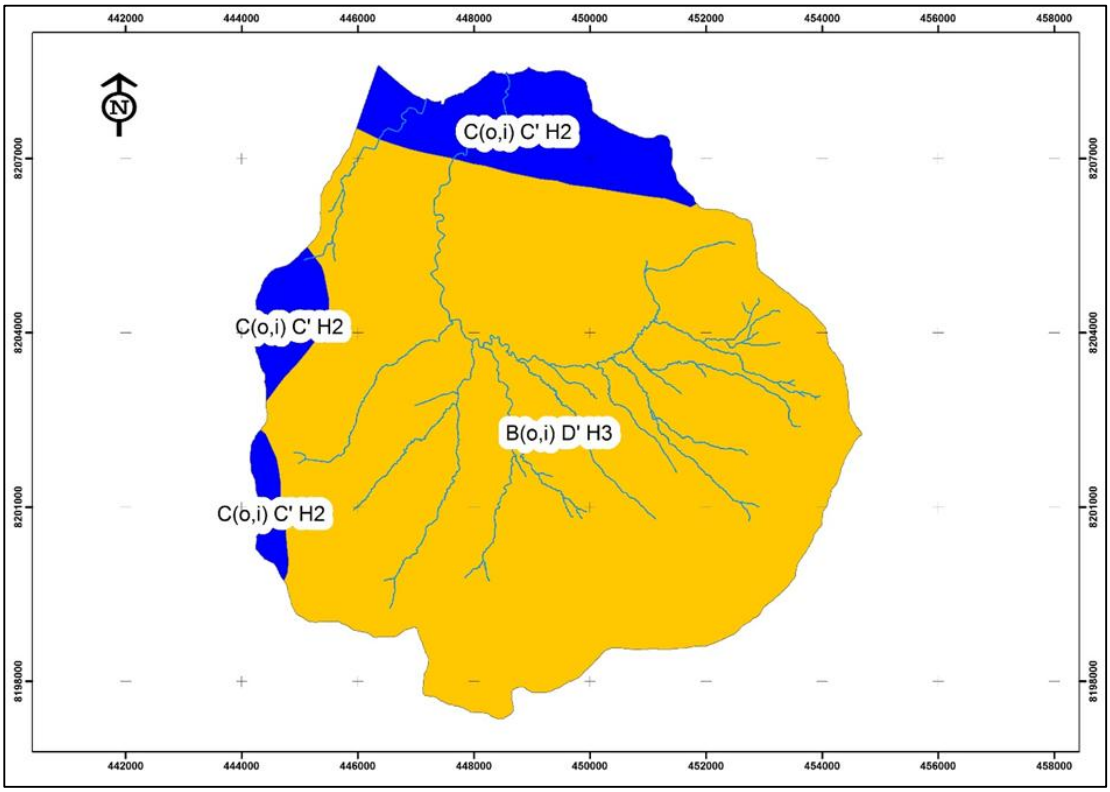



*Figura 46.* Clasificación climática de la microcuenca del rio Salado

- **B (o, i) D' H3:** Zona de Clima lluvioso semifrigido, con lluvia deficiente en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

- **C (o, i) C' H2:** Zona de clima semiseco, frio o boreal, de los valles meso andinos, con deficiencia de lluvia en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como seco.

### 5.5.3 Precipitación.

La precipitación total promedio anual según los nueves estaciones varía de 512 a 859 mm, las precipitaciones más significativas se presentan en mayor intensidad, duración y



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

frecuencia entre los meses de diciembre a marzo y en menor contribución entre los meses de abril a noviembre. La precipitación total promedio anual es de 694 mm.

Tabla 22. *Registro de precipitación total mensual multianual*

| N° | NOMBRE | ENE | FEB. | MAR. | ABR. | MAY | JUN. | JUL | AGO | SEP. | OCT | NOV | DIC. | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Estación Capazo | 155.07 | 137.99 | 105.99 | 18.31 | 4.05 | 4.02 | 1.92 | 4.79 | 3.63 | 17.01 | 26.61 | 78.74 | 558.12 |
| 2 | Estación Desaguadero | 182.00 | 145.81 | 122.96 | 38.31 | 8.97 | 7.33 | 5.24 | 12.46 | 24.40 | 29.35 | 52.66 | 94.29 | 723.79 |
| 3 | Estación Ilave | 170.99 | 140.61 | 118.81 | 45.66 | 11.16 | 7.12 | 5.29 | 16.33 | 26.66 | 34.71 | 52.93 | 86.76 | 717.04 |
| 4 | Estación Juli | 194.92 | 171.02 | 154.08 | 55.01 | 11.41 | 6.41 | 6.03 | 16.85 | 29.60 | 39.60 | 58.10 | 116.74 | 859.76 |
| 5 | Estación Laraqueri | 172.37 | 156.96 | 125.66 | 42.98 | 10.52 | 4.48 | 3.94 | 10.69 | 23.27 | 37.01 | 57.81 | 107.22 | 752.91 |
| 6 | Estación Mazocruz | 136.81 | 117.13 | 89.82 | 22.91 | 4.95 | 2.25 | 2.05 | 8.36 | 7.85 | 17.88 | 31.07 | 71.87 | 512.94 |
| 7 | Estación Pizacoma | 165.22 | 129.68 | 95.08 | 28.55 | 5.03 | 4.48 | 3.40 | 11.09 | 8.78 | 14.89 | 33.32 | 98.74 | 598.27 |
| 8 | Estación Rincon de la Cruz Acora | 181.72 | 138.07 | 137.53 | 53.39 | 10.70 | 10.00 | 5.80 | 14.02 | 22.74 | 43.87 | 58.70 | 91.41 | 767.94 |
| 9 | Estación Yunguyo | 177.36 | 144.70 | 118.22 | 41.43 | 16.58 | 8.57 | 7.21 | 17.87 | 30.46 | 42.31 | 56.23 | 103.04 | 763.99 |

Fuente: Elaboración propia; en base a la información de SENAMHI

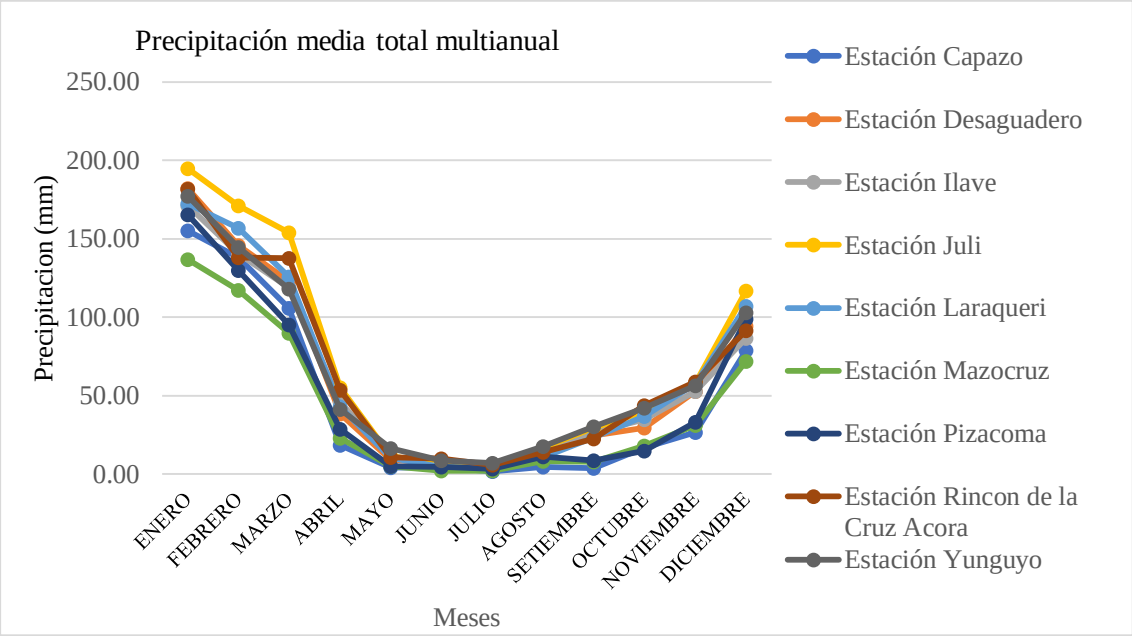



*Figura 47.* Precipitación media total multianual



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

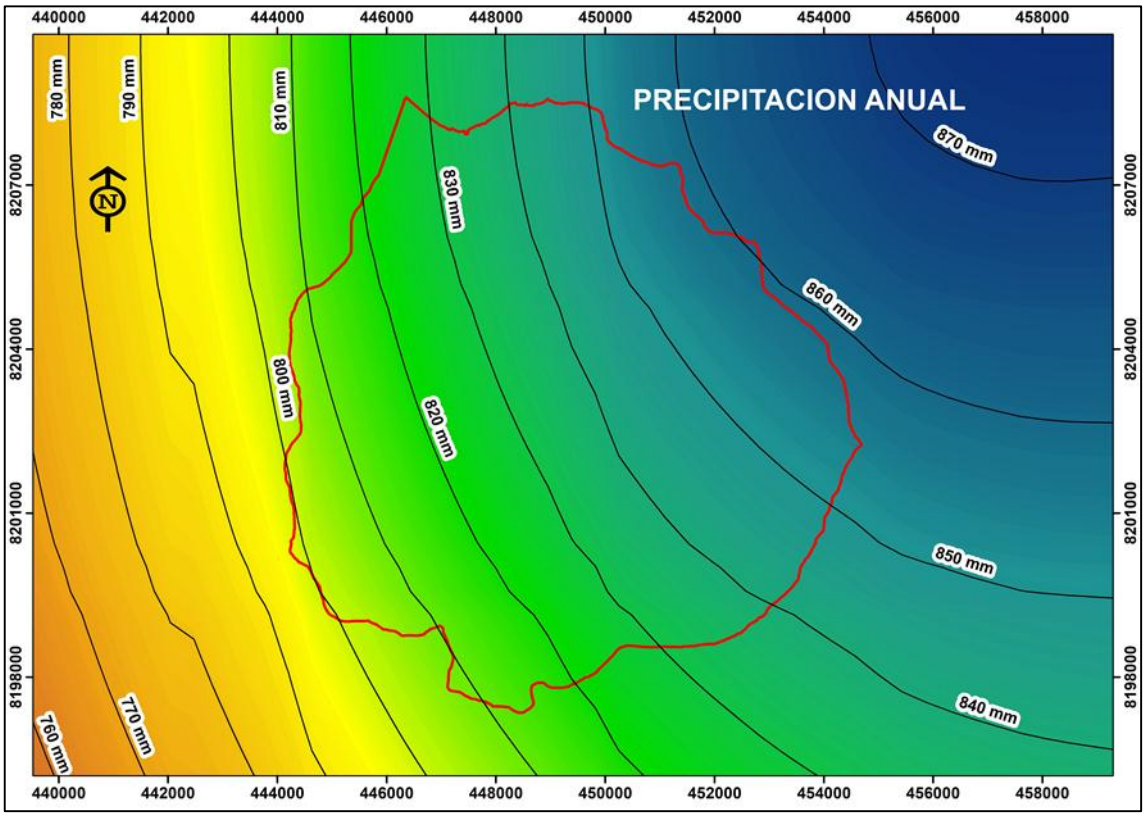



*Figura 48.* Precipitación media de la microcuenca del rio Salado

La precipitación total promedio anual del área en estudio varía de 802.78 a 861.07 mm, las precipitaciones más significativas se presentan en mayor intensidad, duración y frecuencia entre los meses de diciembre a marzo y en menor contribución entre los meses de abril a noviembre. Para el cultivo de quinua se requiere aproximadamente de 500 a 800 mm de precipitación anual, siendo adecuado para zona estudiada

### 5.5.4 Humedad relativa multianual

Se analizaron nueve estaciones para la caracterización de este parámetro, en la tabla 23 se muestra el resumen de registros de humedad relativa media mensual.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 23. *Registro de humedad relativa multianual de la microcuenca del rio Salado*

| ID | NOMBRE | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | PROM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Estación Capazo | 67.40 | 68.20 | 68.60 | 58.40 | 52.40 | 45.00 | 44.00 | 47.00 | 44.80 | 51.60 | 51.60 | 54.60 | 54.47 |
| 2 | Estación Desaguadero | 64.8 | 63.4 | 62.5 | 59.2 | 54.7 | 53.9 | 54.9 | 55.9 | 55.4 | 53.3 | 52.7 | 59.0 | 57.48 |
| 3 | Estación Ilave | 67.32 | 67.92 | 67.11 | 60.00 | 49.09 | 46.77 | 46.32 | 47.34 | 49.16 | 46.67 | 48.84 | 56.67 | 54.43 |
| 4 | Estación Juli | 69.09 | 69.70 | 69.50 | 61.15 | 51.88 | 47.29 | 48.59 | 50.12 | 53.41 | 54.85 | 56.52 | 61.26 | 57.78 |
| 5 | Estación Mazocruz | 64.44 | 67.14 | 66.38 | 58.79 | 52.19 | 49.57 | 47.68 | 49.21 | 52.29 | 48.31 | 51.86 | 57.67 | 55.46 |
| 6 | Estación Pizacoma | 52.61 | 55.79 | 54.77 | 46.59 | 40.67 | 41.10 | 40.47 | 41.55 | 39.38 | 35.63 | 37.00 | 42.33 | 43.99 |

Fuente: Elaboración propia; en base a la información de SENAMHI

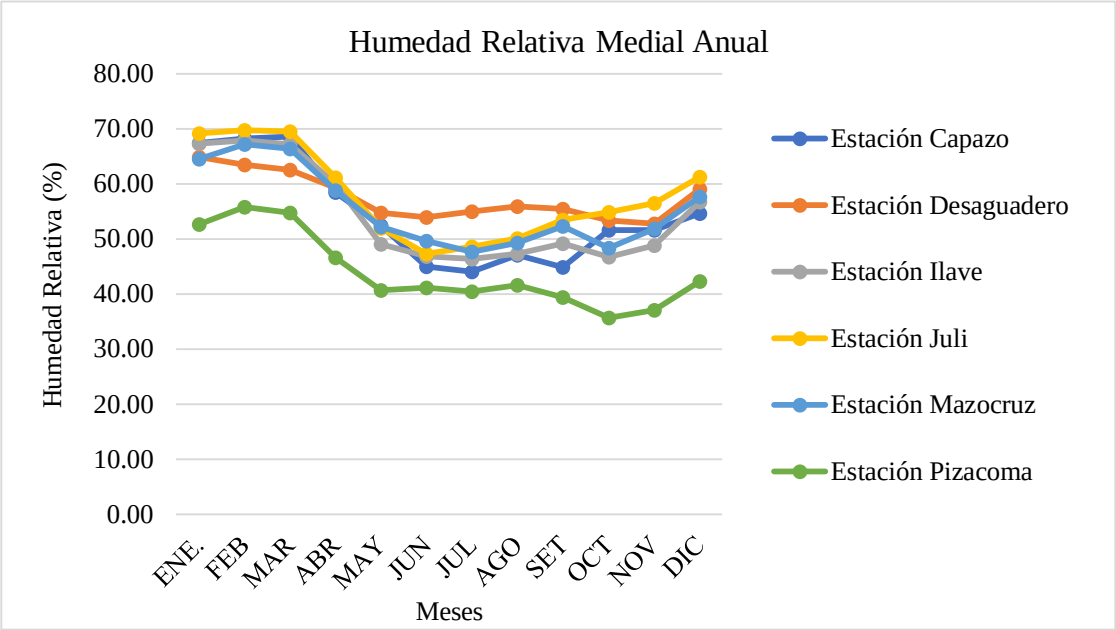



*Figura 49.* Humedad relativa anual de la microcuenca del rio Salado



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

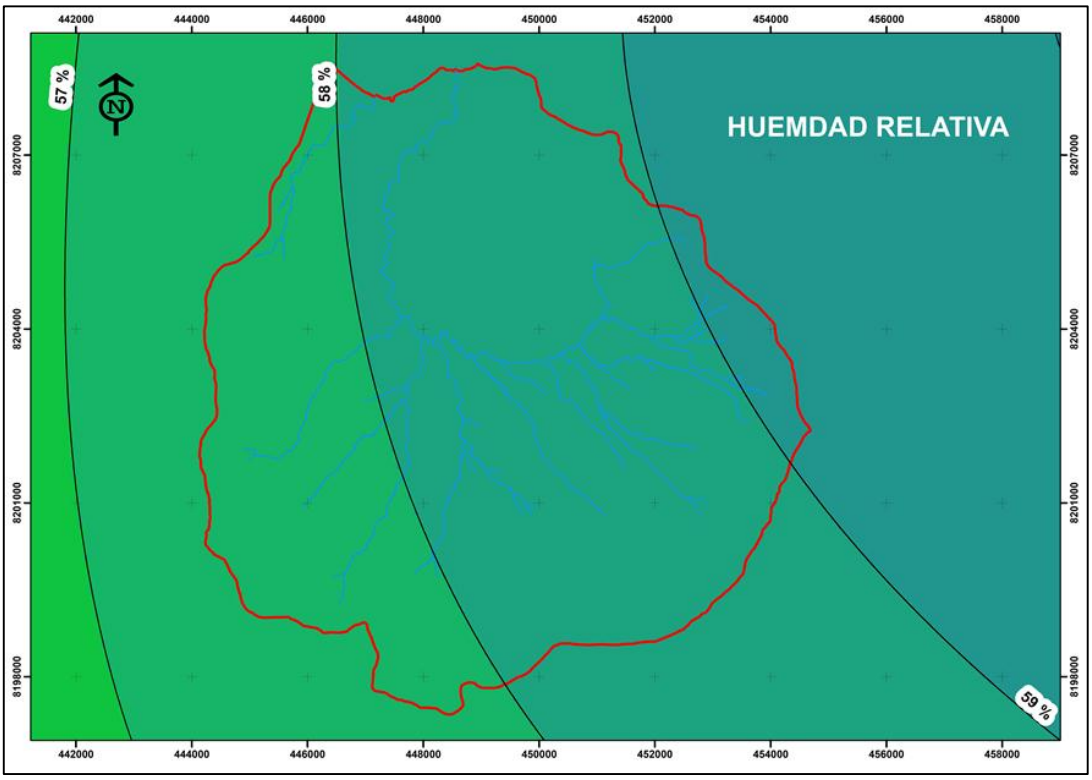



*Figura 50.* Humedad relativa de la microcuenca del rio Salado

La humedad relativa en el área de estudio varía en un rango de 57 a 60%, según la regionalización de la humedad en la microcuenca de rio Salado. (FAO., 2011) menciona que el cultivo de quinua se adapta de rangos de 40 a 88% de humedad, entonces concluimos que en la zona estudiada la humedad es adecuado

### 5.5.5 Análisis de la variable temperatura

Los valores de temperatura se analizaron en base a nueve estaciones meteorológicas donde se observa en la tabla 24 y se interpolo con la gradiente altitudinal, para lo cual se utilizó un modelo de elevación digital (DEM)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 24. *Registro de temperatura media mensual.*

| ID | NOMBRE | ENE. | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | PROM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Estación Capazo | 6.55 | 6.18 | 6.20 | 4.80 | 2.15 | 0.73 | 0.20 | 1.47 | 2.70 | 4.13 | 5.12 | 6.28 | 3.88 |
| 2 | Estación Desaguadero | 9.95 | 10.0 | 9.97 | 8.68 | 6.17 | 4.08 | 3.80 | 5.20 | 7.05 | 8.67 | 9.37 | 9.95 | 7.74 |
| 3 | Estación Ilave | 9.71 | 9.56 | 9.52 | 8.90 | 7.05 | 5.49 | 5.17 | 6.32 | 7.81 | 9.11 | 9.73 | 9.97 | 8.20 |
| 4 | Estación Juli | 9.39 | 9.33 | 9.30 | 8.73 | 7.33 | 6.01 | 5.71 | 6.66 | 7.91 | 9.05 | 9.60 | 9.79 | 8.23 |
| 5 | Estación Laraqueri | 8.67 | 8.58 | 8.48 | 7.77 | 6.05 | 4.43 | 4.16 | 5.68 | 7.15 | 8.27 | 9.14 | 9.04 | 7.28 |
| 6 | Estación Mazocruz | 7.86 | 7.58 | 7.43 | 5.50 | 2.35 | 0.49 | 0.18 | 1.43 | 3.24 | 4.97 | 6.27 | 7.40 | 4.56 |
| 7 | Estación Pizacoma | 9.55 | 9.48 | 9.27 | 8.26 | 6.06 | 4.53 | 4.39 | 5.52 | 7.32 | 8.60 | 9.60 | 9.98 | 7.71 |
| 8 | Estación Rincon de la Cruz Acora | 9.36 | 9.56 | 9.41 | 9.19 | 7.79 | 6.11 | 6.10 | 7.14 | 8.38 | 9.14 | 9.41 | 9.97 | 8.46 |
| 9 | Estación Yunguyo | 9.25 | 9.24 | 9.08 | 8.39 | 6.75 | 5.29 | 5.03 | 6.15 | 7.52 | 8.72 | 9.65 | 9.63 | 7.89 |

Fuente: Elaboración propia; en base a la información de SENAMHI

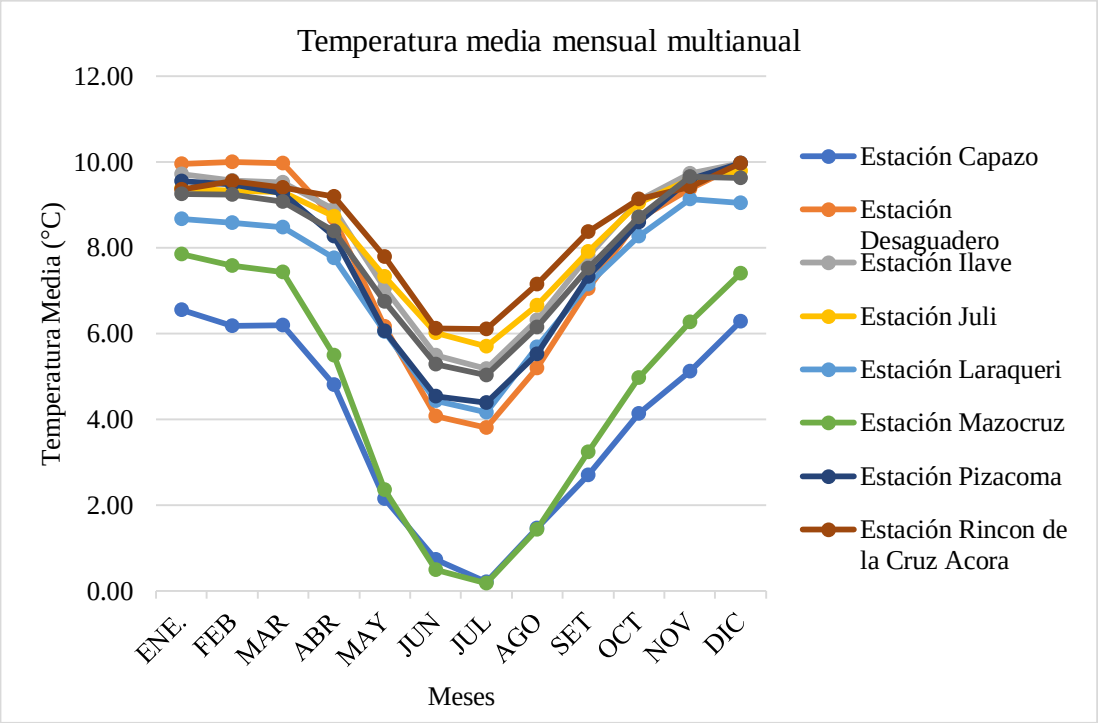



Figura 51. Temperatura media mensual



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

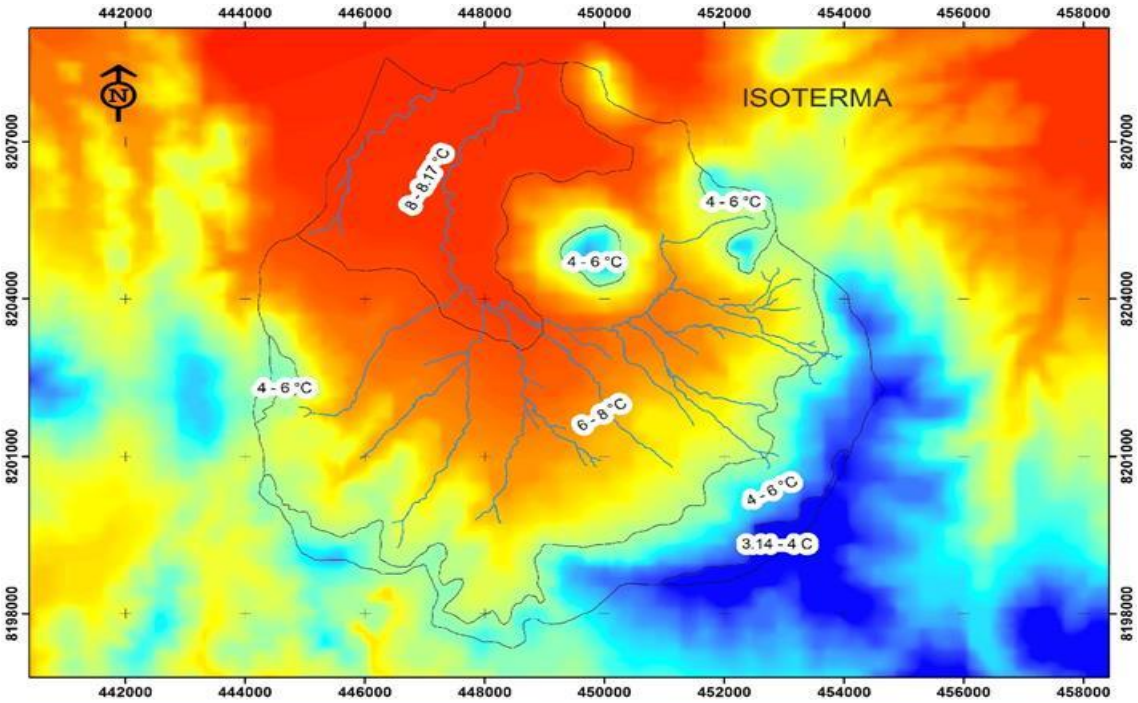



*Figura 52.* Temperatura media mensual de la microcuenca del rio Salado.

Los valores de temperatura en el área de estudio varían de 3.14 a 8.17 °C, que tiene una relación directa con la altitud del lugar, teniendo temperaturas bajas en las partes altas de la zona y temperaturas altas en zonas baja. El cultivo de quinua requiere una temperatura óptima media varia en un rango de 5 – 15 °C y una oscilación térmica de 5 - 7 °C; en la zona de estudio se desarrolla óptimamente en las zonas bajas y medias con temperaturas de 5 a 8.17 °C.

### 5.5.6 Calculo de evapotranspiración potencial

El cálculo de evapotranspiración potencial se realizó por dos métodos que son ajustadas para el altiplano de puno según (Flores, 2007)como es el método Hargreaves III modificado y método Serruto

#### *5.5.6.1 Método de Hargreaves III modificado*

Lo parámetros que requiere como base son: radiación solar, temperatura media mensual, altitud media y latitud media, para el presente estudio se trabajó con datos históricos de 30 años, para la determinación de evapotranspiración de la microcuenca del río Salado se realizó con la fórmula de radiación HARGREAVES III MODIFICADO, cuya expresión matemática que a continuación describimos:



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

ETP = 0.0075 * RSM * TMF

RSM = 0.075 * RMM * S0.5

RMM = Ra * DM

S = (n/N) * 100

TMF = (5/9) * ºC + 32

Donde:

ETP : Evapotranspiración potencial (mm/mes).

RSM : Radiación solar equivalente en (mm/mes).

RMM : Radiación extraterrestre equivalente en mm/mes.

Ra : Radiación extraterrestre equivalente en mm/día.

DM : Número de días del mes.

S : Porcentaje de horas de sol.

n : Horas de sol promedio del lugar.

N : Horas de sol posible según la altitud.

TMF : Temperatura media mensual (ºF).

Como resultado obtuvimos lo siguiente: en la zona de estudio se determinó 1402.3 mm/año de pérdidas totales por evapotranspiración de la superficie evaporante (del suelo y agua), más la transpiración de las plantas, esta evapotranspiración es por la vegetación que presenta la zona, acumulamiento mayor de agua en el suelo y la transpiración mayor de las hojas de la vegetación existente como se observa en la tabla 25.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Tabla 25. *Calculo de evapotranspiración potencial de la microcuenca del rio Salado*

| **Cálculo de ETP por el método de HARGREAVES III MODIFICADO** | | | | | | | | | | | Altitud: 3812 m.s.n.m. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | 3.812 Km | | | |
| | | | | | | | | | | | Latitud: 15º | | 46´ | 4.8´´ |
| **VARIABLE** | | **UNIDAD** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago.** | **Sep.** | **Oct** | **Nov** | **Dic** |
| Temperatura Promedio Mensual | | ºF | 48.91 | 48.89 | 48.65 | 47.58 | 44.97 | 42.75 | 42.21 | 43.78 | 46.12 | 48.20 | 49.29 | 49.48 |
| Temperatura Promedio Mensual | | ºC | 9.40 | 9.38 | 9.25 | 8.66 | 7.21 | 5.97 | 5.67 | 6.55 | 7.85 | 9.00 | 9.61 | 9.71 |
| N.º de horas de sol real mensual | **(SM)** | n | 201.89 | 200.76 | 223.95 | 251.83 | 288.82 | 279.72 | 290.26 | 283.92 | 283.89 | 275.11 | 261.63 | 240.27 |
| Horas sol día | **(HRS)** | | 6.51 | 7.17 | 7.22 | 8.39 | 9.32 | 9.32 | 9.36 | 9.16 | 9.46 | 8.87 | 8.72 | 7.75 |
| Número de días del mes | **(DM)** | | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Horas de sol Max media diaria | **(DL)** | N | 12.90 | 12.60 | 12.20 | 11.80 | 11.40 | 11.20 | 11.30 | 11.60 | 12.00 | 12.50 | 12.80 | 13.00 |
| Factor Corrección de Altura | **(FA)** | | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 |
| % de horas de sol mensual | **(S)** | | 50.48 | 56.91 | 59.21 | 71.14 | 81.73 | 83.25 | 82.86 | 78.96 | 78.86 | 71.00 | 68.13 | 59.62 |
| Radiación extraterrestre media diaria | **(RMD)** | | **16.88** | **16.40** | **15.21** | **13.52** | **11.75** | **10.85** | **11.25** | **12.63** | **14.32** | **15.80** | **16.68** | **16.77** |
| Radiación Extraterrestre por Mes | **(RMM)** | | 523.18 | 459.20 | 471.56 | 405.70 | 364.14 | 325.39 | 348.64 | 391.68 | 429.70 | 489.80 | 500.30 | 519.72 |
| Radiación Índice por mes | **(RSM)** | | 278.80 | 259.80 | 272.15 | 256.64 | 246.89 | 222.67 | 238.02 | 261.02 | 286.18 | 309.53 | 309.72 | 300.97 |
| **ETP mensual** | | mm/mes | **125.7** | **117.1** | **122.0** | **112.5** | **102.3** | **87.7** | **92.6** | **105.3** | **121.6** | **137.5** | **140.7** | **137.2** |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | **Evapotranspiración potencial (ETP) =** | | | | | | | | **1402.3** | mm/año | |

**5.5.6.2 Método de Serruto.**

El cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se usó el método Serruto porque considera dos variables: la temperatura media mensual y la radiación solar (esta última calculada por la FAO, 1976) para diferentes latitudes. Siguiendo este procedimiento se construyó la distribución mensual de la ETP. Serruto (1993).



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

$$ETP = 0.003(RS)^{2.5} + 0.16\,(T)^{0.88}$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración potencial, en mm/día.

RS : Radiación solar extraterrestre expresada en equivalente de evaporación en mm/día.

T : Temperatura media mensual.

Tabla 26. Calculo de ETP por método Serruto

| Variable | Unidad | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura media mensual | ºC | 9.40 | 9.38 | 9.25 | 8.66 | 7.21 | 5.97 | 5.67 | 6.55 | 7.85 | 9.00 | 9.61 | 9.71 |
| Radiación extraterrestre Media diaria (RMD) | | 16.88 | 16.40 | 15.21 | 13.52 | 11.75 | 10.85 | 11.25 | 12.63 | 14.32 | 15.80 | 16.68 | 16.77 |
| Evapotranspiración potencial (ETP) | mm/día | 4.66 | 4.42 | 3.84 | 3.09 | 2.33 | 1.93 | 2.01 | 2.54 | 3.31 | 4.08 | 4.58 | 4.64 |
| Número de días del mes | días | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Evapotranspiración potencial (ETP) mensual | mm/mes | 144.44 | 123.63 | 119.06 | 92.60 | 72.18 | 58.01 | 62.29 | 78.68 | 99.29 | 126.59 | 137.37 | 143.70 |
| | | | | | | | | | | | **Evapotranspiración potencial (ETP) =** | | **1257.83 mm/año** |

Como resultado mediante el método Serruto se tiene 1257.83 mm/año de pérdidas totales por evapotranspiración de la superficie evaporante (del suelo y agua), más la transpiración de las plantas, como se observa en la tabla 26.



Universidad Nacional del Altiplano

Al realizar el cálculo de evapotranspiración potencial por ambos métodos se tiene una diferencia de 144.43 mm/año siendo 1402.3 mm/año por el método de Hargreaves III modificado y 1257.83 mm/año por el método de Serruto; según (Flores, 2007) recomienda el uso del método de Hargreaves III modificado por la cercanía la lago.

### 5.5.7 Demanda de agua.

La demanda de agua es el requerimiento de los usuarios para satisfacer una necesidad. En tal sentido el agua se caracteriza no sólo por la diversidad de usos, sino por la multiplicidad de usuarios.

Para la determinación de las demandas de agua para los cultivos, es necesario conocer la cédula de cultivos de acuerdo de la zona, periodo de vegetación, coeficiente de cultivo, evapotranspiración potencial, precipitación efectiva, eficiencia de riego, evapotranspiración del cultivo, las áreas de cultivo y otros necesarios.

Para el cálculo de la demanda de agua, se priorizo el cultivo de quinua, de acuerdo a su potencial agrícola, tierras aptas con necesidades de riego para cultivo de quinua tenemos 840.23 ha. Para ello la cédula de cultivo se plantea de acuerdo a la tabla 27.

Tabla 27. *Cedula de cultivo*

| CULTIVO | AREA (ha) | ENE | FEB | MAR | ABR | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quinua | 840,23 | 840,23 | 840,23 | 840,23 | 840,23 | 840,23 | 840,23 | 840,23 |
| **AREA TOTAL (Has)** | **840,23** | **840,23** | **840,23** | **840,23** | **840,23** | **840,23** | **840,23** | **840,23** |

Fuente: Estudio edafológico y agrológico del proyecto

**Factor de Cultivo (Kc).**

Llamado también coeficiente de cultivo, es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se quiere evaluar el consumo, para ello el Kc de los cultivos se tomó como referencia del estudio de la FAO

Tabla 28. *Kc del cultivo*

| CULTIVO | AREA (ha) | ENE | FEB | MAR | ABR | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quinua | 840,23 | 1,05 | 1,03 | 0,68 | 0,00 | 0,40 | 0,50 | 0,74 |
| **Kc total ponderado** | | **1,05** | **1,03** | **0,68** | **0,00** | **0,40** | **0,50** | **0,74** |

Fuente: Elaboración propia.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO
Universidad Nacional del Altiplano

Tabla 29. *Calculo de la demanda de agua para el cultivo de quinua bajo riego*

| Referencia | Und | Meses | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| Evapotranspiración Potencial ( Etp ) | mm | 125,67 | 117,05 | 122,01 | 112,54 | 102,32 | 87,73 | 92,58 | 105,31 | 121,64 | 137,50 | 140,69 | 137,24 |
| Factor Kc Ponderado ( Kc Ponderado ) | | 1,05 | 1,03 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,50 | 0,74 |
| Evapotranspiración Real ó Uso Consuntivo | mm | 131,95 | 120,56 | 82,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 55,00 | 70,35 | 101,56 |
| Precipitación Total Mensual al 75% | mm/mes | 133,83 | 104,88 | 88,38 | 25,50 | 2,35 | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 12,83 | 23,63 | 25,68 | 72,95 |
| Precipitación Efectiva ( P. Efec ) | mm/mes | 101,88 | 100,52 | 93,42 | 38,57 | 8,25 | 1,81 | 0,74 | 11,35 | 21,27 | 31,17 | 45,16 | 81,13 |
| Requerimiento de Agua ( Req ) | mm/mes | 30,07 | 20,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,83 | 25,19 | 20,43 |
| Requerimiento Volumétrico de Agua ( Req.Vol ) | $m^3$/ha | 300,74 | 200,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 238,29 | 251,85 | 204,31 |
| Eficiencia de Riego por Gravedad (40%) | % | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Número de Horas de Riego ( N° horas riego ) | hr | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Número de Horas de Riego ( N° horas riego ) | hr | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Número de Horas de Riego ( N° horas riego ) | hr | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Número de Horas de Riego ( N° horas riego ) | hr | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Número de Horas de Riego ( N° horas riego ) | hr | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Nº de Días del Mes | días | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| Módulo de Riego ( MR - 24 horas ) | l/s/ha | 0,28 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,24 | 0,19 |
| Módulo de Riego ( MR - 20 horas ) | l/s/ha | 0,34 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,29 | 0,23 |
| Módulo de Riego ( MR - 19 horas ) | l/s/ha | 0,35 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,31 | 0,24 |
| Módulo de Riego ( MR - 16 horas ) | l/s/ha | 0,42 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,36 | 0,29 |
| Módulo de Riego ( MR - 12 horas ) | l/s/ha | 0,56 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,49 | 0,38 |
| Área Total de la Parcela ( Área Total ) | ha | 840,2 | 840,2 | 840,2 | 840,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 840,2 | 840,2 | 840,2 |
| Caudal Demandado ( Q dem - 24 horas) | $m^3$/s | 0,24 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,20 | 0,16 |
| Caudal Demandado ( Q dem - 20 horas) | $m^3$/s | 0,28 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,24 | 0,19 |
| Caudal Demandado ( Q dem - 19 horas) | $m^3$/s | 0,30 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,26 | 0,20 |
| Caudal Demandado ( Q dem - 16 horas) | $m^3$/s | 0,35 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,31 | 0,24 |
| Caudal Demandado ( Q dem - 12 horas) | $m^3$/s | 0,47 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,41 | 0,32 |
| **Volumen Demandado** | **hm3** | **0,63** | **0,42** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,50** | **0,53** | **0,43** |

Fuente: elaboración propia.

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Anualmente se requiere 2,510,000.00 m3 de agua, para irrigar 840.23 ha, utilizando el sistema de riego por aspersión con 40% de eficiencia de riego

### 5.5.8 Balance Hídrico.

El balance hídrico es la comparación entre la oferta y demanda hídrica de del área de estudio. La ecuación general para el balance hídrico a utilizarse, en un punto del río, es la siguiente:

$$\text{Balance hídrico} = Q - D$$

Dónde:

$Q$ = Caudal (oferta hídrica) en el río.

$D$ = Demandas hídricas (usos de agua).

**a) Balance hídrico con disponibilidad de agua del rio Chiaruyu**

El caudal de rio se ha convertido a $m^3/s$, para los diferentes meses, la demanda agrícola se obtuvo de la demanda de agua



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis



Tabla 30 *Balance hídrico con disponibilidad hídrica de la microcuenca rio Salado*

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **días/mes** | **31** | **28** | **31** | **30** | **31** | **30** | **31** | **31** | **30** | **31** | **30** | **31** |
| **Oferta (m3)** | 380332.80 | 474163.20 | 479433.60 | 220320.00 | 91065.60 | 36288.00 | 13392.00 | 6160.32 | 24624.00 | 1339.20 | 1296.00 | 53568.00 |
| **Demanda agrícola (m3)** | 421031.09 | 280585.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 333606.40 | 352592.06 | 286037.73 |
| **Balance hídrico** | -40698.29 | 193577.64 | 479433.60 | 220320.00 | 91065.60 | 36288.00 | 13392.00 | 6160.32 | 24624.00 | -332267.20 | -351296.06 | -232469.73 |

Los meses con déficit hídrico son los meses de enero, octubre, noviembre y diciembre

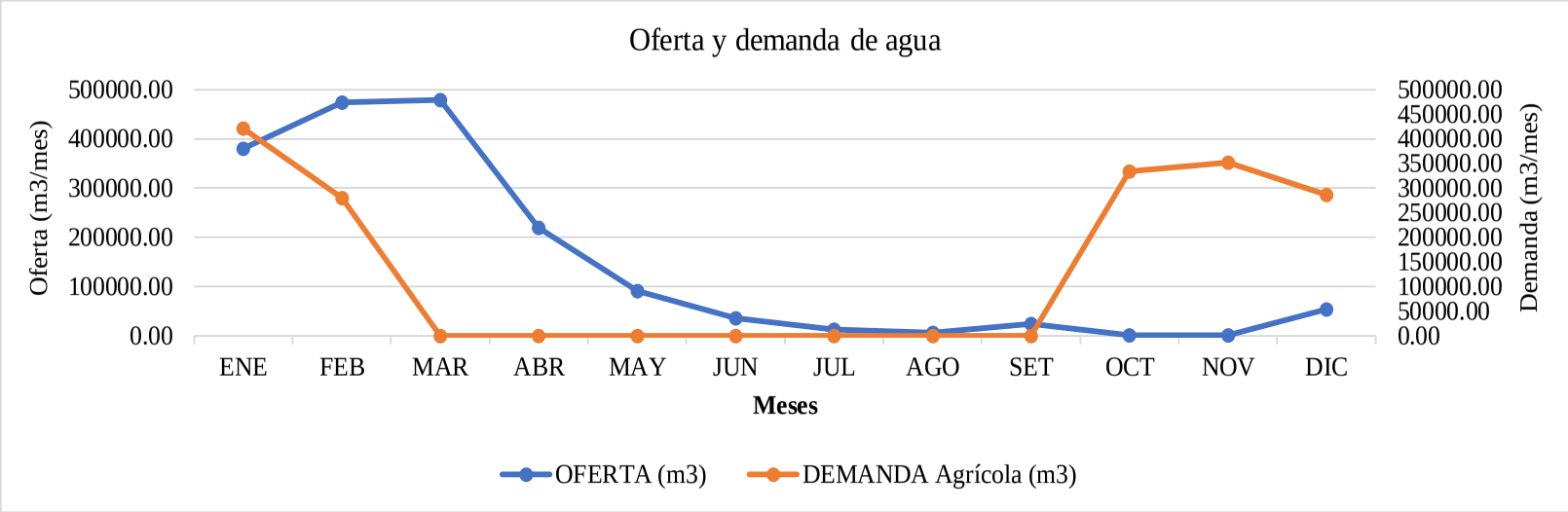



*Figura 53.* Balance hídrico de la microcuenca del rio Salado



Universidad Nacional del Altiplano

En resumen, se requiere más agua en los meses de enero, octubre, noviembre, diciembre, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 31 *Déficit y superávit del rio Salado*

| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Déficit m3** | -40698.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -332267.20 | -351296.06 | -232469.73 |
| **Superávit m3** | 0.00 | 193577.64 | 479433.60 | 220320.00 | 91065.60 | 36288.00 | 13392.00 | 6160.32 | 24624.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

## 5.6 Conflicto de uso.

### 5.6.1 Definición de conflicto de uso.

Determinada la fragilidad y la restringida capacidad de uso que tiene la zona, surge la interrogante ¿cuáles son los conflictos de uso presentes?

### 5.6.2 Modelo conflicto de uso de tierras.

El presente sub modelo se trabajó en base a los siguientes ejes temáticos: Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor y uso actual de tierras, es decir uniendo las variables de CUM y UAT convirtiendo en un matriz de doble entrada para obtener los conflictos por CUM y UAT.

A estas coberturas se les aplicó un operador de Identidad y añadió el campo de clasificación final donde se calcularon los siguientes códigos:

Tabla 32. *Leyenda de codificación de conflicto de uso de tierra*

| Conflicto | Sin conflicto de Uso | Zonas Subutilizadas | Zonas de uso Excesivo | Zonas que no Aplican |
|---|---|---|---|---|
| **Código** | 1 | 2 | 3 | 4 |

**Sin Conflicto de Uso;** son tierras utilizadas de acuerdo a su vocación de tierras

**Zonas Subutilizadas**; Es cuando las tierras se utilizan por debajo de su potencial.

**Zonas de uso Excesivo;** Es cuando la actividad que se está realizando es de mayor intensidad a la que la tierra puede soportar lo cual está en conflicto.

**Zonas que no aplican;** Son las unidades comunes que se presentaron en la cartografía de la cuenca rio salado como: áreas urbanizadas, lagunas y ríos.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 33. *Matriz de CUM y UAT*

| MATRIZ de Capacidad de Uso Mayor y Uso Actual de Tierras | Terrenos con cultivos transitorio en secano | Terrenos con cultivos transitorio en secano andenería | Terrenos de pajonal con chilliguares | Terrenos de pajonal con ichu | Terrenos de pajonal con iro ichu | Terrenos con matorral de espina de cristo | Terrenos con bosque de queñua | Terrenos con bosque de pino y cipres | Terrenos húmedos con pastizales | Terrenos con escasa vegetación | Terrenos en descanso | Áreas con viviendas rurales | Terrenos con caja de rio | Terrenos con afloramiento rocoso | Laguna |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **P** | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **F** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **X** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **Ciudad** | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **Laguna** | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **Rio** | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Tabla 34. *Área y porcentaje del modelo de uso*

| Código | Conflicto | Área (Ha) | % Área |
|---|---|---|---|
| 1 | Sin Conflicto de Uso | 4110.38 | 49.85 |
| 2 | Zona Subutilizadas | 1197.04 | 14.52 |
| 3 | Zonas de uso Excesivo | 2703.03 | 32.78 |
| 4 | Zona que no Aplica | 235.48 | 2.86 |
| | **Total** | **8245.93** | **100.00** |

### 5.6.3 Resultados e interpretación del modelo de conflicto de uso.

En la Tabla 34 y mapa de conflictos de uso de la tierra de la microcuenca se puede deducir que 32.78% de la superficie de la microcuenca está en uso excesivo, es decir se realizan actividades por encima de su capacidad natural de los suelos, el 49.85% de la superficie de uso adecuado o sin conflicto, el 14.52% de la superficie en subutilizado, es decir que no se está aprovechando a lo máximo la capacidad natural de los suelos y el 2.86% no aplica.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## 5.7 Situación socioeconómica de la microcuenca rio Salado

### 5.7.1 Aspectos demográficos

#### 5.7.1.1 Población del distrito Juli y de la microcuenca rio Salado

El distrito de Juli cuenta con 24,842 habitantes; de ellos, el 49,2% corresponde al género masculino y el 50,8% al femenino De acuerdo al censo de 2007. La Población de la microcuenca Río Salado es de 2,764 habitantes: de ellos el 48.63% corresponde al género masculino y 51,37% al género femenino

Tabla 35. *Población del distrito de Juli y la microcuenca rio salado*

| AÑOS | SEXO | POBLACIÓN DEL DISTRITO DE JULI | | % Tasa Crecimiento. | POBLACIÓN MICROCUENCA RIO SALADO | | % Tasa Crecimiento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N° | % | | N° | % | |
| **AÑO 2007** | Hombre | 12,222 | 49.20 | | 1344 | 48.63 | |
| | Mujer | 12,620 | 50.80 | | 1420 | 51.37 | |
| | Total | 24,842 | 100.00 | | 2764 | 100.00 | |
| **AÑO 2008** | Hombre | 12,027 | 49.13 | -1.95 | 1323 | 48.56 | -0.21 |
| | Mujer | 12,451 | 50.87 | -1.69 | 1401 | 51.44 | -0.19 |
| | Total | 24,478 | 100.00 | -3.64 | 2724 | 100.00 | -0.40 |
| **AÑO 2009** | Hombre | 11,835 | 49.13 | -1.92 | 1301 | 48.55 | -0.21 |
| | Mujer | 12,255 | 50.87 | -1.96 | 1379 | 51.45 | -0.22 |
| | Total | 24,090 | 100.00 | -3.88 | 2680 | 100.00 | -0.43 |
| **AÑO 2010** | Hombre | 11,630 | 49.09 | -2.05 | 1279 | 48.52 | -0.23 |
| | Mujer | 12,059 | 50.91 | -1.96 | 1357 | 51.48 | -0.22 |
| | Total | 23,689 | 100.00 | -4.01 | 2636 | 100.00 | -0.45 |
| **AÑO 2011** | Hombre | 11,413 | 49.04 | -2.17 | 1256 | 48.48 | -0.23 |
| | Mujer | 11,860 | 50.96 | -1.99 | 1334 | 51.52 | -0.22 |
| | Total | 23,273 | 100.00 | -4.16 | 2590 | 100.00 | -0.45 |
| **AÑO 2012** | Hombre | 11,184 | 48.97 | -2.29 | 1231 | 48.41 | -0.25 |
| | Mujer | 11,656 | 51.03 | -2.04 | 1312 | 51.59 | -0.23 |
| | Total | 22,840 | 100.00 | -4.33 | 2542 | 100.00 | -0.48 |
| **AÑO 2013** | Hombre | 10,946 | 48.89 | -2.38 | 1205 | 48.33 | -0.26 |
| | Mujer | 11,445 | 51.11 | -2.11 | 1288 | 51.67 | -0.24 |
| | Total | 22,391 | 100.00 | -4.49 | 2492 | 100.00 | -0.50 |
| **AÑO 2014** | Hombre | 10,703 | 48.80 | -2.43 | 1178 | 48.25 | -0.27 |
| | Mujer | 11,229 | 51.20 | -2.16 | 1263 | 51.75 | -0.24 |
| | Total | 21,932 | 100.00 | -4.59 | 2441 | 100.00 | -0.51 |
| **AÑO 2015** | Hombre | 10,456 | 48.72 | -2.47 | 1151 | 48.14 | -0.27 |
| | Mujer | 11,006 | 51.28 | -2.23 | 1239 | 51.86 | -0.24 |
| | **Total** | **21,462** | **100.00** | **-4.70** | **2390** | **100.00** | **-0.51** |

Fuente: elaboración propia de acuerdo al Censo Nacional de Vivienda, INEI 2007



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

También se tiene el crecimiento poblacional al año 2015 según el INEI, que indica la población es de 21,462 habitantes con 48.72 % de la población son del género masculino y el 51.28% de la población son del género femenino en el distrito de Juli disminuye paulatinamente en un (-13.61%) y la microcuenca del rio Salado cuenta con una población de 2,390 habitantes con 48.14% de la población con del género masculino y el 51.86% de la población al género femenino mostrando una disminución de (-13.52%) de la población en el área de intervención.

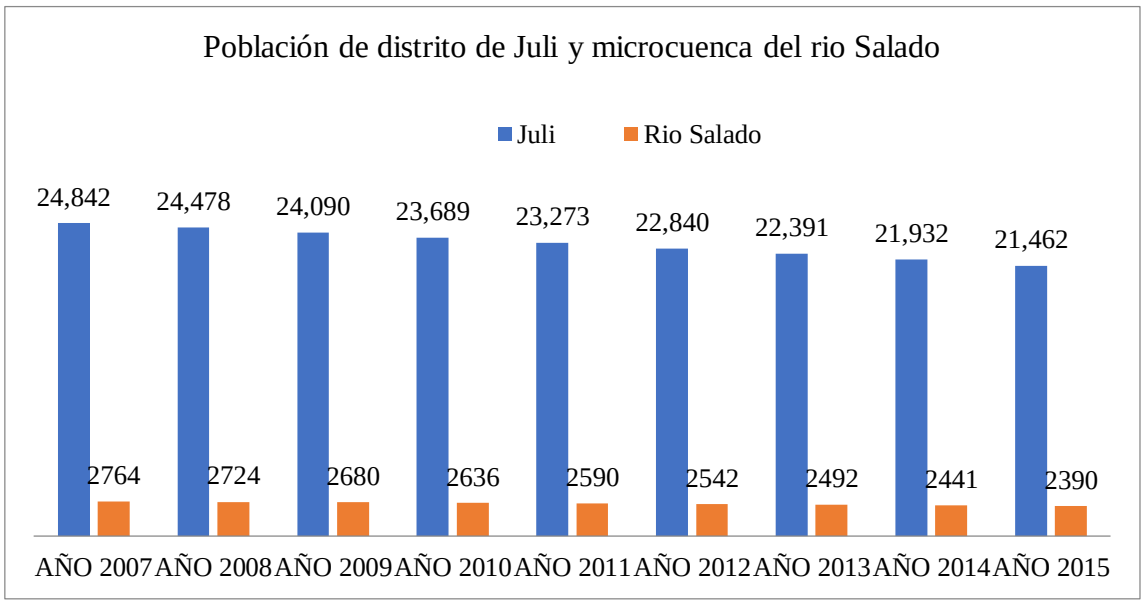



*Figura 54.* Población de la microcuenca rio Salado

### 5.7.1.2 Población por área urbana y rural de la microcuenca del rio Salado

La población en el ámbito de estudio muestra una población de 10,921 habitantes comprendidos en un área urbana con 8,157 habitantes que representa un 74.69% de la población total del ámbito de estudio y una población rural de 2,764 habitantes que representa un 25.31% de la población total del ámbito de estudio.

Cabe mencionar que solo se realiza el estudio en el ámbito rural para determinar su situación socioeconómica.

Tabla 36. *Población urbana y rural de la microcuenca del rio Salado*

| Area de estudio | Total Población | Población - 2007 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Urbana | % | Rural | % |
| Microcuenca rio Salado | 10,921 | 8,157 | 74.69 | 2,764 | 25.31 |

Fuente: Elaboración propia en base a información del INEI 2007



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### 5.7.1.3 Densidad poblacional de la microcuenca rio Salado

La densidad poblacional del distrito de juli es de 15.1 habitantes por km2 y la densidad poblacional de la microcuenca rio Salado es de 5,5548.3 habitantes por km2 en la parte urbana (Ciudad) y un 34.13 habitantes que es el sector rural de la microcuenca

Tabla 37. *Densidad poblacional de la microcuenca rio Salado*

| Provincia/distrito/microcuenca | Población 2007 | Superficie (Km²) | Densidad población |
|---|---|---|---|
| Total provincia Chucuito | 126,259 | 3,978 | 31.7 |
| Total distrito Juli | 24,842 | 1,650 | 15.1 |
| Total microcuenca rio Salado | 8.156 | 1.47 | 5,548.3 |
| Total microcuenca rio Salado (rural) | 2,764 | 80.99 | 34.13 |

Fuente: Elaboración propia en base a información del INEI 2007

#### 5.7.1.4 Migración.

Los flujos migratorios en la microcuenca del rio Salado, suceden en dos sentidos:

- Migración Interna subregional: Constituido por el traslado de la población joven y adulta, hacia las ciudades de Juliaca, Puno, Arequipa, lima, etc. Los factores que motivan el desplazamiento, igualmente son de carácter socioeconómico, entre las cuales destacan la búsqueda de oportunidades de trabajo, el acceso a servicios sociales y el deseo de mejorar su nivel de vida.

- Migración Interna Local: constituida por los desplazamientos de familias del entorno físico de la zona rural, hacia la misma ciudad de Juli; especialmente de la población rural hacia el sector urbano. Esta movilización periódica es motivada por la necesidad de mejorar los ingresos económicos. El mercado informal urbano capta esta inmigración

### 5.7.2 Características sociales de la microcuenca del rio salado

#### 5.7.2.1 Índice de desarrollo humano.

Según registros del 2005, la población de la microcuenca rio Saldo del distrito de Juli-Perú es muy diversificada encontrándose en estrato medio, el IDH llega a 0.57 ocupando el 943 lugar de 1833 distritos a nivel nacional, la esperanza de vida al nacer de la



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

población llega a 70.82 años de edad considerada alta a comparación del promedio nacional que es de 71.5 años, asimismo el alfabetismo llega al 86.24% de la población y el ingreso mensual per cápita en promedio llega a S/.149.40 cifra considerada baja con respecto al promedio nacional que es de S/. 285.70.

Tabla 38. *Índice de desarrollo humano.*

| Distrito Juli | Población Habitantes 2007 | Índice de desarrollo humano 2005 | | Esperanza de vida al nacer años | Alfabetismo | | Ingreso familiar per cápita (Soles) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | IDH | Ranking | | % | Ranking | |
| Microcuenca rio Salado | 2,764 | 0.57 | 943 | 70.82 | 86.24 | 1042 | 149.4 |

Fuente: PNUD: informe sobre desarrollo humano – Perú 2005

#### 5.7.2.2 Salud.

El estado de salud de la población está relacionado con el acceso a la nutrición básica, la cual tiene relación directa con las condiciones socioeconómicas como el nivel de ingresos económicos, el nivel de educación y la infraestructura sanitaria mínima de otro. En el caso de la zona de estudio se presenta como problema en la atención del servicio por los pocos establecimientos de salud y las deficiencias en la red de servicios básicos como agua, desagüe y luz, además del insuficiente e inadecuado equipo médico existente acorde a las necesidades de la población, escaso personal que permita cubrir adecuadamente la atención en forma permanente, falta de personal de guardería, etc.

Otro factor negativo de la salud es la idiosincrasia de la población, ya que en muchos casos prefieren a personas empíricas para su atención, principalmente las mujeres embarazadas se resisten al control médico; se estima que en promedio en el área rural un 65% de mujeres acude a sus controles médicos y de ellas sólo un 32% de partos son atendidos por el servicio médico, mientras el 68% restante son atendidas por parteras y familiares, ocasionando alrededor de 5% de mortalidad en recién nacidos. También la educación sexual en el seno familiar incide en el hecho de que alrededor del 31% de mujeres en edad fértil utilizan métodos anticonceptivos.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### 5.7.2.3 Desnutrición.

La desnutrición es otro de los problemas principales en la población del distrito de Juli, se presenta mayormente en la población infantil menor de 6 años, principalmente del área rural, quienes consumen una cantidad insuficiente de alimentos para satisfacer sus necesidades de energía y nutrientes.

La primera manifestación del problema nutricional es una detención en el crecimiento (los niños son más pequeños en estatura y tienen un menor peso que otros de la misma edad). Este problema se encuentra frecuentemente agravado por la presencia enfermedades infecciosas. Los niños de la zona presentan desnutrición proteico energética; es decir, tienen menos energía para realizar sus actividades diarias, aprenden con dificultad y presentan baja resistencia a las enfermedades.

Tabla 39. *Tasa de desnutrición del distrito de Juli*

| Distrito | Población 2007 | % niños de 0- 12 años | Tasa de desnutrición crónica 2005 |
|---|---|---|---|
| Juli | 24,842 | 27 | 26% |

Fuente: Elaboración propia en base al censo 2007 y MINSA 2005

La tasa de desnutrición del distrito de Juli registra una tasa de 26% en población escolar entre 6 a 9 años de edad.

#### 5.7.2.4 Población económicamente Activa (PEA) de la microcuenca Rio Salado

La microcuenca del rio Salado presenta una población de 2,764 habitantes, con una población económicamente activa (PEA), del 40.38%, la microcuenca del rio Salado del distrito de Juli tienen como principal actividad económica la agricultura y la ganadería que registra el 19.57% de su población. Las otras cuatro actividades económicas a las que se dedican en orden de importancia son: el trabajo no calificado servicio peón de ventas y vendedor ambulante (13.21%), trabajador obrero de construcción (2.53%), trabajador de minas, la industria manufactura (2.50%) y comercio de repuestos para vehículos automotores, mercados (1.19%).



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 40. *PEA de la microcuenca rio Salado*

| PEA: Ocupación según agrupación | Total | | | Total |
|---|---|---|---|---|
| | H | M | Total | % |
| Miembros poder ejecutivo y legislativo; directores. Administrativo, público y empleado. | 1 | 0 | 1 | 0.04 |
| Profesional científicos e intelectuales | 15 | 3 | 18 | 0.65 |
| Técnicos de nivel medio y trabajador asimilados | 10 | 2 | 12 | 0.43 |
| Jefes y empleados de oficina | 7 | 0 | 7 | 0.25 |
| Trabajador de servicios personales y vendedores; del comercio y mercado. | 18 | 15 | 33 | 1.19 |
| Agricultura; trabajador calificado agropecuario y pesqueros | 354 | 187 | 541 | 19.57 |
| Obrero y operario; de minas, canteras, industria, manufactura y otros | 11 | 58 | 69 | 2.50 |
| Obreros construcción, confección, papelería, fabrica, instrumento. | 70 | 0 | 70 | 2.53 |
| Trabajador no calificado, servicio, peón, vendedor, ambulante, y afines | 164 | 201 | 365 | 13.21 |
| **Total** | **650** | **466** | **1,116** | **40.38** |
| | | NSA | 1,648 | 59.62 |
| | | | 2,764 | 100.0 |

Fuente: Elaboración propia en base al censo nacional de vivienda, 2007

### 5.7.3 Características económicas y productivas

La microcuenca del rio Salado del distrito de Juli tienen como principal actividad económica la agricultura y la ganadería que registra el 19.57% de su población. Las otras cuatro actividades económicas a las que se dedican en orden de importancia son: el trabajo no calificado servicio peón de ventas y vendedor ambulante (13.21%), trabajador obrero de construcción (2.53%), trabajador de minas, la industria manufactura (2.50%) y comercio de repuestos para vehículos automotores, mercados (1.19%)

#### 5.7.3.1 Actividad pecuaria.

La actividad pecuaria es complementaria en el ámbito de estudio, donde se observa hatos de ganado principalmente en la zona rural y en la periferia de la ciudad, principalmente ovinos, vacunos, alpacas, llamas, porcinos y aves en menores cantidades; donde se diferencia dos tipos de explotación pecuaria uno con doble propósito (autoconsumo y comercialización) y otro destinado al autoconsumo, la primera lo realizan los medianos productores, mientras que los productores individuales destinan mayormente la crianza a satisfacer sus necesidades alimentarias.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Como característica se puede resaltar la producción que se da a nivel de minifundios, prevalece el ganado criollo con altos niveles de consanguinidad y reducida productividad, la producción se desarrolla con fines de autoconsumo más no comerciales

**Líneas de producción**

La actividad pecuaria, pese a ser una actividad complementaria, es la segunda actividad de importancia en el área de estudio. Las condiciones climáticas en la zona son favorables principalmente para ganado vacuno para la producción de carne y sus derivados (leche y cueros), los ovinos para la lana y carne, los camélidos para la fibra y carne y en menor proporción animales menores (aves, y porcinos).

La crianza de ganado "criollo y cruzado" cuya alimentación se basa principalmente en el uso de pastos naturales donde la soportabilidad de las pasturas naturales de la zona varía entre buena y regular por la baja producción de la actividad pecuaria.

El ámbito de estudio presenta condiciones limitadas para el desarrollo ganadero debido a las características que presenta la zona, en lo que se refiere a pasturas naturales y la posibilidad de instalar pastos y forrajes cultivados como la alfalfa y trébol, rye grass con riego, especialmente para ganado vacuno que está orientada hacia la producción competitiva de leche y carne en base a pastos y forrajes mejorados

**Precios de los productos pecuarios**

Los precios unitarios de los productos pecuarios varían en función a la especie animal tanto de vacunos, ovinos y alpacas, la venta de ganado en pie varía de acuerdo a los aspectos fenotípicos del ganado, edad, talla y buena conformación del ganado.

Los precios de ganado y productos pecuarios son establecidos por el mercado, los mismos que son bajos a comparación de otros mercados de otras ciudades, uno de los rubros que incrementa el precio de los productos es el costo por transporte que realizan los productores, mayormente se llega a vender en las ferias o k'atos realizado principalmente los días miércoles y domingos de cada semana y a precios bajos.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 41. *Precios de principales productos pecuarios*

| Productos | Unidad | Precio Chacra (S/.) | Precio Mercado (S/.) |
|---|---|---|---|
| Ganado en pie vacuno | Cabeza | 650,00 | 850,00 |
| Ganado en pie ovino | Cabeza | 90,00 | 110,00 |
| Ganado en pie alpaca | Cabeza | 100,00 | 120,00 |
| Ganado en pie llamas | Cabeza | 90,00 | 105,00 |
| Ganado en pie | Cabeza | 120,00 | 150,00 |
| Aves (gallinas) en pie | Cabeza | 8,00 | 10,00 |
| Carne vacuna | Kg. | 7,00 | 8,00 |
| Carne ovina | Kg. | 8,00 | 9,00 |
| Carne alpaca | Kg. | 6,00 | 6,50 |
| Lana de ovino | Libra | 3,50 | 4,00 |
| Fibra de alpaca | Libra | 5,00 | 6,00 |
| Leche de vacuno | Litro | 0.8 | 1,00 |
| Queso | Kilo | 8,00 | 10,00 |

Fuente: Elaboración propia

### 5.7.3.2 Actividad agrícola.

Las características geográficas y su topografía de la zona son variada, contando con quebradas, cerros y planicies (pampa), donde la mayor predominancia de terreno está representada por las terrazas de cultivo en zonas bajas, en cuyas tierras predominan los cultivos de pan llevar, la producción de cultivos en todo el distrito es transitorio (temporal una vez al año).

La actividad agrícola constituye uno de los componentes básicos en la economía de la familia de la población rural, se caracteriza por presentar dos tipos de conducción de cultivos: uno bajo la modalidad individual o familiar donde se cultiva básicamente cultivos de pan llevar y algunos forrajes y otro la producción comunal.

La preparación del terreno para la instalación de los cultivos varía con el nivel tecnológico que usa el productor, la producción agrícola en la zona se realiza con tecnología tradicional, en las partes altas se utiliza instrumentos nativos como la “chaquitaclla” y el “arado de palo” jalado por bueyes. En zona planicie el cultivo es semi tecnificado, el suelo es preparado con tractor y se construyen surcos con yunta o tractor, el tapado de la semilla se hace con chaquitaclla.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

De la producción que realiza cada unidad familiar alrededor de 85.1% es destinado para consumo familiar y un 14.9% es destinado al mercado, algunas familias manifiestan que los productos que más se intercambian en el mercado la papa y la cebada a precios irrisorios que en algunas veces no llegan a cubrir sus costos de producción.

**Uso actual de tierras**

El uso actual de la tierra; es decir, el área dedicada a la producción y/o explotación es regular, como consecuencia de la falta de recursos de apoyo a la producción; además del bajo desarrollo agrario en el ámbito de estudio que está relacionado a las características agroclimáticas adversar en la zona y a la disponibilidad del recurso hídrico. Actualmente la agricultura se conduce bajo la modalidad de secano.

Tabla 42. *Cultivos por tipo y grupo en el distrito de Juli*

| Cultivos por tipo y grupo | Superficie sembrada (ha) | % | Acumulado % |
|---|---|---|---|
| Permanentes: Industriales | 0,25 | 0,01% | 0,01% |
| Permanentes: Pastos Cultivados | 199,66 | 6,01% | 6,01% |
| Permanentes: Cultivos Forestales | 0,20 | 0,01% | 6,02% |
| Transitorios: Cereales | 1182,59 | 35,58% | 41,60% |
| Transitorios: Hortalizas | 1,04 | 0,03% | 41,63% |
| Transitorios: Leguminosas | 228,98 | 6,89% | 48,52% |
| Transitorios: Tubérculos y Raíces | 1068,93 | 32,16% | 80,68% |
| Transitorios: Forrajes | 616,47 | 18,55% | 99,23% |
| Asociados: Transitorios | 25,63 | 0,77% | 100,00% |
| **Total** | **3323,75** | **100,00%** | **100,00%** |

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (INEI)

El total de superficie cultivada de los principales cultivos transitorios llega a 3123 ha sembradas, de los cuales los cultivos preponderantes en el distrito de Juli son la papa, quinua, cebada forrajera, avena forrajera, la cebada grano, etc.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 43. *Principales cultivos producidos en el distrito de Juli*

| Campaña | 2011/2012 | Promedio de serie histórica de 10 años (2006 - 2015) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cultivo | Superficie | Siembras (ha.) | Sup. Perdida (ha.) | Cosechas (ha.) | Rendimiento (Kg. /ha.) | Producción (Tn.) | Precio Chacra (S/Kg.) |
| Quinua | 722,90 | 1004,70 | 168,67 | 954,10 | 1151,06 | 1108,44 | 3,99 |
| Papa | 1037,23 | 1332,90 | 35,00 | 1325,90 | 11082,99 | 14712,20 | 0,90 |
| Cañihua | 117,36 | 120,80 | 18,00 | 117,20 | 810,00 | 95,00 | 2,63 |
| Haba | 220,52 | 260,00 | 0,00 | 260,00 | 1232,40 | 320,60 | 2,00 |
| Oca | 28,95 | 115,70 | 0,00 | 115,70 | 7907,70 | 905,10 | 0,98 |
| Olluco | 3,89 | 7,60 | 0,00 | 7,60 | 6942,54 | 52,90 | 1,02 |
| Tarhui | 8,23 | 35,80 | 0,00 | 35,80 | 1134,43 | 40,40 | 2,39 |
| Alfalfa | 199,62 | 23,43 | 0,00 | 99,00 | 17686,69 | 2049,60 | 0,29 |
| Avena forrajera | 204,64 | 745,10 | 0,00 | 743,60 | 22049,53 | 16391,40 | 0,29 |
| Avena grano | 17,87 | 98,10 | 0,00 | 98,10 | 1024,31 | 101,00 | 1,42 |
| Trigo | 3,04 | 11,60 | 0,00 | 11,60 | 1100,33 | 12,82 | 1,49 |
| Cebada forrajera | 411,83 | 1037,20 | 28,00 | 1034,40 | 19294,85 | 19976,40 | 0,28 |
| Cebada grano | 319,42 | 1036,40 | 0,00 | 1036,40 | 1173,96 | 1214,10 | 1,10 |
| Mashua o Izaño | 0,00 | 5,70 | 0,00 | 5,70 | 7740,71 | 44,10 | 0,96 |

Fuente: elaboración propia en base a IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (INEI) y Dirección de Estadística Agraria e Informática (DRA - Puno)

**Precio de productos agrícolas**

Los precios de los productos agrícolas varían de acuerdo al lugar de producción, los precios de chacra son el valor que se paga en el mismo lugar donde se producen los cultivos, se da mayormente en zonas donde no disponen de transporte permanente para el traslado de sus productos hacia los mercados, ferias o k'atos y son los intermediarios quienes se benefician acopiando con sus movilidades propias y pagando precios irrisorios a los productores que a veces no cubren los costos de producción.

Considerado los precios vigentes en chacra y en el mercado, se ha considerado los precios promedios debido a que éstos fluctúan de acuerdo a la oferta y demanda y están en relación con la época de cosecha, donde se concentra la producción y generalmente se ofertan precios más bajos.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 44. *Precios de los productos agrícolas (S/.) en Juli*

| Producto | Precio S/. por kilo | |
|---|---|---|
| | Chacra | Mercado |
| Papa | 0,90 | 1,50 |
| Cebada forrajera | 0,28 | 0,80 |
| Avena forrajera | 0,29 | 0,60 |
| Cebada grano | 1,10 | 1,50 |
| Quinua | 3,99 | 4,50 |
| Avena grano | 1,42 | 2,00 |
| Cañihua | 2,63 | 3,50 |
| Haba grano seco | 2 | 2,50 |

Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y Dirección de Estadística Agraria e Informática (DRA - Puno)

Se puede apreciar que los precios en chacra son bajos en comparación a los precios que se expenden en los mercado donde en algunos casos se duplican, motivo por el cual gran parte de los productores prefieren destinar parte de la producción al autoconsumo, además de los bajos volúmenes de producción y bajos precios que venden sus productos, la comercialización la realizan por necesidad que tienen para adquirir otros productos que ellos no producen; y lo realizan en la feria del distrito generalmente los martes y viernes de cada semana en el distrito.

### 5.7.4 Aspectos culturales y organización

#### 5.7.4.1 Costumbres y culturas

Son esenciales para el poblador o la sociedad mantener vigente y viva la costumbre del pueblo, donde a nivel del distrito se registra un calendario de fiestas y costumbres, dentro de los cuales describimos las principales costumbres que se practican:

**Religión**. Según la historia los antepasados adoraban al sol, al lago y a la tierra a quienes les ofrecían los productos del lago, eran idolatras, hechiceros, los Lupacas en esta zona practicaban la religión politeísta y naturalista hasta la llegada de los españoles quienes trajeron la religión católica que en la actualidad se viene practicando como religión predominante en el distrito

**Idioma.** El principal idioma del distrito es aymara; pero la población menciona que aprendió hablar el castellano también aprendiendo hablar otros idiomas como el quechua



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

#### 5.7.4.2 Organización de la microcuenca rio salado

La microcuenca rio salado se encuentra organizado por sectores, comunidades y centros poblados, como se muestra en la tabla 45



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Tabla 45. *Organización de la población en la microcuenca rio Salado*

| Nº | COMUNIDADES | CENTROS POBLADO | H | M | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Huaquina | HUAQUINA | 100 | 107 | 207 |
| 2 | Irupalca | MOYAPAMPA | 99 | 114 | 213 |
| 3 | Moyopamapa | | | | |
| 4 | Choquejahua Miraflores | YACARI TISÑACHURO | 84 | 90 | 174 |
| 5 | Cachiputunco | | | | |
| 6 | Yacarhuilque | | | | |
| 7 | Yacari Tuntachahui | | | | |
| 8 | Tuntachave | | | | |
| 9 | Yacari Tisñachuro | | | | |
| 10 | Tisnachuro | TISNACHURO VISTA AZUL | 93 | 106 | 199 |
| 11 | Tisñachuro Vista Azul | | | | |
| 12 | Tisñachuro Central | | | | |
| 13 | Pucara Misahui | PUCARA SULLICANI | 77 | 82 | 159 |
| 14 | Pucara Sullicani | | | | |
| 15 | Huancarene | | | | |
| 16 | Cajohuma | | | | |
| 17 | Ancoaque Quilcani | ANCOAQUE QUILCANI | 88 | 102 | 190 |
| 18 | Jancoaque | | | | |
| 19 | Hacienda Ancoaque | | | | |
| 20 | Quilcani Crucero | | | | |
| 21 | San Francisco de Ancoaque | SAN FRANCISCO DE ANCOAQUE | 99 | 119 | 218 |
| 22 | Ancoaque Humajalso | | | | |
| 23 | Ancoaque Central | | | | |
| 24 | Chila Pucara | CHILA PUCARA | 89 | 90 | 179 |
| 25 | Incane | | | | |
| 26 | Pujunuyo | | | | |
| 27 | Piurani | | | | |
| 28 | Aguallani | | | | |
| 29 | Percatuyo | | | | |
| 30 | Cotapatja | | | | |
| 31 | Toturani | | | | |
| 32 | Cruz vilque | | | | |
| 33 | Jichujiqiwi | | | | |
| 34 | Chila Putunco | | | | |
| 35 | Caspa Collpajahuira | CASPA CENTRAL | 381 | 359 | 740 |
| 36 | Caspa Central | | | | |
| 37 | Caspa Yanampaca | | | | |
| 38 | Callatane | | | | |
| 39 | Bertaparque | BERTAPARQUE | 86 | 88 | 174 |
| 40 | Inquillpata | | | | |
| 41 | Churampia | | | | |
| 42 | Colpavira | | | | |
| 43 | Lacapampa | | | | |
| 44 | Siquicaballuni | | | | |
| 45 | Palermo Rio Salado | PALERMO RIO SALADO | 148 | 163 | 311 |
| 46 | Hacienda Palermo | | | | |
| 47 | Copapujo | | | | |
| 48 | Instituto Educación Rural Palermo | | | | |
| 49 | Paque Paque | | | | |
| 50 | Inca Pucara | | | | |
| 51 | Tahuacuyo | | | | |
| 52 | Fortaleza Incapucara | | | | |
| | | **TOTAL** | **1344** | **1420** | **2764** |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

### 5.8 Modelo agroecológico para el cultivo de quinua en la microcuenca rio Salado

La modelación agroecológica para el cultivo de quinua se realiza utilizando las siguientes variables.

Tabla 46. *Parámetros utilizados para el diseño de un modelo agroecológico*

| Parámetros para Determinar Capacidad de Uso Mayor de las Tierras (CUM) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **pH** | **Materia Orgánica (%)** | **P (ppm)** | **K (ppm)** | **VALOR** |
| 6.5-8.00 | > 4 | > 14 | > 240 | ALTO |
| 5.6-6.4/8.1-8.5 | 2-4 | 7-14 | 100 - 240 | MEDIO |
| 4.5-5.5/8.6-8.9 | <2 | <7 | <100 | BAJO |
| <4.5/>9 | - | - | - | NO APTO |

| **TEXTURA** | **Pendiente (%)** | **Drenaje** | **Profundidad Efectiva (cm)** | **VALOR** |
|---|---|---|---|---|
| G, MG, M | 0-8 | Bueno | Muy profundo, profundo, Moderadamente profundo | ALTO |
| MF | 8-15 | Algo excesivo, moderado, imperfecto | Superficial | MEDIO |
| F | 15-25 | Excesivo, Pobre | Muy superficial | BAJO |
| - | >25 | Muy pobre | - | NO APTO |

| Parámetros Agroclimáticos y Sus Limitaciones | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Precipitación (mm)** | **T° Media °C** | **BALANCE HIDRICO (bh)** | **Altitud (msnm)** | **UAT** | **COBERTURA VEGETAL** | **VALOR** |
| 600- 900 | >7 | 1 | 3810-3850 | 4a, 4b | Agri | ALTO |
| 400 -600 | 7-6 | <1 | 3850-3900 | 9b | Pj | MEDIO |
| > 400 | 6-5 | >1 | 3900-4050 | 6a, 6b, 6c | Esv | BAJO |
| - | <5 | - | >4050 | 1a, 7a, 7b, 7c, 8a, 9a, 9c, 9d, 9e | R, L, U, Br-al, PF | NO APTO |

Fuente: Elaboración propia

En la implementación del modelo, se utilizó el software ArcGIS v.10.3, ya que este cuenta con una herramienta para la construcción de modelos (Model Builder), en el cual se programaron todos los algoritmos para estimar el valor agroecológico del área en estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

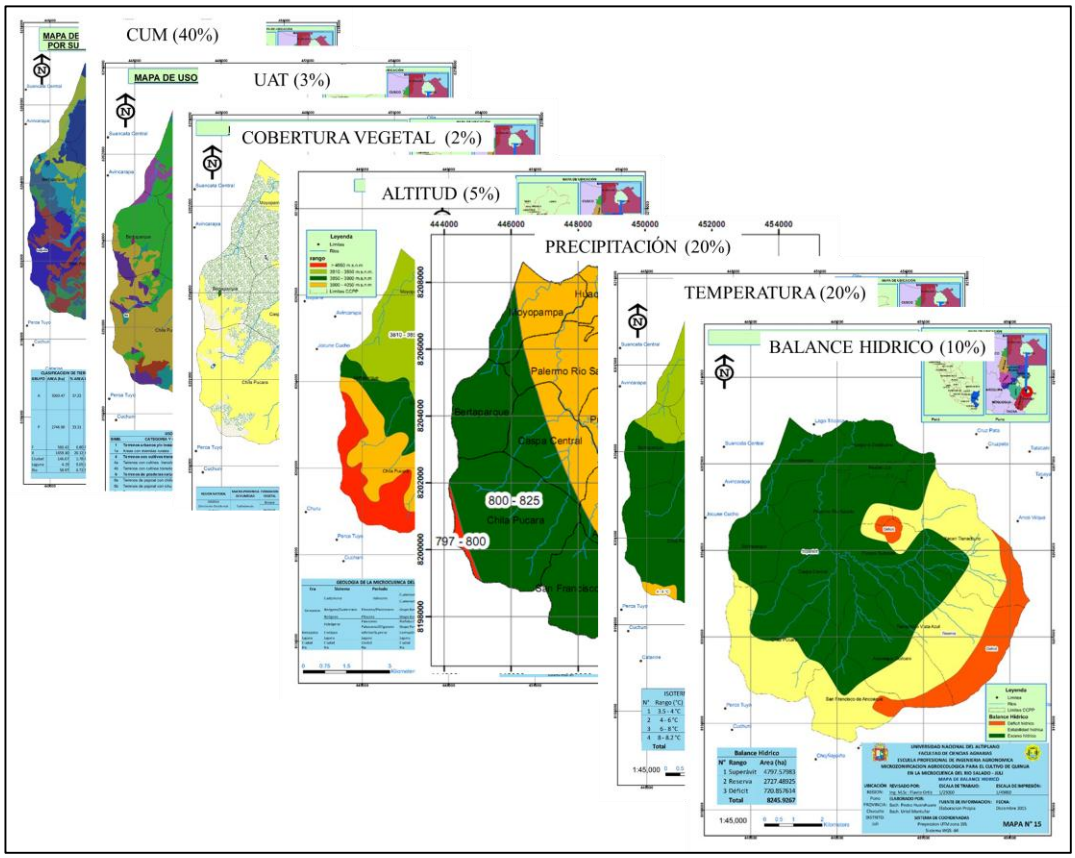



*Figura 55.* Variables utilizadas para el diseño de un modelo agroecológico

En la Figura 5, se muestra el submodelo para estimar el valor agroecológico, el cual se implementó a partir del diagrama presentado en la Figura 55, donde principalmente intervienen las siguientes variables: CUM (40%), UAT (3%), cobertura vegetal (2%), altitud (5%), precipitación (20%), temperatura (20%) y balance hídrico (10%).



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

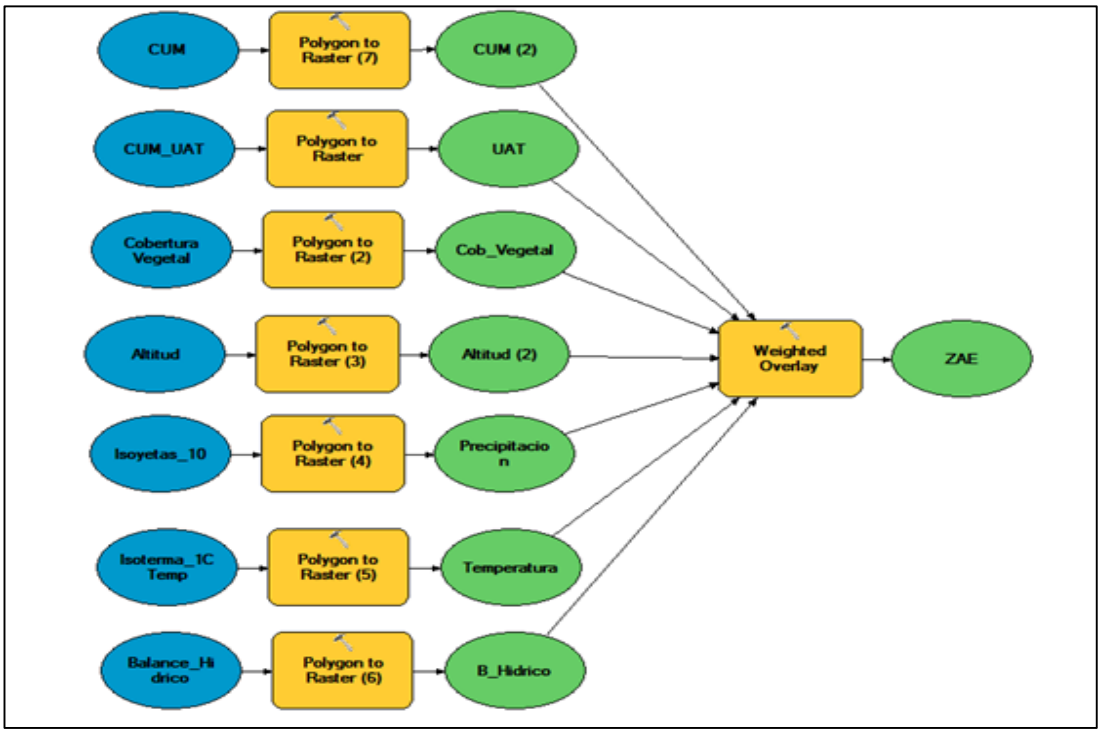



*Figura 56.* Estructura del modelo agroecológico para el cultivo de quinua

La finalidad del modelo es determinar la superficie que posee mayor aptitud y potencialidad para la producción de quinua de manera sostenible y constante, sin deteriorar el ecosistema.

Como resultado la Zonificación agroecológica (ZAE) tenemos áreas con potencial para producir el cultivo de quinua como se muestra en la tabla 47. Se utilizó el sistema propuesto de valoración: NO APLICA, BAJO, MEDIO y ALTO.

Tabla 47. *Modelo agroecológico para la quinua*

| MODELO ZAE | | | |
|---|---|---|---|
| **Valor de Modelo Agroecológico** | **Valor** | **Área (ha)** | **Área (%)** |
| 0 | No Apto | 5434,69 | 65,91 |
| 1 | Alto | 0,00 | 0,00 |
| 2 | Medio | 2020,76 | 24,51 |
| 3 | Bajo | 790,48 | 9,59 |
| | **Total** | **8245,93** | **100,00** |

Fuente: Elaboración propia



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

### 5.8.1 Resultados e interpretación de la modelación agroecológica para la quinua

**a) Valor agroecológico que NO APLICA para el cultivo de quinua**

Se encuentran las zonas que no poseen condiciones favorables mínimas para producción de quinua, abarca una superficie de 5,434.69 ha que representa un porcentaje de 65.91%, del área de estudio y representan las áreas con presencia pastizales, áreas con matorral de espina de cristo, con agua de manera permanente y temporal (lagunas), área hidromorficas, áreas urbanizadas, áreas misceláneas o de afloramiento lítico, áreas con instalaciones públicas y privadas y zonas altas con pendientes empinadas

**b) Valor agroecológico ALTO para el cultivo de quinua**

No presenta valor agrologico alto la zona de estudio para la producción de quinua, por las limitaciones que presenta de suelos de calidad agrologica baja, suelos moderadamente profundos, con materia orgánica media a baja, drenaje, erosión, topografía y clima.

**c) Valor agroecológico MEDIO para el cultivo de quinua**

Se consideró con valor agrologico medio a las zonas de guardan características favorables medias con limitaciones suelo, clima, áreas con pendientes ligeramente inclinados, áreas con pastizales naturales para la producción de quinua, abarca una superficie de 2,020.76 ha y representa el 24.51 % del área de estudio. Se encuentran los suelos con capacidad de uso mayor aptas para cultivos en limpio con calidad agrologica baja, con suelos moderadamente profundos, profundos, contenido de materia orgánica media a baja, con pendientes planos y ligeramente inclinados.

**d) Valor agroecológico BAJO para el cultivo de quinua**

Se encuentran las zonas que no poseen condiciones favorables mínimas para producción de quinua, abarca una superficie de 790.48 ha con un porcentaje de 09.59%, del área de estudio representan las áreas con limitaciones de materia orgánica, drenaje, suelo y clima.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## CONCLUSIONES

- La zona en estudio tiene una superficie de 8,245.93 ha, Según el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, utilizando el Decreto Supremo N.º 017-2009-AG; se han identificado las siguientes categorías: tierras aptas para cultivos en limpio (A) con calidad agroecológica baja (A3) y subclases como A3sc(r) con (840.23 ha), A3sec con (1,271.53 ha), A3sc(a) con (66.93 ha), A3sec(a) con (60.14 ha), y A3swc con (830.63 ha) que representa un total de 37.22 % de la superficie estudiada con limitación de suelo (s), erosión (e), drenaje (w) y clima (c). Seguidamente se tiene tierras aptas para pastos (P) con calidad agroecología media (P2) que representa 1237.48 ha con sub clases P2sec (639.48 ha), P2sec(a) (497.99 ha), y calidad agroecológica baja (P3) que representa 1609.92 ha con subclases: P3s (59.67 ha), P3se (1,129.67 ha), P3sec (360.74 ha) y P3swl (59.35 ha), que representa un total de 33.31 % de la superficie estudiada con limitación de suelo (s), erosión (e), drenaje (w), salinidad (l) y clima (c) , luego tenemos tierras aptas para forestación (F) con calidad agroecológica baja (F3) de subclase F3sec (560.42 ha) que representa 6.8 % de la superficie estudiada con limitación de suelo (s), erosión (e) y clima (c), tierra de protección Xsec (1,659.30 ha) representa el 20.12 % del área en estudio y la ciudad, lagunas , ríos con 209.83 ha que representa el 2.54% de la superficie estudiada. Seguidamente en el área de estudio se identificaron 03 grandes grupos edáficos, donde las unidades del suelo han sido clasificados taxonómicamente de acuerdo al sistema del "Soi1 Taxonomy (2010)"y es como sigue: **a)** Orden Entisols con subgrupos Typic Ustorthents (con unidades de suelo: Moyopampa III, Hacienda Calliri, Bertaparque, Miraflores, Yacari Tuntachave, Umajalso, Tisnachuro Vista Azul, Ancoaque Quilcani, Percatuyo, Ancoaque San Francisco, y Yacari Tisñachuro); Aquic Ustorthents (con unidades de suelo: Huaquina, Moyopampa I); y Lithic Ustorthents( con unidad de suelo Ancco Vilque); **b)** Orden Inceptisols con sub grupo: Aquic Haplustepts (con unidade de suelo Rio Salado) y Typic Haplustepts (con unidad de suelo Moyopampa II) y **c)** Orden Mollisols con sub grupo: Aquic Argiustolls (con unidad de suelo Chullucachi Acero Waca) teniendo un total de 17 unidades de suelo en la microcuenca del rio Salado con fertilidad natural de condición media a baja



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

- En el presente diagnóstico se logró identificar un total de seis categorías de uso actual de la tierra según la Unión Geográfica Internacional tenemos: terrenos urbanos (146.67 ha), terrenos con cultivos transitorio en secano (2426.40 ha), con praderas naturales (4, 595.41 ha), con bosque (115.03 ha), terrenos húmedos (91.31) y terrenos sin uso y/o improductivos (871.11ha. Mostrando un conflictos de uso de la tierra de (2703.03 ha) que representa el 32.78% de la superficie de la microcuenca que está en uso excesivo, es decir se realizan actividades por encima de su capacidad natural de los suelos; el (4110.38 ha), que representa el 49.85% de la superficie de uso adecuado o sin conflicto, el (1197.04 ha) 14.52% de la superficie es subutilizado, es decir que no se está aprovechando a lo máximo la capacidad natural de los suelos y el (235.48 ha), 2.86% no aplica.

- En el cálculo balance hídrico se tiene exceso hídrico en los meses febrero, marzo, abril, y un déficit hídrico en los meses de enero, octubre, noviembre, diciembre siendo los meses donde requiere agua el cultivo de quinua. También tenemos una evapotranspiración potencial de 209.9 mm/día en la parte alta, 400 mm/día en la parte media y 480.9 mm/día en la parte baja de la microcuenca del rio Salado

- Las condiciones climáticas que se presentan en la microcuenca del rio salado son los siguientes: **a)** precipitación por encima de los 802 mm al año y la quinua solo requiere una precipitación promedio de 470 mm /año. Sin embargo, se tiene intensa insolación que favorece a una evaporación rápida en la zona de estudio. La temperatura media varia en la zona de estudio de 3 a 4 °C, en las zonas altas, 4 a 6 °C en las zonas medias y 6 a 8 °C en las zonas bajas. La humedad relativa en el área de estudio varía en un rango de 57 a 60%, según la regionalización de la humedad en la microcuenca de rio Salado. Según (FAO., 2011) menciona que el cultivo de quinua se adapta de rangos de 40 a 88% de humedad, entonces concluimos que en la zona estudiada la temperatura, precipitación y humedad relativa es relativamente adecuado

- La microcuenca tiene una población de 2,764 habitantes con una población económicamente activa del 40.38%, la actividad principal que se dedica es agropecuario con 19.57% de la población seguido por el trabajo de mano de obra no calificado, vendedor ambulante con 13.21% de la población, la producción de sus productos lo comercializan al mercado local intermediario, la población según



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

información del INEI 2007, está disminuyendo paulatinamente cada año en un 13. 52% de población actual de la microcuenca.

- La zona de estudio presenta un ZAE con valor agroecológico medio con características favorables para la producción de quinua presenta un área de 2,020. 96 ha (24.51%) del área en estudio, las zonas con valor agroecológico bajo representa un área de 790.48 ha (9.59%) del área en estudio, y las zonas con valor agroecológico no apta cubre un área de 5,434.69 ha (65.91%) del área en estudio.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de ordenamiento territorial utilizando información existente de la presente investigación

- Aplicar materia orgánica, ya sea en forma de abonos orgánicos, como el de ovino, camélidos y vacunos, en áreas de potencial de cultivos forrajeros y pastos con el fin de incrementar su capacidad retentiva de humedad y como fuente de nutrientes.

- En las zonas de tierras aptas para pastos, es recomendable el establecimiento de pastos asociados, entre gramíneas y leguminosas, y realizar un sistema de manejo de pasturas racional para favorecer el desarrollo pecuario, evitando el sobre pastoreo y como consecuencia el deterioro del suelo.

- Iniciar con el mejoramiento de las praderas naturales mediante la implantación de especies leguminosas como son alfalfa, trébol, rye grass.

- Intensificar la asistencia técnica, con el fin de reforzar el apoyo crediticio y optimizar la producción y productividad mediante el mejor uso de sus recursos.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**BIBLIOGRAFIA**

Alanoca, M. (2008). *Manejo del recurso suelo mediante Sistema de Información Geográfica en el C.I.P. Illpa-UNA-Puno.* Puno, Puno, Perú: UNA - PUNO.

Alzate, B. (2001). *Modelando El Mundo Real Mediante el Uso del SIG.* Santa fe de Bogotá, Colombia.

Apaza, V. (1996). *Cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd). en Compendio de Alternativas Tecnológicas.* Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Puno, Perú pp.25-30.

Apaza, V. (2005). *Tecnología del cultivo orgánico de quinua. En Manejo y Mejoramiento de quinua orgánica.* Puno, Perú.: Instituto Nacional de Innovación Agraria, Serie Manual No 01-2005. 43p.

Bohn, H. (1993). *Química del suelo.* Universidad del Estado de Nueva México. Editorial Limusa, S.A. pp. 16-32.

Bosque, J. (2000). *Sistema de Información Geográfica.* Madrid, España: Ediciones RIALP.

Cárdenas C., Jesús & Choque M., Willy. (2008). *Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del intersalar, departamentos de Oruro y Potosí.* Oruro: Fundación AUTAPO, Programa Quinua Altiplano Sur, Universidad Técnica de Oruro.

Cari, A. (1978). *Efectos de la Salinidad y Fertilización Potásica en dos variedades de Quinua (Chenopodium quinoa Willd.).* Tesis de Ingeniero Agrónomo UNTA.Puno, Perú. pp.16-21.

Cervantes, E. (2012). *Zonificación y Analisis de la Potencialidad Agrícola y Forestal de las Tierras de CIP Camacani pra su Ordenamiento Territorial.* Tesis de Ing. Agronómica Facultad de Ciencias Agrarias, UNA. Puno, Peru.

Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de la teledetección espacial.* Madrid-España.: 3ra edición .

El Peruano, Decreto Supremo N° 017·2009·AG. (02 de Setiembre de 2009). *Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*, págs. 401820-401837.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

El Peruano, Decreto Supremo N° 13-2010-AG. (20 de Noviembre de 2010). *Aprueban Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos*, págs. 429454-429462.

El Peruano, Decreto Supremo Nº 087-2004-PCM,. (24 de Diciembre de 2004). *Aprueban Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).*

FAO. (2001). *Quinua ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.* Santiago, Chile: Autores: Angel Mujica & Juan Izquierdo & Jean Pierre Marathee & Sven Eric Jacobsen. FAO, CIP, UNALM. 293 p.

FAO. (1997). *Zonificación Agroecológica.* Roma, Italia.: Guía General. Boletín 73. 51 p.

FAO. (2011). *La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.* Oficina Regional para America Latina y Caribe. p 58.

Flores, E. (2007). *Modelación de la Evapotranspiración Potencial en el Altiplano de Puno.* Lima, Perú: UNALM.

Frere, M., Rikjs, J. Q., & Rea, J. (1975). *Proyecto Interinstitucional. Estudio Agro climatológico de la zona andina (informe técnico).* Roma, Italia.: FAO/UNESCO/OMM. pp. 29-51.

Gandarillas, H. (1979). *Botánica en: Quinua Y Cañihua Cultivos Andinos.* CIID-IICA. Serie de libros y materiales educativos Nº 40. Bogotá, Colombia. pp 20-33.

Herrera, A. (2010). Suelos con énfasis del altiplano. Puno – Perú.: Primera edición. UNA - Puno.

Ibañez, J. (2016). *Calibración para determinar composicion proximal de quinua (Chenopodium quinua Willd) usando la espectroscopia de tramitancia en el infrarrojo cercano.* Lima, Peru: UNALM, Facultad de Industrias Alimentarias. P 115.

Ibañez, V. (2003). *Métodos Estadísticos.* Puno, Perú.: 1ra Edición de la FINESI UNA - Puno. pp. 13.

INGEMMET, Palacios, O., De la Cruz, J., De la Cruz, N., Klinck, B., Ellison, R., & Hawkins, M. (1993). *Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca Sur del Perú.* Lima, Perú: Editorial Allamanda S.R.L.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Jaramillo, D. (2001). Introducción a la Ciencia del Suelo. En . Bogotá, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Medellín. pp. 31-115.

Labrador, M., Évora, J., & Arbelo, M. (2012). Satelites de teledetección para la gestión del territorio. Canarias, España: Litografía Romero. Pp 42- 43.

Lantada, N., & Nuñez, M. (2004). *Sistemas de Información Geográfica Prácticas con ArcView.* Mexico.: Ediciones Alfa omega Grupo Editor.

Lescano, J. L. (1994). Genética y Mejoramiento de los cultivos Alto andinos; quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, oca e izaño. Puno, Perú: Proyecto PIWA, convenio INADE/PELT -COTESU. 459 p.

MINAM. (2010). *Manual instructivo para el levantamiento de suelos en base al enfoque territorial para los procesos de macro, meso y micro Zonificación Ecológica Económica.* Lima. Perú.: Dirección General de Ordenamiento Territorial. 79 p.

MINAM. (2015). *Orientaciones básicas sobre el Ordenamiento Territorial en el Perú. Dirección General de Ordenamiento Territorial.* Lima, Perú: Mercedes Group S.A.C.

Mujica, A. & et al. (2001). Agronomía del Cultivo de la quinua. En FAO, *En el libro de: Quinua (Chenopodium quinoa Willd) ancestral Cultivo Andino, Alimento del presente y futuro.* Santiag, Chile: Red de Cooperación en Producción de Cultivos Alimenticios. FAO.

Mujica, A. (1993). *Manual del cultivo de quinua.* Lima, Peru: Proyecto TTA-AID-INIA. PIVA.

ONERN. (1965). En *Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Programa de Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales del Departamento de Puno.* Lima, Perú.: Sector Prioridad 1. Capítulo V: Suelos.

ONERN. (1976). *Mapa Ecológico del Perú. Guia explicativa.* Lima, Perú.

Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Balance Hídrico Superficial.* Lima, Perú: Sociedad Geografica Lima, SENAMHI.

Quiroga, A., & Romano, N. (2008). En *El Sistema Suelo y características del Intercambio Catiónico. En manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos.* . EEA INTA Angull. pp.9-34.



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Quispe, J. (2002). *Curso de Sistemas de Información Geográfica.* Lima-Perú.: Universidad Nacional Mayor de San Marco.

Resolucion Ministerial Nº059-2015-MINAM. (2015). *Guia de inventario de la flora y vegetacion.* Lima, Peru: Ministerio del Ambiente. P 39.

Sánchez, P. (1997). En *Evaluación de la Fertilidad del Suelo. En Manejo Ecológico del suelo.* . Lima, Perú.: pp. 92-125.

Sardon, S y Mamani, S. (2012). *Modelación de las potencialidades de tierras, agua, cobertura vegetal y propuesta de manejo agroforestal en S.I.G. y teledetección en CIP Ituata*. Tesis de Ing. Agronómica Facultad de Ciencias Agrarias, UNA. Puno, Peru.

Schomwandt, D. (2015). *Teledetección aplicada a las ciencias agronómicas y recursos naturales.* Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: 75 p.

Tapia, M. (1990). Los cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago de Chile.: FAO.

Tapia, M. (2000). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la Alimentación.* Santiago, Chile.: ANPE, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Segunda Edición.

Tapia, M., & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los Cultivos Andinos. Lima, Peru.: FAO y ANPE.

Thorntwwaite, C. (1948). *Clasificación climática.* .

Valdivia, R., Paredes, S., Zegarra, A., Choquehuanca, V., & Reinoso, J. (1997). Manual del Productor de Quinua. Puno, Peru.: Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (CIRNMA). Pp. 83-111.

Vargas, R. (2009). Guía para la Descripción de Suelos. La paz, Bolivia.: FAO Swalim, Nairobi, Kenya- Universidad Mayor de San Simón. pp. 26-76.

Villota, H. (1992). *El sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno.* Santa Fe de Bogotá.: Revista CIAF, 13(1): pp. 55-70. .



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

# ANEXOS

## Anexo 1. Descripción de los perfiles modales de las unidades de suelo

### SUELO MIRAFLORES (MI)

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Sector Miraflores. |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 4 - 8 % |
| Altitud | : | 4006 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Papa, alfalfa, habas, cebada, tarwi, eucalipto, pino y terreno en descanso. |
| Pedregosidad superficial | : | 8 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| Ap | 0 - 40 | Franco; marrón marillento (10YR 5/4); en húmedo: friable; granular, fina y débil; reacción ligeramente acido (pH 6.20); raíces finas hasta 40 cm; contenido medio de materia orgánica (2.60 %) y permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte difuso al |
| C1 | 40 - 90 | Franco; marrón amarillento (10 YR 5/6); en húmedo: friable; masiva; reacción neutra (pH 6.66); raíces gruesas comunes; contenido bajo de materia orgánica (0.35%) y permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte claro al |
| C2 | 90 - 120 | Franco arenoso; pardo amarillo claro (10 YR 6/4); en húmedo: firme; grano suelto; reacción neutra (pH 6.81); contenido bajo de materia orgánica (0.12 %) y permeabilidad moderadamente rápida. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Miraflores (MI), perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 57.* Perfil modal del suelo Miraflores (MI)

Paisaje del suelo Miraflores (MI), mostrando la predominancia de papa, alfalfa, habas, cebada, tarwi, eucalipto, pino y terreno en descanso

*Figura 58.* Paisaje del suelo Miraflores (MI)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO YACARI TUNTACHAVE (YT)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Sector Yacari Tuntachave. |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 15-25 % |
| Altitud | : | 4005 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Sillu sillu, chilligua, totorilla (al frente hay una montaña de queñuales) |
| Pedregosidad superficial | : | 4 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A11 | 0 - 30 | Franco; pardo amarillo oscuro (10 YR 4/4); en húmedo: friable; granular, media y moderada; reacción ligeramente acido (pH 6.50); raíces muy finas hasta 30 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.58%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| A12 | 30 - 50 | Franco; pardo (7.5 YR 5/2); en húmedo: friable, granular, media y moderada; reacción neutra (pH 6.62); raíces medianas comunes; contenido bajo de materia orgánica (0.68%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al |
| C | 50 – 75 | Franco arenoso; pardo (7.5 YR 5/4); en húmedo: muy friable; masiva; reacción ligeramente acida (pH 6.38); contenido bajo de materia orgánica (0.13 %) y permeabilidad moderadamente lenta. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 59.* Perfil modal del suelo Yacari Tuntachave (YT)

Perfil modal del suelo Yacari Tuntachave (YT); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

Paisaje del suelo Yacari Tuntachave (YT); mostrando la predominancia de sillu sillu, chilligua, totorilla

*Figura 60.* Paisaje del suelo Yacari Tuntachave (YT)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO UMAJALSO (UM)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Sector Yacari Tisñachuro. |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 15-25 % |
| Altitud | : | 4161 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Paramo muy húmedo Subalpino Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Pajonal con pastizal, queñua, cultivo de cebada |
| Pedregosidad superficial | : | 1 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 15 | Franco; pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); en húmedo: friable; granular, muy fina y débil; reacción ligeramente acido (pH 6.13); raíces muy finas hasta 15 cm, contenido medio de materia orgánica (2.00%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al |
| C1 | 15 - 60 | Franco limoso; pardo rojizo (5 YR 5/4); en húmedo: firme; masiva; reacción neutra (pH 7.22); raíces medianas comunes, contenido bajo de materia orgánica (0.37%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte difuso al |
| C2 | 60 – 90 | Franco; rojo amarillento (5 YR 5/6); en húmedo: firme; masiva; reacción Neutra (pH 7.12); contenido bajo de materia orgánica (0.14 %) y permeabilidad moderadamente lenta. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 61.* Perfil modal del suelo Yacari Umajalso (UM)

Perfil modal del suelo Yacari Umajalso (UM); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

Paisaje del suelo Umajalso (UM); mostrando la predominancia de pajonal con pastizal, queñua y cultivo de cebada

*Figura 62.* Paisaje del suelo Umajalso (UM)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO TISÑACHURO VISTA AZUL (TVA)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad Tisñachuro Vista Azul |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 15-25 % |
| Altitud | : | 3993 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Chilliguar, pastizal, kolli (silvopastoril) |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 40 | Franco; pardo (10 YR 5/3); en húmedo: friable; granular, media y moderado; reacción neutra (pH 7.02); raíces muy finas hasta 40 cm, contenido bajo de materia orgánica (1.87%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte difusa al |
| C1 | 40 - 65 | Franco arcilloso; pardo rojizo (5 YR 5/4); en húmedo: friable; masiva; reacción neutra (pH 7.07); raíces medianas comunes, contenido bajo de materia orgánica (0.21%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al |
| C2 | 65 – 80 | Franco; pardo (10 YR 5/3); en húmedo: muy firme; masiva; reacción neutra (pH 7.02); contenido bajo de materia orgánica (0.20 %) y permeabilidad moderadamente lenta. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 63.* Perfil modal del suelo Tisñachuro Vista Azul (TV)

Perfil modal del suelo Tisñachuro Vista Azul (TV); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

Paisaje del suelo Tisñachuro Vista Azul (TV); mostrando la predominancia de chilligua, pastizal, kolli (silvopastoril)

*Figura 64.* Paisaje del suelo Tisñachuro Vista Azul (TV)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO ANCOAQUE QUILCANI (AQ)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad Anccoaque Quilcani |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 2-4 % |
| Altitud | : | 3880 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvio aluvial |
| Vegetación | : | Cultivos de quinua, terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| **Horizontes** | **Prof./cm.** | **Descripción** |
|---|---|---|
| Ap | 0 - 30 | Franco arenoso; pardo amarillento (10 YR 5/4); en húmedo: friable; granular, muy fina y débil; reacción ligeramente acido (pH 6.46); raíces muy finas hasta 30 cm, contenido bajo de materia orgánica (1.00%) y permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte gradual al |
| C1 | 30 - 50 | Franco; pardo pálido (10YR 6/3); en húmedo: muy friable; granular, media y moderada; reacción ligeramente acido (pH 6.52); raíces finas hasta 45 cm, contenido bajo de materia orgánica (0.36%) y permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte claro al |
| C2 | 50 – 75 | Franco; rojizo (5 YR 7/3); en húmedo: muy firme; masiva; reacción neutra (pH 6.82); contenido bajo de materia orgánica (0.18 %) y permeabilidad moderadamente rápida. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Anccoaque Quilcani (AQ); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 65.* Perfil modal del suelo Anccoaque Quilcani (AQ)

Paisaje del suelo Anccoaque Quilcani (AQ); mostrando la predominancia de terrenos en descanso, cultivo de quinua y pastizal.

*Figura 66.* Paisaje del suelo Anccoaque Quilcani (AQ)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO PERCATUYO (PTY)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Sector Percatuyo |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 8-15 % |
| Altitud | : | 3858 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Paramo muy húmedo Subalpino Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Margiricarpus, Stipa, Poa, thola, chilligua y terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 10 % |

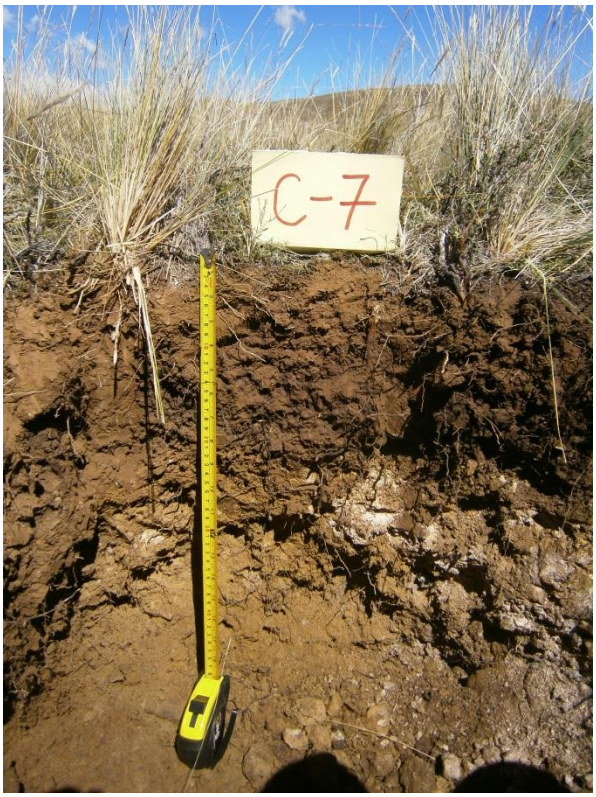
| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| Ap | 0 - 10 | Franco limoso; pardo (10 YR 4/3); en húmedo: friable; granular, fina y débil; reacción neutra (pH 7.03); raíces muy finas hasta 30 cm; contenido medio de materia orgánica (2.02%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| A2 | 10 - 20 | Franco arcillo limoso; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); en húmedo: friable; granular, media y moderada; reacción ligeramente alcalina (pH 7.60); raíces muy finas hasta 30 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.04%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| AC | 20 – 38 | Franco arenoso; pardo amarillento claro (10 YR 6/4); en húmedo: friable; granular, muy fina, débil; reacción ligeramente alcalina (pH 7.69); contenido bajo de materia orgánica (0.34 %) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al |
| C1 | 38 - + | Franco; pardo muy pálido (10 YR 7/4); en húmedo: suelto; granular, gruesa y moderado; reacción ligeramente alcalina |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

(pH 7.8); contenido bajo de materia orgánica (0.28 %) y permeabilidad moderada




Perfil modal del suelo Percatuyo (PTY), perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 67.* Perfil modal del suelo Percatuyo (PTY),

Paisaje del suelo Percatuyo (PTY), mostrando la predominancia de terrenos en descanso, Margiricarpus, Stipa, Poa, thola, chilligua.

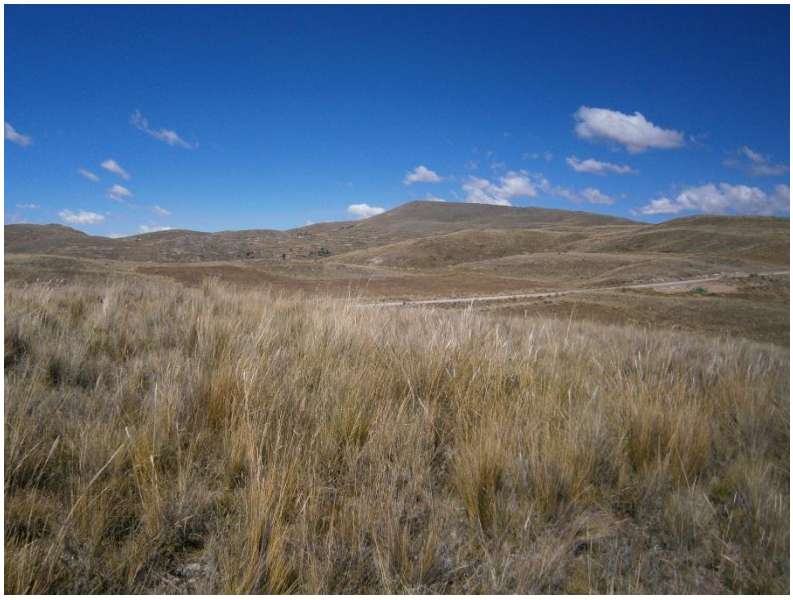


*Figura 68.* Paisaje del suelo Percatuyo (PTY)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO ANCOAQUE SAN FRANCISCO (ASF)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad Ancoaque San Francisco |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 25-50 % |
| Altitud | : | 3970 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Qeñua, ichu, Margiricarpus, Stipa, thola, chilligua y terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 15 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 24 | Franco; pardo amarillento (10 YR 5/4); en húmedo: firme; granular, media y fuerte; reacción moderadamente alcalina (pH 7.90); raíces medianas hasta 30 cm; contenido medio de materia orgánica (2.00%) y permeabilidad moderado. Límite de horizonte gradual al |
| C1 | 24 - 42 | Franco; pardo muy pálido (10YR 7/4); en húmedo: friable; granular, media, moderada; reacción moderadamente alcalina (pH 8.00); raíces medianas hasta 30 cm; contenido bajo de materia orgánica (0.45%) y permeabilidad moderado. Límite de horizonte gradual al |
| C2 | 42 – 90 | Franco; pardo muy pálido (10YR 7/4); en húmedo: friable; masiva; reacción moderadamente alcalina (pH 8.02); contenido bajo de materia orgánica (0.20%) y permeabilidad moderada. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

*Figura 69.* Perfil modal del suelo Ancoaque San Francisco (ASF)

Perfil modal del suelo Ancoaque San Francisco (ASF); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

Paisaje del suelo Ancoaque San Francisco (ASF); mostrando la predominancia de terrenos en descanso, queñua, ichu, Margiricarpus, Stipa, thola y chilligua.

*Figura 70.* Paisaje del suelo Ancoaque San Francisco (ASF)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO YACARI TISÑACHURO (YT)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad Yacari Tisñachuro |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 4 - 8 % |
| Altitud | : | 3941 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Chilligua, poa, quemillo, grama, totorilla y terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 1 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A1 | 0 - 24 | Franco limoso; pardo grisáceo (10 YR 5/2); en húmedo: friable; granular, muy fina y débil; reacción ligeramente alcalina (pH 7.44); raíces fino y medianas hasta 24 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.25%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| A2 | 24 - 34 | Franco arenoso; pardo (10YR 5/3); en húmedo: firme; granular, media y moderada; reacción neutra (pH 7.16); raíces medianas hasta 34 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.00%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| AC | 34 – 60 | Franco; pardo muy pálido (10YR 7/3); en húmedo: friable; granular y media, débil; reacción neutra (pH 7.32); contenido bajo de materia orgánica (0.32%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| C1 | 60 – 80 | Franco; pardo muy pálido (10YR 7/3); en húmedo: friable; granular, media y débil; reacción neutra (pH 7.30); contenido bajo de materia orgánica (0.10%) y permeabilidad moderada. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Yacari Tisñachuro (YT); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 71.* Perfil modal del suelo Yacari Tisñachuro (YT)

Paisaje del suelo Yacari Tisñachuro (YT); mostrando la predominancia de terrenos en descanso, chilligua, poa, quemillo, grama y totorilla.

*Figura 72.* Paisaje del suelo Yacari Tisñachuro (YT)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO RIO SALADO (RS)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad Rio salado |
| Clasificación natural | : | Aquic Haplustepts (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 0 - 2 % |
| Altitud | : | 3835 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Aluvio fluvial |
| Vegetación | : | Cola de gato, grama salado, iru ichu, ichu y terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A1 | 0 - 25 | Franco limoso; pardo amarillento (10 YR 5/4); en mojado: no adhesivo; granular, muy fina y moderada; reacción ligeramente alcalina (pH 7.54); raíces finas y medianas hasta 25 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.88%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| Bw | 25 - 45 | Franco limoso; pardo claro (7.5YR 6/4); en mojado: ligeramente adhesivo; bloque angular, fina, débil; reacción neutra (pH 7.27); raíces medianas hasta 45 cm; contenido bajo de materia orgánica (0.23%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| C1 | 45 – 64 | Franco limoso; pardo (7.5YR 5/4), en mojado: adhesivo; masiva; reacción ligeramente alcalina (pH 7.46); raíces finas hasta 50 cm; contenido bajo de materia orgánica (0.10%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de Horizonte claro al. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

| | | |
|---|---|---|
| C2 | 64 – 82 | Franco limoso; pardo claro (10YR 6/4); en mojado: adhesivo; masiva; reacción ligeramente alcalina (pH 7.53); contenido bajo de materia orgánica (0.08%) y permeabilidad moderadamente lenta. |

Perfil modal del suelo Rio Salado (RS), perfil desarrollado, presenta horizonte A, B y C

*Figura 73.* Perfil modal del suelo Rio Salado (RS)

Paisaje del suelo Rio Salado (RS), mostrando la predominancia de terrenos en descanso, cola de gato, grama salado, iru ichu e ichu.

*Figura 74.* Paisaje del suelo Rio Salado (RS)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO HUAQUINA (HUQ)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad Huaquina |
| Clasificación natural | : | Aquic Ustortents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 2 - 4 % |
| Altitud | : | 3832 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Aluvial coluvial |
| Vegetación | : | Cultivos quinua, avena, cebada, haba, papa, Chilligua, sori, Mufa, Triam, alpi, estipa ichu y terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A1 | 0 - 22 | Franco; pardo pálido (10 YR 6/3); en húmedo: friable; granular, muy fina y débil; reacción neutra (pH 6.61); raíces medianas hasta 25 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.87%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte gradual al |
| A2 | 22 - 43 | Franco; pardo grisáceo (10YR 5/2); en húmedo: firme; granular, muy fina, débil; reacción neutra (pH 7.13); raíces finas hasta 43 cm; contenido bajo de materia orgánica (0.90%); permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| C1 | 43 – 80 | Franco; pardo pálido (10YR 6/3); en húmedo: firme; masiva; reacción neutra (pH 7.25); contenido bajo de materia orgánica (0.30%); permeabilidad moderada. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Huaquina (HUQ), margen derecho del rio Salado perfil poco desarrollado, presenta horizonte AC

*Figura 75.* Perfil modal del suelo Huaquina (HUQ)

Paisaje del suelo Huaquina (HUQ), mostrando la predominancia de terrenos en descanso, cultivos de quinua, cebada, tarwi y papa

*Figura 76.* Paisaje del suelo Huaquina (HUQ)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO MOYOPAMPA I (MI)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Moyopampa I |
| Clasificación natural | : | Aquic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 2-4 % |
| Altitud | : | 3830 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Aluvial Lacustre |
| Vegetación | : | Cultivos de quinua, Cebada, tarwi, papa y Terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 23 | Franco arenoso; pardo amarillento claro (10 YR 6/4); en húmedo: friable; granular, fina y débil; reacción fuertemente alcalina (pH 8.52); raíces finas hasta 25 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.95%) y permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte claro al |
| C1 | 23 – 33 | Franco arenoso; pardo pálido (10YR 6/3); en húmedo: suelto; grano simple; reacción muy fuertemente alcalina (pH 9.40); contenido bajo de materia orgánica (0.81 %) y permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte claro al. |
| C2 | 33 – 55 | Franco arenoso; pardo amarillento claro (10YR 6/4); en húmedo: friable; masiva; reacción muy fuertemente alcalina (pH 9.62); contenido bajo de materia orgánica (0.24 %) y permeabilidad moderadamente rápida. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Moyopampa I (MI), perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 77.* Perfil modal del suelo Moyopampa I (MI)

Paisaje del suelo Moyopampa I (MI), mostrando la predominancia de terrenos en descanso, cultivos de quinua, papa, tarwi y pastizales

*Figura 78.* Paisaje del suelo Moyopampa I (MI)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO MOYOPAMPA II (M-II)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Moyopampa II |
| Clasificación natural | : | Typic Haplustepts (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 2-4 % |
| Altitud | : | 3830m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Aluvial Lacustre |
| Vegetación | : | Pastos, Distichles, humciles, Homa Trifoliun amabile y terrenos en descanso |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 20 | Franco arcilloso; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); en mojado: adhesivo plástico; granular, fina y débil; reacción ligeramente alcalina (pH 7.81); raíces finas hasta 20 cm; contenido medio de materia orgánica (2.00%) y permeabilidad moderadamente lenta, límite de horizonte gradual al |
| Bw | 20 - 45 | Arcilloso; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); en mojado: muy adhesivo muy plástico; bloque subangular, fina y moderado; reacción fuertemente alcalina (pH 8.98); raíces finas hasta 40cm; contenido bajo de materia orgánica (1.00%) y permeabilidad lenta. Límite de horizonte gradual al |
| C | 45 – 80 | Arcilloso; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); en húmedo: muy adhesivo muy plástico; masiva; reacción fuertemente alcalina (pH 8.98); contenido bajo de materia orgánica (1.00%) y permeabilidad lenta |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Moyopampa II (M-II), perfil desarrollado, presenta horizonte ABC

*Figura 79.* Perfil modal del suelo Moyopampa II (M-II)

Paisaje del suelo Moyopampa II (M-II), mostrando la predominancia de terrenos en descanso, Distichles, humciles, homa y trifoliun amabile.

*Figura 80.* Paisaje del suelo Moyopampa II (M-II)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO MOYOPAMPA III (M-III)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Moyopampa. |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 0-2 % |
| Altitud | : | 3830 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | aluvial lacustre |
| Vegetación | : | Terrenos en descanso, cultivos de papa |
| Pedregosidad superficial | : | 0 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| Ap | 0 - 20 | Franco limoso; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); en mojado: ligeramente adhesivo plástico; granular, fina y débil; reacción moderadamente alcalina (pH 8.39); raíces muy finas hasta 20 cm; contenido bajo de materia orgánica (0.25%) y permeabilidad muy lenta. Límite de horizonte gradual al |
| A2 | 20 - 40 | Franco limoso; pardo amarillento (10YR 5/4); en mojado: ligeramente adhesivo plástico; granular, fina, débil; reacción moderadamente alcalina (pH 8.43); contenido bajo de materia orgánica (0.20%) y permeabilidad muy lenta. Límite de horizonte gradual al |
| C1 | 40 – 80 | Franco limoso; pardo (7.5 YR 5/4); en mojado: muy adhesivo plástico; masiva; reacción moderadamente alcalina (pH 8.48); contenido bajo de materia orgánica (0.12 %) y permeabilidad muy lenta. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Moyopampa III (M-III), perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 81*. Perfil modal del suelo Moyopampa III (M-III)

Paisaje del suelo Moyopampa III (M-III), mostrando la predominancia de cultivo de papa, Stipa, Dolichopilla, trifolium amabile y misico

*Figura 82.* Paisaje del suelo Moyopampa III (M-III)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO HACIENDA CALLIRI (HC)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad de Calliri. |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 25-50 % |
| Altitud | : | 3950 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | aluvial residual |
| Vegetación | : | Terrenos en descanso, Ichu, yurac ichu, FEDO y suncho |
| Pedregosidad superficial | : | 10% |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 30 | Franco limoso; fuertemente pardo (7.5YR 5/6); en húmedo: firme; granular, fina y débil; reacción moderadamente alcalina (pH 8.23); raíces finas, medianas y comunes hasta 30 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.99%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| C1 | 30 - 70 | Franco; pardo (7.5YR 5/4); en húmedo: firme; masivo; reacción moderadamente alcalina (pH 8.39); contenido bajo de materia orgánica (0.56%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| C2 | 70 + 100 | Franco arcilloso; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); en húmedo: firme; masiva; reacción moderadamente alcalina (pH 8.24); contenido bajo de materia orgánica (0.18%) y permeabilidad moderada. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Hacienda Calliri (HC); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 83.* Perfil modal del suelo Hacienda Calliri (HC)

Paisaje del suelo Hacienda Calliri (HC), mostrando la predominancia de terrenos en descanso, chilligua, Ttrifolium Amabile, Eucaliptos globulos y Kolli

*Figura 84.* Paisaje del suelo Hacienda Calliri (HC)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO BERTAPARQUE (BP)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad de Bertaparque. |
| Clasificación natural | : | Typic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 8-15 % |
| Altitud | : | 3882 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Terrenos en descanso, Cultivo de Alfalfa, papa y avena |
| Pedregosidad superficial | : | 1% |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| Ap | 0 - 20 | Franco; pardo (10YR 4/3); en húmedo: friable; granular, muy fina y moderado; reacción moderadamente alcalina (pH 8.12); raíces finas y comunes hasta 20 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.61%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| A2 | 20 - 46 | Franco arcilloso; pardo claro (7.5YR 6/4); en húmedo: firme, granular, muy fina y moderado; reacción moderadamente alcalina (pH 8.10); raíces finas comunes hasta 35cm; contenido bajo de materia orgánica (0.67%) y permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al |
| Ck | 46 + 70 | Franco; pardo grisáceo (10YR 5/2); en húmedo: firme; masiva; reacción moderadamente alcalina (pH 8.24); contenido bajo de materia orgánica (0.33%) y permeabilidad moderada |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Bertaparque (BP); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte AC

*Figura 85.* Perfil modal del suelo Bertaparque (BP)

Paisaje del suelo Bertaparque (BP); mostrando la predominancia de terrenos en descanso, festuca dolichopilla, alfalfa, papa, quinua y misico

*Figura 86.* Paisaje del suelo Bertaparque (BP)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO CHULLUCACHI ACERO WACA (CHAW)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Comunidad de Rio Salado Chullucachi Acero Waca. |
| Clasificación natural | : | Aquic Argiustolls (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 2-4 % |
| Altitud | : | 3838 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Bosque húmedo Montano Subtropical |
| Material madre | : | Aluvial Fluvial |
| Vegetación | : | Terrenos en descanso, Cultivo de papa, quinua, haba, cebada, avena, alfalfa, festuca dolichopilla, Mulembergia fastiguiata, alchemilla pinnata bromus uniloide y poa sp |
| Pedregosidad superficial | : | 0% |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| Ap | 0 - 26 | Franco arena franca; pardo (10YR 5/3); en húmedo: friable; granular, fina y débil; reacción ligeramente alcalina (pH 7.80); raíces finas y comunes hasta 26 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.11%); y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| A2 | 26 - 48 | Franco arenoso; gris (10YR 5/1); en húmedo: friable; granular, fina y débil; reacción ligeramente alcalina (pH 7.42); contenido bajo de materia orgánica (1.00%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al |
| Bt | 48 - 65 | Franco arcilloso; pardo grisáceo (10YR 5/2); en húmedo: muy firme; prismática, media y fuerte; reacción reutra (pH 7.33); contenido bajo de materia orgánica (0.30%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al. |
| C | 65 + 80 | Franco arenoso; pardo grisáceo (10YR 5/2); en húmedo: firme; masiva; reacción neutra (pH 7.37); contenido bajo de |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

materia orgánica (0.13%) y permeabilidad moderadamente lenta.

Perfil modal del suelo Chullucachi Acero Waca (CHAW); perfil desarrollado, presenta horizonte ABC

*Figura 87.* Perfil modal del suelo Chullucachi Acero Waca (CHAW)

Paisaje del suelo Chullucachi Acero Waca (CHAW); mostrando la predominancia de terrenos en descanso, cultivo de papa, quinua, haba, cebada, avena, alfalfa, festuca dolichopilla, Mulembergia fastiguiata, alchemilla pinnata bromus uniloide y poa sp

*Figura 88.* Paisaje del suelo Chullucachi Acero Waca (CHAW)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

**SUELO ANCCO VILQUE (AV)**

| | | |
|---|---|---|
| Localidad | : | Distrito de Juli, Sector Ancco Vilque. |
| Clasificación natural | : | Lithic Ustorthents (Soil Taxonomy, 2010) |
| Pendiente | : | 25-50 % |
| Altitud | : | 4150 m.s.n.m. |
| Zona de vida | : | Paramo muy húmedo Subalpino Subtropical |
| Material madre | : | Coluvial |
| Vegetación | : | Pajonal con pastizal, Ichu y chilligua |
| Pedregosidad superficial | : | 20 % |

| Horizontes | Prof./cm. | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0 - 15 | Franco arenoso; pardo (10YR 5/3); en húmedo: friable; granular, fina y débil; reacción ligeramente alcalina (pH 7.48); raíces muy finas hasta 15 cm; contenido bajo de materia orgánica (1.65%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte gradual al |
| C1 | 15 - 32 | Franco; pardo muy pálido (10YR 7/3); en húmedo: suelto, masiva; reacción neutra (pH 7.22); contenido bajo de materia orgánica (0.29%) y permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al |
| R | 32 + | suelo Rocoso o roca madre |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Perfil modal del suelo Ancco Vilque (AV); perfil poco desarrollado, solo presenta horizonte ACR

*Figura 89.* Perfil modal del suelo Ancco Vilque (AV)

Paisaje del suelo Ancco Vilque (AV); mostrando la predominancia de pajonal con pastizal, ichu y chilligua

*Figura 90.* Paisaje del suelo Ancco Vilque (AV)



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

**Anexo 2. Claves para determinar el grupo de capacidad de uso mayor**

Tabla 48. *Clave 6: Páramo húmedo - Subalpino Subtropical; Páramo pluvial - Subalpino Subtropical; Páramo muy húmedo – Subalpino Subtropical*

| Grupos de Capacidad de Uso Mayor | | Pendiente (%) | | Micro-Relieve (hasta) | Factores Edáficos (Clases permisibles) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Corta | Larga | | Prof. (cm) mínima | Textura (acepta) | Pedreg. Sup. (hasta) | Drenaje (acepta) | pH (acepta) | Erosión (hasta) | Salinidad (hasta) | Inunda-ción (hasta) | Fertil. sup. (hasta) | Fragm. Rocoso (hasta) |
| **P** | **Pasto (zonas frígidas)** | 0 – 4 | 0 – 2 | 3 | 15 | Todas | 3 | A, B, C, D, E, F, G* | Todos | Moderada | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | | 4 - 8 | 2 – 4 | 3 | 15 | Todas | 3 | A, B, C, D, E, F, G* | Todos | Moderada | 2 | - | 3 | 3 |
| | | 8 - 25 | 4 - 15 | 3 | 20 | Todas | 3 | A, B, C, D, E, F | Todos | Moderada | 2 | - | 3 | 3 |
| | | 25 -50 | 15 – 25 | 2 | 30 | MG, M, MF | 3 | A, B, C, D | Todos | Moderada | 2 | - | 3 | 3 |
| | | | 25 – 50 | 1 | 40 | MG, M, MF | 2 | A, B, C, D | Todos | Ligera | 2 | - | 3 | 3 |
| **X** | **Protección** | Tierras con características fuera de los límites señalados para los grupos superiores | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor DS Nº017-2009-AG



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Tabla 49. *Clave 10: Bosque húmedo - Montano Tropical; Bosque húmedo - Montano Subtropical*

| Grupos de Capacidad de Uso Mayor | | Pendiente (%) | | Micro-Relieve (hasta) | Factores Edáficos (Clases permisibles) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Corta | Larga | | Prof. (cm) mínima | Textura (acepta) | Pedreg. Sup. (hasta) | Drenaje (acepta) | pH (acepta) | Erosión (hasta) | Salinidad (hasta) | Inunda-ción (hasta) | Fertil. sup. (hasta) | Fragm. Rocoso (hasta) |
| A | Cultivo en Limpio (Secano) | 0 - 4 | 0 - 2 | 3 | 30 | Todas | 1 | A, B, C, D, E | 4,5 + 7,0 | Moderada | 1 | 2 | 3 | 1 |
| | | 4 - 8 | 2 - 4 | 2 | 45 | G, MG, M, MF | 1 | A, B, C, D, E | 4,5 + 7,0 | Ligera | 1 | - | 3 | 1 |
| | | 8 - 25 | 4 - 15 | 1 | 60 | MG, M, MF | 1 | A, B, C, D, E | 4,5 + 7,0 | Ligera | 1 | - | 3 | 1 |
| | | - | 15 - 25 | 1 | 100 | MG, M, MF | 1 | A, B, C, D | 5,0 + 7,0 | Ligera | 1 | - | 3 | 1 |
| P | Pasto | 0 - 8 | 0 - 4 | 3 | 15 | Todas | 3 | A, B, C, D, E, F | 4,0 + 7,0 | Moderada | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | | 8 - 25 | 4 - 15 | 3 | 30 | Todas | 3 | A, B, C, D, E, F | 4,0 + 7,0 | Moderada | 2 | - | 3 | 3 |
| | | 25 - 50 | 15 - 25 | 3 | 45 | MG, M, MF | 3 | A, B, C, D, E | 4,0 + 7,0 | Ligera | 2 | - | 3 | 3 |
| | | - | 25 - 50 | 2 | 60 | MG, M, MF | 2 | A, B, C, D | 5,0 + 7,0 | Ligera | 2 | - | 3 | 3 |
| F | Producción Forestal | 0 - 8 | 0 - 4 | 4 | 30 | Todas | 3 | A, B, C, D, E | Todos | Severa | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | | 8 - 25 | 4 - 25 | 4 | 45 | Todas | 3 | A, B, C, D, E | Todos | Severa | 2 | - | 3 | 3 |
| | | 25 - 75 | 25 -75 | 3 | 60 | Todas | 3 | A, B, C, D | Todos | Moderada | 2 | - | 3 | 3 |
| X | Protección | Tierras con características fuera de los límites señalados para los grupos superiores | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor DS Nº017-2009-AG



Universidad Nacional del Altiplano

## Anexo 3. Claves para determinar la clase y sub clase de capacidad de uso mayor

401834 NORMAS LEGALES El Peruano Lima, miércoles 2 de setiembre de 2009

**B) CLAVES PARA DETERMINAR LA CLASE (Calidad Agrológica) Y SUBCLASE (Limitaciones) DE CAPACIDAD DE USO MAYOR**

La clase o calidad agrológica está designada por los números arábigos 1, 2 ó 3 y la Subclase por las limitaciones que se encuentran, entre ellas las siguientes:

- *Limitación por suelo (s): profundidad efectiva, pedregosidad, gravosidad, textura y fertilidad*
- *Limitación de sales (l): salinidad*
- *Limitación por topografía-riesgo de erosión (e): erosión, microrelieve, pendiente larga y corta*
- *Limitación por drenaje (w): drenaje*
- *Limitación por riesgo de inundación (i): inundación*
- *Limitación por clima (c): clima.*

**Claves para determinar la Calidad Agrológica:**

**DRENAJE (w)**

| Clase de drenaje | | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Símbolo | Nombre | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| A | Excesivo | 3 | 3 | 2 | 2 | - |
| B | Algo Excesivo | 2 | 2 | 2 | 1 | - |
| C | Moderad. Gruesa | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| D | Bueno | 2 | 2 | 1 | 1 | - |
| E | Imperfecto | 3 | 3 | 2 | 2 | - |
| F | Pobre | - | - | 3 | 3 | - |
| G | Muy pobre | - | - | 3* | 3 | X |

* Sólo si hay bofedales

**SALINIDAD ( l )**

| Clase de salinidad | | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Símbolo | Nombre | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 | Libre | 1 - 2 | 1 | 1 | 1 | - |
| 1 | Ligera | 3 | 2 | 2 | 2 | - |
| 2 | Moderada | - | 3 | 3 | 3 | - |
| 3 | Fuerte | - | - | - | - | X |

**INUNDACIÓN (i)**

| Clase de inundación | | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Símbolo | Nombre | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 | Sin riesgo | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 1 | Ligera | 2 | 2 | 1 | 1 | - |
| 2 | Moderada | 3 | - | 2 | 2 | - |
| 3 | Severa | - | - | - | 3 | - |
| 4 | Extrema | - | - | - | - | X |

**EROSIÓN (e)**

| Clase de Erosión | | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Símbolo | Nombre | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 | Muy ligera | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 1 | Ligera | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 2 | Moderada | 2 | 2 | 2 | 2 | - |
| 3 | Severa | - | - | - | 3 | - |
| 4 | Extremada | - | - | - | | X |

**MICRORELIEVE (e)**

| Clase de Microrelieve | | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Símbolo | Nombre | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| 1 | Plano | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 2 | Ondulado suave | 2 | 2 | 2 | 2 | - |
| 3 | Ondulado | 3 | 3 | 3 | 3 | - |
| 4 | Microaccidentado o Microquebrado | - | - | - | 4 | - |

**PROFUNDIDAD EFECTIVA (s)**

| Clase de profundidad | | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Profundidad (cm) | Nombre | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| + 150 | Muy profundo | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 100 – 150 | Profundo | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 50 – 100 | Moderadamente profundo | 2 | 1 | 1 | 1 | - |
| 25 – 50 | Superficial | 3 | 2 | 2 | 2 | - |
| < 25 | Muy superficial | - | - | 3 | - | X |

**PENDIENTE LARGA (e)**

| Clase de pendiente (%) | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | C | P | F | X |
| | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 – 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 2 – 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 4 – 8 | 2 | 1 | 1 | 1 | - |
| 8 – 15 | 3 | 2 | 2 | 1 | - |
| 15 – 25 | 3 (secano) | 3 | 2 | 1 | - |
| 25 – 50 | - | 3 (secano) | 3 | 2 | - |
| 50 – 75 | - | - | - | 3 | - |
| 75 | - | - | - | - | X |

**PENDIENTE CORTA (e)**

| Clase de pendiente (%) | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | C | P | F | X |
| | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 – 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 4 – 8 | 2 | 1 | 1 | 1 | - |
| 8 – 15 | 3 | 2 | 2 | 1 | - |
| 15 – 25 | 3 (secano) | 3 | 2 | 1 | - |
| 25 – 50 | - | 3 (secano) | 3 | 2 | - |
| 50 – 75 | - | - | - | 3 | - |
| 75 | - | - | - | - | X |

**PEDREGOSIDAD (s)**

| Clase de pedregosidad (superficie) | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | C | P | F | X |
| | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | - |
| 2 | - | 2 | 2 | 2 | - |
| 3 | - | - | 3 | 2 | - |
| 4 | - | - | - | - | X |

**GRAVOSIDAD O GUIJARROSIDAD (s)**

| Clases de gravosidad o guijarrosidad | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | C | P | F | X |
| | Calidad Agrológica | | | | |
| 0 | 1-2 | 1 | 1 | 1 | - |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | - |
| 2 | - | 3 | 3 | 1 | - |
| 3 | - | - | - | 2 | - |

**TEXTURA (s)**

| Símbolo | Grupo Textural | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | C | P | F | X |
| | | Calidad Agrológica | | | | |
| G | Gruesa | 3 | 3 | 2 | 1 | - |
| MG | Moderad. Gruesa | 2 | 2 | 2 | 1 | - |
| M | Media | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| MF | Moderad. Fina | 2 | 2 | 1 | 1 | - |
| F | Fina | 3 | 3 | 3 | 1 | - |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano



**FERTILIDAD NATURAL (s)**

| Clases de fertilidad | GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | C | P | F | X |
| | Calidad Agrológica | | | | |
| Alta | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| Media | 2 | 2 | 2 | 1 | - |
| Baja | 3 | 3 | 3 | 2 | - |

## ANEXO Nº IV

## GUÍA DE CLASIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS EDÁFICOS

La escala de valores que define y cuantifica los parámetros edáficos del sistema es la siguiente:

### 1. Topografía o Relieve

#### a. Pendiente

• Pendientes Cortas (laderas cortas):

Aquellas no mayores de 50 m, consideradas a partir del punto donde empieza a correr el agua hasta el extremo de menor nivel.

• Pendientes Largas (Laderas largas)

Aquellas mayores de 50 m, consideradas a partir del punto donde empieza a correr el agua hasta el extremo de menor nivel.

Los rangos o clases de pendiente que se indican a continuación varían de acuerdo a la longitud de la pendiente establecida.

**CLASES DE PENDIENTE (%)**

| Pendientes Cortas (Laderas cortas) | Pendientes Largas (Laderas largas) |
|---|---|
| 0 - 4 | 0 - 2 |
| 4 - 8 | 2 - 4 |
| 8 - 15 | 4 - 8 |
| 15 - 25 | 8 - 15 |
| 25 - 50 | 15 - 25 |
| 50 - 75 | 25 - 50 |
| + 75 | 50 - 75 |
| | + 75 |

#### b. Microtopografía o Microrelieve

Se refiere a las pequeñas diferencias de relieve, determinándose cuatro clases de configuración de la superficie o microrelieve del terreno.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Plano | : Ausencia de microondulaciones o microdepresiones |
| 2 | Ondulado Suave | : Con microondulaciones muy espaciadas |
| 3 | Ondulado | : Con microondulaciones de igual anchura y profundidad |
| 4 | Microquebrado o Microacc. | : Presentan microondulaciones más profundas que anchas. |

### 2. Profundidad Efectiva del Suelo

Es el espesor de las capas del suelo en donde las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes. Su límite es inferior está dado por capas de arcillas muy densas, materiales consolidados por la acción química (Hardpanes de diferente naturaleza), materiales fragmentarios (grava, piedras o rocas) o napa freática permanente, que actúa como limitantes al desarrollo normal de las plantas.

**CLASES DE PROFUNDIDAD EFECTIVA (cm.)**

| | |
|---|---|
| Menos de 25 | muy superficiales |
| 25 - 50 | superficiales |
| 50 - 100 | moderadamente profundo |
| 100 - 150 | profundo |
| Más de 150 | muy profundo |

### 3. Textura

Está constituida por las proporciones de la arcilla, limo y arena, en partículas de hasta 2 mm de diámetro. Se considera la textura dominante en los primeros 100 cm de profundidad.

**GRUPOS TEXTURALES**

| Símbolo | Grupos | Textura |
|---|---|---|
| G | Gruesa | Arena, arena franca |
| MG | Moderadamente Gruesa | Franco arenoso |
| M | Media | Franco<br>Franco Limoso<br>Limoso |
| MF | Moderadamente Fina | Franco arcilloso<br>Franco arcillo limoso<br>Franco arcillo arenoso |
| F | Fina | Arcillo arenoso<br>Arcillo limoso<br>Arcilloso |

### 4. Fragmentos Rocosos

Se refiere a la presencia de gravas, guijarros y piedras en el perfil edáfico, cuyos diámetros oscilan de 2 mm a 60 cm.

Clases de Fragmentos Rocosos (Gravosidad, guijarrosidad o pedregosidad)

| Símbolo | Clase |
|---|---|
| (0) | *Libre a ligeramente gravoso (guijarroso o pedregoso)*<br>Contiene menos del 15% de fragmentos rocosos por volumen de suelo. |
| (1) | *Gravoso (Guijarroso o pedregoso)*<br>Contiene 15 a 35% de fragmentos rocosos por volumen de suelo. |
| (2) | *Muy Gravoso (Guijarroso o pedregoso)*<br>Contiene 35 a 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo. |
| (3) | *Muy Gravoso (Guijarroso o pedregoso)*<br>Contiene más de 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo. |

### 5. Pedregosidad Superficial

Se refiere a la proporción relativa de piedras de más de 25 cm. de diámetro que se encuentra en la superficie del suelo.

**Clases de Pedregosidad Superficial**

| Símbolo | Clase |
|---|---|
| *(0)* | ***Libre a ligeramente pedregoso***<br>No interfiere con la labranza. Las piedras o pedrejones cubren entre 0.01 y 0.1% de la superficie. Las piedras ocasionales se encuentran a distanciamiento mayores a 20 m. |



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano



(1) ***Moderadamente Pedregoso***
Presencia de piedras que dificultan la labranza. Requieren de labores de desempiedro para cultivos transitorios. Las piedras o pedrejones cubren entre 0.1 y 3 % de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 y 20 m.

(2) ***Pedregoso***
Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir cultivos transitorios, pero permiten la siembra de cultivos perennes. Las piedras o pedrejones cubren entre 3 y 15% de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 y 3 m.

(3) ***Muy Pedregoso***
Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir toda posibilidad de cultivo económico, pero permite el pastoreo o extracción de madera. Las piedras o pedrejones cubren entre 15 y 50% de la superficie. Las piedras se distancian entre 0.5 y 1 m.

(4) ***Extremadamente pedregoso***
Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir todo uso económico inclusive ganadero y producción forestal. Las piedras o pedrejones cubren entre 50 y 90% de la superficie. Las piedras se distancian menos de 0.5 m.

**6. Drenaje**

Es la rapidez y grado con que el agua es removida del suelo en relación con el escurrimiento superficial y el movimiento de las aguas a través del suelo hacia los espacios subterráneos.

| Símbolo | Clases |
|---|---|
| A | ***Excesivo:*** El agua es removida del suelo muy rápidamente. Los suelos en esta clase de drenaje son arenas y muy porosos, áreas muy empinadas (escarpadas) o ambos; puede incluir subgrupos líticos. |
| B | ***Algo excesivo:*** El agua es removida del suelo rápidamente. Esta clase de drenaje incluye suelos porosos, de permeabilidad moderadamente rápida y/o escurrimiento rápido, áreas empinadas o ambos. El solum está normalmente libre de moteaduras y gley. |
| C | ***Bueno:*** El agua es removida del suelo con facilidad pero no rápidamente. Incluye generalmente suelos de textura media. Puede haber moteaduras de gley en la parte inferior del horizonte C o a profundidades mayores. |
| D | ***Moderado:*** El agua es removida del suelo algo lentamente, de tal manera que el perfil Este mojado por un período pequeño, pero significativo de tiempo. Por ejemplo suelos con napa algo alta, capa ligeramente impermeable del suelo a menudo hay moteaduras de gley en el horizonte B. |
| E | ***Imperfecto:*** El agua es removida lo suficientemente lenta como para mantenerlo mojado por períodos significativos, pero no todo el tiempo. Por ejemplo suelos de napa alta, capa poco permeable superficial. A menudo hay moteaduras de gley la parte inferior del horizonte A o inmediatamente debajo de este. |
| F | ***Pobre:*** El agua es removida del suelo tan lentamente que el suelo permanece mojado por un largo período de tiempo. Por ejemplo, suelos de napa alta, capa poco permeable superficial, filtraciones, áreas ligeramente depresionadas. |
| G | ***Muy pobre:*** El agua es removida del suelo tan lentamente que una lámina de agua permanece en la superficie casi todo el año, impidiendo el desarrollo de las plantas mesofíticas[1]. Los suelos se encuentran en áreas planas o depresionadas y están frecuentemente inundadas. |

**7. Reacción del suelo (pH)**

Es el grado de alcalinidad o acidez de los horizontes del suelo y se mide en unidades de pH. La reacción del suelo estará dada por el pH que prevalece dentro de los primeros 50 cm. de profundidad.

| Rangos | Clases |
|---|---|
| Menos de 3,5 | Ultra ácido |
| 3,6 - 4,4 | Extremadamente ácido |
| 4,5 - 5,0 | Muy fuertemente ácido |
| 5,1 - 5,5 | Fuertemente ácido |
| 5,6 - 6,0 | Moderadamente ácido |
| 6,1 - 6,5 | Ligeramente ácido |
| 6,6 - 7,3 | Neutro |
| 7,4 - 7,8 | Ligeramente alcalino |
| 7,9 - 8,4 | Moderadamente alcalino |
| 8,5 - 9,0 | Fuertemente alcalino |
| más de 9,0 | Muy fuertemente alcalino |

**8. Erosión Hídrica**

Erosión es el desprendimiento, transporte y deposición del material del suelo por el escurrimiento superficial.

| Grado de Erosión | Descripción |
|---|---|
| **Muy ligera** | Se observa síntoma de erosión difusa que se caracteriza por una remoción y arrastre imperceptible de partículas de suelo. |
| **Ligera** | Se observa síntomas de erosión laminar, caracterizado por la remoción y arrastre laminar casi imperceptible de partículas de suelo y presencia de canalículos. Ausencia de surcos y cárcavas. |
| **Moderada** | Se observa síntomas de erosión a través de la existencia de regular cantidad de surcos. Ausencia o escasez de cárcavas. |
| **Severa** | Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregibles por las labores de cultivo. |
| **Extrema** | Suelos prácticamente destruidos o truncados. Presencia de muchas cárcavas que en conjunto conforman los "badlands" (mal país). |

**9. Salinidad y/o Sodicidad**

Los suelos según su salinidad y sodicidad pueden ser:

| Símbolo | Descripción |
|---|---|
| 0 | ***Libres a muy ligeramente afectados de excesos de sales y sodio:*** Prácticamente ningún cultivo se encuentra inhibido en su crecimiento o muestra daños provocados por exceso de sales o sodio. Los suelos muestran conductividad eléctrica inferior a 4 dS/m. El porcentaje de sodio es menor del 4%. |

[1] *Mesofítica: Especie vegetal que se desarrolla en condiciones medias de humedad y temperatura.* Dictionary of Ecology Emiliano V. Godoy



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano



1 ***Ligeramente afectados por sales y sodio:***
El crecimiento de las especies sensibles está inhibido, pero las plantas tolerantes pueden subsistir.
La conductividad eléctrica varía de 4 a 8 dS/m.
El porcentaje de sodio es de 4 a 8%.

2 ***Moderadamente afectados por sales y sodio:***
El crecimiento de los cultivos está inhibido y muy pocas plantas pueden desarrollar adecuadamente.
La conductividad eléctrica varía de 8 a 16 dS/m.
El porcentaje de sodio está entre 8 y 15%.

3 ***Fuertemente afectados por sales y sodio:***
No se puede cultivar económicamente.
La conductividad eléctrica es de mayor de 16 dS/m. El porcentaje de sodio sobrepasa el 15%.

## 10. Riesgos de Anegamiento o Inundación Fluvial

**Símbolo** **Descripción**

0 ***Sin riesgo o peligro de inundación***
Incluye años de inundación muy excepcionales y por breve duración

1 ***Inundación Ligera***
El anegamiento es de poca profundidad y por períodos cortos en ciertos meses de todos o algunos años. Permite cultivos tanto perennes como estacionales.

2 ***Inundación Moderada***
El anegamiento es de gran profundidad y por períodos moderadamente prolongados en todos los años. Esto hace muy difícil o imposible el uso del suelo para cultivos perennes, permitiendo sin embargo, el cultivo estacional de algunas plantas en cultivos en limpio o pastos.

3 ***Inundación Severa***
El Anegamiento es profundo y frecuente, por períodos muy prolongados que no permiten la instalación de ningún cultivo o el cultivo de pastos continuado.

4 ***Inundación Extrema***
De duración casi permanente

## 11. Clima

| CLAVE | ZONA DE VIDA | TIPOS CLIMÁTICOS | Grupos de Capacidad de Uso Mayor | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | C | P | F | X |
| | | | Calidad Agrológica | | | | |
| 1 | d-T, d-S, d-Tc<br>d-PT, d-PS, d-PTc<br>d-MBT, d-MBS, | Árido - cálido | 1(r) | 1(r) | - | - | - |
| 2 | md-T, md-S, md-Tc<br>md-PT<br>md-MBT, md-MBS, md-MBTc<br>mte-T, mte-S<br>mte-PT | Árido – templado cálido, Semiárido – templado cálido | 1(r) | 1(r) | - | - | - |
| 3 | d-MT, d-MS, d-MTc<br>md-MT, md-MS | Árido – Templado cálido | - | - | 3(t) | - | - |
| 4 | ee-MBT, ee-MBS | Semiárido – Templado cálido | 2(r) | - | 2(t) | - | - |
| 5 | e-MT, e-MS | Semiárido - semifrío | 3(r) | - | 2(t) | - | - |
| 6 | ph-SaT, ph-SaS,<br>pmh-SaT, pmh-SaS<br>pp-SaT, pp-SaS, pps-SaS | Húmedo - semifrigido | - | - | 2 | - | - |
| 7 | tp-AT, tp-AS,<br>tmh-AS<br>th-AS, th-ATc<br>md-SaT, md-SaS, md-SaTc | Húmedo - frígido | - | - | 3 | - | - |
| 8 | bms-T<br>bs-PT, bs-S | Subhúmedo - cálido | 1(r) | 1(r) | 2(t) | - | - |
| 9 | bs-MBT, bs-MBS | Subhúmedo - templado | 2 | - | 2 | 3 | - |
| 10 | bh-MT, bh-MS | Húmedo - semifrío | 2 | - | 1 | 3 | - |
| 11 | bs-T<br>bh-PT, bh-S | Subhúmedo - cálido | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| 12 | bh-MBT, bh-MBS | Húmedo - templado | 2 | - | 1 | 1 | - |
| 13 | bmh-MT, bmh-MS | Húmedo - semifrío | 3 | - | 2 | 3 | - |
| 14 | bh-T<br>bmh-PT, bmh-S,<br>bmh-MBT, bmh-MBS | Muy húmedo-cálido | 2 | 2 | 3 | 1 | - |
| 15 | bmh-T,<br>bp-PT, bp-S | Muy húmedo - cálido | 3 | 3 | 3 | 2 | - |

**Nota:** En los desiertos se incluye los que están en condición desecado, árido y superárido

## 12. Fertilidad del Suelo

Relacionada al contenido de macronutrientes: materia orgánica (nitrógeno), fósforo y potasio de la capa superficial del suelo, hasta 30 cm de espesor. Su valor alto, medio o bajo se determina aplicándose la ley del mínimo, ello quiere decir que es definida por el parámetro que presenta el menor valor.

**Símbolo** **Descripción**

1 ***Fertilidad Alta***
Todos los contenidos de Materia Orgánica, **nitrógeno, fósforo y/o potasio** son altos.

2 ***Fertilidad Media***
Cuando alguno de los contenidos de Materia Orgánica, **fósforo y/o potasio** es medio, los demás son altos.

3 ***Fertilidad Baja***
Cuando por lo menos uno de los contenidos de Materia Orgánica, **fósforo y/o potasio** es bajo.

**Parámetros que definen la fertilidad del suelo**

| NIVEL | MATERIA ORGÁNICA (%) | FÓSFORO DISPONIBLE (ppm) | POTASIO DISPONIBLE (ppm) |
|---|---|---|---|
| Alto | Menor de 2 | Menor de 7 | Menor de 100 |
| Medio | 2 – 4 | 7 – 14 | 100 – 240 |
| Bajo | Mayor de 4 | Mayor de 14 | Mayor de 240 |

*Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina.*

**391884-2**



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

## Anexo 4. Análisis de caracterización del suelo

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

INIA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

**ANALISIS DE CARACTERIZACION Nº 0290H5S-2015**

Nombre: Pedro Pablo Huarahuara Mamani; Uriel Marco Montufar Chambilla. N° de Boletín: 0290H5.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 14 de Abril del 2015. Fecha de Certificación: 30 de Abril del 2015.

**Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.**

| N° | Cod. Lab. | MARCAS | ANALISIS MECANICO Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | $CO_3Ca$ % | Yeso me/100g | Mat. Org. % | N. TOTAL % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290H5 | MIR 01 Cal 01 HzAp | 49 | 16 | 35 | F | 0.00 | | 2.60 | 0.08 |
| 2 | 290I1 | MIR 02 Cal 01 HzC1 | 45 | 16 | 39 | F | 0.00 | | 0.35 | 0.01 |
| 3 | 290I2 | MIR 03 Cal 01 HzC2 | 61 | 12 | 27 | FA | 0.00 | | 0.12 | 0.002 |
| 4 | 290I3 | JUL 04 Cal 02 Hz A11 | 41 | 14 | 45 | F | 0.00 | | 1.58 | 0.06 |
| 5 | 290I4 | JUL 05 Cal 02 Hz A12 | 43 | 12 | 45 | F | 0.00 | | 0.68 | 0.01 |
| 6 | 290I5 | JUL 06 Cal 02 Hz C | 57 | 4 | 39 | FA | 0.00 | | 0.13 | 0.001 |
| 7 | 290J1 | JUL 10 Cal 04 Hz A | 47 | 10 | 43 | F | 0.00 | | 2.00 | 0.09 |
| 8 | 290J2 | JUL 11 Cal 04 Hz C1 | 25 | 10 | 65 | FL | 0.00 | | 0.37 | 0.01 |
| 9 | 290J3 | JUL 12 Cal 04 Hz C2 | 47 | 8 | 45 | F | 0.00 | | 0.14 | 0.002 |
| 10 | 290J4 | JUL 13 Cal 05 Hz A | 43 | 12 | 45 | F | 0.00 | | 1.87 | 0.07 |

**Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.**

| N° | Suelo : Agua 1:2.5 pH | C.E. mmhos/cm | NUTRIENTES DISPONIBLES P (ppm) | K (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Boro Soluble (ppm) | CATIONES CAMBIABLES Al me/100g | Ca me/100g | Mg me/100g | Na me/100g | K me/100g | CIC me/100g | Suma Cationes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6.20 | 0.081 | 8.33 | 223.81 | | | | 0.00 | 2.80 | 1.80 | 1.11 | 0.44 | 7.00 | 6.15 |
| 2 | 6.66 | 0.086 | 1.00 | 267.21 | | | | 0.00 | 3.40 | 1.40 | 0.92 | 0.28 | 8.00 | 6.00 |
| 3 | 6.81 | 0.064 | 0.33 | 23.81 | | | | 0.00 | 4.40 | 2.20 | 0.86 | 0.29 | 7.90 | 7.75 |
| 4 | 6.50 | 0.111 | 7.68 | 180.41 | | | | 0.00 | 6.20 | 2.20 | 1.13 | 0.33 | 9.24 | 9.86 |
| 5 | 6.62 | 0.058 | 2.33 | 245.51 | | | | 0.00 | 3.10 | 4.10 | 1.11 | 0.28 | 10.00 | 8.59 |
| 6 | 6.38 | 0.061 | 0.12 | 137.01 | | | | 0.00 | 2.60 | 3.20 | 1.21 | 0.23 | 8.00 | 7.24 |
| 7 | 6.13 | 0.063 | 10.00 | 375.71 | | | | 0.00 | 3.60 | 4.10 | 0.94 | 0.90 | 10.00 | 9.54 |
| 8 | 7.22 | 0.097 | 0.13 | 484.21 | | | | 0.00 | 13.20 | 6.60 | 1.17 | 0.53 | 20.00 | 21.50 |
| 9 | 7.12 | 0.060 | 0.09 | 137.01 | | | | 0.00 | 6.10 | 3.30 | 1.29 | 0.29 | 12.00 | 10.98 |
| 10 | 7.02 | 0.076 | 9.76 | 440.81 | | | | 0.00 | 5.20 | 4.00 | 1.23 | 0.46 | 11.00 | 10.89 |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters.Universityof California. División of Agricultural Sciences E.U.A. Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Los resultados son aplicables a esta muestra.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA PUNO ANALISIS LABORATORIO

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 91.* Análisis de caracterización de suelo Nº0290H5S-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

INIA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

## ANALISIS DE CARACTERIZACION N° 0290J5S-2015

Nombre: Pedro Pablo Huarahuara Mamani; Uriel Marco Montufar Chambilla. N° de Boletín: 0290H5.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 14 de Abril del 2015. Fecha de Certificación: 30 de Abril del 2015.

**Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.**

| N° | Cod. Lab. | MARCAS | ANALISIS MECANICO Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | $CO_3Ca$ % | Yeso me/100g | Mat. Org. % | N. TOTAL % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290J5 | JUL 14 Cal 05 Hz C1 | 35 | 38 | 27 | FAr | 0.00 | | 0.21 | 0.007 |
| 2 | 290K1 | JUL 15 Cal 05 Hz C2 | 45 | 14 | 41 | F | 0.00 | | 0.20 | 0.004 |
| 3 | 290K2 | JUL 16 Cal 06 Hz Ap | 51 | 4 | 45 | FA | 0.00 | | 1.00 | 0.02 |
| 4 | 290K3 | JUL 17 Cal 06 Hz C1 | 45 | 10 | 45 | F | 0.00 | | 0.36 | 0.01 |
| 5 | 290K4 | JUL 18 Cal 06 Hz C2 | 41 | 12 | 47 | F | 0.00 | | 0.18 | 0.01 |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

**Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.**

| N° | Suelo : Agua 1:2.5 pH | C.E. mmhos/cm | NUTRIENTES DISPONIBLES P (ppm) | K (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Boro Soluble (ppm) | CATIONES CAMBIABLES Al me/100g | Ca me/100g | Mg me/100g | Na me/100g | K me/100g | CIC me/100g | Suma Cationes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.07 | 0.124 | 2.00 | 245.51 | | | | 0.00 | 11.10 | 7.30 | 0.96 | 0.34 | 20.00 | 19.70 |
| 2 | 7.02 | 0.052 | 1.00 | 332.31 | | | | 0.00 | 3.40 | 3.40 | 0.94 | 0.32 | 10.00 | 8.06 |
| 3 | 6.46 | 0.064 | 10.00 | 571.01 | | | | 0.00 | 2.40 | 1.80 | 1.17 | 0.36 | 6.00 | 5.73 |
| 4 | 6.52 | 0.059 | 3.33 | 332.31 | | | | 0.00 | 5.10 | 4.40 | 1.33 | 0.53 | 12.00 | 11.36 |
| 5 | 6.82 | 0.048 | 1.89 | 202.11 | | | | 0.00 | 5.40 | 3.70 | 1.13 | 0.26 | 10.00 | 10.49 |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**
Methods of analysis for soils, plants and waters.Universityof California, Division of Agricultural Sciences E.U. [illegible] Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo)

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA PUNO ANALISIS LABORATORIO

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 92.* Análisis de caracterización de suelo Nº0290J5S-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

INIA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

## ANALISIS DE CARACTERIZACION Nº 0290P1S-2015

Nombre: Pedro Pablo Huarahuara Mamani. Uriel Marco Montufar Chambilla. N° de Boletin: 0290H5.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 14 de Abril del 2015. Fecha de Certificación: 30 de Abril del 2015.

**Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.**

| N° | Cod. Lab. | MARCAS | ANALISIS MECANICO Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | $CO_3Ca$ % | Yeso me/100g | Mat. Org. % | N. TOTAL % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290P1 | JUL19 Cal 07Hz A11 | 29 | 10 | 61 | FL | 0.00 | | 2.02 | 0.10 |
| 2 | 290P2 | JUL20 Cal 07Hz A12 | 19 | 32 | 49 | FArL | 0.00 | | 1.04 | 0.04 |
| 3 | 290P3 | JUL21 Cal 07 Hz AC | 27 | 31 | 42 | FAr | 6.99 | | 0.34 | 0.01 |
| 4 | 290P4 | JUL22 Cal 07 Hz C1 | 49 | 19 | 32 | F | 9.94 | | 0.28 | 0.01 |
| 5 | 290P5 | JUL23 Cal 08 Hz A1 | 35 | 24 | 41 | F | 4.70 | | 2.00 | 0.10 |
| 6 | 290Q1 | JUL24 Cal 08 Hz C1 | 37 | 20 | 43 | F | 7.04 | | 0.45 | 0.03 |
| 7 | 290Q2 | JUL25 Cal 08 Hz C2 | 33 | 18 | 49 | F | 8.44 | | 0.20 | 0.007 |
| 8 | 290Q3 | JUL26 Cal 09 Hz A11 | 41 | 8 | 51 | FL | 0.00 | | 1.25 | 0.06 |
| 9 | 290Q4 | JUL27 Cal 09 Hz A12 | 57 | 6 | 37 | FA | 0.00 | | 1.00 | 0.02 |
| 10 | 290Q5 | JUL28 Cal 09 Hz AC | 37 | 22 | 41 | F | 0.00 | | 0.32 | 0.01 |

**Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.**

| N° | Suelo : Agua 1:2.5 pH | C.E. mmhos/cm | NUTRIENTES DISPONIBLES P (ppm) | K (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Boro Soluble (ppm) | CATIONES CAMBIABLES Al me/100g | Ca me/100g | Mg me/100g | Na me/100g | K me/100g | CIC me/100g | Suma Cationes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.07 | 0.133 | 10.00 | 302.11 | | | | 0.00 | 14.70 | 3.30 | 0.29 | 0.61 | 20.00 | 18.90 |
| 2 | 7.60 | 0.124 | 4.20 | 302.11 | | | | 0.00 | 16.30 | 3.70 | 0.33 | 0.32 | 21.00 | 20.65 |
| 3 | 7.69 | 0.199 | 1.00 | 381.02 | | | | 0.00 | 20.00 | 13.50 | 0.28 | 0.22 | 28.80 | 34.00 |
| 4 | 7.80 | 0.190 | 1.00 | 164.02 | | | | 0.00 | 18.80 | 7.30 | 0.20 | 0.17 | 30.00 | 26.47 |
| 5 | 7.90 | 0.180 | 11.01 | 262.66 | | | | 0.00 | 16.10 | 9.00 | 0.29 | 0.23 | 27.13 | 25.62 |
| 6 | 8.00 | 0.194 | 4.31 | 242.93 | | | | 0.00 | 16.60 | 7.60 | 0.20 | 0.26 | 23.80 | 24.66 |
| 7 | 8.02 | 0.164 | 1.60 | 282.38 | | | | 0.00 | 16.70 | 8.10 | 0..22 | 0.11 | 27.00 | 25.13 |
| 8 | 7.44 | 0.164 | 8.90 | 459.94 | | | | 0.00 | 3.00 | 4.30 | 0.20 | 0.38 | 10.00 | 7.88 |
| 9 | 7.16 | 0.061 | 1.33 | 203.47 | | | | 0.00 | 5.40 | 3.20 | 0.29 | 0.34 | 10.00 | 9.23 |
| 10 | 7.32 | 0.056 | 1.28 | 164.02 | | | | 0.00 | 4.30 | 4.80 | 0.22 | 0.26 | 12.00 | 9.58 |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters.Universityof California. División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión. Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Los resultados son aplicables a esta muestra.

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 93.* Análisis de caracterización de suelo Nº0290P1S-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

INIA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

## ANALISIS DE CARACTERIZACION Nº 0290R2S-2015

Nombre: Pedro Pablo Huarahuara Mamani; Uriel Marco Montufar Chambilla. N° de Boletín: 0290H5.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 14 de Abril del 2015. Fecha de Certificación: 30 de Abril del 2015.

**Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.**

| N° | Cod. Lab. | MARCAS | ANALISIS MECANICO Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | $CO_3Ca$ % | Yeso me/100g | Mat. Org. % | N. TOTAL % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290R2 | JUL29 Cal 09 Hz C1 | 39 | 22 | 39 | F | 0.00 | | 0.10 | 0.003 |
| 2 | 290R3 | JUL30 Cal 10Hz A1 | 27 | 10 | 63 | FL | 1.80 | | 1.88 | 0.05 |
| 3 | 290R4 | JUL31 Cal 10Hz B1 | 25 | 20 | 55 | FL | 2.46 | | 0.23 | 0.006 |
| 4 | 290R5 | JUL32 Cal 10 Hz C1 | 29 | 20 | 51 | FL | 2.02 | | 0.10 | 0.002 |
| 5 | 290S1 | JUL33 Cal 10 Hz C2 | 23 | 10 | 67 | FL | 2.02 | | 0.08 | 0.001 |
| 6 | 290S2 | JUL34 Cal 10 Hz A1 | 47 | 4 | 49 | FA | 0.00 | | 1.65 | 0.07 |
| 7 | 290S3 | JUL35 Cal 10 Hz C1 | 47 | 8 | 45 | F | 0.00 | | 0.29 | 0.01 |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

**Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.**

| N° | Suelo : Agua 1:2.5 pH | C.E. mmhos/cm | NUTRIENTES DISPONIBLES P (ppm) | K (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Boro Soluble (ppm) | CATIONES CAMBIABLES Al me/100g | Ca me/100g | Mg me/100g | Na me/100g | K me/100g | CIC me/100g | Suma Cationes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.30 | 0.070 | 1.00 | 183.75 | | | | 0.00 | 6.60 | 5.00 | 0.35 | 0.26 | 14.00 | 12.21 |
| 2 | 7.54 | 1.34 | 9.99 | 361.30 | | | | 0.00 | 11.50 | 7.00 | 1.29 | 0.27 | 20.00 | 20.06 |
| 3 | 7.27 | 3.19 | 3.09 | 420.48 | | | | 0.00 | 14.30 | 8.00 | 3.30 | 0.23 | 26.00 | 25.83 |
| 4 | 7.46 | 3.35 | 1.33 | 183.75 | | | | 0.00 | 17.50 | 5.70 | 4.10 | 0.21 | 25.80 | 27.51 |
| 5 | 7.53 | 3.41 | 0.13 | 242.93 | | | | 0.00 | 14.70 | 8.90 | 4.10 | 0.17 | 28.30 | 27.87 |
| 6 | 7.48 | 0.063 | 8.00 | 361.30 | | | | 0.00 | 4.30 | 5.80 | 0.29 | 0.49 | 12.00 | 10.88 |
| 7 | 7.22 | 0.38 | 6.00 | 499.39 | | | | 0.00 | 8.70 | 3.60 | 0.29 | 0.39 | 12.70 | 12.98 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters.Universityof California. Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta impresión. Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier correccion y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA EXPERIMENTAL ILLPA PUNO – INIA – ANALISIS LABORATORIO

Los resultados son aplicables a esta muestra

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 94.* Análisis de caracterización de suelo Nº0290R2S-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

## ANALISIS DE CARACTERIZACION Nº 0290K5S-2015

Nombre: Pedro Pablo Huarahuara Mamani; Uriel Marco Montufar Chambilla. N° de Boletin: 0290H5.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 14 de Abril del 2015. Fecha de Certificación: 30 de Abril del 2015.

**Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.**

| N° | Cod. Lab. | MARCAS | ANALISIS MECANICO Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | $CO_3Ca$ % | Yeso me/100g | Mat. Org. % | N. TOTAL % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290K5 | 01 Cal 11 Hz Ap11 | 42 | 12 | 46 | F | 0.00 | | 1.87 | 0.08 |
| 2 | 290LL1 | 02 Cal 11 Hz A12 | 40 | 12 | 48 | F | 0.00 | | 0.90 | 0.02 |
| 3 | 290LL2 | 03 Cal 11 Hz C1 | 40 | 14 | 46 | F | 0.00 | | 0.30 | 0.001 |
| 4 | 290LL3 | 05 Cal 12 Hz A | 64 | 6 | 30 | FA | 2.02 | | 1.95 | 0.09 |
| 5 | 290LL4 | 06 Cal 12 Hz C1 | 62 | 4 | 34 | FA | 1.54 | | 0.81 | 0.02 |
| 6 | 290LL5 | Cal 12 Hz C2 | 58 | 4 | 38 | FA | 2.06 | | 0.24 | 0.008 |
| 7 | 290M1 | 07 Cal 13 Hz A | 24 | 34 | 42 | FAr | 0.35 | | 2.00 | 0.10 |
| 8 | 290M2 | 08 Cal 13 B | 16 | 52 | 32 | Ar | 0.88 | | 1.00 | 0.02 |
| 9 | 290M3 | 09 Cal 14 Ap1 | 22 | 18 | 60 | FL | 4.53 | | 0.25 | 0.009 |
| 10 | 290M4 | 10 Cal 14 A12 | 21 | 18 | 61 | FL | 4.66 | | 0.20 | 0.007 |

**Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.**

| N° | Suelo : Agua 1:2.5 pH | C.E. mmhos/cm | NUTRIENTES DISPONIBLES P (ppm) | K (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Boro Soluble (ppm) | CATIONES CAMBIABLES Al me/100g | Ca me/100g | Mg me/100g | Na me/100g | K me/100g | CIC me/100g | Suma Cationes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6.61 | 0.089 | 8.88 | 310.61 | | | | 0.00 | 4.20 | 3.20 | 1.19 | 0.26 | 10.00 | 8.85 |
| 2 | 7.13 | 0.095 | 4.00 | 158.71 | | | | 0.00 | 3.90 | 3.60 | 1.09 | 0.26 | 11.00 | 8.85 |
| 3 | 7.25 | 0.118 | 1.04 | 310.61 | | | | 0.00 | 5.30 | 3.80 | 1.13 | 0.23 | 11.00 | 10.46 |
| 4 | 8.52 | 0.180 | 8.93 | 245.51 | | | | 0.00 | 14.80 | 5.20 | 1.42 | 0.28 | 20.00 | 21.70 |
| 5 | 9.40 | 0.288 | 2.22 | 223.81 | | | | 0.00 | 8.50 | 5.40 | 1.95 | 0.20 | 17.00 | 16.05 |
| 6 | 9.62 | 0.937 | 0.15 | 223.81 | | | | 0.00 | 10.10 | 4.60 | 3.73 | 0.20 | 17.80 | 18.63 |
| 7 | 7.81 | 0.269 | 10.00 | 440.81 | | | | 0.00 | 12.80 | 5.90 | 1.91 | 0.60 | 20.70 | 21.21 |
| 8 | 8.98 | 0.558 | 3.11 | 440.81 | | | | 0.00 | 19.00 | 12.30 | 4.06 | 0.50 | 36.10 | 35.86 |
| 9 | 8.39 | 0.202 | 1.00 | 310.61 | | | | 0.00 | 22.10 | 7.20 | 1.13 | 0.30 | 30.30 | 30.73 |
| 10 | 8.43 | 0.191 | 1.02 | 223.81 | | | | 0.00 | 24.60 | 4.60 | 1.11 | 0.33 | 30.86 | 30.64 |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**
Methods of analysis for soils, plants and waters.Universityof California. Division of Agricultural Sciences E.U.A. Berkeley. Impresion. Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo)

INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 95.* Análisis de caracterización de suelo Nº0290K5S-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

## ANALISIS DE CARACTERIZACION Nº 0290M5S-2015

Nombre: Pedro Pablo Huarahuara Mamani, Uriel Marco Montufar Chambilla. N° de Boletin: 0290H5.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 14 de Abril del 2015. Fecha de Certificación: 30 de Abril del 2015.

**Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.**

| N° | Cod. Lab. | MARCAS | ANALISIS MECANICO Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | $CO_3Ca$ % | Yeso me/100g | Mat. Org. % | N. TOTAL % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290M5 | 11 Cal 14 Hz C1 | 23 | 20 | 57 | FL | 1.76 | | 0.12 | 0.002 |
| 2 | 290N1 | 12 Cal 15 Hz A | 27 | 20 | 53 | FL | 0.00 | | 1.99 | 0.05 |
| 3 | 290N2 | 13 Cal 15 Hz C1 | 33 | 25 | 42 | F | 0.44 | | 0.56 | 0.01 |
| 4 | 290N3 | 14 Cal 15 Hz C2 | 29 | 28 | 43 | FAr | 0.00 | | 0.18 | 0.003 |
| 5 | 290N4 | 15 Cal 16 Hz Ap1 | 34 | 17 | 49 | F | 0.00 | | 1.61 | 0.08 |
| 6 | 290N5 | 16 Cal 16 Hz A12 | 22 | 33 | 45 | FAr | 0.00 | | 0.67 | 0.01 |
| 7 | 290O1 | 17 Cal 16 Hz Ck1 | 38 | 21 | 41 | F | 5.28 | | 0.33 | 0.001 |
| 8 | 290O2 | 18 Cal 17 Hz Ap1 | 56 | 11 | 33 | FAF | 0.00 | | 1.11 | 0.06 |
| 9 | 290O3 | 19 Cal 17 Hz A12 | 58 | 7 | 35 | FA | 0.00 | | 1.00 | 0.03 |
| 10 | 290O4 | 20 Cal 17 Hz Bt | 40 | 33 | 27 | FAr | 0.00 | | 0.30 | 0.01 |
| 11 | 290O5 | 21 Cal 17 Hz C | 62 | 19 | 19 | FA | 0.00 | | 0.13 | 0.001 |

**Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.**

| N° | Suelo : Agua 1:2.5 pH | C.E. mmhos/cm | NUTRIENTES DISPONIBLES P (ppm) | K (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Boro Soluble (ppm) | CATIONES CAMBIABLES Al me/100g | Ca me/100g | Mg me/100g | Na me/100g | K me/100g | CIC me/100g | Suma Cationes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8.48 | 0.228 | 0.20 | 288.91 | | | | 0.00 | 20.00 | 9.00 | 1.21 | 0.33 | 30.80 | 30.54 |
| 2 | 8.23 | 0.229 | 10.00 | 332.31 | | | | 0.00 | 14.00 | 7.40 | 1.11 | 0.33 | 30.00 | 22.84 |
| 3 | 8.39 | 0.184 | 6.00 | 202.11 | | | | 0.00 | 14.50 | 6.40 | 1.25 | 0.30 | 23.10 | 22.45 |
| 4 | 8.24 | 0.163 | 2.00 | 115.31 | | | | 0.00 | 14.40 | 7.60 | 1.33 | 0.36 | 23.70 | 23.69 |
| 5 | 8.12 | 0.195 | 7.56 | 267.21 | | | | 0.00 | 7.10 | 5.20 | 1.11 | 0.26 | 12.00 | 13.64 |
| 6 | 8.10 | 0.106 | 3.33 | 245.51 | | | | 0.00 | 8.70 | 6.80 | 1.00 | 0.33 | 17.00 | 16.83 |
| 7 | 8.24 | 0.212 | 0.15 | 310.61 | | | | 0.00 | 19.10 | 9.90 | 1.11 | 0.26 | 28.60 | 30.37 |
| 8 | 7.80 | 0.066 | 7.93 | 137.01 | | | | 0.00 | 10.50 | 8.00 | 1.25 | 0.34 | 21.00 | 20.09 |
| 9 | 7.42 | 0.077 | 3.16 | 332.31 | | | | 0.00 | 4.30 | 4.80 | 1.06 | 0.16 | 12.00 | 10.32 |
| 10 | 7.33 | 0.206 | 0.15 | 245.51 | | | | 0.00 | 4.10 | 5.40 | 1.11 | 0.23 | 16.00 | 10.84 |
| 11 | 7.37 | 0.140 | 0.10 | 245.51 | | | | 0.00 | 9.00 | 7.60 | 1.15 | 0.26 | 20.00 | 18.01 |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters.Universityof California. Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta impresión, Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Los resultados son aplicables a esta muestra.

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 96.* Análisis de caracterización de suelo Nº0290M5S-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 275Q2-2015**

SOLICITANTE : Pedro Pablo Huarahuara Mamani.
Uriel Marco Montufar Chambilla.
DIRECCIÓN :
PROCEDENCIA : Varios.
PRODUCTO : Suelos.
TIPO DE ANÁLISIS : Color.
N° DE ANÁLISIS : 25
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 14 de Abril del 2015.
FECHA DE RECEPCIÓN : 30 de Abril del 2015.

| Nº | Clave Laboratorio | Clave Usuario | COLOR |
|---|---|---|---|
| 1 | 275Q2 | MIR01 Cal 01HzAP | 10YR 5/4 Marron Amarillento |
| 2 | 275Q3 | MIR02 Cal 01HzC1 | 10 YR 5/6 Marron Amarillento |
| 3 | 275Q4 | MIR03 Cal 01HzC2 | 10 YR 6/4 Pardo Amarillento Claro |
| 4 | 275Q5 | JUL04 Cal 02HzA11 | 10YR 4/4 Pardo Amarillento Oscuro |
| 5 | 27L1 | JUL05 Cal 02HzA12 | 7.5YR 5/2 Pardo |
| 6 | 275L2 | JUL06 Cal 02HzC | 7.5YR 5/4 Pardo |
| 7 | 275L3 | JUL10 Cal 04HzA | 10YR 4/2 Pardo Grisaceo Oscuro |
| 8 | 275L4 | JUL11 Cal 04HzC1 | 5YR 5/4 Pardo Rojizo |
| 9 | 275L5 | JUL12 Cal 04HzC2 | 5YR 5/6 Rojo Amarillento |
| 10 | 275LL1 | JUL13 Cal 05 HzA | 10YR 5/3 Pardo |
| 11 | 275LL2 | JUL14 Cal 05 HzC1 | 5YR 5/4 Pardo Rojizo |
| 12 | 275LL3 | JUL15 Cal 05 HzC2 | 10 YR 5/3 Pardo |
| 13 | 275LL4 | JUL16 Cal 06 HzAp | 10YR 5/4 Marron Amarillento |
| 14 | 275LL5 | JUL17 Cal 06 HzC1 | 10YR 6/3 Marron Claro |
| 15 | 275M1 | JUL18 Cal 06 HzC2 | 5 YR 7/3 Rojillo |

**Referencias:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters. University of California. División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de Suelos CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA – INIA – ESTACION EXPERIMENTAL ILPA PUNO – ANALISIS LABORATORIO

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILPA - PUNO
Ingº JORGE CANTHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 97.* Análisis de color de suelo Nº275Q2-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

INIA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 275O2-2015**

SOLICITANTE : Pedro Pablo Huarahuara Mamani.
Uriel Marco Montufar Chambilla.
DIRECCIÓN :
PROCEDENCIA : Varios.
PRODUCTO : Suelos.
TIPO DE ANÁLISIS : Color.
N° DE ANÁLISIS : 25
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 14 de Abril del 2015.
FECHA DE RECEPCIÓN : 30 de Abril del 2015.

| Nº | Clave Laboratorio | Clave Usuario | COLOR |
|---|---|---|---|
| 1 | 275O2 | JUL19Cal 07Hz A11 | 10YR 4/3 Marron Oscuro |
| 2 | 275O3 | JUL20Cal 07Hz A12 | 10 YR 4/2 Pardo Grisaceo Oscuro |
| 3 | 275O3 | JUL21Cal 07Hz AC | 10 YR 6/4 Pardo Amarillento Claro |
| 4 | 275O4 | JUL22Cal 07Hz C1 | 10YR 7/4 Marron Muy Claro |
| 5 | 275O5 | JUL23Cal 08HzA1 | 10YR 5/4 Marron Amarillento |
| 6 | 275P1 | JUL24Cal 08HzC1 | 10YR 7/4 Marron Muy Claro |
| 7 | 275P2 | JUL25Cal 08HzC2 | 10YR 7/4 Marron Muy Claro |
| 8 | 275P3 | JUL26Cal 09HzA11 | 10YR 5/2 Pardo Gris |
| 9 | 275P4 | JUL27Cal 09HzA12 | 10YR 5/3 Pardo |
| 10 | 275P5 | JUL28Cal 09HzAC | 10YR 7/3 Marron Muy Claro |
| 11 | 275Q1 | JUL29Cal 09HzC1 | 10YR 7/4 Marron Muy Claro |
| 12 | 275Q2 | JUL30Cal 10HzA1 | 10 YR 5/4 Marron Amarillento |
| 13 | 275Q3 | JUL31Cal 10HzB1 | 7.5YR 6/4 Ligeramente Pardo |
| 14 | 275Q4 | JUL32Cal 10HzC1 | 7.5YR 5/4 Pardo |
| 15 | 275Q5 | JUL33Cal 10HzC2 | 7.5YR 6/4 Ligeramente Pardo |
| 16 | 275R1 | JUL34 Cal 11HzA1 | 10YR 5/3 Pardo |
| 17 | 275R2 | JUL35 Cal 11Hzc1 | 10YR 7/3 Marron Muy Claro |

**Referencias:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión. Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de Suelos CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Los resultados son aplicables a esta muestra.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA – INIA – ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA PUNO – ANALISIS LABORATORIO

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 98.* Análisis de color de suelo Nº275O2-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

SERVICIO NACIONAL DE ANALISIS DE SUELOS

INIA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA – PUNO
ANEXO SALCEDO
Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Illpa - Puno

CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 275O2-2015

SOLICITANTE : Pedro Pablo Huarahuara Mamani.
Uriel Marco Montufar Chambilla.
DIRECCIÓN :
PROCEDENCIA : Varios.
PRODUCTO : Suelos.
TIPO DE ANÁLISIS : Color.
N° DE ANÁLISIS : 25
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 14 de Abril del 2015.
FECHA DE RECEPCIÓN : 30 de Abril del 2015.

| Nº | Clave Laboratorio | Clave Usuario | COLOR |
|---|---|---|---|
| 1 | 275O2 | 01Cal11 Hz Ap11 | 10YR 6/3 Marron Claro |
| 2 | 275O3 | 02Cal11 Hz A12 | 10 YR 5/2 Pardo Gris |
| 3 | 275O3 | 03Cal11 Hz C1 | 10 YR 6/3 Marron Claro |
| 4 | 275O4 | 04Cal 12 Hz A | 10YR 6/4 Pardo Amarillento Claro |
| 5 | 275O5 | 05Cal 12 Hz C1 | 10YR 6/3 Marron Claro |
| 6 | 275P1 | 06Cal 12 Hz C2 | 10YR 6/4 Pardo Amarillento Claro |
| 7 | 275P2 | 07Cal 13 Hz A | 10YR 4/4 Marron Amarillento Oscuro |
| 8 | 275P3 | 08Cal 13 Hz B | 10YR 4/4 Marron Amarillento Oscuro |
| 9 | 275P4 | 09CaL 14HzAp1 | 10YR 4/4 Marron Amarillento Oscuro |
| 10 | 275P5 | 10CaL 14HzA12 | 10YR 5/4 Marron Amarillento |
| 11 | 275Q1 | 11CaL 14HzC1 | 7.5YR 5/4 Pardo |
| 12 | 275Q2 | 12Cal 15 Hz A | 7.5 YR 5/6 Fuertemente Pardo |
| 13 | 275Q3 | 13Cal 15 Hz C1 | 7.5YR 5/4 Pardo |
| 14 | 275Q4 | 14Cal 15 Hz C2 | 10YR 4/4 Marron Amarillento Oscuro |
| 15 | 275Q5 | 15Cal 16 Hz Ap1 | 10 YR 4/3 Marron Oscuro |
| 16 | 275R1 | 16Cal 16 Hz A12 | 7.5YR 6/4 Ligeramente Pardo |
| 17 | 275R2 | 17Cal 16 Hz Ck | 10YR 5/2 Pardo Gris |
| 18 | 275R3 | 18Cal 17 Hz Ap1 | 10 YR 5/3 Pardo |
| 19 | 275R4 | 19Cal 17 Hz Ap12 | 10YR 5/1 Gris |
| 20 | 275R5 | 20Cal 17 Hz Bt | 10YR 5/2 Pardo Gris |
| 21 | 275S1 | 21Cal 17 Hz C | 10YR 5/2 Pardo Gris |

**Referencias:**
Methods of analyisis for soils, plants and waters. University of California. Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión. Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**
La muestra analizada de Suelos CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA PUNO ANALISIS LABORATORIO INIA

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812

*Figura 99.* Análisis de color de suelo Nº275O2-2015



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

## Anexo 5. Características físicas químicas del suelo de la microcuenca del rio Salado

*Tabla 50. Características físicas químicas del suelo de la microcuenca del rio Salado – parte 1*

| N° | SUELO | M A R C A S | ANALISIS MECANICO | | | | $CO_3Ca$ | Mat. Org. | N. TOTAL | Suelo : Agua | | NUTRIENTE | | CATIONES CAMBIABLES | | | | | CIC | Suma Cationes | PSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Arena | Arcilla | Limo | Textura | | | | pH | C.E. | P | K | Al | Ca | Mg | Na | K | | | |
| | | | % | % | % | | % | % | % | | mmhos/cm | (ppm) | (ppm) | me/100g | me/100g | me/100g | me/100g | me/100g | me/100g | | |
| 1 | Miraflores | MIR 01 Cal 01 HzAp | 49 | 16 | 35 | F | 0,00 | 2,60 | 0,08 | 6,20 | 0,08 | 8,33 | 223,81 | 0,00 | 2,80 | 1,80 | 1,11 | 0,44 | 7,00 | 6,15 | 15,86 |
| | | MIR 02 Cal 01 HzC1 | 45 | 16 | 39 | F | 0,00 | 0,35 | 0,01 | 6,66 | 0,09 | 1,00 | 267,21 | 0,00 | 3,40 | 1,40 | 0,92 | 0,28 | 8,00 | 6,00 | 11,50 |
| | | MIR 03 Cal 01 HzC2 | 61 | 12 | 27 | FA | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 6,81 | 0,06 | 0,33 | 23,81 | 0,00 | 4,40 | 2,20 | 0,86 | 0,29 | 7,90 | 7,75 | 10,89 |
| 2 | Yacari Tuntachave | JUL 04 Cal 02 Hz A11 | 41 | 14 | 45 | F | 0,00 | 1,58 | 0,06 | 6,50 | 0,11 | 7,68 | 180,41 | 0,00 | 6,20 | 2,20 | 1,13 | 0,33 | 9,24 | 9,86 | 12,23 |
| | | JUL 05 Cal 02 Hz A12 | 43 | 12 | 45 | F | 0,00 | 0,68 | 0,01 | 6,62 | 0,06 | 2,33 | 245,51 | 0,00 | 3,10 | 4,10 | 1,11 | 0,28 | 10,00 | 8,59 | 11,10 |
| | | JUL 06 Cal 02 Hz C | 57 | 4 | 39 | FA | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 6,38 | 0,06 | 0,12 | 137,01 | 0,00 | 2,60 | 3,20 | 1,21 | 0,23 | 8,00 | 7,24 | 15,13 |
| 3 | Umajalso | JUL 10 Cal 04 Hz A | 47 | 10 | 43 | F | 0,00 | 2,00 | 0,09 | 6,13 | 0,06 | 10,00 | 375,71 | 0,00 | 3,60 | 4,10 | 0,94 | 0,90 | 10,00 | 9,54 | 9,40 |
| | | JUL 11 Cal 04 Hz C1 | 25 | 10 | 65 | FL | 0,00 | 0,37 | 0,01 | 7,22 | 0,10 | 0,13 | 484,21 | 0,00 | 13,20 | 6,60 | 1,17 | 0,53 | 20,00 | 21,50 | 5,85 |
| | | JUL 12 Cal 04 Hz C2 | 47 | 8 | 45 | F | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 7,12 | 0,06 | 0,09 | 137,01 | 0,00 | 6,10 | 3,30 | 1,29 | 0,29 | 12,00 | 10,98 | 10,75 |
| 4 | Tisñachuro Vista Azul | JUL 13 Cal 05 Hz A | 43 | 12 | 45 | F | 0,00 | 1,87 | 0,07 | 7,02 | 0,08 | 9,76 | 440,81 | 0,00 | 5,20 | 4,00 | 1,23 | 0,46 | 11,00 | 10,89 | 11,18 |
| | | JUL 14 Cal 05 Hz C1 | 35 | 38 | 27 | FAr | 0,00 | 0,21 | 0,01 | 7,07 | 0,12 | 2,00 | 245,51 | 0,00 | 11,10 | 7,30 | 0,96 | 0,34 | 20,00 | 19,70 | 4,80 |
| | | JUL 15 Cal 05 Hz C2 | 45 | 14 | 41 | F | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 7,02 | 0,05 | 1,00 | 332,31 | 0,00 | 3,40 | 3,40 | 0,94 | 0,32 | 10,00 | 8,06 | 9,40 |
| 5 | Ancoaque Quilcani | JUL 16 Cal 06 Hz Ap | 51 | 4 | 45 | FA | 0,00 | 1,00 | 0,02 | 6,46 | 0,06 | 10,00 | 571,01 | 0,00 | 2,40 | 1,80 | 1,17 | 0,36 | 6,00 | 5,73 | 19,50 |
| | | JUL 17 Cal 06 Hz C1 | 45 | 10 | 45 | F | 0,00 | 0,36 | 0,01 | 6,52 | 0,06 | 3,33 | 332,31 | 0,00 | 5,10 | 4,40 | 1,33 | 0,53 | 12,00 | 11,36 | 11,08 |
| | | JUL 18 Cal 06 Hz C2 | 41 | 12 | 47 | F | 0,00 | 0,18 | 0,01 | 6,82 | 0,05 | 1,89 | 202,11 | 0,00 | 5,40 | 3,70 | 1,13 | 0,26 | 10,00 | 10,49 | 11,30 |
| 6 | Percatuyo | JUL19 Cal 07Hz A11 | 29 | 10 | 61 | FL | 0,00 | 2,02 | 0,10 | 7,07 | 0,13 | 10,00 | 302,11 | 0,00 | 14,70 | 3,30 | 0,29 | 0,61 | 20,00 | 18,90 | 1,45 |
| | | JUL20 Cal 07Hz A12 | 19 | 32 | 49 | FArL | 0,00 | 1,04 | 0,04 | 7,60 | 0,12 | 4,20 | 302,11 | 0,00 | 16,30 | 3,70 | 0,33 | 0,32 | 21,00 | 20,65 | 1,57 |
| | | JUL21 Cal 07 Hz AC | 27 | 31 | 42 | FAr | 6,99 | 0,34 | 0,01 | 7,69 | 0,20 | 1,00 | 381,02 | 0,00 | 20,00 | 13,50 | 0,28 | 0,22 | 28,80 | 34,00 | 0,97 |
| | | JUL22 Cal 07 Hz C1 | 49 | 19 | 32 | F | 9,94 | 0,28 | 0,01 | 7,80 | 0,19 | 1,00 | 164,02 | 0,00 | 18,80 | 7,30 | 0,20 | 0,17 | 30,00 | 26,47 | 0,67 |
| 7 | Ancoaque San Francisco | JUL23 Cal 08 Hz A1 | 35 | 24 | 41 | F | 4,70 | 2,00 | 0,10 | 7,90 | 0,18 | 11,01 | 262,66 | 0,00 | 16,10 | 9,00 | 0,29 | 0,23 | 27,13 | 25,62 | 1,07 |
| | | JUL24 Cal 08 Hz C1 | 37 | 20 | 43 | F | 7,04 | 0,45 | 0,03 | 8,00 | 0,19 | 4,31 | 242,93 | 0,00 | 16,60 | 7,60 | 0,20 | 0,26 | 23,80 | 24,66 | 0,84 |
| | | JUL25 Cal 08 Hz C2 | 33 | 18 | 49 | F | 8,44 | 0,20 | 0,01 | 8,02 | 0,16 | 1,60 | 282,38 | 0,00 | 16,70 | 8,10 | 0,22 | 0,11 | 27,00 | 25,13 | 0,81 |
| 8 | Yacari Tisñachuro | JUL26 Cal 09 Hz A11 | 41 | 8 | 51 | FL | 0,00 | 1,25 | 0,06 | 7,44 | 0,16 | 8,90 | 459,94 | 0,00 | 3,00 | 4,30 | 0,20 | 0,38 | 10,00 | 7,88 | 2,00 |
| | | JUL27 Cal 09 Hz A12 | 57 | 6 | 37 | FA | 0,00 | 1,00 | 0,02 | 7,16 | 0,06 | 1,33 | 203,47 | 0,00 | 5,40 | 3,20 | 0,29 | 0,34 | 10,00 | 9,23 | 2,90 |
| | | JUL28 Cal 09 Hz AC | 37 | 22 | 41 | F | 0,00 | 0,32 | 0,01 | 7,32 | 0,06 | 1,28 | 164,02 | 0,00 | 4,30 | 4,80 | 0,22 | 0,26 | 12,00 | 9,58 | 1,83 |
| | | JUL29 Cal 09 Hz C1 | 39 | 22 | 39 | F | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 7,30 | 0,07 | 1,00 | 183,75 | 0,00 | 6,60 | 5,00 | 0,35 | 0,26 | 14,00 | 12,21 | 2,50 |



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis



Tabla 51. *Características físicas químicas del suelo de la microcuenca del rio Salado – parte 2*

| N° | SUELO | MARCAS | ANALISIS MECANICO | | | | $CO_3Ca$ | Mat. Org. | N. TOTAL | Suelo : Agua | | NUTRIENTE | | CATIONES CAMBIABLES | | | | | CIC | Suma Cationes | PSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Arena | Arcilla | Limo | Textura | | | | pH | C.E. | P | K | Al | Ca | Mg | Na | K | | | |
| | | | % | % | % | | % | % | % | | mmhos/cm | (ppm) | (ppm) | me/100g | me/100g | me/100g | me/100g | me/100g | me/100g | | |
| 9 | Rio Salado | JUL30 Cal 10Hz A1 | 27 | 10 | 63 | FL | 1,80 | 1,88 | 0,05 | 7,54 | 1,34 | 9,99 | 361,30 | 0,00 | 11,50 | 7,00 | 1,29 | 0,27 | 20,00 | 20,06 | 6,45 |
| | | JUL31 Cal 10Hz B1 | 25 | 20 | 55 | FL | 2,46 | 0,23 | 0,01 | 7,27 | 3,19 | 3,09 | 420,48 | 0,00 | 14,30 | 8,00 | 3,30 | 0,23 | 26,00 | 25,83 | 12,69 |
| | | JUL32 Cal 10 Hz C1 | 29 | 20 | 51 | FL | 2,02 | 0,10 | 0,00 | 7,46 | 3,35 | 1,33 | 183,75 | 0,00 | 17,50 | 5,70 | 4,10 | 0,21 | 25,80 | 27,51 | 15,89 |
| | | JUL33 Cal 10 Hz C2 | 23 | 10 | 67 | FL | 2,02 | 0,08 | 0,00 | 7,53 | 3,41 | 0,13 | 242,93 | 0,00 | 14,70 | 8,90 | 4,10 | 0,17 | 28,30 | 27,87 | 14,49 |
| 10 | Huaquina | 01 Cal 11 Hz Ap11 | 42 | 12 | 46 | F | 0,00 | 1,87 | 0,08 | 6,61 | 0,09 | 8,88 | 310,61 | 0,00 | 4,20 | 3,20 | 1,19 | 0,26 | 10,00 | 8,85 | 11,90 |
| | | 02 Cal 11 Hz A12 | 40 | 12 | 48 | F | 0,00 | 0,90 | 0,02 | 7,13 | 0,10 | 4,00 | 158,71 | 0,00 | 3,90 | 3,60 | 1,09 | 0,26 | 11,00 | 8,85 | 9,91 |
| | | 03 Cal 11 Hz C1 | 40 | 14 | 46 | F | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 7,25 | 0,12 | 1,04 | 310,61 | 0,00 | 5,30 | 3,80 | 1,13 | 0,23 | 11,00 | 10,46 | 10,27 |
| 11 | Moyopampa I | 05 Cal 12 Hz A | 64 | 6 | 30 | FA | 2,02 | 1,95 | 0,09 | 8,52 | 0,18 | 8,93 | 245,51 | 0,00 | 14,80 | 5,20 | 1,42 | 0,28 | 20,00 | 21,70 | 7,10 |
| | | 06 Cal 12 Hz C1 | 62 | 4 | 34 | FA | 1,54 | 0,81 | 0,02 | 9,40 | 0,29 | 2,22 | 223,81 | 0,00 | 8,50 | 5,40 | 1,95 | 0,20 | 17,00 | 16,05 | 11,47 |
| | | 06 Cal 12 Hz C2 | 58 | 4 | 38 | FA | 2,06 | 0,24 | 0,01 | 9,62 | 0,94 | 0,15 | 223,81 | 0,00 | 10,10 | 4,60 | 3,73 | 0,20 | 17,80 | 18,63 | 20,96 |
| 12 | Moyopampa II | 07 Cal 13 Hz A | 24 | 34 | 42 | FAr | 0,35 | 2,00 | 0,10 | 7,81 | 0,27 | 10,00 | 440,81 | 0,00 | 12,80 | 5,90 | 1,91 | 0,60 | 20,70 | 21,21 | 9,23 |
| | | 08 Cal 13 B | 16 | 52 | 32 | Ar | 0,88 | 1,00 | 0,02 | 8,98 | 0,56 | 3,11 | 440,81 | 0,00 | 19,00 | 12,30 | 4,06 | 0,50 | 36,10 | 35,86 | 11,25 |
| 13 | Moyopampa III | 09 Cal 14 Ap1 | 22 | 18 | 60 | FL | 4,53 | 0,25 | 0,01 | 8,39 | 0,20 | 1,00 | 310,61 | 0,00 | 22,10 | 7,20 | 1,13 | 0,30 | 30,30 | 30,73 | 3,73 |
| | | 10 Cal 14 A12 | 21 | 18 | 61 | FL | 4,66 | 0,20 | 0,01 | 8,43 | 0,19 | 1,02 | 223,81 | 0,00 | 24,60 | 4,60 | 1,11 | 0,33 | 30,86 | 30,64 | 3,60 |
| | | 11 Cal 14 Hz C1 | 23 | 20 | 57 | FL | 1,76 | 0,12 | 0,00 | 8,48 | 0,23 | 0,20 | 288,91 | 0,00 | 20,00 | 9,00 | 1,21 | 0,33 | 30,80 | 30,54 | 3,93 |
| 14 | Hacienda Calliri | 12 Cal 15 Hz A | 27 | 20 | 53 | FL | 0,00 | 1,99 | 0,05 | 8,23 | 0,23 | 10,00 | 332,31 | 0,00 | 14,00 | 7,40 | 1,11 | 0,33 | 30,00 | 22,84 | 3,70 |
| | | 13 Cal 15 Hz C1 | 33 | 25 | 42 | F | 0,44 | 0,56 | 0,01 | 8,39 | 0,18 | 6,00 | 202,11 | 0,00 | 14,50 | 6,40 | 1,25 | 0,30 | 23,10 | 22,45 | 5,41 |
| | | 14 Cal 15 Hz C2 | 29 | 28 | 43 | FAr | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 8,24 | 0,16 | 2,00 | 115,31 | 0,00 | 14,40 | 7,60 | 1,33 | 0,36 | 23,70 | 23,69 | 5,61 |
| 15 | Bertaparque | 15 Cal 16 Hz Ap1 | 34 | 17 | 49 | F | 0,00 | 1,61 | 0,08 | 8,12 | 0,20 | 7,56 | 267,21 | 0,00 | 7,10 | 5,20 | 1,11 | 0,26 | 12,00 | 13,64 | 9,25 |
| | | 16 Cal 16 Hz A12 | 22 | 33 | 45 | FAr | 0,00 | 0,67 | 0,01 | 8,10 | 0,11 | 3,33 | 245,51 | 0,00 | 8,70 | 6,80 | 1,00 | 0,33 | 17,00 | 16,83 | 5,88 |
| | | 17 Cal 16 Hz Ck1 | 38 | 21 | 41 | F | 5,28 | 0,33 | 0,00 | 8,24 | 0,21 | 0,15 | 310,61 | 0,00 | 19,10 | 9,90 | 1,11 | 0,26 | 28,60 | 30,37 | 3,88 |
| 16 | Chullucachi Acero Waca | 18 Cal 17 Hz Ap1 | 56 | 11 | 33 | FAF | 0,00 | 1,11 | 0,06 | 7,80 | 0,07 | 7,93 | 137,01 | 0,00 | 10,50 | 8,00 | 1,25 | 0,34 | 21,00 | 20,09 | 5,95 |
| | | 19 Cal 17 Hz A12 | 58 | 7 | 35 | FA | 0,00 | 1,00 | 0,03 | 7,42 | 0,08 | 3,16 | 332,31 | 0,00 | 4,30 | 4,80 | 1,06 | 0,16 | 12,00 | 10,32 | 8,83 |
| | | 20 Cal 17 Hz Bt | 40 | 33 | 27 | FAr | 0,00 | 0,30 | 0,01 | 7,33 | 0,21 | 0,15 | 245,51 | 0,00 | 4,10 | 5,40 | 1,11 | 0,23 | 16,00 | 10,84 | 6,94 |
| | | 21 Cal 17 Hz C | 62 | 19 | 19 | FA | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 7,37 | 0,14 | 0,10 | 245,51 | 0,00 | 9,00 | 7,60 | 1,15 | 0,26 | 20,00 | 18,01 | 5,75 |
| 17 | Ancco Vilque | JUL34 Cal 11 Hz A1 | 47 | 4 | 49 | FA | 0,00 | 1,65 | 0,07 | 7,48 | 0,06 | 8,00 | 361,30 | 0,00 | 4,30 | 5,80 | 0,29 | 0,49 | 12,00 | 10,88 | 2,42 |
| | | JUL35 Cal 11 Hz C1 | 47 | 8 | 45 | F | 0,00 | 0,29 | 0,01 | 7,22 | 0,38 | 6,00 | 499,39 | 0,00 | 8,70 | 3,60 | 0,29 | 0,39 | 12,70 | 12,98 | 2,28 |



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

## Anexo 6. Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado

Tabla 52. *Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado – parte 1*

| CAL. | SUELO | ZONA DE VIDA | PENDIENTE | | MICRO RELIEVE | PROFUNDIDAD | TEXTURA | PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL | DRENAJE | PH | EROSION | SALINIDAD | INUNDACION | FERTILIDAD | FRAGMENTO ROCOSO (Gravosidad) | GRUPO | CLASE | SUB CLASE | CLIMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Miraflores | | | | 2 | 120 cm | M | 1 | C | 6,2 | Ligera | 0 | 0 | m/m/m media (2) | 0 | | | | |
| | | bh-MS | 2-4% | A1 | A3 | A1 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A2 | A1 | A | A2 | A3sc(a) | A2 |
| | | bh-MS | 4-8% | A2 | A3 | A1 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A2 | A1 | A | A2 | A3sc(a) | A2 |
| | | bh-MS | 8-15% | A1 | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | P1 | P2 | P1 | P | P2 | P2es(a) | P1 |
| | | bh-MS | 15-25% | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P2 | P1 | P | P2 | P2es | P1 |
| | | bh-MS | 25-50% | P3 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P2 | P1 | P | P3 | P3es | P1 |
| 2 | Yacari Tuntachave | | | | 2 | 75 | M | 1 | C | 6,5 | Ligera | 0 | 0 | b/m/m Baja (3) | 1 | | | | |
| | | bh-MS | 4-8% | A2 | A3 | A2 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | | A3 | A3 | A | A3 | A3sec(a) | A2 |
| | | bh-MS | 8-15% | A3 | A3 | A2 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | | A3 | A3 | A | A3 | A3sec(a) | A2 |
| | | bh-MS | 15-25% | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | P1 | P3 | P2 | P | P3 | P3s | P1 |
| | | pmh-SaS | 15-25% | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P2 | P1 | - | P3 | P2 | P | P3 | P3sc | P2 |
| | | pmh-SaS | 25-50% | P | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| 3 | Umajalso 2 | | | | 2 | 90 cm | M | 1 | C | 6,1 | Moderada | 0 | 0 | m/m/a Media (2) | 0 | | | | |
| | | pmh-SaS | 8-15% | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P2 | P1 | - | P2 | P1 | P | P2 | P2sec | P2 |
| | | pmh-SaS | 15-25% | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P2 | P1 | P1 | P2 | P1 | P | P2 | P2sec | P2 |
| | | pmh-SaS | 25-50% | P | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| 4 | Tisnachuro Vista Azul | | | | 2 | 80cm | M | 0 | C | 7 | Ligera | 0 | 0 | b/m/a Bajo (3) | 0 | | | | |
| | | bh-MS | 4-8% | A1 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P3 | P1 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh-MS | 8-15% | A2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P3 | P1 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh-MS | 15-25% | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P3 | P1 | P | P3 | P3se | P1 |
| 5 | Anccoaque Quilcani | | | | 1 | 100 cm | MG | 0 | C | 6,5 | Ligera | 0 | 0 | b/m/a Bajo (3) | 0 | | | | |
| | | bh-MS | 0-2% | A1 | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh-MS | 2-4% | A1 | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh-MS | 4-8% | A2 | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh-MS | 8-15% | A3 | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh-MS | 15-25% | A3 | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Tabla 53. *Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado – parte 2*

| CAL. | SUELO | ZONA DE VIDA | PENDIENTE | | MICRO RELIEVE | PROFUNDIDAD | TEXTURA | PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL | DRENAJE | PH | EROSION | SALINIDAD | INUNDACION | FERTILIDAD | FRAGMENTO ROCOSO (Gravosidad) | GRUPO | CLASE | SUB CLASE | CLIMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Percatuyo | | | | 2 | 48 cm | M | 2 | C | 7,1 | Ligera | 0 | 0 | m/m/a media (2) | 1 | | | | |
| | | pmh -SaS | 2-4% | P1 | P2 | P2 | P1 | P2 | P1 | P | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P | P2 | P2sec | P2 |
| | | pmh -SaS | 4-8% | P1 | P2 | P2 | P1 | P2 | P1 | P | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | | | P2sec | P2 |
| | | pmh -SaS | 8 -15% | P2 | P2 | P2 | P1 | P2 | P1 | P | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P | P2 | P2sec | P2 |
| | | pmh -SaS | 15-25% | P2 | P2 | P2 | P1 | P2 | P1 | P | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P | P2 | P2sec | P2 |
| | | pmh -SaS | 25-50% | P | X | | | | | | | | | | | X | X | X | |
| | | pmh -SaS | 50-75% | X | | | | | | | | | | | | | | X | |
| | | pmh -SaS | >75% | X | | | | | | | | | | | | | | X | |
| 7 | Anccoaque San Francisco | | | | 3 | 90 cm | M | 2 | C | 7,9 | Severa | 0 | 0 | m/m/a media (2) | 1 | | | | |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | P3 | P1 | P1 | P2 | P1 | P | P2 | P1 | P1 | P2 | P2 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh- MS | 8-15% | A | P3 | P1 | P1 | P2 | P1 | P | P2 | P1 | P1 | P2 | P2 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh- MS | 15 - 25% | A1 | F3 | F1 | F1 | F2 | F1 | F | F3 | F1 | F1 | F 1 | F 1 | F | F3 | F3sec | F3 |
| | | bh- MS | 25 - 50% | P | F | F | F | F | F | F | X | | | | | X | X | X | |
| | | bh- MS | 50 - 75% | F | F | F | F | F | F | F | X | | | | | X | X | X | |
| 8 | Yacari Tisnachuro | | | | 1 | 80 | M | 1 | C | 7,4 | Ligera | 0 | 0 | b/m/a Baja (3) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A1 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A1 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 4 -8% | A2 | A1 | A1 | A1 | A2 | A2 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh- MS | 8 - 15% | A3 | A1 | A1 | A1 | A2 | A2 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh- MS | 15-25% | A3 | A1 | A1 | A1 | A2 | A2 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh- MS | 25-50% | P3 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P3 | P1 | P | P3 | P3se | P1 |
| 9 | Rio Salado | | | | 1 | 82 cm | M | 0 | F | 7,5 | Ligera | 1 | 2 | b/m/a Baja (3) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | P3 | P | P1 | P2 | P2 | P3 | P1 | P | P3 | P3swl | P1 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | P3 | P | P1 | P2 | P2 | P3 | P1 | P | P3 | P3swl | P1 |
| 10 | Huaquina | | | | 1 | 80 cm | M | 0 | C | 6,6 | Ligera | 0 | 0 | b/m/a Baja (3) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A2 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 4-8% | A2 | A1 | A2 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh- MS | 15-25% | A3 | A1 | A2 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sec | A2 |
| 11 | Moyopampa 1 | | | | 1 | 55 | MG | 0 | E | 8,5 | Ligera | 0 | 1 | b/m/a Baja (3) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A1 | A1 | A2 | A3 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| | | bh- MS | 4-8% | A2 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |



Universidad Nacional del Altiplano

Repositorio Institucional UNA-PUNO
No olvide citar esta tesis

TESIS UNA - PUNO

Tabla 54. *Proceso de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en la microcuenca del rio Salado – parte 3*

| CAL. | SUELO | ZONA DE VIDA | PENDIENTE | | MICRO RELIEVE | PROFUNDIDAD | TEXTURA | PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL | DRENAJE | PH | EROSION | SALINIDAD | INUNDACION | FERTILIDAD | FRAGMENTO ROCOSO (Gravosidad) | GRUPO | CLASE | SUB CLASE | CLIMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Moyopampa 2 | | | | 1 | 80 cm | MF | 0 | E | 7,8 | Moderado | 0 | 1 | m/m/a media (2) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A2 | A1 | A2 | A2 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A2 | A1 | A2 | A2 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| 13 | Moyopampa 3 | | | | 1 | 100 cm | M | 0 | C | 8,4 | Ligera | 0 | 0 | b/b/a Bajo (3) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A1 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| 14 | Hacienda Calliri | | | | 3 | 100 | M | 1 | C | 8,2 | Moderado | 0 | 0 | b/m/a Baja (3) | 2 | | | | |
| | | bh- MS | 8-15% | A3 | P3 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P2 | P1 | P1 | P3 | P3 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh- MS | 15-25% | A3 | P3 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P2 | P1 | P1 | P3 | P3 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh- MS | 25-50% | P2 | F3 | F1 | F1 | F1 | F1 | F | F2 | F1 | F1 | F2 | F2 | F | F3 | F3sec | F3 |
| | | pmh -SaS | 25-50% | | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| 15 | Bertaparque | | | | 1 | 70 | M | 1 | C | 8,1 | Ligera | 0 | 0 | b/m/a Baja (3) | 1 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | A1 | A3 | A3 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | - | A3 | A3 | A | A3 | A3sc(r) | A2 |
| | | bh- MS | 4-8% | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | - | A3 | A3 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh- MS | 8-15% | A3 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A | A1 | A1 | - | A3 | A3 | A | A3 | A3sec | A2 |
| | | bh- MS | 15-25% | A2 | A1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P3 | P2 | P | P3 | P3se | P1 |
| | | bh- MS | 25-50% | P3 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P | P1 | P1 | - | P3 | P2 | P | P3 | P3se | P1 |
| 16 | Chullucachi Acero Huaca | | | | 1 | 80 | MG | 0 | E | 7,8 | Ligera | 0 | 1 | b/m/m Baja (3) | 0 | | | | |
| | | bh- MS | 0-2% | A1 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A1 | A1 | A2 | A3 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| | | bh- MS | 2-4% | A1 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| | | bh- MS | 4-8% | A2 | A1 | A2 | A2 | A1 | A3 | A | A1 | A1 | - | A3 | A1 | A | A3 | A3swc | A2 |
| 17 | Ancco Vilque | | | | 2 | 40 | MG | 3 | C | 7,5 | Moderado | 0 | 0 | b/m/a Baja (3) | 2 | | | | |
| | | | 8-15% | P2 | P2 | P1 | P2 | P3 | P1 | P | P2 | P1 | P1 | P3 | P3 | P | P3 | P3sec | P2 |
| | | pmh -SaS | 15-25% | P2 | P2 | P2 | P2 | P3 | P1 | P | P2 | P1 | - | P3 | P3 | P | P3 | P3sec | P2 |
| | | pmh -SaS | 25-50% | | X | | | | | | | | | | | | | Xsec | |
| | | pmh -SaS | 50-75% | | X | | | | | | | | | | | | | Xsec | |
| | | | >75% | | X | | | | | | | | | | | | | Xsec | |



Universidad Nacional del Altiplano

**Anexo 7. Mapas temáticos de la microcuenca del rio Salado**



Repositorio Institucional UNA-PUNO

No olvide citar esta tesis