



República del Perú
Estado Plurinacional de Bolivia

Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca

ESTRATEGIA BINACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS TOLARES EN EL SISTEMA TDPS

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TOLARES EN EL SISTEMA HÍDRICO TDPS



**Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca-Río
Desaguadero-Lago Poopó y Salar de Coipasa (ALT)**

**Estrategia Binacional para la Conservación, Protección y Recuperación de los
Tolares en el Sistema TDPS**

1. ASPECTOS GENERALES; 2. ASPECTOS METODOLOGICOS; 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TOLARES; 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Elaborado por:

Lic. Juan José Ocola Salazar
Ing. Zacarías Gutiérrez Choque
Ing. Patricia Sullcata Cruz
Ing. Yaneth Huahuachampi
Ing. Econ. Jaime Escalante Arcos

Colaboradores:

Perú

Blgo. Tatiana Zarella Pequeño Saco	MINAM
Ing. William Llactayo León	MINAM
Ing. Luis Quispe Canchanya	MINAM
Ing. Pedro Tinoco Rodríguez	MINAM
Ing. Germán Marchand Laynes	MINAM
Ing. Glory Alarco Basaldua	MINAM
Ing. Audillas Villalobos Villegas	MINAM

Bolivia

Lic. Hugo Aranibar Rojas	MNHN
Lic. Mónica Zeballos Montes de Oca	MNHN
Ing. Olson Cosme Paravicini Figueredo	GADOR
Ing. Crispín Soto Mamani	GADOR

Siglas y Acrónimos

ALT	Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca
BM	Biomasa
C	Carbono
cm ²	Centímetros cuadrados
CNPV	Censo Nacional de Población y Vivienda
CO ₂	Dióxido de Carbono
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
D	Densidad
DEM	Modelo Digital de Elevación
EMC	Evaluación Multicriterio
ETM	Enhanced Thematic Mapper
g	Gramos
GADOR	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro
GEI	Gas de Efecto Invernadero
GORE Puno	Gobierno Regional de Puno
ha	Hectárea
hab	Habitantes
IAF	Índice de Área Foliar
INE	Instituto Nacional de Estadística
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
km	Kilómetro
km ²	Kilómetros cuadrados
m	Metro
ms.n.m.	Metro sobre el nivel del mar
m ²	Metro cuadrado
MaxEnt	Máxima Entropía
MINAM	Ministerio del Ambiente
mm	Milímetros
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
MNHN	Museo Nacional de Historia Natural
MO	Materia Orgánica
Mrs	Masa de Residuo Seco
MS	Materia Seca
NDVI	Índice Diferencial de Vegetación Normalizado
OLI	Operational Land Imager
PCI	Poder Calorífico Inferior
PDGB	Plan Director Global Binacional

PE	Potencial Energético
PELT	Proyecto Especial Lago Titicaca
PPNA	Producción Primaria Neta Aérea
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SIG	Sistemas de Información Geográfica
t	Tonelada
TDPS	Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa
TM	Thematic Mapper
UNA	Universidad Nacional del Altiplano
UNAJ	Universidad Nacional de Juliaca
UNALM	Universidad Nacional Agraria la Molina
UTM	Universal Transversal de Mercator
WGS 84	World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial)
ZAE	Zonificación Agroecológica
ZH	Zonas Hidrológicas

Contenido

PRESENTACIÓN.....	15
1. Capítulo I: ASPECTOS GENERALES	16
1.1 INTRODUCCIÓN.....	16
1.2 ANTECEDENTES	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 ALCANCES.....	19
1.5 ACTIVIDADES REALIZADAS	19
1.6 MARCO LEGAL	20
1.7 ÁMBITO DE ESTUDIO.....	21
1.8 ASPECTOS GENERALES	24
1.8.1 Distribución geográfica	24
1.8.2 Uso de la palabra tola	24
1.8.3 Aspectos básicos de la biología de la tola.....	24
1.8.4 Tipos de tolares	25
1.8.5 Principales usos de la tola.....	26
2. Capítulo II: ASPECTOS METODOLOGICOS	28
2.1 INTRODUCCION.....	28
2.2 FASE I: GABINETE.....	29
2.3 FASE II: TRABAJO DE CAMPO	30
2.4 FASE III: SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN – DIAGNÓSTICO.....	33
2.4.1 Cuantificación de la Superficie de la Cobertura Vegetal de tolares – Año 2001.....	35
2.4.2 Cuantificación de la Superficie de la Cobertura Vegetal de tolares – Año 2022.....	36
2.4.3 Evaluación de la exactitud temática de la cobertura de Tola.....	41
2.4.4 Análisis multitemporal de la cobertura vegetal de tolares.....	47
2.4.5 Zonificación de áreas de la producción.....	49
2.4.6 Evaluación del estado de conservación del ecosistema tolar	51
2.4.7 Cuantificación de carbono almacenado en la biomasa de la tola	54
2.4.8 Determinación de zonas de riesgos de pérdida de ecosistemas de tola y priorización de zonas de intervención	61
2.4.9 Aspectos socioeconómicos básicos en relación al uso de tolares	64

2.4.10	Identificación de la problemática para la elaboración de la estrategia binacional	64
3.	Capítulo III: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TOLARES.....	65
3.1	INTRODUCCIÓN.....	65
3.2	ASPECTOS GENERALES DEL ECOSISTEMA TOLAR Y SU IMPORTANCIA	65
3.3	ANTECEDENTES RESPECTO A ESTIMACIONES DE LA COBERTURA DE TOLARES EN EL TDPS	67
3.4	SUPERFICIE DE COBERTURA DE TOLARES	70
3.4.1	Superficie de tolares: año 2001.....	70
3.4.2	Superficie de tolares: Año 2022.....	75
3.4.3	Evaluación de la exactitud temática de la cobertura de Tola.....	84
3.5	RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DE TOLARES	86
3.6	ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE TOLA	89
3.7	PORCENTAJE DE COBERTURA DE TOLA SEGÚN PARCELA DE EVALUACIÓN AÑO 2022	92
3.7.1	Composición botánica en el ámbito boliviano	92
3.7.2	Composición botánica en el ámbito peruano	98
3.7.3	Riqueza florística.....	101
3.8	EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA TOLAR	104
3.8.1	Estado de conservación de tolares en Puno.....	104
3.8.2	Estado de conservación de tolares en Oruro	106
3.8.3	Estado de conservación de tolares en La Paz.....	108
3.9	CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA DE LA TOLA.....	111
3.9.1	Carbono en los componentes de la tola.....	111
3.10	ZONAS DE RIESGOS DE PÉRDIDA DE ECOSISTEMAS DE TOLA Y PRIORIZACIÓN DE ZONAS DE INTERVENCIÓN	117
3.10.1	Zona de Priorización por Distrito/Municipio	119
3.10.2	Zona de Priorización por Zona Hidrológica.....	122
3.11	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS BÁSICOS EN RELACIÓN AL USO DE TOLARES.....	125
3.11.1	Servicios Ecosistémicos/Funciones Ambientales	127
3.11.2	Descripción de los usos de la tola en el contexto de los servicios ecosistémicos/funciones ambientales	131
3.11.3	Manejo de los tolares.....	139

3.12	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LOS TOLARES	140
3.12.1	Extracción indiscriminada de la tola.....	140
3.12.2	Sobrepastoreo	141
3.12.3	Quema no controlada.....	142
3.12.4	Expansión de la frontera agrícola	144
3.12.5	Crecimiento demográfico	148
4.	Capítulo IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
4.1	CONCLUSIONES.....	149
4.2	RECOMENDACIONES	151
5.	Capítulo V: ESTRATÉGIA BINACIONAL DE PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS TOLARES	152
5.1	INTRODUCCIÓN.....	152
5.1.1	Generalidades.....	152
5.1.2	Definición y objetivos	153
5.1.3	Finalidad de la estrategia	153
5.1.4	Alcance.....	154
5.2	MARCO DE REFERENCIA.....	154
5.3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	154
5.4	MARCO LEGAL	155
5.4.1	Bolivia.....	155
5.4.2	Perú	157
5.5	INSTITUCIONALIDAD	159
5.6	SITUACIONAL ACTUAL DEL MANEJO DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS	161
5.6.1	Principales problemas relacionados a la gestión y manejo de Tola.....	161
5.7	PLAN DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACION DEL ECOSISTEMAS DE TOLA.....	162
5.7.1	Manejo del ecosistema de tola.....	162
5.7.2	Gestión del conocimiento de ecosistemas de tola.	164
5.8	ASPECTOS BINACIONALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	171
5.9	PRIORIZACIÓN DE ACCIONES.....	171
5.10	DESCRIPCIÓN DE ACCIONES.....	173
5.10.1	Acciones de la estrategia 1: Manejo y conservación sostenible de la tola.....	173
5.10.2	Acciones de la estrategia 2: Gestión de financiamiento	175
5.10.3	Acciones de la estrategia 3: Monitoreo de la producción de tolares	176
5.10.4	Acciones de la estrategia 4: Caracterizar la biodiversidad en ecosistemas de tola ..	177

5.10.5	Acciones de la estrategia 5: Implementar normas de manejo de tola.....	177
5.10.6	Acciones de la estrategia 6: Fortalecimiento Institucional.....	178
5.10.7	Acciones de la estrategia 7: Comunicación y sensibilización para la protección de tola	179
5.10.8	Acciones de la estrategia 8: Comité binacional para el uso sostenible de tolares....	180
5.11	PRESUPUESTO GLOBAL	180
5.12	ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA	182
5.13	SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	183
5.14	CRONOGRAMA DE EJECUCION DEL PLAN.....	188
5.4	CONCLUSIONES.....	190
5.5	RECOMENDACIONES	190
	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	191

Contenido de Tablas

Tabla N°1.1. Categorización de especies amenazadas de flora silvestre en el Perú.....	17
Tabla N° 1.2. Categorización de especies amenazadas de flora silvestre en Bolivia	18
Tabla N° 1.3. Zonas hidrológicas del sistema TDPS	21
Tabla N° 1.4. Principales usos de la tola – TDPS Bolivia	27
Tabla N° 2.1. Puntos de muestreo georreferenciados en el ámbito peruano	30
Tabla N° 2.2. Puntos de muestreo georreferenciados en el ámbito boliviano	33
Tabla N° 2.3. Variables de análisis para determinar zonas de producción de tola	38
Tabla N° 2.4. Número de muestras por estrato	44
Tabla N° 2.5. Matriz de confusión para la evaluación de cobertura de tola.....	46
Tabla N° 2.6. Atributos e indicadores para evaluar el valor ecológico	51
Tabla N° 2.7. Valor relativo por atributo e indicador del ecosistema	51
Tabla N° 2.8. Escalas de valoración de florística del sitio	52
Tabla N°2.9. Escalas de valoración de la estabilidad del suelo	52
Tabla N° 2.10. Escalas de valoración de integridad biótica.....	52
Tabla N° 2.11. Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico	53
Tabla N° 2.12. Categorización de tola por tamaño	54
Tabla N° 2.13. Descripción de variables de análisis para la identificación de zonas de degradación de ecosistema de tolares	62
Tabla N° 3.1. Superficie cubierta con tolares tdps sector peruano.....	67
Tabla N° 3.2. Superficie y porcentaje de tipos y subtipos de tolares en el sistema TDPS-Bolivia. ..	69
Tabla N° 3.3. Superficie cubierta por país en el sistema TDPS-2001.....	70
Tabla N° 3.4. Superficie cubierta con tolares en el sector peruano (2001)	72
Tabla N° 3.5. Superficie cubierta con tolares en el sector boliviano (2001).....	73
Tabla N° 3.6. Superficie cubierta con tolares en zonas hidrológicas del sistema TDPS (2001)	74
Tabla N° 3.7. Superficie de tola en el sistema TDPS	75
Tabla N° 3.8. Superficie cubierta de tola en el sector de Perú (2022)	75
Tabla N° 3.9. Superficie de tola en el departamento de La Paz.....	78
Tabla N° 3.10. Superficie de tola en el departamento de Oruro	80
Tabla N° 3.11. Superficie de tola por zona hidrológica.....	82
Tabla N° 3.12. Coeficiente de kappa.....	84
Tabla N° 3.13. Escala de valores de coeficiente de kappa.....	84
Tabla N° 3.14. Pérdida de tola en el sistema TDPS.....	86
Tabla N° 3.15. Pérdida de tola a nivel de departamentos	86
Tabla N° 3.16. Pérdida de cobertura de tolares en las zonas hidrológicas del sistema TDPS	87
Tabla N° 3.17. Superficie de tola por zona de producción	89
Tabla N° 3.18. Superficie de tola por zona de producción según zona hidrológica	90
Tabla N° 3.19. Cobertura de tola en puntos de evaluación (Bolivia).....	92
Tabla N° 3.20. Cobertura de tola en parcelas de evaluación (Perú).....	99
Tabla N° 3.21. Especies vegetales presentes en tolares del sistema TDPS.....	103
Tabla N° 3.22. Valor de los indicadores en parcelas de referencia y parcelas de evaluación del ecosistema tolar del departamento de Puno - Perú	105
Tabla N° 3.23. Puntaje de los indicadores y estado de conservación de las parcelas evaluadas en el ecosistema tolar del departamento de Puno.....	106

Tabla N°3.24. Valor de los indicadores en parcelas de referencia y parcelas de evaluación del ecosistema tolar del departamento Oruro	107
Tabla N° 3.25. Puntaje de los indicadores y estado de conservación de las parcelas evaluadas en el ecosistema tolar del departamento de Oruro.....	108
Tabla N° 3.26. Valor de los indicadores en parcelas de referencia y parcelas de evaluación del ecosistema tolar del departamento de La Paz	108
Tabla N° 3.27. Puntaje de los indicadores y estado de conservación de las parcelas evaluadas en el ecosistema tolar del departamento de La Paz	109
Tabla N° 3.28. Estado de conservación de los tolares en el sistema TDPS	109
Tabla N° 3.29. Cantidad de muestras recolectadas en el departamento de Oruro - Bolivia	111
Tabla N° 3.30. Cantidad de muestras recolectadas en el departamento de Puno - Perú.....	112
Tabla N° 3.31. Densidad del arbusto tolar en el sistema TDPS.....	112
Tabla N° 3.32. Densidad del arbusto tolar según el tamaño en el sistema TDPS	113
Tabla N° 3.33. Biomasa verde y biomasa seca de tolares.....	114
Tabla N° 3.34. Producción de biomasa seca por componente en tms/ha	114
Tabla N° 3.35. Producción de biomasa de acuerdo a la superficie de cobertura tolar en el sistema TDPS.....	114
Tabla N° 3.36. Carbono (C) total acumulado y dióxido de carbono (CO ₂) absorbido en la biomasa aérea (tallos y hojas).....	115
Tabla N° 3.37. Carbono (C) total acumulado y dióxido de carbono (CO ₂) absorbido en la biomasa subterránea (raíz).....	116
Tabla N° 3.38. Carbono (C) total acumulado y dióxido de carbono (CO ₂) en toda la planta de tola (hoja, tallo y raíz)	116
Tabla N° 3.39. Carbono total acumulado y dióxido de carbono absorbido en los tolares del sistema TDPS.....	117
Tabla N° 3.40. Estimación de carbono total acumulado y dióxido de carbono absorbido según zonas homogéneas de producción	117
Tabla N° 3.41. Superficie de tola por zona priorización de intervención en el departamento de Puno	119
Tabla N° 3.42. Superficie de tola por zona priorización de intervención en el departamento de Tacna.....	120
Tabla N° 3.43. Superficie de tola por zona priorización de intervención en el departamento de Oruro	120
Tabla N° 3.44. Superficie de tola por zona priorización de intervención en el departamento de La Paz	122
Tabla N° 3.45. Superficie de tola por zona de priorización de intervención en las zonas hidrológicas	123
Tabla N° 3.46. Población total y por cuenca del sistema hídrico TDPS	125
Tabla N° 3.47. Servicios ecosistemicos/ funciones ambientales de los tolares.....	129
Tabla N° 5.1. Matriz de objetivo, estrategia y acciones para el manejo de los ecosistemas de tola	166
Tabla N° 5.2. Factores de evaluación	171
Tabla N° 5.3. Rangos de categorización por prioridad.....	172
Tabla N° 5.4. Resultados de la priorización de acciones	172
Tabla N° 5.5. Presupuesto estimado.....	180
Tabla N° 5.5. Plan de seguimiento y monitoreo.	184

Contenido de Figuras

Figura N° 1.1: A) Tolar de Suputola, B) Alpachtola, C) ChekaTolares, D) Taratolares, E) Lampayatolares, F) Jamachtolares.	26
Figura N° 2.1: Fases de la Metodología para la elaboración del Diagnóstico de la Situación Actual de los Tolares – Sistema Hídrico TDPS.	28
Figura N° 2.2: Metodología para la elaboración de la Estrategia Binacional para la Conservación, Protección y Recuperación de los Tolares – Sistema Hídrico TDPS.	29
Figura N° 2.3: Esquema metodológico de levantamiento de datos.	34
Figura N° 2.4: Esquema metodológico para la obtención de la cobertura vegetal de tolares.	36
Figura N° 2.5: Probabilidad de distribución de zonas de producción de tola mediante modelamiento de Máxima Entropía.	39
Figura N° 2.6: Esquema metodológico para determinar áreas de tola.	41
Figura N° 2.7: Metodología para la obtención de la superficie de cambio.	48
Figura N° 2.8: Esquema metodológico para la identificación de zonas homogéneas de producción de tola.	50
Figura N° 2.9: Fases de evaluación del estado del ecosistema tolar en el sistema TDPS.	53
Figura N° 2.10: Pasos para evaluar el estado del ecosistema tolar en el sistema TDPS.	54
Figura N° 2.11: (A). Parcela de evaluación de la comunidad de Viluyo del distrito de Pichicani – Puno. (B). Sub parcela de evaluación de la comunidad de Villacoma del distrito de Ilave – Puno. (C). Biomasa húmeda de follaje aéreo de arbusto de tola comunidad de Opoqueri del municipio de Corque – Oruro. (D). Biomasa húmeda de la parte radicular de la tola de la comunidad de Opoqueri del municipio de Corque – Oruro.	56
Figura N° 2.2.12: Esquema de la circulación de C en un ecosistema vegetal.	60
Figura N° 2.13: Esquema metodológico para la identificación de zonas de riesgos de degradación de tolares.	63
Figura N° 3.1: Panorámica del ecosistema tolar en la cuenca media del río Maure a 4.200 ms.n.m. (Puno).	66
Figura N° 3.2: Panorámica del paisaje en la zona alta de la provincia de Lampa, en la que no se observa la presencia de tolares.	76
Figura N° 3.3: (A). Tolar con altura mayor de dos metros. Fotografía Z. Gutiérrez ALT (2022). (B). Tolar con altura menor de un metro. (C). Tolares densos en suelos arenosos. (D). Tolares dispersos en suelos arenosos. Fotografías Y. Huahuachampi (2022) (E). <i>Cumulopuntia boliviana</i> protegida por ramas de <i>Parastrephia l.</i> Fotografía M. Zeballos MNHN (2022). (F). Cojines compactos de <i>Frankenia triandra</i> en la base de la tola. Fotografía Y. Huahuachampi (2022)	94
Figura N° 3.4: (A y B). Arbusto de <i>B. boliviensis</i> en floración. (C). Arbusto de <i>Fabiana densa</i> . (D) Asociación de <i>Taratola</i> y <i>Tolilla</i> en la comunidad de Challapata. (E). Tolillares en suelos pedregosos en la comunidad de Challapata – Oruro. Fuente: Fotografía. Huahuachampi. Y. (2022).	96
Figura N° 3.5: (A y B). Arbusto de <i>P. quadrangularis</i> . (C). Matorrales con <i>Lampaya castellani</i> y matas de <i>Iru ichu</i> . (D). Arbustos de <i>Lampaya</i> sobre dunas de arena.	98
Figura N° 3.6: (A). Tolares densos en el distrito de Pichacani. (B). Arbusto de <i>Parastrephia lepidophylla</i> en suelos franco - arenoso. (C). Asociación de arbustos pequeños de <i>Parastrephia lepidophylla</i> “Suputola” y (<i>Festuca orthophylla</i>) “Iru Ichu en la comunidad de Viluyo. (D). Asociación de arbustos de mediano porte de <i>Suputola</i> ” e “Iru Ichu en la comunidad de Conduriri. Fotografía. Huahuachampi (2022).	100

Figura N° 3.7: (A) Tolar de ladera. Comunidad alto Villacani, distrito de Juli, provincia de Chucuito – Puno. (B). Arbustos de <i>Baccharis incarum</i> en etapa fenológica de floración.	101
Figura N° 3.8: Familias representativas y número de especies vegetales sectores Sur del departamento de Oruro y Norte del departamento de La Paz.	102
Figura N° 3.9: Familias representativas y número de especies vegetales sectores Sur y Norte del departamento de Puno.	102
Figura N° 3.10: Porcentaje de ocupación (actividad desarrollada) de la población total entrevistada.	126
Figura N° 3.11: (A). Entrevista de campo en área de tolares aledaña a la comunidad de Viluyo del distrito de Pichicani (B). Encuesta de campo en área de tolares en el sector de Ferepiña del distrito de Huacullani. (C). Encuesta de campo en área de tolares aledaña a la comunidad de Viluta del distrito de Capazo y (D). Encuesta de campo en área de tolares aledaña al centro poblado de Alto Vilcallami del distrito de Juli. Fuente: Fotografía Huahuachampi, Y. y Quispe, L. (2022).	127
Figura N° 3.12: Uso de tola como leña en hornos de pan (Laraqueri, Puno).	132
Figura N° 3.13: Uso de tola en hornos de pan (Tiquillaca)	132
Figura N° 3.14: Tola cortada al ras del suelo.	132
Figura N° 3.15: Cargamento de tola en Puno.	133
Figura N° 3.16: Cargamento de tola con destino a la ciudad de Arequipa. Fotografía tomada el 15 de abril de 2023.	134
Figura N° 3.17: Almacén de bosta, utilizada como combustible en hornos de pan en el distrito de José Domingo Choquehuanaca.	135
Figura N° 3.18: Panorámica (Sta. Rosa-Puno) en la que se aprecia una ladera con cobertura de tolar..	137
Figura N° 3.19: Panorámica (Tiquillaca, Puno) en la que se aprecia la pérdida de tolar por la actividad agrícola.	137
Figura N° 3.20: Vista panorámica en la que se aprecia la presencia de tolares, en la que se realiza el pastoreo de ganado camélido en el municipio de Ulloma, Oruro-Bolivia.	138
Figura N° 3.21: Porcentaje del modo de extracción de la tola por la población del sistema hídrico TDPS (según datos de campo).	139
Figura N° 3.22: Tipo de manejo de los tolares de acuerdo a datos de la población total entrevistada. (según datos de campo).	140
Figura N° 3.23: (A). Leña de tola para uso doméstico en el distrito de Mazocruz – Oruro. Fuente: Fotografía de Huahuachampi. Y. (2022). (B y D). Vista de la leña descargada y fardeada para la calcinación de piedras de yeso en la comunidad de Vichaya. (C). Horno de calcinación de yeso, ubicada en la región sur del departamento de La Paz.	141
Figura N° 3.24: (A). Pastoreo abierto y continuo en tolares densos y dispersos Oruro. (B). Pastoreo abierto y continuo en tolares dispersos de 2 años descendiendo de la comunidad de Inka Pacheta del distrito de Juli – Puno.	142
Figura N° 3.25: (A). Quema no controlada en tolares densos – Oruro. (B y C). Arbusto de tola completamente quemado en tolares densos – Oruro.	143
Figura N° 3.26: (A). habilitación de parcelas para cultivo de quinua – Oruro. (B). habilitación de parcelas para cultivos en el distrito de Challapata – Oruro.	145
Figura N° 3.27: Expansión de área agrícola de cultivos Quinua en la subcuenca Orinoca.	146
Figura N° 3.28: Temperatura Promedio Anual.	147
Figura N° 3.29: Precipitación Promedio Anual.	148

Figura 5.1: Metodología para la formulación de estrategias.....	155
Figura 5.2: Esquema de causa y efecto para la pérdida de ecosistemas de tola por el manejo de tola	162
Figura 5.3: Esquema de causa y efecto para la pérdida de ecosistemas de tola por la gestión de conocimiento de la tola	164
Figura 5.4: Organización administrativa para la implementación de la estrategia de manejo de tolares.....	183

Contenido de Mapas

Mapa N°1.1: Zonas hidrológicas del Sistema Hídrico TDPS	22
Mapa N°1.2: División político administrativa del Sistema Hídrico TDPS	23
Mapa N°2.1: Ubicación de parcelas georreferenciadas en el ámbito peruano	31
Mapa N°2.2: Parcelas georreferenciadas en el ámbito boliviano.....	32
Mapa N°2.3: Área de referencia y puntos de verificación	43
Mapa N°3.1: Cobertura de tolar denso y disperso del ámbito peruano del Sistema TDPS	68
Mapa N°3.2: Superficie de tolares en el Sistema TDPS – año 2001.....	71
Mapa N°3.3: Superficie de tolares en los departamentos de Puno y Tacna – Perú	77
Mapa N°3.4: Superficie de tolares en el departamento de La Paz – Bolivia.....	79
Mapa N°3.5: Superficie de tolares en el departamento de Oruro - Bolivia.....	81
Mapa N°3.6: Superficie de tolares en el sistema TDPS por zona hidrológica	83
Mapa N° 3.7: Matriz de confusión – índice de kappa.....	85
Mapa N° 3.8: Pérdida de superficie de tolares en el sistema TDPS por zona hidrológica - año 2001 - 2022.....	88
Mapa N°3.9: Zonas de producción de tolares en el sistema TDPS por zona hidrológica	91
Mapa N°3.10: Estado de conservación de los tolares en el sistema TDPS	110
Mapa N°3.11: Priorización de zonas de intervención en el sistema TDPS.....	124

PRESENTACIÓN

En el ámbito del Sistema Hídrico Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coispasa (TDPS), desde la zona alta en Perú hasta el sur en Bolivia, existen diversos ecosistemas terrestres, conformados por diversidad de especies de flora y fauna silvestre, los que al mismo tiempo, constituyen la base de muchas actividades económicas de la población del altiplano peruano – boliviano; entre ellos, pajonales, matorrales y bofedales, que sostienen la ganadería, principalmente camélida (alpacas y llamas), además de ovinos y bovinos. No obstante, los pajonales y bofedales no son los únicos ecosistemas de importancia económica y ecológica, sino también, están los tolares conformados por diversas especies, que a través del tiempo son utilizados por las poblaciones del TDPS, principalmente rurales, quizá décadas atrás, sobre utilizada, un aspecto poco estudiado sistemáticamente; situación que dio lugar a que los países (Perú y Bolivia), acuerden encargar a la ALT la elaboración de la Estrategia Binacional orientada a la conservación, protección y recuperación de los tolares del TDPS, que inició con el diagnóstico de este ecosistema, permitiendo cuantificar la superficie de los tolares y determinar el estado de conservación, cuyos resultados se presentan en el presente documento. Cabe precisar que, tanto en la elaboración del Plan de trabajo, como en la ejecución, participaron de Bolivia representantes de los Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (MMAyA), del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN), de la Gobernación de Oruro (GADOR); y de Perú, el Ministerio del Ambiente (MINAM) y del Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT).

El trabajo de campo fue ejecutado por especialistas de la ALT con la participación de especialistas del Ministerio del Ambiente (MINAM), del Museo Nacional de Historia Natural de Bolivia (MNHN), y de la Gobernación de Oruro (GADOR); además, se ejecutó una fase de validación de campo, que consistió en la identificación y visita a centros poblados rurales y urbanos, para verificar el uso de la tola; así mismo, se visitó otras zonas del noroeste del TDPS a fin de verificar la presencia de estos arbustos que incluyen especies de las familias Asterácea y Solanácea. El objetivo es brindar la mayor información técnica que permita comprender la problemática y sus causas, para establecer la estrategia binacional de conservación y protección del ecosistema tolar. Abrigo la esperanza, que esta información sea de utilidad para quienes estén involucrados en la gestión y conservación de ecosistemas importantes, como los tolares del TDPS.

Juan José Ocola Salazar
Presidente Ejecutivo de la ALT

Capítulo I: ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los tolares están conformados por un conjunto de arbustos leñosos y semileñosos, nativos de los andes peruano-bolivianos. Se encuentran cubriendo gran parte de la superficie del Sistema TDPS, aunque su distribución va más allá de este territorio, observándolos frecuentemente en los Altiplanos Central y Sur y en los flancos de las Cordilleras Oriental y Occidental árido y semiárido. Muchos de ellos constituyendo parte de las praderas nativas de gran importancia económica principalmente para las poblaciones rurales; además de conformar un extenso ecosistema, que brinda importantes servicios ecosistémicos/funciones ambientales¹, de los cuales muy pocas veces se habla o muy poco se conoce de ellos.

Estos ecosistemas, tienen una notable importancia económica, ecológica y cultural en los sistemas de producción pastoriles, agropastoriles y agrosilvopastoriles de las tierras altas de Bolivia y Perú. La tola es una planta arbustiva estratégica para la conservación y recuperación de suelos, debido a su estructura biológica: sus raíces, alcanzan profundidades de más de un metro, además, de aportar materia orgánica al suelo, contribuyen a la protección de los suelos contra la erosión hídrica y eólica, así también, son un importante sumidero de carbono, y área de retención e infiltración de agua. La estructura de los tolares contribuye a mantener microclimas, al reducir la velocidad de los vientos favoreciendo el establecimiento y crecimiento de otras plantas de estrato bajo; contribuyen también a la estabilidad del ecosistema y son aporte como forraje para el ganado, y a la vez ofrecen protección para la fauna. (AIGACAA, 2002)

Las tolas no son especies palatables, por lo que no son consumidas en grandes cantidades por ovejas o llamas; excepto cuando escasean las gramíneas como consecuencias de las sequías, o cuando son cubiertas por la nieve, son consumidas con mayor recurrencia por este tipo de ganado.

Las poblaciones del ámbito rural, usan la tola como leña, y en el ámbito urbano como combustible en los hornos de pan, siendo esta, a través del tiempo, la principal causa de la degradación y perturbación de grandes extensiones de tolares.

En ese contexto, la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT), por encargo de los países de Perú y Bolivia, ha realizado el presente estudio binacional que establece

¹ Servicios Ecosistémicos (Perú)/Funciones Ambientales (Bolivia): Términos equivalentes para el presente documento.

líneas de acción orientadas a proteger y recuperar los tolares como ecosistemas de importancia ecológica, económica y ambiental, en beneficio de la población que habita en el Sistema TDPS; que toma en cuenta el estado actual de conservación de tolares; la cuantificación de la superficie, la identificación de la problemática, estimación del almacenamiento de carbono.

Así mismo, se realizaron talleres interinstitucionales para la socialización, retroalimentación y consenso de la “Estrategia Binacional para la conservación, protección y recuperación de los tolares del sistema TDPS”.

1.2 ANTECEDENTES

El Plan Director Global Binacional de Protección-Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coipasa (Sistema TDPS) de 1993, considera la preservación del ecosistema de la cuenca endorreica y el aprovechamiento racional de sus recursos, sin afectar la ecología regional, considerando las posibilidades de manejo y utilización de los recursos naturales de forma conjunta o individualmente por parte de Perú y Bolivia.

Existen escasos estudios relacionados con los tolares. Los pocos estudios que se realizaron están relacionados a la botánica de las diversas especies y los usos; no obstante, no existen estudios actuales relacionados con el estado de conservación de los tolares y a la verificación de la cantidad de superficie cubierta.

Respecto al estado de conservación, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), proporciona la lista roja de especies amenazadas de fauna y flora silvestre, producto del inventario más completo del estado de conservación de las especies de animales y plantas a nivel mundial, que por su robusta base científica es reconocida internacionalmente. Para ello utiliza un conjunto de criterios relevantes para todas las especies y todas las regiones del mundo, para evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies, estableciendo para ello las siguientes categorías de amenaza: Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT). En ese contexto, el Perú mediante D.S. 043-AG-2006 de Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre categoriza a dos especies de Tola como amenazadas (**Tabla N° 1.1**).

TABLA N°1.1. CATEGORIZACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS DE FLORA SILVESTRE EN EL PERU

Especies	Nombre común	Categoría
<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera	Suputhola	Vulnerable (VU)
<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	Choa thola, khoa t'ola (aymará), thola pulika, (quechua), alpachthola	Vulnerable (VU)

Fuente: Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre del Perú, 2018

Se considera que es “Vulnerable” (VU), cuando la mejor evidencia disponible acerca de un taxón indica que existe una reducción de sus poblaciones, su distribución geográfica se encuentra limitada (**menos de 20.000 km²**), el tamaño de la población estimada es menos de 10.000 individuos y el análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en estado silvestre es de por lo menos 10% dentro de 100 años.

En lo que respecta a “especies con estatus de conservación” en Bolivia, las especies amenazadas se encuentran reportadas en el Libro Rojo de la Flora Amenazada de Bolivia, correspondiente a la Zona Andina (Ministerio de Medio Ambiente y Agua 2012).

Las especies se encuentran incluidas en las siguientes categorías:

TABLA N° 1.2. CATEGORIZACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS DE FLORA SILVESTRE EN BOLIVIA

Especies	Nombre común	Categoría
<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera	Suputhola	En Peligro (EN)
<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	Choa thola, khoa t'ola (aymará), thola pulika, (quechua), alpachthola	Vulnerable (VU)
<i>Lampayo castellanii</i> Moldenke	Lampaya	Vulnerable (VU)

Fuente: Libro Rojo de la Flora Amenazada de Bolivia, 2012

Se considera una especie En Peligro (EN), cuando la mejor evidencia disponible acerca de un taxón indica que existe una reducción de sus poblaciones, su distribución geográfica se encuentra limitada (menos de **5.000 km²**), el tamaño de la población estimada en menos de 2.500 individuos maduros y el análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en estado silvestre es de por lo menos el 20% en 20 años o cinco generaciones y Vulnerable (VU): Cuando se considera que está enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre.

La información señalada anteriormente, es un buen referente que permite tener una idea clara de que cinco especies de tola se encuentran en alguna categoría de amenaza, aspecto que demandará realizar estudios con mayor detalle para verificar si aún se mantienen estas categorías.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Establecer acciones estratégicas binacionales, para la conservación, uso sostenible, protección y recuperación de los tolares en Sistema TDPS, teniendo en cuenta la importancia socio económica, ambiental y ecológica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar la superficie cubierta por la tola en el Sistema TDPS
- Zonificar las áreas de intervención dentro del sistema TDPS
- Conocer referencialmente el estado de conservación de los tolares
- Identificar la problemática sobre el estado actual de los tolares dentro del sistema TDPS.
- Establecer los lineamientos estratégicos binacionales para la conservación, protección, uso sostenible y recuperación de los tolares en el sistema TDPS.

1.4 ALCANCES

La formulación de las acciones estratégicas para la conservación, protección y recuperación de los tolares en el ámbito del Sistema TDPS, comprende la evaluación y cuantificación de la superficie del TDPS cubierta de tolares, evaluación del estado de conservación del ecosistema tolar a través de mediciones de campo, caracterización biológica de la tola y composición de especies vegetales, identificación y descripción de los usos, identificación de los servicios ecosistémicos/funciones ambientales, determinación de la pérdida de tolares, identificación de las causas de incidencia en la pérdida, información útil para la formulación de la Estrategia.

1.5 ACTIVIDADES REALIZADAS

Para lograr los objetivos planteados, se realizaron diversas actividades. En primer lugar, se preparó el correspondiente Plan de trabajo, basado en la recopilación de la información pertinente. Igualmente se llevaron a cabo reuniones de trabajo con autoridades de Perú y Bolivia que realizan trabajos orientados a la protección y conservación del ecosistema tolar en el ámbito del Sistema Hídrico TDPS; así como el involucramiento formal del Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM), como del Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT), y de Bolivia a la Gobernación de Oruro (GADOR), el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (MMAyA), y el Museo Nacional de Historia Natural (MNHN).

Se colocó especial énfasis en los aspectos metodológicos, teniendo en cuenta la extensión del territorio del TDPS, la escasa información relacionada respecto al estado de conservación de los tolares, determinando en consenso la aplicación de técnicas de teledetección para la caracterización del ecosistema, evaluación de las parcelas en campo, zonificación de áreas productivas, y la identificación de áreas con prioridad de intervención.

Finalmente, se establecieron los Lineamientos Estratégicos de acuerdo a las normativas de cada país orientadas al manejo y conservación del ecosistema tolar.

Para la aprobación del documento “Estrategia Binacional para la conservación, protección y recuperación de los tolares”, por las instituciones nacionales y subnacionales de ambos países Perú y Bolivia, el documento fue presentando en talleres de trabajo.

1.6 MARCO LEGAL

Perú

- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente
- Ley N° 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
- Ley N° 26839. Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica.
- Ley N° 26821. Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM, Política Nacional del Ambiente al 2030.
- Resolución Ministerial N° 440-2018-MINAM. Mapa Nacional de Ecosistemas y el documento de Definiciones Conceptuales de los ecosistemas
- Resolución Ministerial N°066-2016-MINAM. Guía General del Plan de Compensación Ambiental. Lima, Perú: MINAM.
- Resolución Ministerial N°183-2016-MINAM. Guía para la Compensación Ambiental: ecosistemas altoandinos. Lima, Perú: MINAM.
- Resolución Ministerial N°398-2014-MINAM. Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental.
- Resolución Ministerial N°059-2015-MINAM Guía de inventario de la flora y vegetación. Lima, Perú: MINAM.
- Resolución Ministerial N°178-2019-MINAM, Lineamientos de Proyectos de Inversión en Ecosistemas, Especies y Apoyo Uso Sostenible
- Decreto Supremo N°043-2006-AG Aprueban Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre

Bolivia

- Ley N°1333 de Medio Ambiente.
- Ley N° 300 Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien.
- Ley N° 071 de Derechos de la Madre Tierra.
- Ley N° 3754. Protección de tolares en el Municipio de Corque como Capital de la Tola del Departamento de Oruro.
- Ley N° 3358 – Manejo y mejoramiento de praderas nativas del altiplano.
- Resolución Ministerial N°131. Reglamento especial de desmonte y quemas controladas
- Resolución -administrativa ABT N°185 – 2017. Manual de desmonte, Mantenimientos de campos de pastoreo y quema controlada.
- Estrategia Nacional y Plan de Acción de la Biodiversidad del Estado Plurinacional de Bolivia (2018 – 2030).

1.7 ÁMBITO DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el ámbito del Sistema TDPS ubicado entre los territorios de Perú y Bolivia, geográficamente entre las coordenadas UTM 271.440,79 W – 777.225,33 W; y 8°446.811,38 S -7°763.384,67 S, que abarca una superficie de 145.253,12 km² y comprende parte de la región altiplánica de los departamentos de Puno y Tacna, en Perú y los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí en Bolivia. **Mapa N° 1.1.**

El Sistema TDPS es una cuenca endorreica, conformada por 14 zonas hidrológicas principales: Huancané, Ramis, Coata, Illpa, Ilave, Suches, Huaycho, Circunlacustre, Katari, Alto Desaguadero, Mauri, Medio Desaguadero, Poopó y Coipasa. **Tabla N° 1.3.**

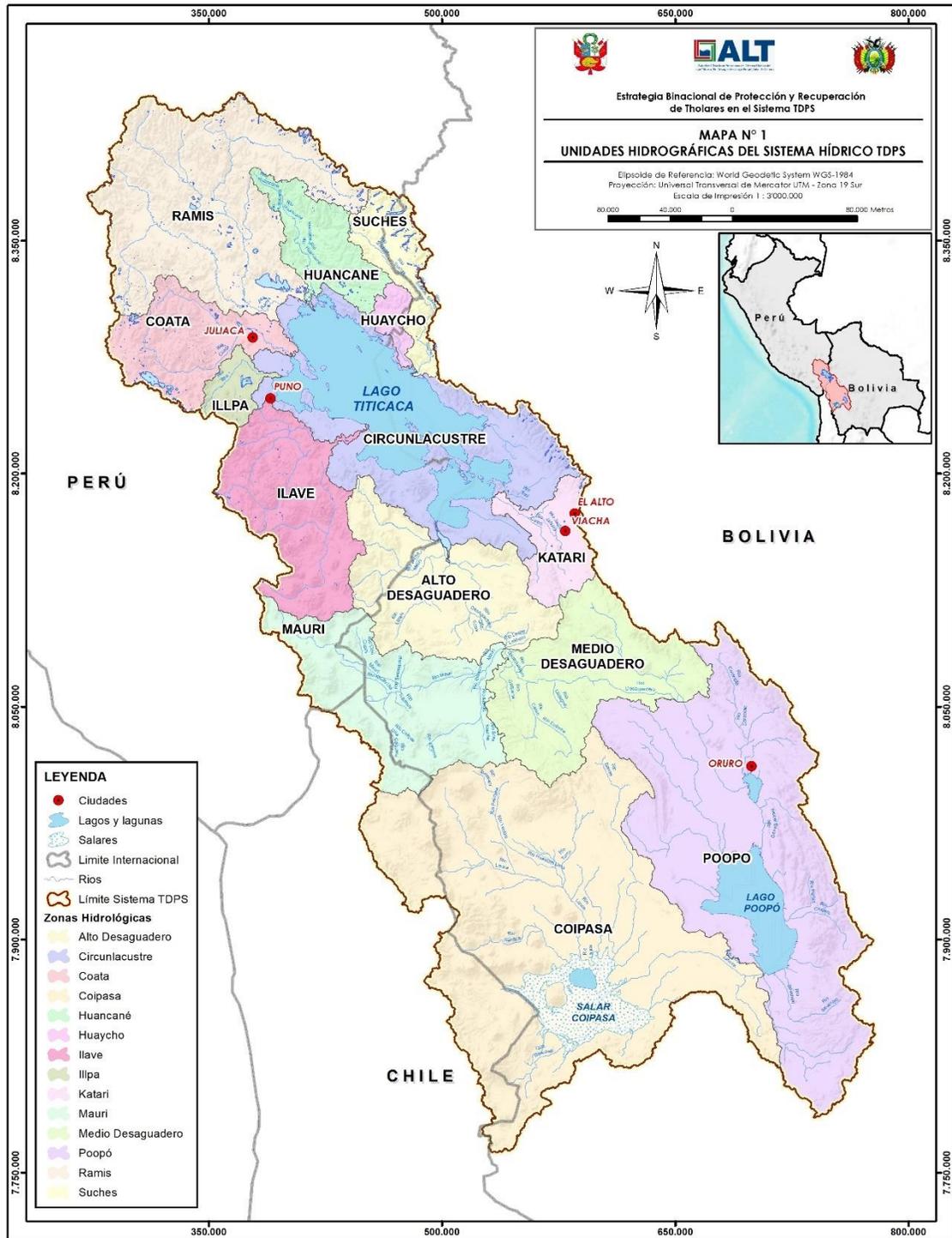
TABLA N° 1.3. ZONAS HIDROLÓGICAS DEL SISTEMA TDPS

País	Zonas Hidrológicas	Superficie (km ²)
Perú	Ramis	15.436,65
	Huancané	3.556,37
	Coata	5.196,86
	Illpa	1.307,09
	Ilave	7.828,24
Transfronterizas	Suches	3.039,44
	Huaycho	838,54
	Circunlacustre	16.979,03
	Alto Desaguadero	9.301,89
	Mauri	9.919,24
Bolivia	Katari	2.868,02
	Medio Desaguadero	9.397,51
	Poopó	25.401,69
	Coipasa	34.182,53
Total		145,253.12

Fuente. ALT, 2021

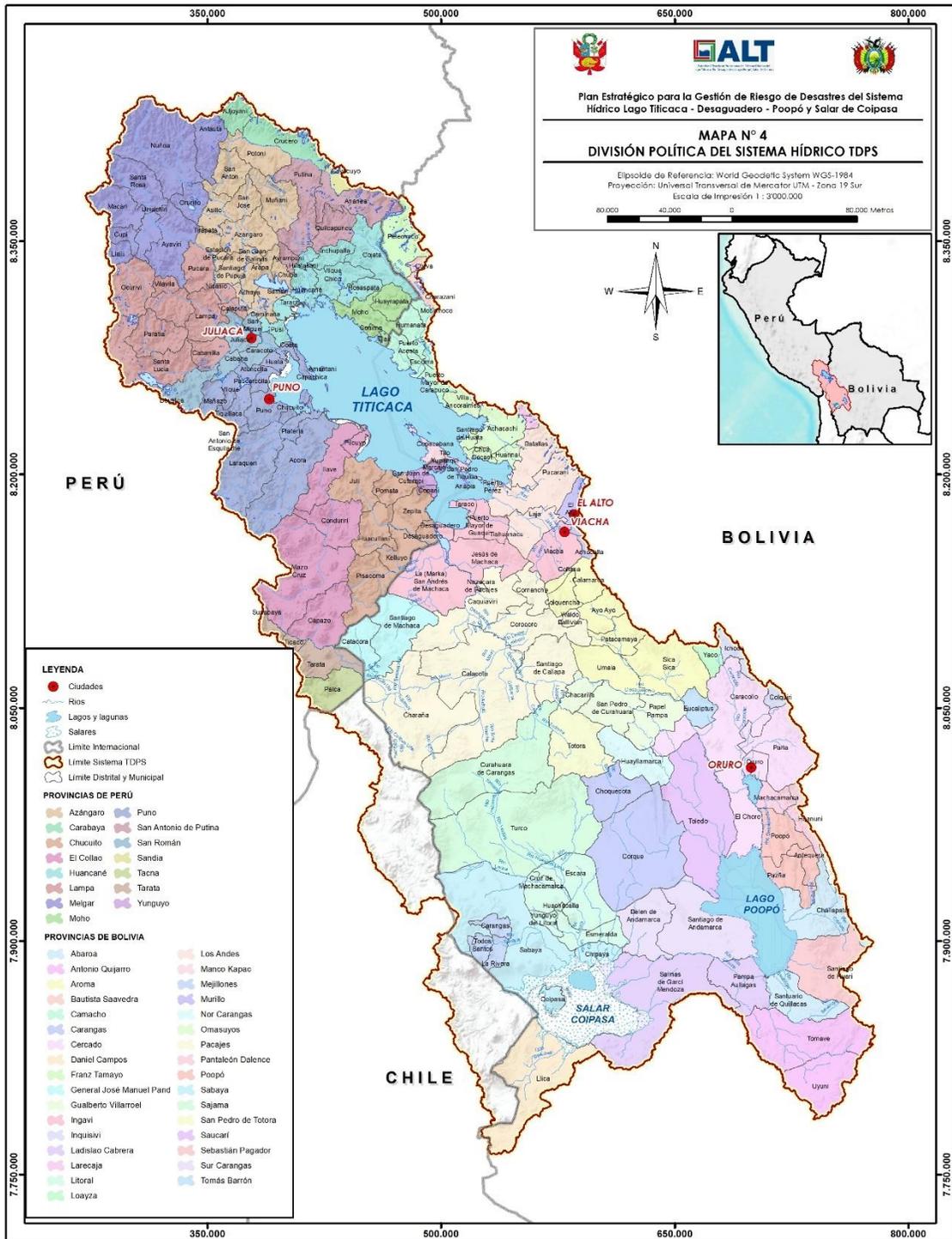
La distribución político-administrativa en Perú comprende el departamento de Puno, 13 provincias y 92 distritos, y el departamento de Tacna 2 provincias y 4 distritos. En Bolivia, comprende parte de tres departamentos: La Paz, con 14 provincias y 52 municipios; el departamento de Oruro con 16 provincias y 36 municipios y el departamento de Potosí con 2 provincias y 3 municipios. **Mapa N° 1.2.**

MAPA N°1.1: ZONAS HIDROLÓGICAS DEL SISTEMA HÍDRICO TDPS



Fuente: ALT, 2021

MAPA N° 1.2: DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA DEL SISTEMA HÍDRICO TDPS



Fuente: ALT, 2021

1.8 ASPECTOS GENERALES

1.8.1 Distribución geográfica

La tola se distribuye en la región altoandina y altiplánica de Bolivia, Perú, Chile y Argentina. En Bolivia, en los departamentos de La Paz y Oruro, principalmente en las provincias Ladislao Cabrera, Sajama, San Pedro de Totora, Saucará, Sebastián, Pagador; Sud Carangas. (Tapia, 2020). En Perú, en el departamento de Puno. La distribución de tola se encuentra en un rango altitudinal que varía entre los 3.500 y 5.000 ms.n.m., ocasionalmente en algunos lugares de piso altoandino, en zonas planas y laderas pedregosas.

1.8.2 Uso de la palabra tola

Los pobladores alto andinos del TDPS, usan cotidianamente la palabra “Tola” para referirse a una planta nativa, arbustiva, leñosa, perenne y de hojas verdes, en algunos casos, resinosas, cuya altura máxima se acerca a los 2 m. La escritura de la palabra Tola es muy variable: t’ola, t’ula, tola o thola; no obstante, en aymara la forma correcta de escribir, según el diccionario aymara es t’ula, que en español significa “leña”; sin embargo, por la re fonetización al idioma castellano se escribe como “TOLA” (Gómez, 1999, citado por Alzérreca *et al.*, 2003). El término en mención será utilizado en el presente estudio.

1.8.3 Aspectos básicos de la biología de la tola

Los tolares son formaciones vegetales, perennes y siempre verdes con alto contenido de resina, como las especies de los géneros *Parastrephia*, *Baccharis* de la familia Asterácea, ambos predominantes en laderas y quebradas, acompañadas de las especies de los géneros *Festuca* y *Stipa* (Aguirre, 2016); y Lampayo, ésta última con características totalmente diferentes a las dos primeras, al tratarse de un arbusto carente de resina. Crecen en laderas pedregosas, cimas de laderas y planicies de suelo seco con textura mediana y ligera. Es una especie forestal que crece entre los 3.500 y 4.200 ms.n.m. junto a otras especies como queñuales y pajonales de porte más bajo, aunque Tapia (2020) indica que esta puede crecer hasta los 5.000 ms.n.m.

La *Parastrephia* y *Baccharis*, son géneros de tola muy comunes, con características morfológicas diferentes, que se caracterizan por la presencia de muchas ramas y hojas resinosas, con olor intenso como de “pino”; tal es el caso de la *Parastrephia*, cubiertas de pelos suaves, con alturas de 0,5 a 2,0 m, con cobertura foliar promedio de 1.971 cm² y un área basal promedio de 106,4 cm² (Tapia, 2020). Las hojas enteras semiagudas en el ápice y ensanchadas en la base, están dispuestas en espiral, apretadas en forma de escamas, enteras, ovaladas y carnosas. Tiene flores agrupadas en capítulos o cabezuelas, solitarias en los ápices de las ramitas, de color amarillo y los frutos son aquenios turbinados de 0,2 a 0,3 cm de color casi marrón, presentan pelos finos, en la parte superior el aspecto de plumas, de color blancuzco. Tienen una raíz principal y raíces secundarias ramificadas y lignificadas, cuya longitud oscila entre 0,40 a 1 m. El tallo primario no es notorio, los tallos secundarios son de forma cilíndrica, erectos y resinosos (Tapia, 2020).

En general los tolares crecen en suelos de textura gruesa y de baja fertilidad natural y muy susceptibles a la erosión eólica cuando se encuentran con escasa cobertura vegetal o descubiertos (Cárdenas *et al.*, 2015).

1.8.4 Tipos de tolares

Durante el recorrido por el territorio del TDPS, es común observar grandes extensiones de tolares de color verde olivo, no obstante, no es posible distinguir a qué tipo de tolar pertenecen. Según Alzérreca *et al.* 2002, existen los siguientes tipos:

1. **Saputolares.**- representados por la *Parastrephia lepidophylla* (saputola), que crece en las llanuras y en quebradas del TDPS. Es una de las especies de mayor tamaño, y es la que produce mayor cantidad de leña en relación a otras especies, razón por la cual es la especie de mayor explotación como leña. Ver **Figura N° 1.1 A).**
2. **Alpachtolares.**- formados por *Parastrephia quadrangularis* (alpachtola), crece en asociación con pajonales de iru ichu. Es una especie de no más de 70 cm de altura. Crece en suelos generalmente arenosos, en lugares con presencia de piedras pequeñas. Ver **Figura N° 1.1 B)**
3. **Ch'ekatolares.**- formado por *Parastrephia lucida* y/o *Parastrephia phyllicaeformis* (ch'iqat'ula y/o p'isquit'ula). Crece en suelos arenosas, en ribera de ríos, y en suelos alcalinos, debido a que es tolerante a suelos salinos. Ver **Figura N° 1.1 C)**
4. **Ñakatolares.**- Tolar formado por *Baccharis tola*. Crece en suelos planos (llanuras) y en laderas pedregosas, en asociación con otras especies, entre ellos algunas gramíneas como el iru ichu, en zonas altoandinas, áridos y semiáridos, de Bolivia, Venezuela, Argentina, Chile y Perú (Ventura, 2018).
5. **Taratolares.**- Tolar en el que predomina la *Fabiana densa*, conocida comúnmente como taratola o amamaytola, que crece en asociación con otras especies vegetales, generalmente en laderas pedregosas, con afloramientos rocosos. Ver **Figura N° 1.1 D).**
6. **Lampayatolares.**- Tolar típico, representado por *Lampayo castellani*, que crece generalmente en las llanuras del altiplano semiárido en el departamento de Oruro, en suelos arenosos en asociación con la paja brava (*Festuca orthophylla*). Son buenos estabilizadores de dunas. Este tipo de tolar es usado principalmente en el pastoreo de llamas y ovinos. Ver **Figura N° 1.1 E)**
7. **Jamachtolares.**- En este tipo de tolar, predomina la *Baccharis boliviensis*, que crece en asociación con otras especies de tola (ñakatola, taratola, etc.) y con ichu, principalmente en laderas pedregosas. Ver **Figura N° 1.1 F)**



Figura N° 1.1: A) Tolar de Suputola, B) Alpachtola, C) ChekaTolares, D) Taratolares, E) Lampayatolares, F) Jamachtolares. Fuente: Manual de Manejo y Uso Sostenible de la Tola y los Tolares, 2002

1.8.5 Principales usos de la tola

La tola no es un simple arbusto que forma extensos ecosistemas de tolares en el TDPS, sino, que tiene diversidad de usos, principalmente por las poblaciones rurales que tienen acceso a este importante recurso. Alzérreca *et al.*, 2003 reporta para el sector boliviano un listado importante de usos: 18 especies como medicina tradicional humana, 4 especies como

medicina animal y 2 especies como forraje; así como para teñir lana de ovino con 5 colores diferentes. Ver **Tabla N° 1.4**.

TABLA N° 1.4. PRINCIPALES USOS DE LA TOLA – TDPS BOLIVIA

Tipo de uso	Especies utilizadas		Parte de la planta	Cantidad aproximada (g)
	Nombre común	Nombre científico		
MEDICINA HUMANA				
Resfrío-fiebre	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja	1
	Nakatola	<i>Baccharis incarum</i>	Hoja	1
Tos-fiebre	Ñakatola	<i>Baccharis incarum</i>	Hoja	1
Mal de aire	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja	10
Golpes	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja	10
Dolor estomacal	Chachacoma	<i>Baccharis microphylla</i>	Hoja	1
Parásitos internos - lombrices	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja	2
Diarrea	Ñakatola	<i>Baccharis incarum</i>	Hoja	3
Tos	Tara tara	<i>Fabiana densa</i>	Hoja	1
Fractura de huesos	Tara tara	<i>Fabiana densa</i>	Hoja	250
Temperatura	Quwatola	<i>Parastrephia phylicaeformis</i>	Hoja	250
Mal de aire	Tulqatola	<i>Parastrephia quadrangularis</i>	Hoja	1
Mal de aire	Viscachatola	<i>Chersodoma jodoppapa</i>	Hoja	1 1/2
Fracturas de hueso	Chachacoma	<i>Baccharis microphylla</i>	Hoja	250
Vesícula biliar, riñones y fiebre	Amañoque	<i>Ombrophytum subterraneum</i>	Fruto	Variable
Dolor estomacal	Ñakatola	<i>Baccharis incarum</i>	Hoja	1
Agotamiento físico	Lampaya	<i>Lampaya castellani</i>	Hoja/leño	10
Alimento amañoque	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Fruto	Variable
Miel	Nakatola	<i>Baccharis incarum</i>	Resina	Variable
MEDICINA ANIMAL				
Fracturas y quebraduras de hueso	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja	75
	Nakatola	<i>Baccharis incarum</i>	Hoja	75
	Tara tara	<i>Fabiana densa</i>	Hoja	75
Fiebre	Tara tara	<i>Fabiana densa</i>	Hoja	250
Diarrea	Ñakatola	<i>Baccharis tola</i>	Hoja	3
Fractura de hueso	Quwatola	<i>Parastrephia phylicaeformis</i>	Hoja	250
ALIMENTO PARA GANADO				
Forraje	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Ramillas tiernas	Variable
Forraje	Chachacoma	<i>Baccharis microphylla</i>	Ramillas tiernas	Variable
TENIDO: Lana de ovino				
Color verde paca	Chekatola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja fresca	-
Color verde lechuga	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja fresca	-
Color violeta	Lampaya	<i>Lampaya castellani</i>	Hoja fresca	-
Color verde petróleo	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja fresca	-
Color verde claro	Suputola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hoja seca	-
Color café guindo	Lampaya	<i>Lampaya castellani</i>	Hoja seca	-

Fuente: Alzérreca *et al.*, 2003.

Como se observa en la Tabla N° 1.4, las especies de mayor uso identificadas, son la *Parastrephia lepidophylla* (Suputola) y *Baccharis incarum* actualmente denominada *Baccharis tola* (Ñakatola). Los usos antes señalados, demuestran la importancia de los tolares, los que además tienen un gran potencial para la producción industrial de tintes orgánicos.

Capítulo II

ASPECTOS METODOLOGICOS

2.1 INTRODUCCION

Para el logro de los objetivos planteados en el presente estudio, se estableció un procedimiento metodológico general (ver **Figura N° 2.1**), que indica los pasos secuenciales, en cada una de las tres fases establecidas, ello con la finalidad de levantar y sistematizar adecuadamente toda la información (primaria y secundaria), que conduzca al conocimiento y entendimiento de la situación actual de los tolares el Sistema TDPS, cuyo producto final es el Diagnóstico de la situación de los tolares, y la propuesta de **acciones estratégicas concretas, establecidas a partir de las causas de degradación**, orientadas a la conservación, uso sostenible, protección y recuperación de estos ecosistemas. Cabe precisar que la Fase III incluye sus procedimientos metodológicos específicos.



Figura N° 2.1: Fases de la Metodología para la elaboración del Diagnóstico de la Situación Actual de los Tolares – Sistema Hídrico TDPS. Fuente: Elaboración propia, 2022

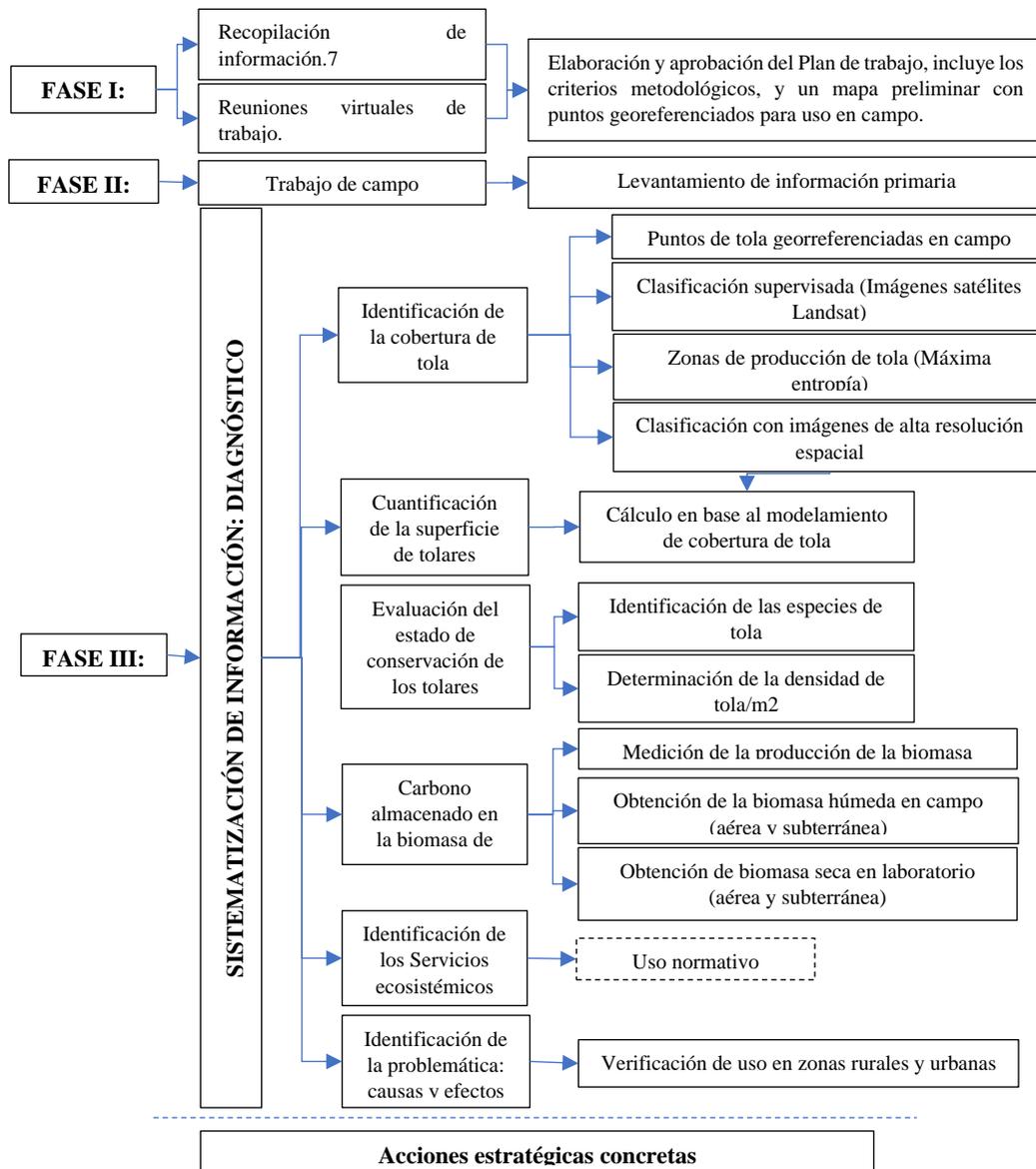


Figura N° 2.2: Metodología para la elaboración de la Estrategia Binacional para la Conservación, Protección y Recuperación de los Tolares – Sistema Hídrico TDPS. Fuente: Elaboración propia, 2022

2.2 FASE I: GABINETE

En esta fase se realizó la recopilación y revisión de la información secundaria, base para la elaboración del Plan de trabajo; se llevaron a cabo reuniones virtuales de trabajo con especialistas del Ministerio del Ambiente de Perú; y de Bolivia, con especialistas del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), de la Gobernación de Oruro y del Museo Nacional de Historia Natural, con la finalidad de establecer los alcances del estudio, y consensuar los aspectos metodológicos.

2.3 FASE II: TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se llevó a cabo con la participación de dos equipos de profesionales conformados por especialistas de la ALT, en el caso de Perú del Ministerio del Ambiente; y en Bolivia del Museo Nacional de Historia Natural y la Gobernación de Oruro, según lo establecido en el Plan de trabajo, quienes recorrieron sistemáticamente diversas zonas del TDPS en el sector peruano y el sector boliviano. El objetivo fue levantar la **información primaria** basada en la verificación de la presencia de tolares, tomar información de coordenadas geográficas; evaluación “in situ” del estado de conservación de los tolares, mediante la aplicación de parcelas, determinación “in situ” de la densidad de tola, identificación de las especies de tola; así como la recolección de muestras para la determinación de la captura de carbono y biomasa seca.

Para la evaluación de la cobertura de tola, se identificó puntos con cobertura más densa, identificando parcelas de 20 x 5 m², en cada uno de los puntos se aplicó la metodología descrita en el punto 2.4.

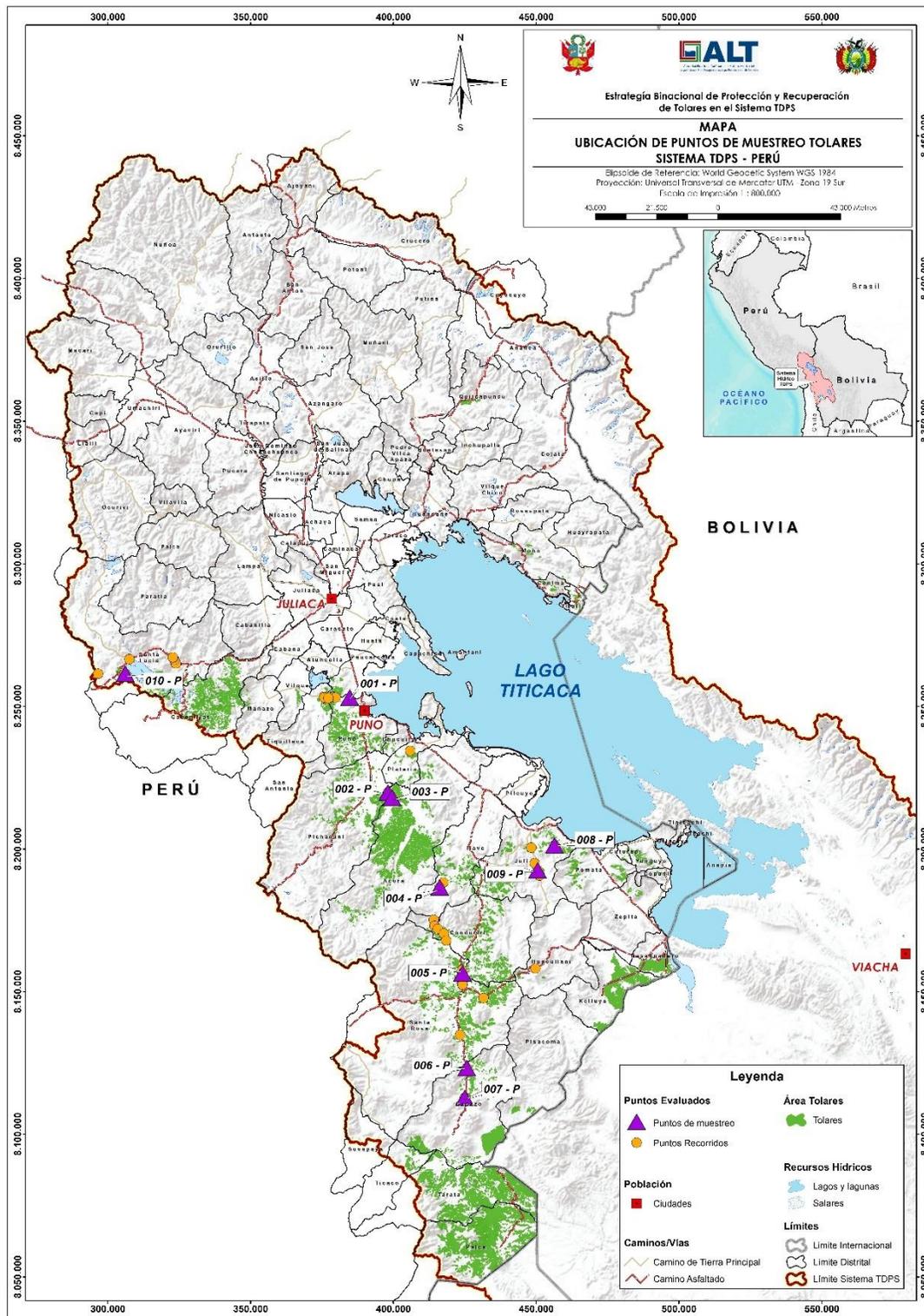
En la **Tabla N° 2.1 y 2.2** se describe la ubicación de los puntos donde se realizó el muestreo y la evaluación de la cobertura de tola.

TABLA N° 2.1. PUNTOS DE MUESTREO GEORREFERENCIADOS EN EL ÁMBITO PERUANO

Código de parcela	Comunidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura (ms.n.m)
					X	Y	
001 – P	Tiquillaca	Tiquillaca	Puno	Puno	384735,6	8253089,2	3242
002 – P	Viluyo	Pichacani	Puno	Puno	398114,5	8219794,3	3947
003 – P	Taypiplaya	Acora	Puno	Puno	399582,3	8217993,5	3987
004 – P	Villacoma	Ilave	El Collao	Puno	416248,4	8186558,6	4291
005 – P	Conduririr	Santa Rosa	El Collao	Puno	424242,1	8156431,5	4020
006 – P	Mazo Cruz	Santa Rosa	El Collao	Puno	425728,8	8123217,3	4115
007 – P	Challa Mocco	Capazo	El Collao	Puno	425023,5	8112746,6	4273
008 – P	Alto Vilcallami	Juli	Chucuito	Puno	456492,0	8201239,1	4086
009 – P	Inca Apacheta	Juli	Chucuito	Puno	450549,7	8192510,9	4137
010 – P	Pacu Pacuni	Santa Lucia	Lampa	Puno	306103,0	8261415,0	4025

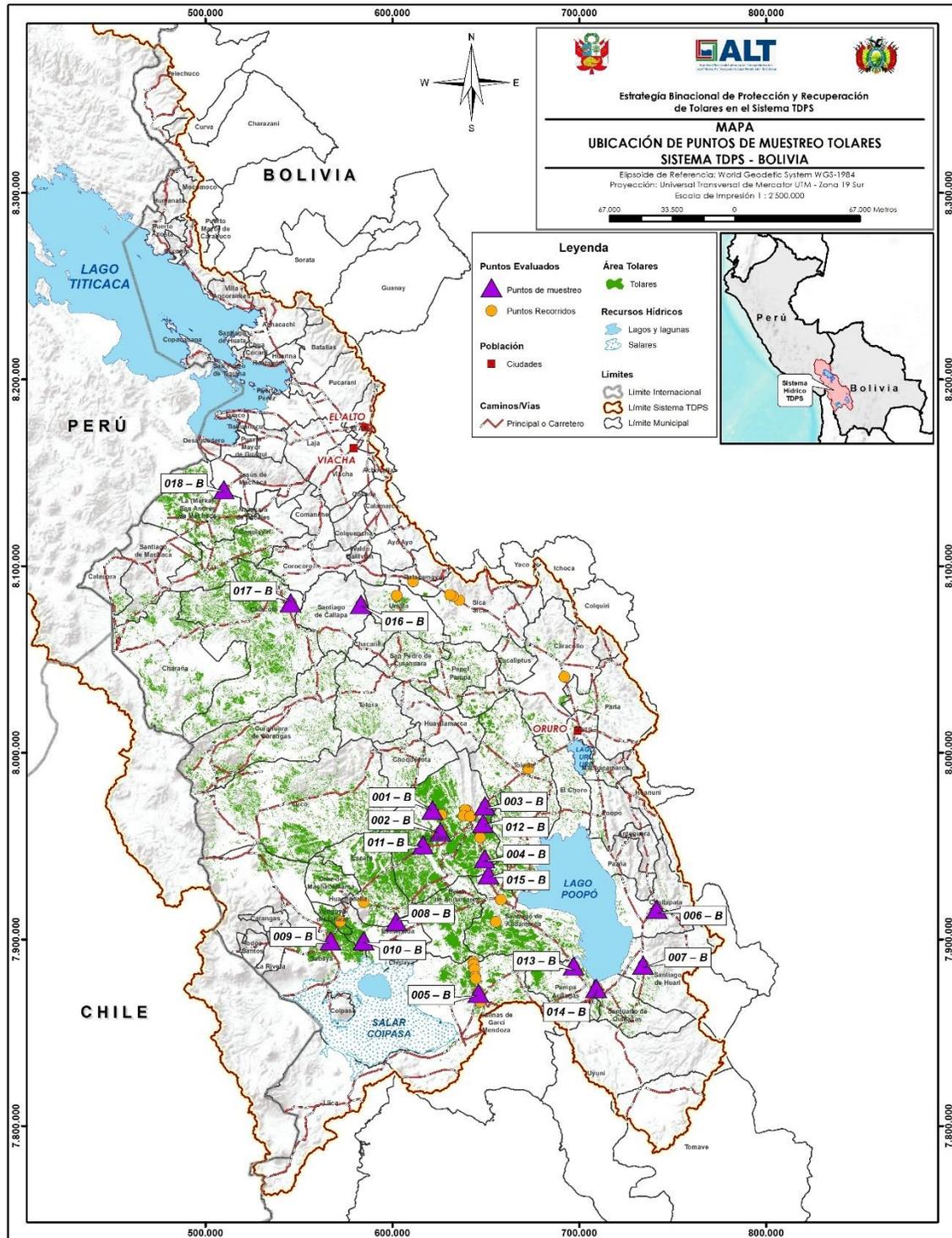
Fuente: Elaboración propia, 2022

MAPA N° 2.1: UBICACIÓN DE PARCELAS GEORREFERENCIADAS EN EL ÁMBITO PERUANO



Fuente: Elaboración propia, 2022.

MAPA N° 2.2: PARCELAS GEORREFERENCIADAS EN EL ÁMBITO BOLIVIANO



Fuente: Elaboración propia, 2022

TABLA N° 2.2. PUNTOS DE MUESTREO GEORREFERENCIADOS EN EL ÁMBITO BOLIVIANO

Código de parcela	Comunidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)
					X	Y	
001 – B	Pomata Alta	Corque	Carangas	Oruro	621730,0	7969413,0	3802
002 – B	Opoqueri	Corque	Carangas	Oruro	616603,0	7950751,0	3784
003 – B	Estancia Playa Verde	Corque	Carangas	Oruro	648873,8	7962352,5	3780
004 – B	Estancia de Rosapata	Santiago de Andamarca	Sur de Carangas	Oruro	651628,0	7934627,7	3778
005 – B	San Martín	Salinas de Garci Mendoza	Ladislao Cabrera	Oruro	646309,8	7871176,3	3741
006 – B	Pequereque	Challapata	Eduardo de Avaroa	Oruro	741698,6	7916254,4	3828
007 – B	Condo	Santiago de Wari	Sebastián Pagador	Oruro	734431,0	7886280,3	3777
008 – B	Estancia Vila Phusurata	Esmeralda	Litoral	Oruro	602328,0	7909620,0	3720
009 – B	Sabaya	Sabaya	Sabaya	Oruro	567233,0	7899309,0	3714
010 – B	Payrumani	Escara	Litoral	Oruro	584894,0	7899309,0	3714
011 – B	Caripaya	Corque	Carangas	Oruro	625882,0	7957749,0	3845
012 – B	Villa Copacabana	Corque	Carangas	Oruro	649700,0	7971689,0	3745
013 – B	Estancia Junuta	Pampa Aullagas	Ladislao Cabrera	Oruro	697283,0	7885735,0	3702
014 – B	Sato	Santuario de Quillacas	Abaroa	Oruro	709366,0	7873947,0	3716
015 – B	Laca Laca	Corque	Carangas	Oruro	649580,0	7943298,0	3773
016 – B	Villa La Paz	Santiago de Callapa	Pacajes	La Paz	583469,4	8079640,2	4033
017 – B	Cruzani	Calacoto	Pacajes	La Paz	545844,8	8080484,8	3855
018 – B	Aguallamaya	San Andrés de Machaca	Ingavi	La Paz	510077,7	8141117,0	3891

Fuente: Elaboración propia, 2022

2.4 FASE III: SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN – DIAGNÓSTICO

En esta fase se revisó y se sistematizó la información obtenida en campo, respecto a las áreas con cobertura de tolares, utilizando para ello imágenes satelitales Landsat de 30 metros de resolución espacial; así mismo, se realizó el análisis de la **información secundaria** relacionada con los aspectos biológicos de la tola, como la evaluación de los resultados de los análisis de carbono², entre otros aspectos, para ello se estableció el respectivo proceso metodológico, según se observa en la **Figura N° 2.3**.

² Los análisis de carbono se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

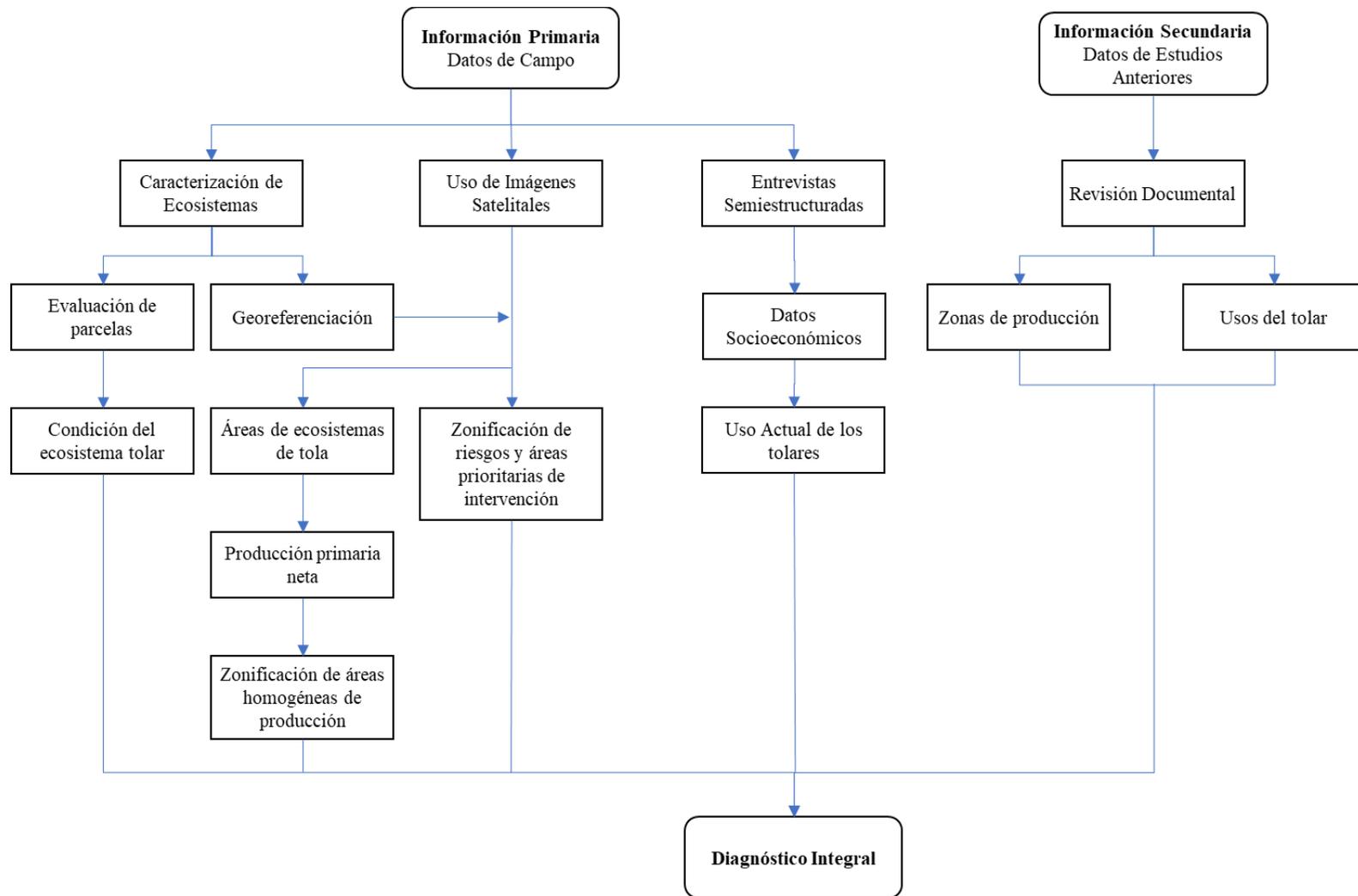


Figura N° 2.3: Esquema metodológico de levantamiento de datos. Fuente: Elaboración propia, 2022

2.4.1 Cuantificación de la Superficie de la Cobertura Vegetal de tolares – Año 2001

Las estrategias de planificación de las actividades orientadas a la conservación de los ecosistemas de tola requiere un análisis de cambio de cobertura generados en la escala del tiempo, de tal forma que permitan dimensionar los efectos inmediatos y futuros; a partir de estas condiciones se evaluaron las superficies existentes a lo largo de 21 años, para ello se utilizaron métodos indirectos empleando sensores remotos que permitieron precisar la ocupación del territorio por los ecosistema vegetales, así mismo, generar escenarios de comparación con las superficies actuales.

Anderson (1979) indica, “en el nivel de clasificación uno, las imágenes Landsat pueden diferenciar diferentes clases espectrales a escala regional y son aceptables para este nivel de interpretación”.

La aplicación de métodos de clasificación de cobertura vegetal mediante el uso de sensores remotos involucra la siguiente secuencia de actividades:

- **Obtención de información (imagen satelital).** Se obtuvo imágenes satelitales Landsat 5 correspondiente a los meses de julio y agosto, del año 2001. La selección de imagen involucró escenas libres de nubosidad
- **Corrección de imagen satelital.** Se eliminaron distorsiones que la atmósfera introduce en el momento de la toma de la imagen satelital, así mismo se convirtió los números digitales de las imágenes satelitales en valores de reflectancia.
- **Clasificación supervisada.** Se generaron firmas espectrales³ para coberturas de tola a partir de puntos georreferenciados en el año 2002, (estudios de Tola Alzérreca⁴), así mismo, se complementó con información de campo levantados en la gestión 2022, para el modelamiento se aplicaron algoritmos estadísticos de regresión no paramétrica (máxima verosimilitud) cuyo resultado nos permite identificar y cuantificar superficies de cobertura vegetal

El proceso metodológico se muestra en la **Figura N° 2.4:**

³ Firmas espectrales, son la variación de reflectancia de un material respecto a la longitud de onda. La firma espectral es utilizada en agricultura, temas medioambientales, agroindustria, y geología, entre otros. Fajardo, 2018.

⁴ Estudio de la Tola y su capacidad de soporte para ovinos y Camélidos en el ámbito del sistema TDPS, 2002

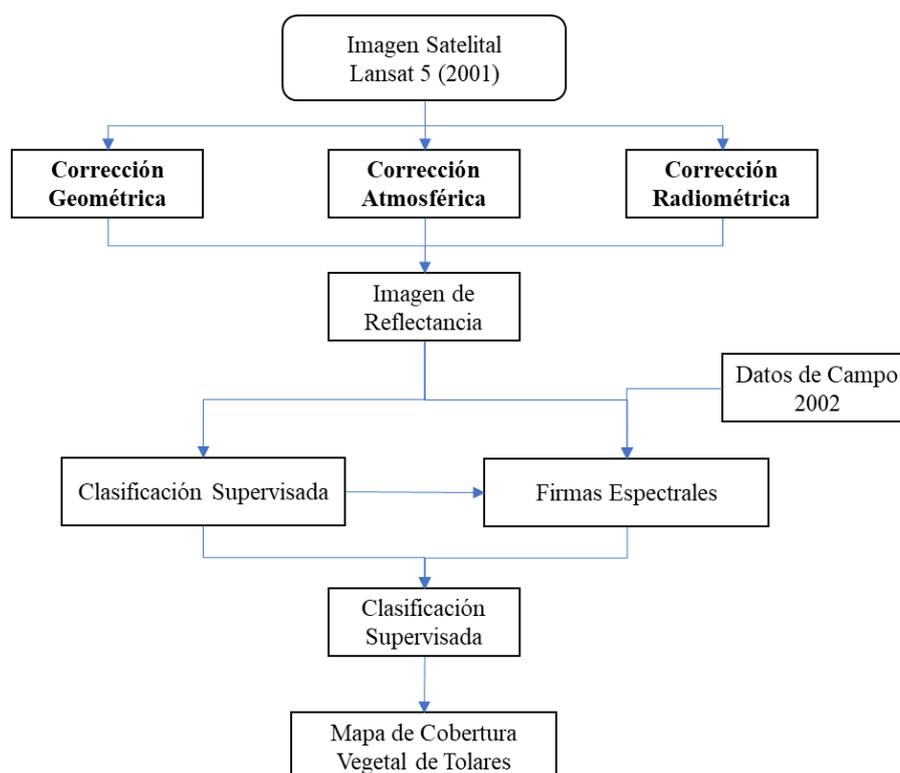


Figura N° 2.4: Esquema metodológico para la obtención de la cobertura vegetal de tolares. Fuente: Elaboración propia, 2022

2.4.2 Cuantificación de la Superficie de la Cobertura Vegetal de tolares – Año 2022

La identificación y cuantificación de cobertura vegetal se basó en el procesamiento de la información primaria levantada en campo, así como, el análisis mediante la aplicación de sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG), en este contexto se ha organizado las siguientes etapas:

A. Actividades preliminares del modelamiento de la cobertura vegetal

En esta etapa se recolectó información secundaria pertinente, entre ellos estudios relacionados a la cobertura de tolares, que permitió la revisión de puntos georreferenciados de zonas con presencia de tola en el TDPS. Esta información permitió realizar una aproximación de la cobertura existente a partir de una clasificación supervisada; así mismo, durante el trabajo de campo se identificó zonas muy representativas con presencia de tola. Los parámetros evaluados para la identificación de puntos de muestro fueron determinados en base a la cantidad de área que ocupa la tola en determinadas zonas (**áreas mayores a 10 ha**), acceso al área de estudio mediante carreteras o caminos carrozables.

Durante el trabajo de campo se recorrió todas las zonas pre identificadas para el levantamiento de datos de campo, así mismo, se georreferenciaron las zonas con cobertura

de tola, incluyendo nuevas zonas verificadas en el área de estudio; a pesar de ello, debido a la extensión del territorio, se logró cubrir aproximadamente el 90% del área de estudio.

Los nuevos datos recolectados en campo se constituyen en información base para el modelamiento de cobertura de tola para el año 2022; así mismo, con la finalidad de atenuar los errores de concordancia de la reflectancia de las imágenes satelitales y la temporalidad de los datos (levantados en el mes de agosto de 2022), para el modelamiento de datos se utilizaron imágenes de satélite Landsat 8 OLI correspondiente al mes de levantamiento de datos de campo.

Procesamiento de datos:

A partir de los datos de campo se estableció una red de puntos georreferenciados de ubicación de tola, los mismos permitieron modelar áreas de cobertura de tola; sin embargo, dadas las características de las zonas de producción especialmente en la zona norte del sistema TDPS, (**áreas menores a 10 ha**) el análisis de clasificación supervisada de cobertura vegetal a partir de imágenes Landsat 8 del mes de agosto de 2022, no se logró identificar la totalidad de las áreas cubiertas de tola, debido a la resolución espacial de la imagen de satélite (30*30 metros). Bajo estas características y la necesidad de cuantificar superficies con cobertura de tola en mayor detalle, además de áreas menores a 10 ha, el modelamiento para la identificación de superficies de tola se realizó en dos etapas:

- **Primera etapa.** - Se evaluó la distribución potencial de cobertura de tola a partir de variables biofísicas y climáticas (**Tabla N° 2.3**). Para este propósito se utilizó el programa máxima entropía⁵ (MaxEnt), cuyo resultado muestra mapas con zonas de probabilidad de presencia de tola, expresados en porcentaje (%). Ver **Figura 2.5**.
- **Segunda etapa.** - A partir de la zonificación de distribución de tola se ha extraído las áreas con un umbral de probabilidad mayor a 70% (considerado como aceptable⁶) sobre los cuales se realizó el análisis en detalle, es decir, la clasificación supervisada a partir de imágenes compuestas de SAS Planet con resolución espacial de al menos 5 metros.

Uno de los programas más empleados para el modelado de la distribución potencial de las especies, dentro del mundo de los Sistemas de Información Geográfica, es el MaxEnt. El principio o método de Máxima Entropía (MaxEnt) es un procedimiento para generar distribuciones de probabilidad de forma sistemática y objetiva, según Correia, M. (2018),

La descripción de variables utilizadas en el análisis probabilístico y la fuente de recolección de datos, se describen en la siguiente tabla.

⁵ El principio de máxima entropía considera que, en la estimación de una distribución de probabilidad desconocida, la solución menos sesgada es aquella que maximiza su entropía, su jeto a algunas limitantes (la asociación entre las localidades de presencia y las variables ambientales). Torres, R., & Jayat, J. P. (2010).

⁶ El valor promedio del área por debajo de la curva de probabilidad (AUC por sus siglas en inglés) se interpreta como la mayor probabilidad de que un registro de ocurrencia seleccionado de forma aleatoria esté situado dentro de un pixel del raster con un valor elevado de probabilidad para la presencia de la especie (Phillips, Anderson y Schapire, 2006; Phillips, 2010; Young, Carter y Evangelista, 2011). De acuerdo con Araújo *et al.* (2005), se recomiendan cinco rangos para interpretar el AUC de los modelos generados: Excelente si el AUC > 0.90; Buena si 0.80 > AUC < 0.90; Aceptable si 0.70 > AUC < 0.80; Mala si 0.60 > AUC < 0.70; No válida si 0.50 > AUC < 0.60.

TABLA N° 2.3. VARIABLES DE ANÁLISIS PARA DETERMINAR ZONAS DE PRODUCCIÓN DE TOLA

Condicionantes	VARIABLES DE ANÁLISIS	Unidad	Fuente
Climáticas	Humedad Relativa	(%)	www.worldclim.org
	Temperatura Media	(°C)	www.worldclim.org
	Precipitación Pluvial	mm	www.worldclim.org
Edáficas	Contenido de Arena	(%)	SoilGrids — global gridded soil information www.isric.org
	Contenido de Limo	(%)	SoilGrids — global gridded soil information www.isric.org
	Contenido de Arcilla	(%)	SoilGrids — global gridded soil information www.isric.org
Fisiológicas	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)	--	Modelado en base a B5 y B4 de I.S. LANDSAT
	Fracción de Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida (FAPAR)	--	Servicio Gloval de Tierras Copernicus https://land.copernicus.eu/
	Índice de Área Foliar (LAI)	--	Servicio Gloval de Tierras Copernicus https://land.copernicus.eu/
Fisiográficas	Modelo Digital de Elevación (DEM)	(m.s.n.m.)	Aster R.E. 30m
	Pendiente	(%)	Modelado en base al DEM

Fuente: Elaboración propia, 2022

Para la adquisición de datos que componen las condicionantes fisiológicas (NDVI⁷, FAPAR⁸ y LAI⁹) se consideró la fecha de procesamiento de la información, es decir, la temporalidad corresponde al mes de agosto del 2022, (mes en que se realizó el relevamiento de datos de campo). Para las variables climáticas se tomó datos de series históricas (1970-2000) proporcionadas por la plataforma de World Clim¹⁰.

Debido a la extensión del área de estudio, el modelamiento se realizó por zonas de estudio. En el siguiente esquema se muestra el proceso metodológico para la obtención de áreas probables para la distribución de tola

⁷ NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), es una combinación de valores de reflectancia en diferentes longitudes de onda, la banda del rojo, (R) y la del infrarrojo cercano (IRC), los valores varían entre +1 y -1 con valores más altos para la vegetación densa y valores muy bajos (o negativos) para nieve, agua y nubes Rueda Calier, F, *et al.* (2015)

⁸ Fracción de energía radiante que efectivamente intercepta el canope (fPAR), puede ser estimada a partir del IVN, o en NDVI, Este parámetro está directamente relacionado con la estructura y la morfología de la vegetación. Rueda Calier, F, *et al.* (2015)

⁹ El índice de área foliar (IAF) fue definido por Watson (1947) como el total de área de hoja presente por unidad de área de cultivo

¹⁰ Word Clim, es un sitio que reúne conjuntos de datos climáticos a nivel mundial con un a resolución espacial de 1km² aproximadamente en la línea del Ecuador. Estos datos pueden ser utilizados para crear mapas y modelar con Sistemas de Información Geográfica

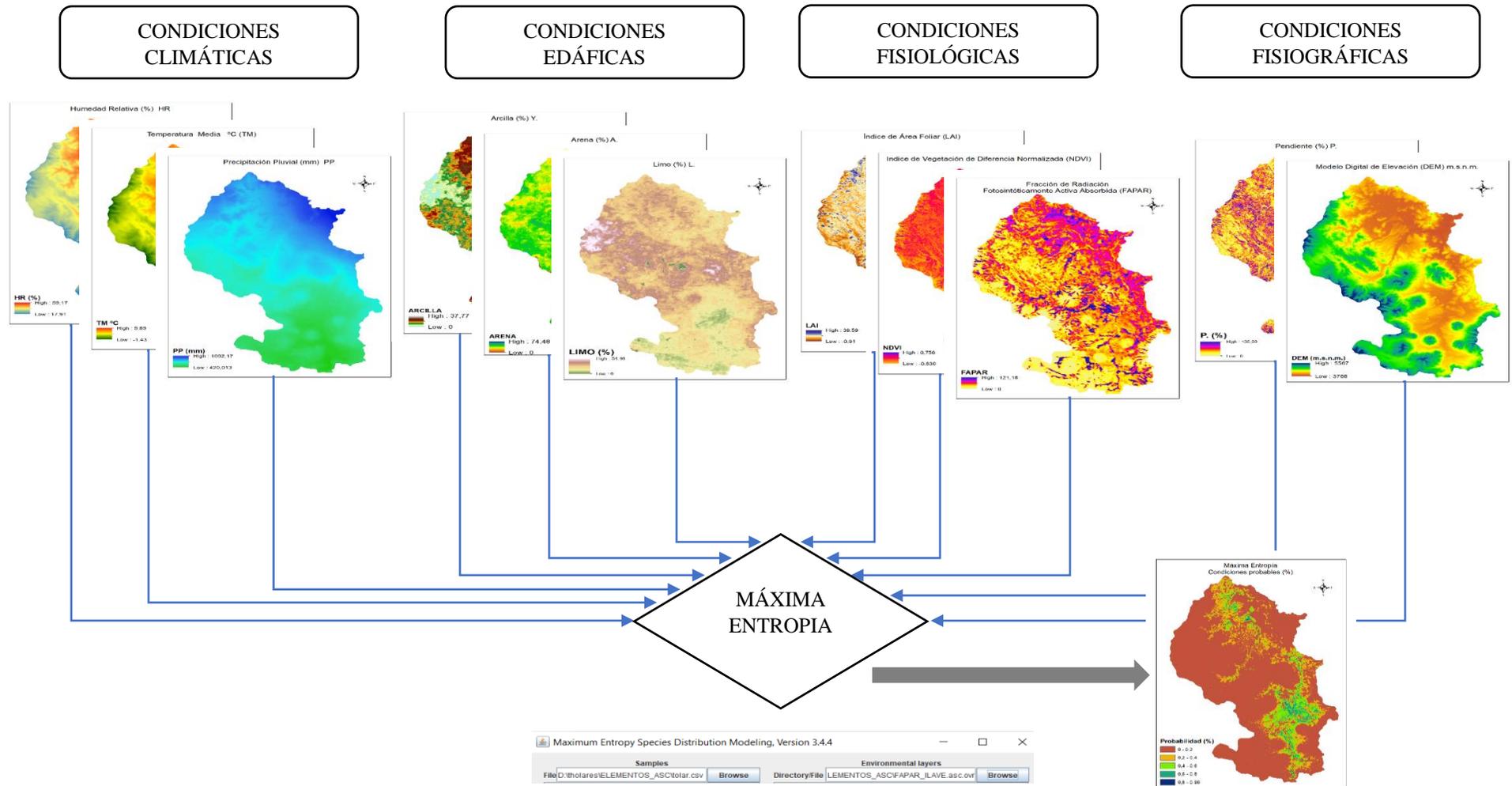


Figura N°2.5: Probabilidad de distribución de zonas de producción de tola mediante modelamiento de Máxima Entropía. Fuente: Elaboración propia, 2022

La clasificación de cobertura de tola en detalle se realizó tomando en cuenta los resultados del análisis de máxima entropía cuyo procedimiento metodológico es el siguiente:

- ***Identificación y selección de zonas con probabilidad de al menos 70% de presencia de tola***, este proceso consistió en la identificación georeferenciada de zonas que tienen condiciones de presencia de tola (mapa de máxima entropía), y a partir de esta información se realizó la identificación y descarga de imágenes compuestas (SAS Planet), las mismas que se utilizaron para la clasificación supervisada. Este proceso se ha repetido varias veces de manera que se ha cubierto todas las áreas posibles de evaluación para la presencia de tola.
- ***Clasificación supervisada de cobertura de tola***, en este proceso se utilizaron puntos de ubicación georeferenciados en las zonas con cobertura de tola, así como la densificación de puntos a partir de la fotointerpretación de imágenes compuestas (SAS Planet), que permitió determinar las firmas espectrales¹¹, para la clasificación de cobertura de tola a través de algoritmos estadísticos (máxima verosimilitud) siendo el resultado un mapa de cobertura de tola.
- ***Corrección y digitalización de las zonas de producción de tola***, como procedimiento final para la obtención de áreas de producción de tola, se corrigió las zonas con errores de clasificación a través de la depuración de estas áreas y/o la digitalización de zonas omitidas por el proceso.

En la **Figura N° 2.6** se muestra el proceso metodológico para la obtención de áreas de tola.

¹¹ Una vez que la energía electromagnética llega a la superficie terrestre, interactúa con cada tipo de material ya sea por reflexión, absorción o transmisión, de acuerdo a un patrón de respuesta espectral particular. Este comportamiento distintivo de cada tipo de material es aprovechado en procesos de clasificación de imágenes, siendo común referirse a él como “firma espectral”

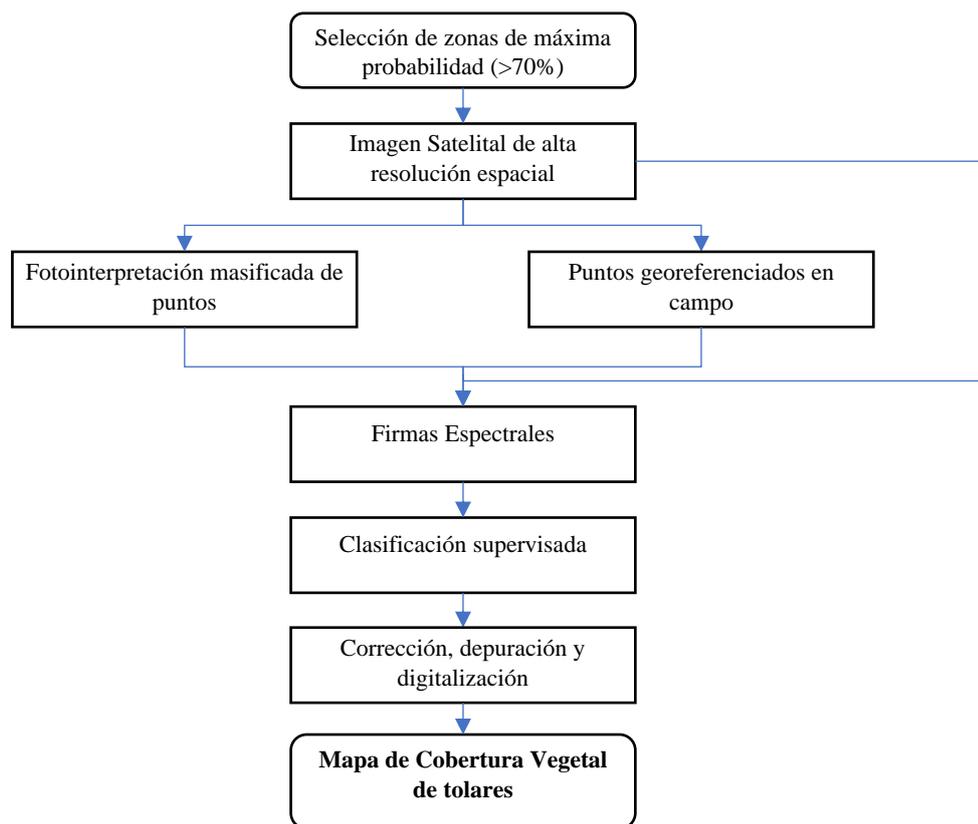


Figura N° 2.6: Esquema metodológico para determinar áreas de tola. Fuente: Elaboración propia, 2022

B. Recolección de información de campo

Involucró el levantamiento de puntos georreferenciados de cobertura de tola, que permitió mejorar la precisión del modelamiento de cobertura vegetal. Los trabajos de campo involucraron la identificación de las especies de tola, la evaluación de la biomasa en cada unidad de análisis. La fase final, incluyó la etapa de revisión y validación de campo, mediante observación directa.

La mayor parte de las plantas fueron identificadas en campo, así como las especies de tola, por tratarse de especies con características morfológicas diferentes, se recolectaron solo aquellas de dudosa identificación, para su verificación con especímenes de la colección científica del Herbario Nacional de Bolivia (LPB) de la ciudad de La Paz.

2.4.3 Evaluación de la exactitud temática de la cobertura de Tola

La evaluación de la confiabilidad temática consiste en comparar la información del mapa (cobertura de tola) con información de referencia considerada muy confiable. Generalmente se basa en un muestreo de sitios de verificación, cuya clasificación se obtiene a partir de observaciones de campo o del análisis de imágenes más detalladas (con mejor resolución), que aquellas utilizadas para generar el mapa. Por ejemplo, se utilizan fotografías aéreas para verificar mapas generados a partir de imágenes de satélite de alta resolución como Landsat o SPOT (Peralta-Higuera *et al.*, 2001; Mas *et al.*, 2001; Vogelmann *et al.*, 2001)

Según el Protocolo de Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación, MINAM 2014, las imágenes de mayor resolución permiten desarrollar el análisis visual con detalle y por tanto posibilitan la comprobación de los resultados obtenidos de la clasificación con imágenes de mediana resolución (LANDSAT TM, ETM, LANDSAT 8) usadas para elaborar la capa de Deforestación. Asimismo, el uso de imágenes de mayor resolución en el proceso de validación de la capa permite observar áreas de difícil acceso y resulta complementario al proceso de validación de campo, reduciéndose el tiempo de validación.

Para la evaluación de la cobertura de tola se obtuvieron puntos georeferenciados de verificación en campo, así como el uso de puntos aleatorios de verificación de tola en imágenes compuestas de plataformas de alta resolución espacial¹² (Bing¹³ y SAS Planet¹⁴)

El proceso metodológico seguido para la evaluación temática de cobertura de tola corresponde al protocolo Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación, propuesta por la Dirección General de Ordenamiento Territorial del Ministerio de Ambiente de Perú.

A. Área de referencia

El área de referencia para el análisis de confiabilidad de la cobertura de tola corresponde a la superficie de las cuencas del sistema TDPS, específicamente a las zonas hidrológicas donde se ha encontrado superficies con cobertura de tola, en las cuales, se realizó el muestreo aleatorio de puntos de evaluación.

Para la comparación con imágenes de alta resolución espacial, se utilizaron recursos “on line” a través de la interface de conexión con imágenes Bing Maps Satellite del programa ArcGis, así mismo, se obtuvieron imágenes compuestas de la plataforma de SAS Planet.

En el **Mapa N° 2.3** se muestra la zona de referencia, así como la distribución de puntos de evaluación.

B. Diseño de muestreo

Para la evaluación de cobertura de tola, se tomó en cuenta dos clases: una definida como “tola” y otra definida como “no tola”, utilizando el método de muestreo aleatorio simple, se seleccionó sitios de muestreo dispersos en el territorio de referencia.

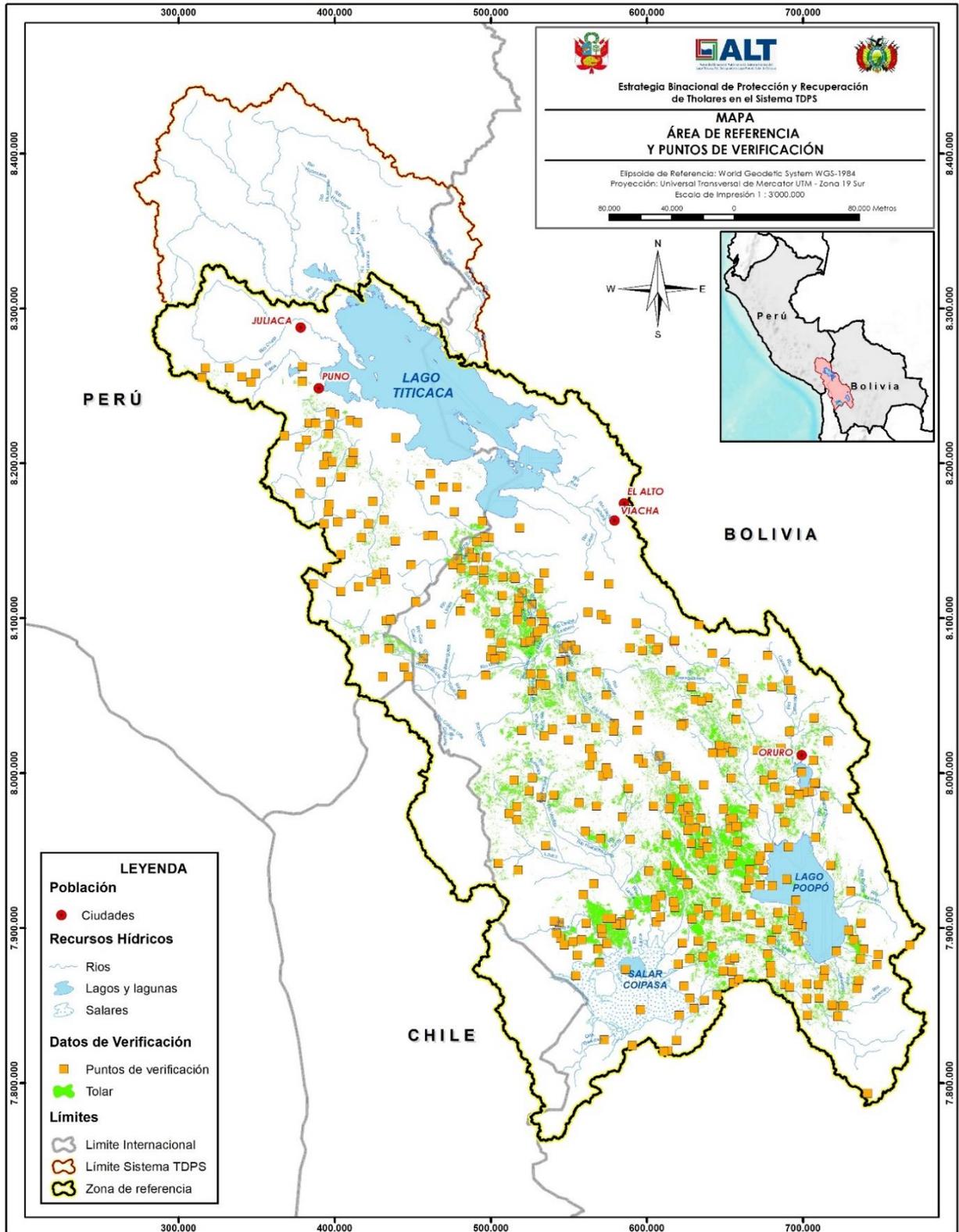
La distribución de puntos aleatorios se realizó a partir de la herramienta “Create Random Points” del programa Arc Gis

¹² Alta Resolución espacial: Alto nivel de detalle en el pixel de una imagen.

¹³ Bing: (anteriormente *Microsoft Virtual Earth*) es una plataforma cartográfica en línea operada por la división Bing de Microsoft

¹⁴ SAS Planet: es un programa **gratuito** (*freeware* con licencia GNU) diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución, provenientes de proveedores de servicios de mapas e imágenes satélite

MAPA N° 2.3: AREA DE REFERENCIA Y PUNTOS DE VERIFICACIÓN



Fuente: Elaboración propia, 2022

C. Tamaño de muestras

El tamaño de la muestra se refiere al número de sitios de verificación utilizados para estimar la confiabilidad del mapa. Entre más grande sea el tamaño de la muestra, más precisa será la evaluación; sin embargo, por razones de costo y tiempo, se consideró pertinente determinar el tamaño de muestra mínimo, para alcanzar los objetivos de la evaluación.

Para el análisis de confiabilidad de cobertura de tola se utilizó el cálculo del tamaño de una muestra para población infinita propuesta por Cochran¹⁵ (1977) teniendo en cuenta un valor de confianza de 95%. La expresión estadística es la siguiente.

$$n = \frac{z^2 * p * (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Parámetro estadístico que depende del Nivel de confianza

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento

q = (1 - *p*) Probabilidad de que no ocurra el evento

Datos para determinar el tamaño de muestra

Nivel de confianza = 95%; coeficiente de confianza = 1,96

Z = 1,96

e = 5,00%

p = 50,00%

Aplicando la formula se tiene:

$$n = \frac{0,9604}{0,0025}$$

$$n = 384$$

El resultado del análisis estableció 384 puntos de muestreo, al realizar la distribución aleatoria por estratos se definió la siguiente distribución:

TABLA N° 2.4. NÚMERO DE MUESTRAS POR ESTRATO

Estratos	Numero de muestras	Porcentaje
Tola	209	54%
No Tola	175	46%
Total	384	100%

Fuente: Elaboración propia, 2022

¹⁵ Cochran: presenta una aproximación que considera a la proporción en la categoría *i*-ésima de una distribución multinomial, como si fuese una distribución binomial versus el resto de las categorías, actualmente diversos procesos de validación se realizan apoyados en Cochran en virtud de que relaciona la superficie de diversos estratos temáticos con el número de muestras necesarias para llegar a un porcentaje de confianza definida por el productor.

D. Evaluación de los sitios de verificación.

La evaluación de los sitios de verificación consistió en la caracterización del mismo para asociarlo a una clase de cobertura vegetal, la evaluación de la unidad de muestreo es un punto aleatorio georeferenciado; en la práctica, lo que se evalúa es una superficie de 50m² alrededor de este.

Para la evaluación de los sitios de verificación, se tiene dos etapas:

- **Primera etapa.** - Al ser puntos georeferenciados e incorporados en un sistema de información geográfica deben llevar en la tabla de atributos un campo identificador, que caracterice cada registro; el cual debe ser llenado a través del cruce de información con la cobertura del modelamiento de tolares, de tal forma que se registre a la clase al cual pertenece: “tola” o “no tola¹⁶”. En este caso 209 puntos verificados pertenecen a la clase “tola” y 175 puntos a clase “no tola”

- **Segunda etapa.** - Dentro la tabla de atributos se crea, además, un campo de observación, el mismo debe ser llenado con información de la clase a la que pertenece cada punto de observación a través de la verificación en visitas de campo o mediante el uso de imágenes de alta resolución espacial, en nuestro caso se realizó por ambos medios.

E. Análisis de datos.

El análisis de los datos se realiza a través de dos procesos:

- **Matriz de Confusión¹⁷**

La matriz de confusión, permitió comparar la información de los sitios de verificación en terreno o a través de imágenes satelitales de alta resolución espacial con aquella de la base cartográfica producto del modelamiento de identificación de áreas cubiertas de tola.

En la matriz de confusión, las filas representan las clases de referencia y las columnas las clases de cobertura (“tola” y “no tola”). La diagonal de la matriz expresa el número de sitios de verificación para los cuales hay concordancia entre el mapa y los datos de referencia, mientras los marginales indican errores de asignación.

La proporción de puntos correctamente asignados (diagonal) expresa la precisión global del mapa. Se distinguen dos tipos de error:

- El error de comisión representa la proporción de sitios de verificación de una cierta categoría, pero que en realidad pertenece a otra.
- El error de omisión se refiere a la proporción de sitios de verificación correspondiente a una categoría que fue cartografiada en otra.

La síntesis de evaluación de datos comparados a partir del modelamiento de cobertura de tola y datos de verificación obtenidos en campo y a partir de imágenes satelitales de alta

¹⁶ “No Tola”: Zonas con cobertura vegetal diferente a los ecosistemas de Tola

¹⁷ Matriz de confusión: es una herramienta que permite la visualización del desempeño de un algoritmo que se emplea en aprendizaje supervisado.

precisión se resume en una matriz de confusión, el mismo que indica que del total de puntos evaluados (384), el error de comisión es el 8 %, que indica que los puntos de verificación son categorizados como “no tola”, es decir, no pertenecen a esta categoría, y el 6 % de puntos de verificación presentan error de omisión, tal como se puede observar en la **Tabla N° 2.5**.

TABLA N° 2.5. MATRIZ DE CONFUSIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE COBERTURA DE TOLA

Clase de cobertura	Tola	No tola	Total de puntos evaluados	Exactitud usuario ¹⁸	Error de comisión
Tola	193	16	209	0,92	0,08
No Tola	13	162	175	0,93	0,07
Total	206	178	384		
Exactitud productor¹⁹	0,94	0,91			
Error de omisión	0,06	0,09			

Fuente: Elaboración propia, 2022

- Índice de Kappa.

De acuerdo al Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación del Ministerio del Ambiente, Perú 2014; el índice de Kappa es la proporción de coincidencias obtenidas en un producto cartográfico sustrayendo aquellos generados de forma fortuita. Es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación con un software y la exactitud de lograr una clasificación correcta con una clasificación visual (en campo o con imágenes de alta resolución).

El coeficiente de Kappa (k), compara la concordancia observada en un conjunto de datos incorporando una corrección que excluye la correspondencia que podría ocurrir por azar. El algoritmo que utiliza esta proporción es la siguiente:

$$k = \frac{(Po - Pe)}{(1 - Pe)}$$

Donde: **K** es el índice de Kappa,
Po la proporción de área correctamente clasificada (confiabilidad global)
Pe la confiabilidad resultante del azar.

¹⁸ Exactitud usuario: Valor correctamente clasificado de una clase respecto al total dado como dicha clase.

¹⁹ Exactitud productor: Porcentaje de elementos bien clasificados para cada clase. Indica en qué medida ha sido bien clasificada una clase dada. Fuente: Protocolo MINAM

2.4.4 Análisis multitemporal de la cobertura vegetal de tolares

El análisis multitemporal de cobertura de tola permite observar las condiciones productivas del ecosistema en un periodo de tiempo, así mismo, cuantificar la pérdida de la superficie de tolares a nivel de unidades administrativas (distritos y/o municipios) y zonas hidrológicas, información útil para el establecimiento de acciones o medidas orientadas a la conservación, recuperación y protección de los tolares en el TDPS.

El análisis comparativo se realizó para el periodo 2001- 2022 en base a imágenes satelitales Landsat 5 y 8 respectivamente, de acuerdo a la metodología aplicada en el procesamiento de las imágenes satelitales, se observan diferencias importantes que han determinado la calidad de información, estas son las siguientes:

- Las imágenes satelitales utilizadas para la obtención de cobertura vegetal de tola para el año 2001, (Landsat 5), tienen una resolución radiométrica de 8 bits, en comparación a las utilizadas en el 2022 (Landsat 8) que tienen una resolución radiométrica de 12 bits; a pesar de que en ambos casos se realizó la transformación de número digital a parámetros físicos de reflectancia, debido a que las características radiométricas influyen en la capacidad para discriminar pequeñas variaciones en la radiación que capta de los objetos de la tierra.
- La resolución espacial de ambas imágenes satelitales es de 30 m, sin embargo, en el proceso de discriminación de la cobertura de tola para el año 2022 se utilizó, además imágenes compuestas de alta resolución espacial (5 m) de plataformas libres como SAS Planet, que permitió mejorar la identificación y espacialización de los ecosistemas de tola.
- El modelamiento de cobertura vegetal cuya información básica proviene de diferentes fuentes y extemporáneas genera incertidumbre en la obtención de resultados, a la evaluación de información se encontró imprecisión en la ubicación exacta de puntos de campo pertenecientes a un tipo de cobertura de suelo, a pesar de su corrección contribuyen en la imprecisión del modelamiento de cobertura de tola a partir de imágenes satelitales.

En la **Figura N° 2.7** se muestra la metodología aplicada.

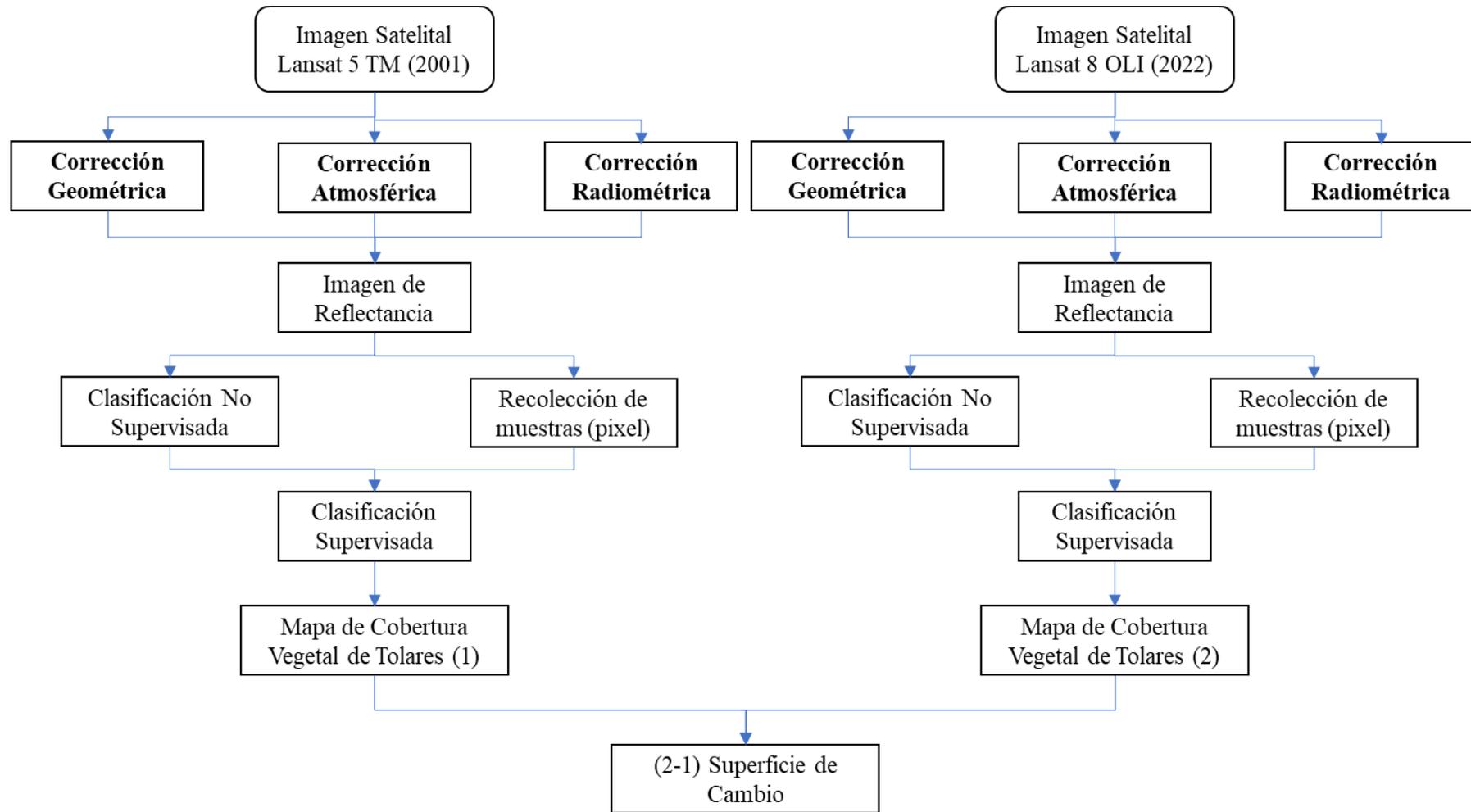


Figura N° 2.7: Metodología para la obtención de la superficie de cambio. Fuente: Elaboración propia, 2022

2.4.5 Zonificación de áreas de la producción

Desde el punto de vista de la conservación de los recursos naturales, la caracterización fisonómica y florística, permite definir áreas con condiciones productivas similares, tanto en calidad como en cantidad de producción, donde el estudio de los atributos funcionales de la vegetación tales como, la dinámica estacional de la **Productividad primaria neta aérea**²⁰ (PPNA) y la evapotranspiración, permiten caracterizar estas condiciones.

Los sensores remotos y las técnicas de procesamiento digital de imágenes satélites facilitan la caracterización estructural de la vegetación, ya que permiten obtener mapas mediante diferentes métodos de clasificación (Congalton *et al.* 2002; Chuvieco 2002). Las descripciones espaciales de aspectos estructurales de la vegetación, tales como, la heterogeneidad fisonómica-florística, tienen importancia tanto desde el punto de vista de la conservación como del aprovechamiento pastoril de los sistemas áridos (Paruelo *et al.* 2004).

Para el estudio de zonificación de cobertura de tola, se siguió el modelo ecofisiológico propuesto por Monteith (1972) que permite cuantificar la producción de material vegetal a partir de la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA), la fracción de esa radiación que es interceptada por los tejidos verdes (fAPAR), y la eficiencia en el uso de la radiación (EUR):

$$PPNA = fAPAR * RFA (MJ.m^{-2}.t^{-1}) * EUR (g MS/MJ) \quad (9)$$

Donde:

PPNA - Productividad Primaria Neta Aérea, conocida también como tasa de crecimiento vegetativo, es la cantidad de materia seca que se acumula en un periodo de tiempo y por unidad de superficie. Se establece a través de la Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida y la Eficiencia del Uso de la Radiación (Paruelo, Oyarzabal & Oesterheld, 2011)

fAPAR - Fracción de la Radiación Fotosintética Activa absorbida, La fAPAR que es absorbida por las hojas verdes, depende de la cantidad de área foliar y de la estructura en el dosel, se determina a partir de los índices de vegetación (IV) que se derivan de observaciones satelitales para el seguimiento de la vegetación (Grigera, 2011, Paruelo, Oyarzabal & Oesterheld, 2011).

RFA - Radiación Fotosintéticamente Activa Incidente, es la radiación que incide en la superficie terrestre y es capturada por las plantas (Paruelo, Oyarzabal & Oesterheld, 2011).

EUR - Eficiencia de uso de la radiación, es un método de la eficiencia de radiación que se basa en la lógica de Monteith (1972). Esta variable varía con el tipo de recurso forrajero y la estacionalidad meteorológica. Incorpora información provista a través de imágenes de satélite que busca establecer la eficiencia con que la energía es transformada en materia

²⁰ **Productividad primaria neta aérea**: es la tasa de acumulación de biomasa vegetal por unidad de superficie y tiempo en órganos aéreos. Paruelo *et al.* 2000; Posse & Cingolani 2000; Garbulsky & Paruelo 2004; Paruelo *et al.* 2004; Guerschman & Paruelo 2005; Noretto *et al.* 2005; Zoffoli *et al.* 2008).

seca. Esto describe cuanta radiación es absorbida por los pigmentos y es utilizada en la fijación de dióxido de carbono (CO₂) (Paruelo, Oyarzabal & Oesterheld, 2011). La determinación del PPNA, para este estudio, se realizó para el mes de agosto del 2022, coincidente con la fecha de levantamiento de datos de campo.

Para la obtención de zonas con relativa homogeneidad de producción, los resultados se han reclasificado en tres zonas. El esquema metodológico es el siguiente:

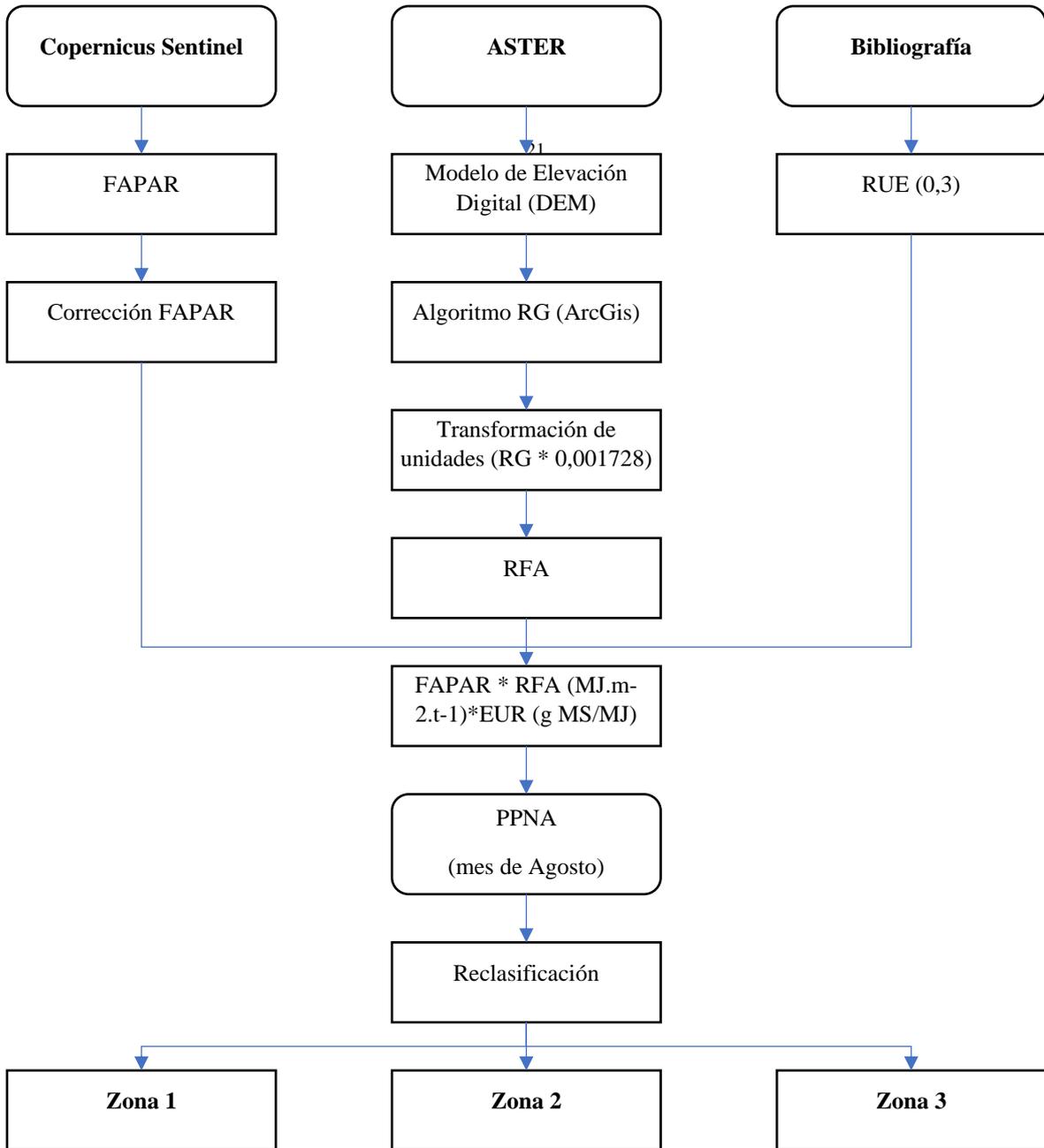


Figura N° 2.8: Esquema metodológico para la identificación de zonas homogéneas de producción de tola. Fuente: Elaboración propia ALT 2022

RUE 0,3: Es la constante

2.4.6 Evaluación del estado de conservación del ecosistema tolar

Para la evaluación del estado de conservación del ecosistema tolar, se aplicó la metodología de la “Guía complementaria para la compensación ambiental de ecosistemas altoandinos: pajonal, césped de puna y tolar”, aprobada por la Resolución Ministerial N.º 183-2016-MINAM, la cual, se basa en la aplicación de escalas de valores relativos al nivel de cada atributo del ecosistema y de sus respectivos indicadores. (Tabla N° 2.6). Así mismo, se recolectó información de campo a partir de la ficha técnica (Anexo 1). Cabe señalar que esta evaluación es de carácter referencial

TABLA N° 2.6. ATRIBUTOS E INDICADORES PARA EVALUAR EL VALOR ECOLÓGICO

Atributos del ecosistema	Indicadores
Florística del sitio	Abundancia (número de especies/área):
	- Arbustos (n*)
	Composición florística (%)
	- Gramíneas y graminoides (n*)
Estabilidad del suelo	- Arbustos (n*)
	Cobertura aérea (%)
	Suelo desnudo superficial (%)
Integridad biótica	Pérdida de suelo superficial
	Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)
	Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)
	Profundidad de mantillo (cm)

Fuente. Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, 2016

Sobre los atributos e indicadores, se determinó el valor relativo de cada uno, a partir de matrices multicriterio, basado en un análisis jerárquico. Esto permitió comparar entre pares de atributos o de indicadores, y determinar la contribución o importancia relativa de cada uno. En consecuencia, el valor relativo de cada atributo y de cada indicador correspondió al máximo valor en la escala de calificación de la conservación del ecosistema que se utilizó para evaluar áreas a impactar, respecto al sitio de referencia. Asimismo, los sitios de referencia obtuvieron los más altos puntajes (Tabla N° 2.7).

TABLA N° 2.7. VALOR RELATIVO POR ATRIBUTO E INDICADOR DEL ECOSISTEMA

Atributo	Indicador	Valor
Florística del sitio -20	Abundancia (número de especies/área):	
	- Arbustos	10
	Composición florística (%)	
	- Gramíneas y graminoides	7
Estabilidad del suelo -40	- Arbustos	3
	Cobertura aérea (%)	10
	Suelo desnudo superficial (%)	10
Integridad biótica - 40	Pérdida de suelo superficial	20
	Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	4
	Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	21
	Cantidad de mantillo (g/m ²)	15
Total		100

Fuente. Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, 2016

A partir de los valores relativos asignados a cada indicador, se usó un criterio apropiado para asignarle un puntaje a las diferentes medidas que se obtengan de campo, en función a los valores de las parcelas de referencia. Esta escala de calificación contempla como

referencia, los rangos porcentuales (de las parcelas de referencia) alcanzados por los indicadores medidos en campo.

En las siguientes **Tablas N.º 2.8, 2.9 y 2.10**, se muestran las clases de valoración que se utilizó para obtener los puntajes de los indicadores medidos en campo por tipo de ecosistema.

TABLA N.º 2.8. ESCALAS DE VALORACIÓN DE FLORÍSTICA DEL SITIO

Indicador	Descripción	Puntaje
Abundancia (número de especie)		
Arbustos	< 20% del área de referencia	0
	20 - 70% del área de referencia	5
	> 70% del área de referencia	10
Composición florística (%)		
Gramíneas y graminoides (%)	< 20% del área de referencia	0
	20 - 50% del área de referencia	3
	51 - 80% del área de referencia	5
	> 80% del área de referencia	7
Arbustos (%)	< 20% del área de referencia	0
	20 - 50% del área de referencia	1
	50 - 70% del área de referencia	2
	> 70% del área de referencia	3

Fuente. Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, 2016.

TABLA N.º 2.9. ESCALAS DE VALORACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL SUELO

Indicador	Descripción	Puntaje
Cobertura aérea (%)	< 20% del sitio de referencia	0
	20 - 55% del sitio de referencia	3
	56 - 90% del sitio de referencia	7
	> 90% del sitio de referencia	10
Suelo desnudo superficial (%)	Tres veces más que el sitio de referencia	0
	Dos veces más que el sitio de referencia	5
	Igual o menos que el sitio de referencia	10
Pérdida de suelo de horizonte Superficial	Severo	0
	Moderado	5
	Leve	15
	Nulo	20

Fuente. Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, 2016.

TABLA N.º 2.10. ESCALAS DE VALORACIÓN DE INTEGRIDAD BIÓTICA

Indicador	Descripción	Puntaje
Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	< 25% del área de referencia	0
	25 - 70% del área de referencia	2
	> 70% del área de referencia	4
Cantidad de biomasa (g/m ²)	< 20% del área de referencia	0
	20 - 55% del área de referencia	7
	56 - 90% del área de referencia	13
	> 90% del área de referencia	21
Cantidad de mantillo (cm)	< 1	0
	1 - 1.9	8
	> 2	15

Fuente. Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, 2016.

Para la calificación final del valor ecológico se consideró cinco niveles, según su valor relativo y su escala (**Tabla N°. 2.11**).

TABLA N° 2.11. ESCALA Y VALOR RELATIVO PARA ESTIMAR EL VALOR ECOLÓGICO

Escala	Valor relativo (%)	Estado de conservación
0 - 2>	00 - 20>	Muy pobre
[2 - 4>	[20 - 40>	Pobre
[4 - 6>	[40 - 60>	Regular
[6 - 8>	[60 - 80>	Bueno
[8 - 10	[80 - 100	Muy bueno

Fuente. Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, 2016.

La evaluación del estado del ecosistema tolar se realizó en aquellas zonas con evidencia de degradación pero que siguieron manteniendo su cobertura vegetal. En este sentido, el proceso metodológico utilizado consta de una secuencia de pasos agrupados en tres fases (**Figura N° 2.9 y 2.10**).

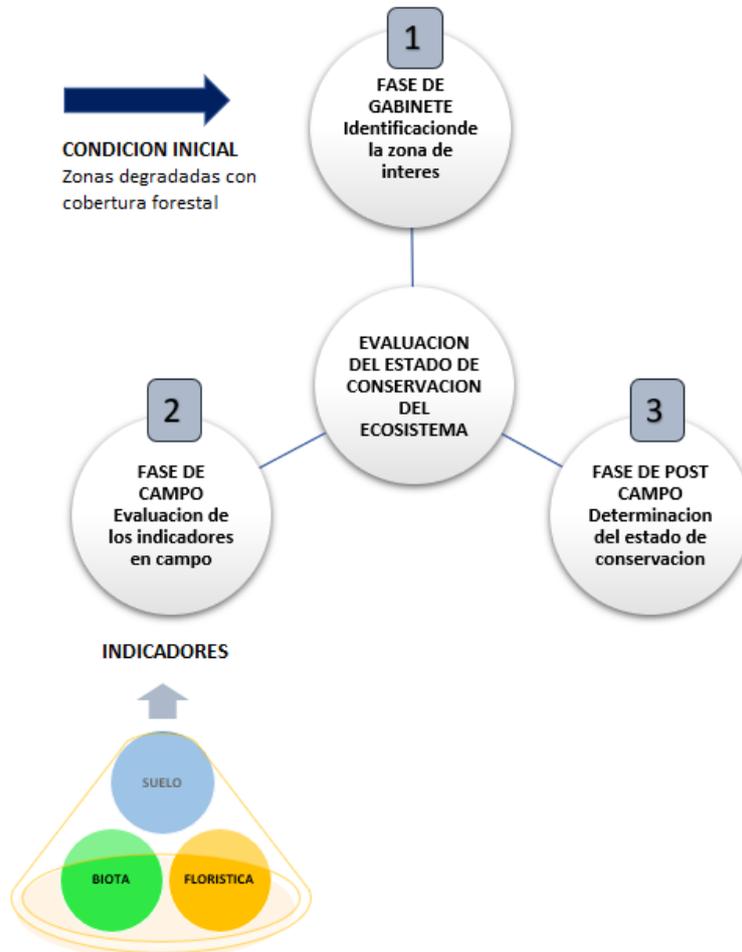


Figura N° 2.9: Fases de evaluación del estado del ecosistema tolar en el sistema TDPS.

Fuente. Elaboración Propia, 2022

Se precisa que la información que se obtenga con esta metodología es de carácter referencial, teniendo en cuenta la extensión de los tolares en el Sistema TDPS; sin embargo, es utilizada para relacionar con las zonas homogéneas de producción

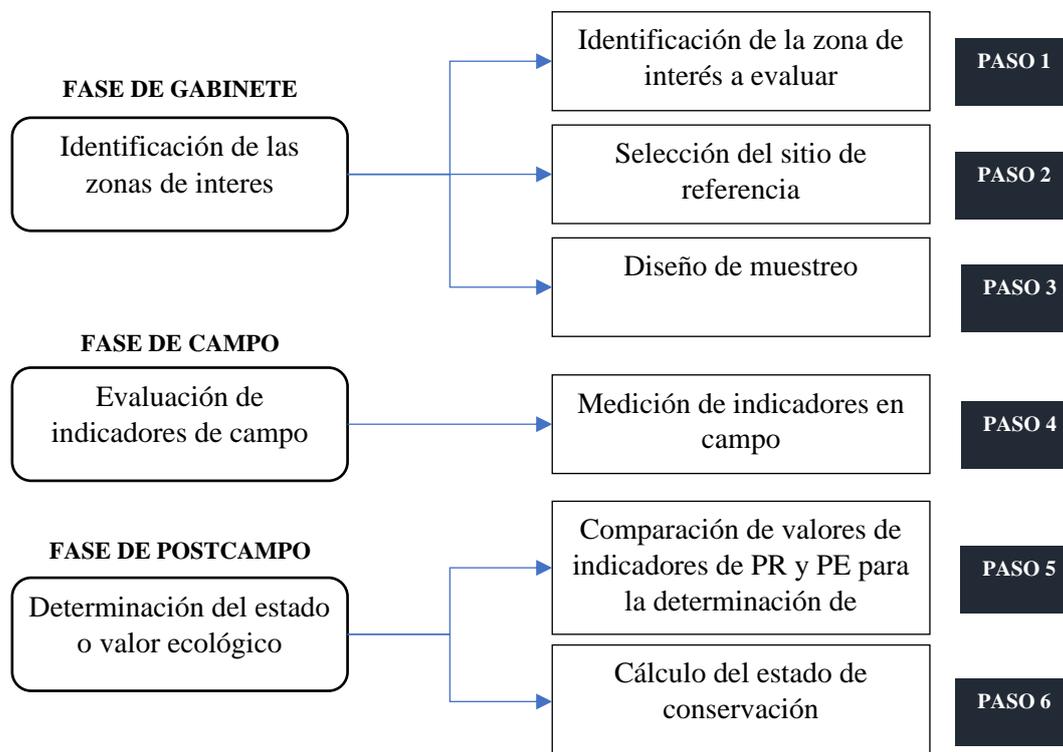


Figura N° 2.10: Pasos para evaluar el estado del ecosistema tolar en el sistema TDPS. Fuente. Guía complementaria para la compensación ambiental de ecosistemas altoandinos (MINAM, 2016), aplicable a los ecosistemas de pajonal, césped de puna y tolar

2.4.7 Cuantificación de carbono almacenado en la biomasa de la tola

Se seleccionaron áreas de tolal con superficies mayores a una hectárea las que fueron identificadas mediante imágenes satelitales Landsat 8, y verificadas en campo, para determinar los sitios de evaluación.

A. Caracterización de la tola

Una vez determinada las áreas de evaluación se identificó las diferentes especies de tola, así mismo, se realizó la categorización en función a la altura de las plantas (pequeño, mediano, grande). Los rangos de categorización se muestran en la **Tabla N° 2.12**.

TABLA N° 2.12. CATEGORIZACIÓN DE TOLA POR TAMAÑO

Categorías	Supotolas (cm)	Ñakatolas (cm)
Pequeño	< a 49	< a 39
Mediano	50 - 99	40 - 59
Grande	> a 100	> a 60

Fuente: Ponce, 2018

B. Determinación de la densidad de arbustos de tola

Para determinar la densidad de arbustos de tola se utilizó el método de “Cuento de plantas en parcela cuadrada” propuesto por Choque, (2015). Este método se utiliza para estimar con mayor precisión la cantidad de especies arbustivas y de especies cespitadas amacolladas de crecimiento erecto existentes por hectárea del pastizal. El procedimiento se detalla a continuación:

- Se seleccionó una **parcela de 5 x 20 m** en dirección transversal a la pendiente. (**Figura N°2.11 (A)**)
- Posteriormente, en la parcela, se realizó el conteo de número de arbustos de tola considerando la categorización por tamaños.

La densidad (D) o el número de arbustos de tola por parcela (m^2), se calculó con la fórmula siguiente:

$$D/m^2 = \frac{\text{Numero de individuo de una especie}}{\text{Unidad de area}}$$

El área promedio que ocupa la tola (A), se calculó dividiendo la suma del área de las parcelas por la suma de tólares contados, con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\text{suma del área de las parcelas cuadradas}}{\text{suma de una area contada de una especie}} = m^2/planta$$

La densidad de la especie de tola por hectárea (D/ha), se calculó por medio de la siguiente fórmula

$$D/ha = \frac{(1\text{ planta})(10\ 000m^2)}{\text{Área ocupada por cada planta}}$$



Figura N° 2.11: (A). Parcela de evaluación de la comunidad de Viluyo del distrito de Pichicani – Puno. (B). Sub parcela de evaluación de la comunidad de Villacoma del distrito de Ilave – Puno. (C). Biomasa húmeda de follaje aéreo de arbusto de tola comunidad de Opoqueri del municipio de Corque – Oruro. (D). Biomasa húmeda de la parte radicular de la tola de la comunidad de Opoqueri del municipio de Corque – Oruro. Fuente: Huahuachampi, 2022.

C. Medición de la producción de biomasa arbustiva

La biomasa se estimó por muestreo directo. Para la toma de muestras se utilizó el método “Destructivo”, que consistió en la extracción física de los arbustos, separación y pesaje de sus componentes (parte aérea y subterránea).

La densidad (D) o el número de arbustos de “Tola” por parcela (m^2), se calculó con la fórmula siguiente:

$$\frac{D}{m^2} = \frac{\text{Numero de individuo de una especie}}{\text{Unidad de area}} \quad (1)$$

El área promedio que ocupa la tola (A), se calculó dividiendo la suma del área de las parcelas por la suma de tólares contados, con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\text{Suma del área de las parcelas cuadradas}}{\text{Suma de una area contada de una especie}} = m^2/\text{planta} \quad (2)$$

La densidad de la especie de tola por hectárea (D/ha), se calculó por medio de la siguiente formula

$$\frac{D}{ha} = \frac{(1 \text{ planta})(10.000m^2)}{\text{Área ocupada por cada planta}} \quad (3)$$

D. Obtención de la biomasa húmeda: aéreo y subterráneo

La obtención de biomasa aérea se realizó tomando en cuenta la caracterización de alturas de plantas (pequeño, mediano, grande). Contempló las siguientes actividades:

- Extracción total de la planta, se extrajo cuidadosamente la raíz con pico y con ayuda de un machete se separó el follaje (tallos y hojas).
- Peso húmedo en campo, se pesó el follaje y raíces por separado con una balanza tipo reloj y se anotó en el registro en kilogramos.
- Toma de muestra e identificación, se recolectaron muestras en bolsas de papel debidamente rotuladas para la obtención de biomasa seca en laboratorio, así mismo, se registró la ubicación de la zona de producción, el tipo de especie, las características de la zona de producción.

E. Obtención de la biomasa seca: aéreo y subterráneo

Las muestras recolectadas en campo se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Perú. El procedimiento para la determinación de biomasa de materia seca es el siguiente:

- Peso en húmedo. Se prepararon las muestras provenientes de campo, quitando impurezas y material no vegetal, se tomó muestras de aproximadamente 500 gramos (peso verde).
- Secado, consiste en extraer el agua libre o agua de capilaridad por secado en la estufa eléctrica por 48 a 72 horas a una temperatura constante de 80 °C hasta lograr un peso constante.
- Peso en seco. Se determina el peso en porcentaje de materia seca (MS).

Se procesó la información recolectada de las zonas de estudio para determinar la absorción de dióxido de carbono CO₂ y fijación de carbono C de los tolares para luego analizar los datos y obtener los resultados.

F. Determinación del Carbono (C) y Dióxido de Carbono (CO₂)

Durante el Siglo XX e inicios del XXI, la emisión masiva de gases de efecto invernadero (GEI), ha provocado y continúa provocando el calentamiento del planeta, con notables impactos en el comportamiento de la atmósfera. El aumento de los GEI incrementa la capacidad atmosférica de absorber radiaciones infrarrojas y modificar el forzamiento radiativo que eleva la temperatura superficial en la troposfera, en la que el clima terrestre opera y donde el efecto invernadero afecta prioritariamente (Shimel, 1995; Melillo *et al.* 1996; González *et al.*, 2004, citado por Acosta-Mireles, M.; Carrillo-Anzures, F.; Díaz Lavariega, 2009).

Algunos estudios sostienen que el CO₂ es el gas que más contribuye al calentamiento global, y una forma de mitigar sus efectos es almacenarlo en la biomasa, mediante la fotosíntesis; y en el suelo, a través de la acumulación de materia orgánica (MO) (Ávila *et al.*, 2001).

La cobertura vegetal tanto de las regiones amazónicas, como alto andinas, y en particular los tolares por su extensión, capturan, almacenan y liberan CO₂, como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y degradación de materia orgánica (MO). De allí la importancia del estudio del carbono a nivel de los tolares.

Para calcular el contenido de carbono total, se determinó a través de la fracción de conversión del carbono de la tola, tanto de la parte aérea (hoja y tallo) como subterránea (raíz) se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), para ello fue enviado muestras frescas de tola con la cadena de custodia respectiva.

El laboratorio preparo las muestras de la siguiente manera:

- Las muestras son llevadas a la estufa por 72 horas.
- Una vez secas las muestras, pasan por un molino hasta homogenizar la textura.
- Las muestras son colocadas en bolsas herméticas.
- Las muestras son etiquetadas cuidadosamente.
- Se paletizan las muestras a pastillas de aproximadamente 1 o 2 g y estas son colocadas en capsulas de metal.

Y para determinar el contenido de carbono se realizó a través del método del poder calorífico de Eduarte y Segura (1998). El método se basa en la cantidad de energía que requiere una planta para fijar un mol de carbono, método de Eduarte y Segura, (1998), utilizado por Cubero y Rojas (1999), IIAP (2006), Palomino (2007), Ticona (2012) y Flores (2017). Con la utilización de un calorímetro de Parr y siguiendo los procedimientos para combustibles sólidos se puede obtener de cada muestra, la cantidad de energía total en Kcal/kg, transformándose a moles de carbono potencial fijado utilizando la relación de moles (g/peso molecular) y con el peso de la muestra inicial se determina la fracción de carbono fijado, que a continuación se explica en la fórmula:

Dónde:

FrC = Fracción de carbono

Vc = Valor calórico (energía total) expresado en kcal/kg

Pm = Peso molecular del carbono (12)

4,1868J = Factor de conversión de Kcal/kg a Julios

4,8x10⁵ J = Moles de carbono por J

PM = Peso de la muestra inicial

$$\text{FrC} = \frac{\text{Vc} \times 4.1868 \text{J} \times \text{Pm}}{4.8 \times 10^5 \text{J} \times \text{PM}} \quad (4)$$

Para estimar la cantidad de CO₂ fijado por la tola se ha empleado el método de (Ramírez, *et al.*, 1997; Ortiz, 1997; Brown, *et al.*, 1986; Hoen y Solberg, 1994; Schroeder, *et al.*, 1995), en el cual los datos existentes de biomasa por hectárea son multiplicados por un factor, que involucra un contenido de carbono en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO₂ (44) y el peso del átomo de C (12), tal como se muestra en la fórmula (4).

- Cálculo de la biomasa

La biomasa se dividió en dos grupos: biomasa de la parte aérea (tallos y hojas) y biomasa subterránea (raíces). Por diferencia de pesos se ha obtenido la biomasa de la tola, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Dónde: **BM** = Biomasa de la planta (g)

PH = Peso Húmedo (campo) (g)

PS = Peso Seco (Laboratorio) (g)

$$\text{BM} = \text{PH} - \text{PS} \quad (5)$$

- Porcentaje de humedad.

Se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula:

Dónde: **% H** = Porcentaje de Humedad (%)

PH = Peso Húmedo (campo) (g/planta)

PS = Peso Seco (Laboratorio) (g/planta)

$$\% \text{ H} = \left(\frac{\text{PH} - \text{PS}}{\text{PH}} \right) * 100 \quad (6)$$

- Cálculo del contenido de Carbono

La tola, como cualquier otra especie vegetal, captura carbono durante el proceso biológico, por lo tanto, puede ser considerada, por su extensión como un reservorio o sumidero²² de carbono, que puede funcionar como fuente o como sumidero de carbono.

²² **Sumidero:** Un sumidero de carbono, es todo proceso o mecanismo que hace desaparecer de la atmósfera un gas de efecto invernadero. Un reservorio dado puede ser un sumidero de carbono atmosférico si, durante un intervalo de tiempo determinado, es mayor la cantidad de carbono que entra en él que la que sale de él. Ministerio para la Transformación Ecológica, Gobierno de España, 2019.

El proceso es el siguiente:

1. Absorción por fotosíntesis
2. Carbono incorporado al suelo desde la vegetación, COS.
3. Pérdida de carbono del suelo (mineralización, respiración heterotrófica, etc.)
4. Emisiones por respiración autotrófica y emisiones de Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
5. Retirada de carbono por eliminación de la vegetación (cosecha, explotación forestal, incendio, etc.)

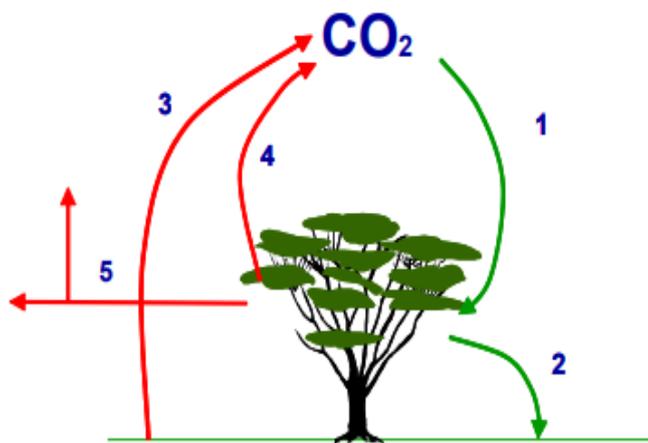


Figura N° 2.2.12: Esquema de la circulación de C en un ecosistema vegetal. Fuente: Ministerio para la Transformación Ecológica, España, 2019.

Razón, por la que se ha intentado determinar la cantidad de carbono que fijan los tolares existente en el Sistema TDPS.

Para el cálculo de carbono fijado por los tolares, en primer lugar, se determinó la biomasa (BM), cuyo valor está estrechamente relacionado con el contenido de carbono. La fórmula utilizada para este fin es la siguiente:

Donde: **CBt** = Carbono Contenido en la Biomasa en (t /ha)
BM = Biomasa total de las tolas (t /ha)

$$\text{CBt} = \text{BM} * 0.477 \quad (7)$$

- Cálculo del Dióxido de Carbono (CO₂)

Donde: **CO₂** = Dióxido de Carbono (t/ha)

CBt = Carbono Contenido en la Biomasa en (t/ha)

Kr²³ = 3.67, Factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12.

$$\text{CO}_2 = \text{Kr} * \text{CBt} \quad (8)$$

Con la cantidad de carbono almacenado, se determinó la cantidad de CO₂ capturado en gramos/m².

²³ Kr = 3.67: Es factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12. Dado que una molécula de Carbono pesa 12 g.mol⁻¹ y una molécula de CO₂ pesa 44 g.mol⁻¹, luego 44/12 = 3.67, una tonelada de carbono fijada en un árbol equivale a fijar 3.67 toneladas de CO₂.

2.4.8 Determinación de zonas de riesgos de pérdida de ecosistemas de tola y priorización de zonas de intervención

Las geociencias permiten determinar la distribución espacial de datos biofísicos y sociales y visualizar las relaciones espaciales entre ellos, creando escenarios que pueden ser utilizados para comparar respuestas que favorecen la conservación o pérdida de vegetación en la Tierra.

Existen diversas metodologías para el análisis de riesgo de pérdidas de cobertura vegetal, desde un análisis simple de una o dos variables climáticas, hasta métodos más robustos que integran numerosas variables que influyen en la zonificación de áreas de riesgo de pérdida de cobertura vegetal. En el presente estudio, se utilizó la metodología de análisis multicriterio (EMC) con enfoque de teoría de decisión, esta técnica opera sobre los datos temáticos vinculados a los sistemas de información geográfica. Las capacidades de geodatos se mejoran para permitir modelos de toma de decisiones a través del análisis de vulnerabilidad.

El concepto genérico de evaluación multicriterio como conjunto de operaciones espaciales para lograr un objetivo teniendo en consideración simultáneamente todas las variables que intervienen (Barredo, 1996), bien sean factores o restricciones (Bosque y Mass, 1995) sirve de soporte para diversidad de objetivos, frecuentemente relacionados con la toma de decisiones espaciales y en ocasiones derivados hacia la evaluación multiobjetivo cuando entran en juego fuerzas de competencia entre diferentes usos (Moreno, 2001).

Para el análisis de variables, que permitan establecer zonas de fragilidad o susceptibilidad de degradación se han utilizado rangos de 1 a 5, definiendo la posibilidad de pertenecer a una determinada clase o conjunto donde 5 se considera zonas con alta susceptibilidad de degradación de tola, y 1 se considera como muy bajo riesgo de pérdida de cobertura vegetal.

La pérdida de las condiciones, biofísicas y el cambio climático, determinan la reducción de las coberturas vegetales, transformándolas y disminuyendo su biodiversidad; además comprometiendo su capacidad productiva. Por otra parte, los cambios de uso de la tierra, que conlleva al replazo de la vegetación natural por cultivos económicos, alterando el equilibrio natural.

La caracterización en categorías de pérdida de tolares, así como la identificación de zonas prioritarias de intervención permitirán a las entidades territoriales gubernamentales o no gubernamentales puedan implementar procesos de intervención urgentes en ecosistemas con mayor riesgo de pérdida de tola.

En la **Tabla N° 2.13** se describe las variables utilizadas para la evaluación de los factores sociales, biofísicos y climáticos utilizados en el modelamiento para la identificación de zonas de intervención en función a grado de riesgo de pérdida de cobertura vegetal.

TABLA N° 2.13. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES DE ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE DEGRADACIÓN DE ECOSISTEMA DE TOLARES

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
Factores sociales	
Densidad poblacional	A partir de la ubicación de los poblados y el análisis de la demografía de los mismos, se realizó el análisis espacial de la densidad poblacional en el sistema hídrico TDPS, categorizando zonas con alta densidad poblacional y cercanas a los ecosistemas de tolares como variables con categoría 5, el análisis toma en cuenta que las acciones antrópicas generan amenaza de degradación de recursos de cobertura vegetal por lo tanto, zonas con menor densidad poblacional tienen categoría de menor riesgo.
Factores biofísicos	
Posición altitudinal	Se ha categorizado tomando en cuenta la ubicación altitudinal de los ecosistemas de tola y el uso de la tierra en diferentes altitudes, categorizando como zonas de mayor amenaza las zonas altas (mayores a 4 500 ms.n.m.), así mismo, se ha definido como zona de amenaza (5) las zonas más bajas.
Zonas de inundación	Tomando en cuenta la red hídrica y la topografía del sistema TDPS, se identificó zonas susceptibles a inundación temporal, los mismos que fueron catalogados como zonas de muy alta amenaza (5) para la degradación de los ecosistemas de tolares, conforme se alejan de estas zonas hacia las partes más altas no inundables se han categorizado como zonas de menor amenaza.
Índice de Vegetación verde	El NDVI, es un indicador de biomasa fotosintéticamente activa. La estimación de este indicador expresa el estado de salud de la cobertura vegetal, los rangos de este índice varían de -1 a 1, donde 1 expresa mayor actividad fotosintética, por lo tanto, coberturas con buena salud, bajo este enunciado se estableció que coberturas con valores altos de NDVI (1), son consideradas como zonas de muy baja amenaza, en cambio, coberturas con menor actividad fotosintética, se considera coberturas de amenaza muy alta (5).
Cobertura Vegetal	Se ha categorizado la presencia de cobertura vegetal en el suelo como una variable que contribuye a la pérdida de los ecosistemas de tola, zonas con baja densidad de cobertura vegetal, con presencia de grandes extensiones de suelo desnudo, así como zonas expuestas a inundación temporal, se han categorizado con amenaza alta de degradación de cobertura vegetal.
Zonificación agroecológica	El análisis de potencialidades y limitaciones determinadas en la zonificación agroecológica, nos permitió identificar zonas con potencialidad para la implementación de cultivos y pastos forrajeros y que, además ocupan espacios de ecosistemas de tolares, por lo que estas zonas son susceptibles al cambio de uso de suelos, es decir podrían ocurrir el cambio de tolar a cultivo por lo que estas zonas se han categorizado como amenaza alta (5), para la degradación de tolares.
Factores climáticos	
Balace hídrico	A partir del modelamiento de información climática (precipitación pluvial y temperatura media) se estimó la evapotranspiración en base al postulado de Thornthwaite. A partir de esta información se estima el balance hídrico, cuyos resultados se clasifican en función al flujo de entrada y salidas de recursos hídricos, donde las zonas más secas y muy húmedas se considera de mayor amenaza (5) para la degradación de los ecosistemas.
Índice de sequía	El índice de sequía nos permite estimar la distribución de la precipitación pluvial, este análisis nos ha permitido establecer que zonas más secas se categoricen como áreas de mayor amenaza (5) para la pérdida de cobertura vegetal y zonas con mayor distribución de precipitación pluvial son consideradas como zonas de menor pérdida de cobertura vegetal.

Fuente: Elaboración propia, 2022

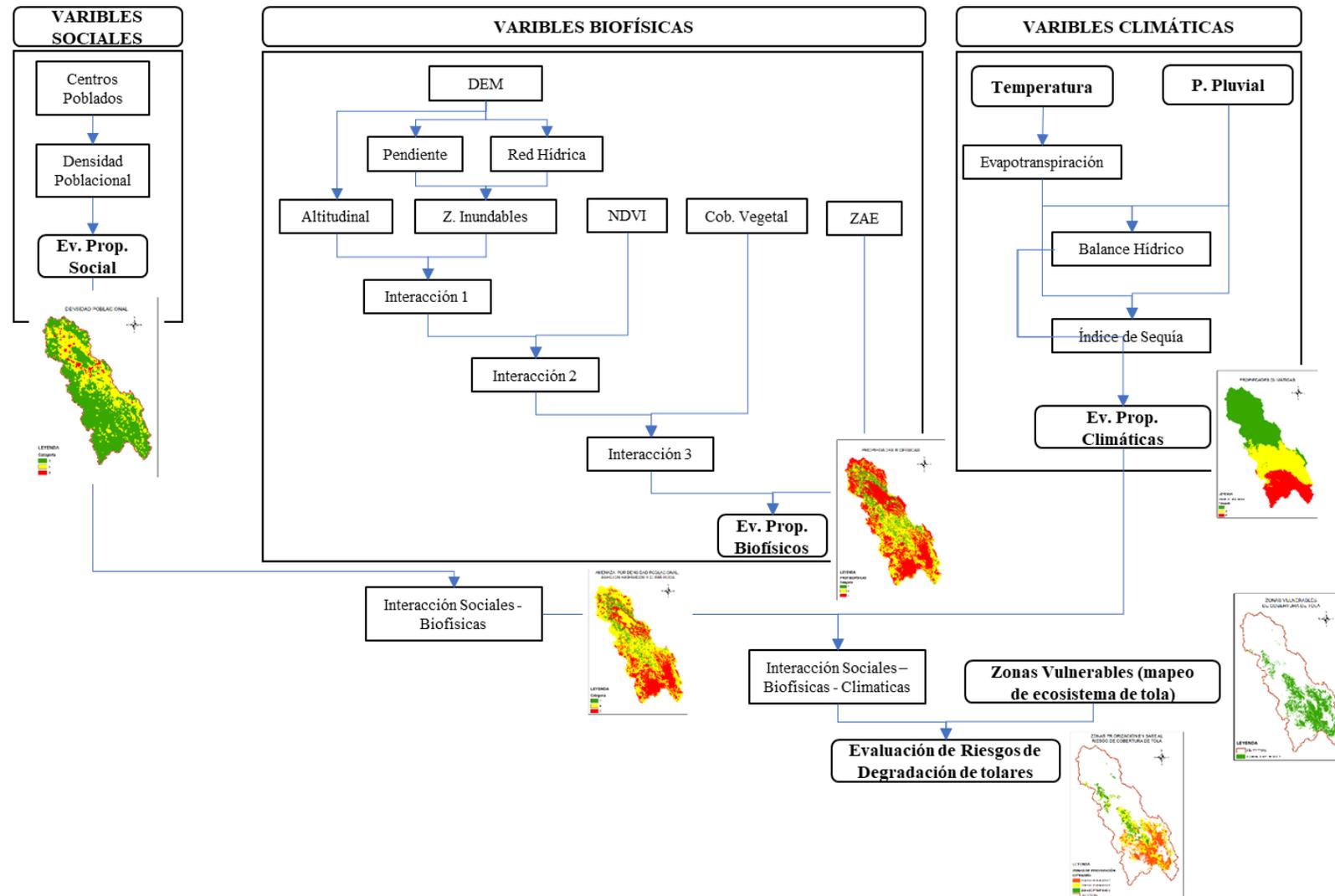


Figura N° 2.13: Esquema metodológico para la identificación de zonas de riesgos de degradación de tolares. Fuente: Elaboración propia, 2022

Las variables analizadas fueron:

- **Sociales**; agrupa la evaluación de la densidad poblacional como factor que genera condiciones de uso del tolar;
- **Factores biofísicos**: análisis altitudinal de la zona de estudio, evaluación de zonas de inundación, capacidad fotosintética de la vegetación, cobertura vegetal
- **Zonificación agroecológica**: como mapa de potencialidad y limitaciones de uso de la tierra.

En la **Figura N° 2.13** se muestra el proceso metodológico seguido para la obtención de zonas de riesgo de pérdida de cobertura vegetal; asimismo, estas zonas se han categorizado en zonas de intervención, así por ejemplo la zona 3 corresponde a áreas con mayores factores de riesgo.

Para el análisis de interacción de cada variable, se estableció iguales porcentajes de importancia dentro de cada factor de análisis. Por ejemplo, dentro los factores biofísicos todas las variables (altura, zonas de inundación, capacidad fotosintética, cobertura vegetal) tienen la misma importancia, sin embargo, en las interacciones por resultado de cada factor (sociales, biofísicos y climáticos), se asigna 50% a los factores biofísicos, 25% a los factores sociales y 25% a los factores climáticos.

2.4.9 Aspectos socioeconómicos básicos en relación al uso de tolares

Con la finalidad de conocer la relación de la población con los tolares, se realizó **entrevistas semiestructuradas** básicas y referenciales dirigidas a la población que habita en zonas cercanas a los tolares, con la finalidad de recoger información sobre la tenencia de la tierra relacionada al manejo de los tolares y su valor económico. (Ver **Anexo 2**)

2.4.10 Identificación de la problemática para la elaboración de la estrategia binacional

La información del diagnóstico ayuda a identificar la problemática actual de los tolares, expresada en el comportamiento de cobertura de estos ecosistemas en el ámbito del TDPS. Cabe señalar que la caracterización de la problemática, es parte importante para el diseño de la estrategia para la protección y conservación de los tolares.

Capítulo III: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TOLARES

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se presentan los resultados de la integración y análisis de la información primaria generada durante el trabajo de campo, y de la secundaria pertinente recopilada durante el desarrollo del estudio. Cabe precisar que esta información, es la primera en su género, que abarca más del 90% del territorio del Sistema TDPS, que permitirá a las autoridades competentes, como a la academia y a la población en general de ambos países, conocer la superficie cubierta de tola, la importancia socio económica, los servicios ecosistémicos/funciones ambientales que brindan, así como la problemática de los tolares, sus causas y efectos.

Hace décadas atrás, que se habla de la problemática de los tolares, sin embargo, la información al respecto es muy escasa y puntual, lo que limita comprender la situación actual y su tendencia en el tiempo, sobre todo teniendo en cuenta, que este ecosistema se encuentra de alguna manera afectada por la presión antropogénica. Nada es más preocupante, que escuchar sobre la existencia de un determinado problema, y no tener la información técnica necesaria que permitan conocer las causas y consecuencias, información de mucha utilidad para establecer las bases orientadas a la gestión de su solución. Ese es el enfoque del presente estudio.

3.2 ASPECTOS GENERALES DEL ECOSISTEMA TOLAR Y SU IMPORTANCIA

Cuando se recorre el TDPS, es común observar en diferentes zonas, extensas áreas de un color verde paca en las laderas o las planicies, sin pensar que esta característica, es debido a la presencia de tupidos tolares²⁴ (planta arbustiva), en otros casos asociados a los pajonales, aunque la tola es la de mayor predominancia.

La diversidad de especies de tola en el TDPS, en su gran mayoría pertenecen al orden de las Asterales, y a la familia Asterácea, con muchas especies, que se distribuyen en la región andina de Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Estas plantas crecen en diversos suelos, con poco contenido de materia orgánica, desde sueltos franco-arenosos, arcillosos y

²⁴ Tolares: Denota una zona poblada por tolas, aunque puede crecer en asociación con otras especies, como gramíneas.

rocosos. Taxonómicamente las especies más comunes son: *Parastrephia lepidophylla* (supotola), *Baccharis incarum* (ñakatola), *Fabiana densa* (taratola) y *Lampayo castellani* (lampayatola) (Villagrán *et al.* 1998).

Los tolares son asociaciones arbustivas xerófitas nativas, leñosas y semi leñosas, siempre verdes (Bonifacio *et al.*, 2014), de hojas resinosas, con tallos lignificados, erectos y ramosos, con raíces profundas. En la mayoría de los casos están conformados solamente por pura tola, por esa razón, llamados “tolares puros”, ya que es la especie de mayor predominancia respecto a otras. También existen la asociación tolar, es decir, que crece conjuntamente con otras especies: tola + pajonal, tola + chijial, tola+kaillar o tola+kotal (Alzérreca, 2002).



Figura N° 3.1: Panorámica del ecosistema tolar en la cuenca media del río Maure a 4.200 ms.n.m. (Puno). Fuente: Ocola, J., 2023.

Los tolares del TDPS, tienen gran importancia social, cultural y ecológica. Contribuyen al proceso de formación de suelos, reducen el proceso de erosión, y de desertificación. Por su extensión, forman un ecosistema en el que habitan diversidad de especies de fauna silvestre. En otros casos, es utilizada para la protección de cultivos como alfalfa, cebada, papa, etc. Tienen diversos usos, como leña, medicina, para el teñido de prendas de vestir, en otros casos usada en la construcción de viviendas (paredes y techos). También se utiliza como forraje de ovinos y camélidos en época de sequía, además, es indicador biológico del comportamiento climático, son importantes asimiladores de CO₂ (gas de efecto invernadero), funcionando como sumideros que contribuye a la mitigación del cambio climático.

3.3 ANTECEDENTES RESPECTO A ESTIMACIONES DE LA COBERTURA DE TOLARES EN EL TDPS

Según el estudio realizados por IIP Qollasuyo (2002), el área total del ámbito peruano del sistema TDPS fue de 4'918.945,93 ha, de las cuales el 3,6% equivale a 175.667,32 ha, el 54.404,70 ha son densos (31%) y 121.262,62 ha son dispersos. **Ver Tabla N° 3.1.**

TABLA N° 3.1. SUPERFICIE CUBIERTA CON TOLARES TDPS SECTOR PERUANO

Zonas	Cobertura (ha)		Total (ha)
	Denso ²⁵	Disperso ²⁶	
Ayaviri	-	3.236,30	3.236,30
Azángaro	-	2.024,38	2.024,38
Huancané	-	4.565,15	4.565,15
Huaitire-Mazo Cruz	6.733,34	20.613,82	27.347,16
Ilave	12.410,93	22.813,82	35.224,76
Juli	11.905,13	7.893,51	19.798,64
Lagunillas	342,44	1.601,73	1.944,17
Maure	8.600,45	11.415,07	20.015,52
Nuñoa	-	773,54	773,54
Ocuviri	-	3.953,24	3.953,24
Pichacani	3.950,96	8.466,52	12.417,48
Pizacoma	4.729,96	16.473,32	21.203,26
Puno	5.731,49	14.180,37	19.911,86
Putina	-	3.249,84	3.249,84
Superficie total (ha)	54.404,70	121.262,62	175.667,32

Fuente. IIP Qollasuyo, 2002.

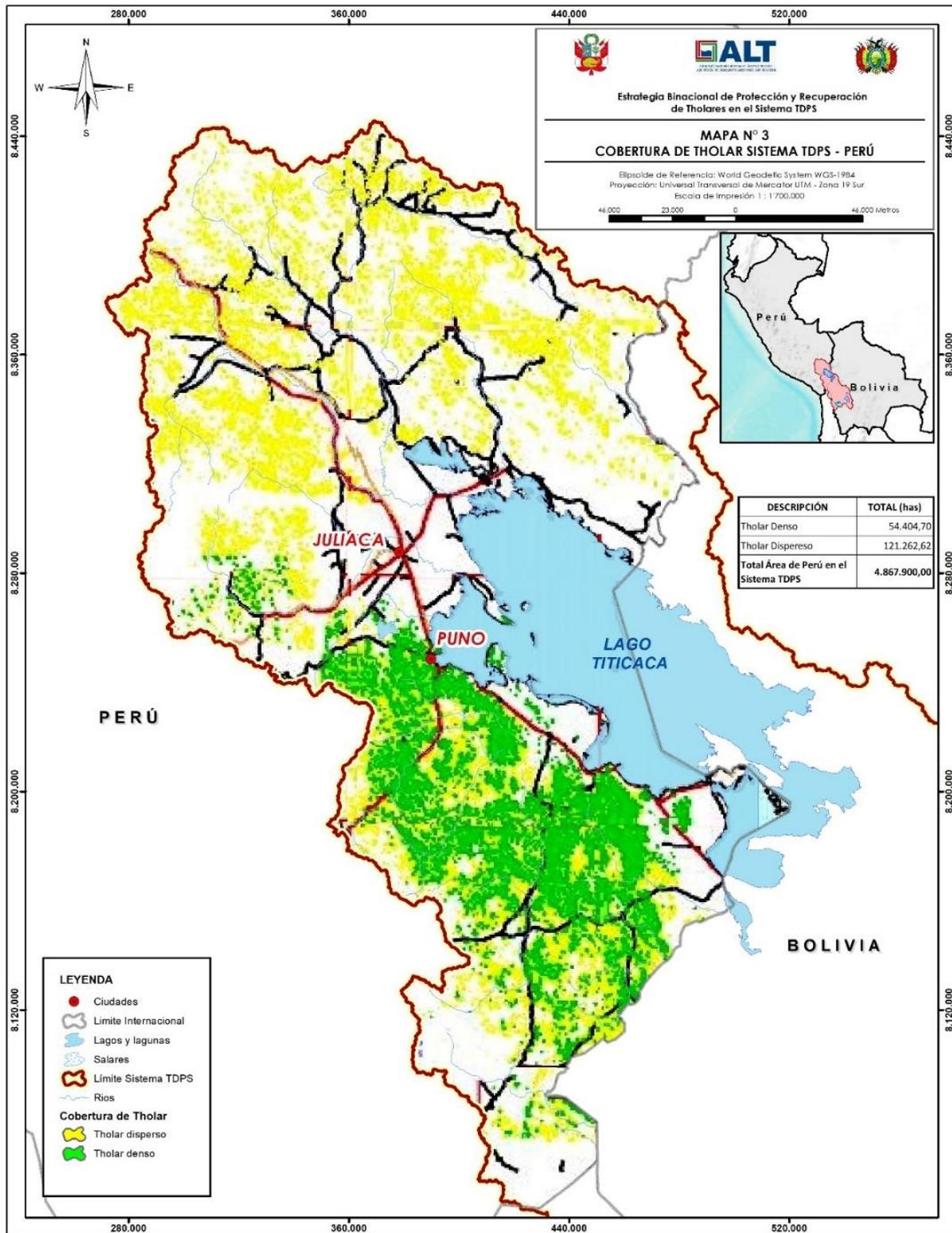
Las áreas densas de tolar, según este estudio, en su mayor parte se encontraban en la zona sur, en cambio las áreas dispersas en la zona norte del ámbito peruano del sistema TDPS. (Paca *et al.* 2002).

Cabe destacar, que la metodología utiliza por IIP Qollasuyo en el estudio mencionado, fue a través de imágenes satelitales LANSAT TM 1999 – 2000 (Bandas 3-4-5-6) y Cartas Nacionales 1:100.000 y 1:25.000; con las que se determinó las áreas de tolares de todo el ámbito peruano del sistema TDPS. Las características del ámbito de trabajo y el nivel de detalle en la presentación cartográfica, se definieron dos unidades cartográficas; facilitando la identificación de la tola en sus dos niveles: denso y disperso. (Paca *et al.* 2003).

²⁵ **Denso:** áreas donde se presenta con mayor densidad la cobertura de tola, estando asociada en muchos casos con otras especies arbustivas; para considerar al tolar como denso se debe tener en promedio de 1201 a más plantas/ha.

²⁶ **Disperso:** tiene una cobertura de tola rala, inclusive a veces predominan otras especies arbustivas como en la zona norte. Considera un rango 1 a 1200 plantas/ha. (IIP Qollasuyo, 2003.)

MAPA N° 3.1: COBERTURA DE THOLAR DENSO Y DISPERSO DEL ÁMBITO PERUANO DEL SISTEMA TDPs



Fuente: IIP Qollasuyo 2000 – 2002. (Paca *et al.* 2003).

En el sector boliviano del TDPS, según la información revisada respecto a la cobertura de tolares, es escasa; no obstante, Alzérrec *et al* (2003), indica que en este territorio existe varias CANAPAS²⁷ de suputola y de ñakatola. La suma de estos, en el primer caso alcanza a 1'154.206,4 ha, equivalente al 13,1% del sistema TDPS. y el segundo de 1'857.551,4 ha equivalente al 21,1%. Los otros tipos de CANAPAS corresponden al taratolar, alpachtolar, ñakatolar, lampayatolar, romerotolar y tolar mixto queñual-irual cuyos porcentajes dentro el sistema TDPS. son menores, es decir con 8,9; 3,0; 1,6; 0,8 y 4,7% respectivamente. Ver **Tabla N° 3.2.**

TABLA N° 3.2. SUPERFICIE Y PORCENTAJE DE TIPOS Y SUBTIPOS DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS-BOLIVIA.

N°	Tipo de tolar	Código	Superficie (ha)	Superficie (km)	%	% sobre TDPS	% sobre TDPS con cubierta vegetal
1	Suputholar	1a	281.233,3	2.812,3	6,0	3,2	3,5
2	Suputholar-Chijjal	1b	244.818,1	2.448,2	5,2	2,8	3,1
3	Suputholar-Ñakatholar	1c	9.734,3	97,3	0,2	0,1	0,1
4	Suputholar-Alpachtolar	1d	19.318,2	193,2	0,4	0,2	0,2
5	Suputholar-Ñakatholar-Ichual	1e	20.199,9	202,0	0,4	0,2	0,3
6	Suputholar-Ichual	1f	55.940,4	559,4	1,2	0,6	0,7
7	Suputholar-Iruual-Ichual	1g	40.885,5	408,9	0,9	0,5	0,5
8	Suputholar-Iruual	1h	91.772,5	917,7	2,0	1,0	1,2
9	Suputholar-Ñakatholar-Iruual	1i	272.429,0	2.724,3	5,8	3,1	3,4
10	Suputholar-Iruual-Chijja	1j	117.875,2	1.178,8	2,5	1,3	1,5
Tipo 1: Subtotales de Suputholares			1.154.206,4	11.542,1	24,6	13,1	14,5
11	Ñakatholar	2 ^a	180.556,8	1.805,2	3,8	2,0	2,3
12	Ñakatholar-Suputholar	2b	130.321,9	1.303,2	2,8	1,5	1,6
13	Ñakatholar-Jamachtholar-Taratholar	2c	509.023,9	5.090,2	10,8	5,8	6,4
14	Ñakatholar-Ichual-Chillihuar	2d	30.929,0	3.092,5	6,6	3,5	3,9
15	Ñakatholar-Ichual-Iruual	2e	728.399,0	7.284,0	15,5	8,3	9,1
Tipo 2: Subtotales de Ñacatholares			1.857.550,6	18.575,5	39,6	21,1	23,3
16	Tipo 3: Taratholar	2	784.627,9	7.846,3	16,7	8,9	9,9
17	Tipo 4: Alpachtolar-Ñakatholar	4	262.121,5	2.621,2	5,6	3,0	3,3
18	Tipo 5: Lampayatholar	5	142.382,5	1.423,8	3,0	1,6	1,8
19	Tipo 6: Romerotholar	6	74.719,7	747,2	1,6	0,8	0,9
20	Tipo 7: Tholar Mixto-Keñual-Iruual	7	417.989,7	4.179,9	8,9	4,7	5,3
Sub total de otros tholares			1.681.841,3	16.818,4	35,8	19,1	21,1
TOTAL DE TOLARES			4.693.598,3	46.936,0	100,0	53,2	25,0

Fuente: Alzérrec *et al*, 2002- Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S.

²⁷ CANAPAS: Campos nativos de pastoreo o praderas nativas, son terrenos de pastoreo nativo de camélidos en las zonas altiplánicas y alto andinas. En estos lugares de pastoreo se conocen los siguientes pastizales: bofedal, tolares, chillihuare, pajonales de ichu, gramadales. <https://www.ruralytierras.gob.bo/compendio2012/files/assets/basic-html/page177.html>

Sin duda, que por la extensión de tolares reportados, estos cumplen un rol muy importante en la ecología del Sistema TDPS, entre ellos, como sumideros de carbono, que contribuyen a la mitigación del cambio climático, aspecto que se analizará más adelante.

Para la identificación y distribución de los tolares en el sector boliviano del TDPS, Alzérreca y su equipo utilizaron imágenes satélites georreferenciadas Landsat-TM y la combinación de bandas 3,4 y 5. Para la identificación de tolares se trató y digitalizó las imágenes con el programa “ARC VIEW” tomando en cuenta los tonos de coloración de la imagen satelital, fisiografía, información secundaria, y la experiencia técnica del grupo de estudio. La escala de trabajo fue de 1:50.000 o menor donde la calidad de las imágenes lo permitió. Además, realizaron trabajo de campo que les permitió georeferenciar la ubicación de los tolares.

Según la información revisada respecto a la superficie cubierta de tolares en el ámbito del TDPS sector de Bolivia, hasta hace 20 años fue de **46.936,0 km²**, es decir, que este ecosistema ocupaba el 32,3% del territorio boliviano del Sistema TDPS, no obstante, esta **información es considera de carácter referencial**, información que será contrastada con los resultados del presente estudio

3.4 SUPERFICIE DE COBERTURA DE TOLARES

3.4.1 Superficie de tolares: año 2001

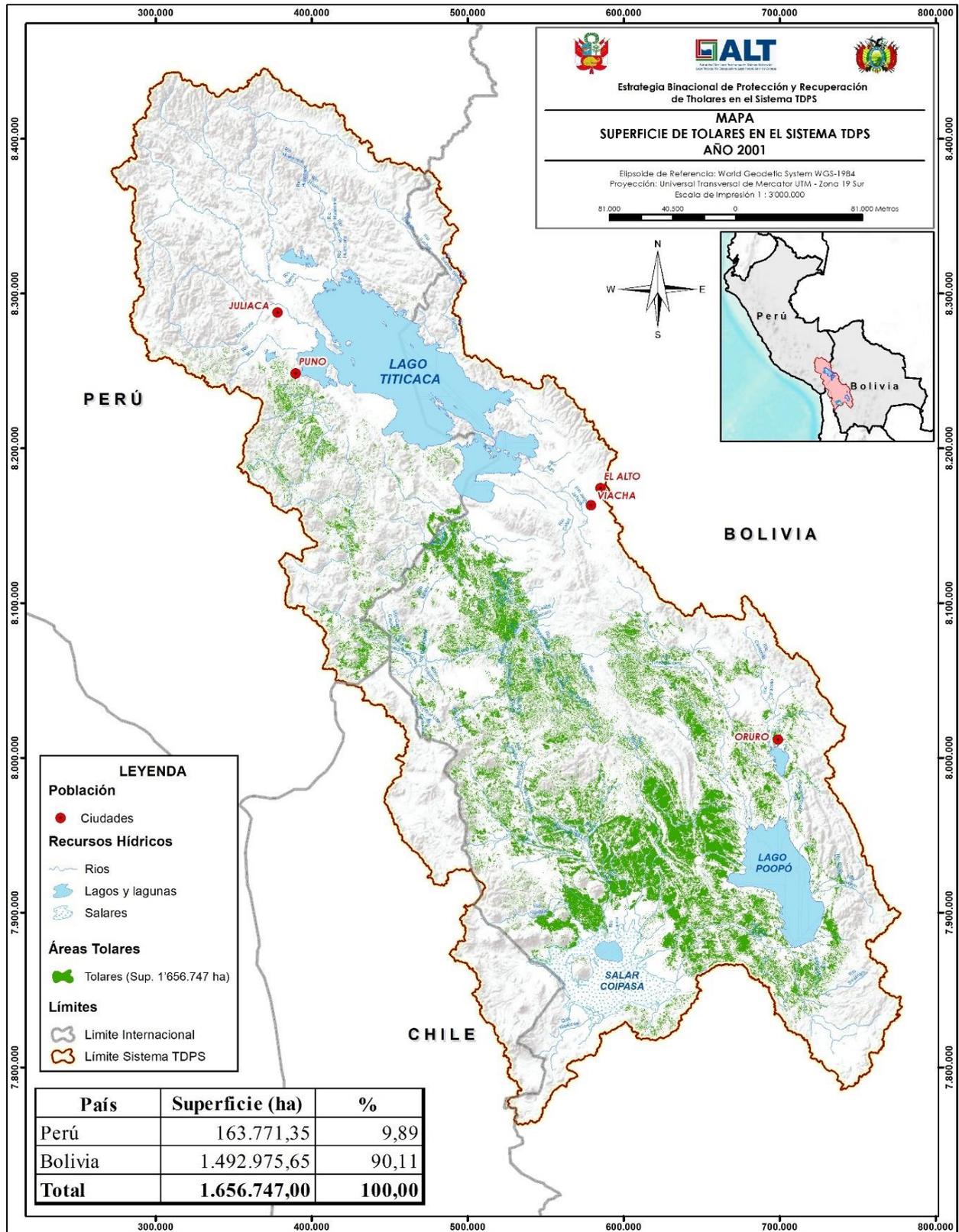
Los resultados del modelamiento para identificar la superficie de tola según la metodología establecida, se determinó que en el sistema TDPS en el año 2001 existían **1'656.747,00 ha de tolares**, de los cuales el 9,89% se encontraban en el territorio peruano, y 90,11% en el sector boliviano, siendo el departamento de Oruro donde existían la mayor cantidad de superficie cubierta con tola. Ver **Tabla N° 3.3**.

TABLA N° 3.3. SUPERFICIE CUBIERTA POR PAÍS EN EL SISTEMA TDPS-2001

País	Departamento	Superficie con tolares por departamento (ha)	%	Superficie con tolares por país (ha)	%
Perú	Puno	131.342,27	7,93	163.771,35	9,89
	Tacna	32.429,08	1,96		
Bolivia	La Paz	405.351,65	24,47	1'492.975,65	90,11
	Oruro	1'087.624,00	65,65		
TOTAL TDPS		1'656.747,00	100,00	1'656.747,00	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

MAPA N° 3.2: SUPERFICIE DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS – AÑO 2001



Fuente: Elaboración propia, 2022

3.4.1.1 Superficie de tola en el territorio peruano: 2001

En el año 2001, existía 136.777,27 ha de las cuales el 80,20% se encuentran en el departamento de Puno y el restante 19,80% en el departamento de Tacna. En la **Tabla N° 3.4** se muestra la superficie de tolares a nivel de distrito.

TABLA N° 3.4. SUPERFICIE CUBIERTA CON TOLARES EN EL SECTOR PERUANO (2001)

Departamento /Distrito	Superficie de tola (ha)	%
Departamento de Puno	131.342,27	80,20
Acora	24.101,43	18,35
Pichacani	20.501,71	15,61
Santa Rosa	18.967,36	14,44
Puno	10.047,86	7,65
Kelluyo	9.245,68	7,04
Capazo	7.885,05	6,00
Pisacoma	5.166,06	3,93
Juli	4.425,02	3,37
Conduriri	4.094,05	3,12
Cabanillas	3.286,24	2,50
Ilave	3.201,00	2,44
Desaguadero	3.163,71	2,41
Platería	2.192,98	1,67
Pomata	2.147,42	1,63
Tiquillaca	2.135,15	1,63
Huacullani	1.891,30	1,44
Santa Lucía	1.513,97	1,15
Yunguyo	1.329,40	1,01
Zepita	1.112,30	0,85
Chucuito	996,16	0,76
Paucarcolla	661,08	0,50
Moho	639,26	0,49
Copani	531,74	0,40
Mañazo	483,45	0,37
Vilque	440,91	0,34
Cuturapi	385,06	0,29
Quilcapuncu	210,29	0,16
Conima	175,97	0,13
San Antonio	138,37	0,11
Tilali	112,22	0,09
Cabana	78,01	0,06
Putina	27,54	0,02
Pilcuyo	20,82	0,02
Atuncolla	18,25	0,01
Huayrapata	8,69	0,01
Rosaspata	4,74	0,00
Vilque Chico	1,78	0,00
Huatasani	0,24	0,00
Departamento de Tacna	32.429,08	19,80
Palca	17.595,70	54,26
Tarata	13.707,29	42,27
Ticaco	1.108,32	3,42
Susapaya	17,77	0,05
Superficie Total Perú (ha)	136.777,27	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la tabla anterior, del total de superficie con tola del departamento de Puno el 18,35% de tolares se encuentra en el distrito de Acora; el 15,61% y 14,44% en Pichacani y Santa Rosa respectivamente, así mismo, existían distritos con superficies menores a 10 ha, tal es el caso de Huayrapata, Rosapata, Vilquechico y Huatasani.

En el departamento de Tacna, el distrito de Palca tenía 17.595,70 ha de tolares, que corresponde al 54,26% de la superficie del territorio de este departamento.

3.4.1.2 Superficie de tola en el territorio boliviano: 2001

En el ámbito boliviano, el año 2001 se tenía una superficie de 1'492.975,65 ha de tola, de los cuales, en el departamento de Oruro se encontraban el 72,85%, es decir, 1'087.624,00 ha, el 27,15% se encuentra en el departamento de La Paz. En la **Tabla N° 3.5**, se presenta la cobertura de tolares a nivel de municipio.

TABLA N° 3.5. SUPERFICIE CUBIERTA CON TOLARES EN EL SECTOR BOLIVIANO (2001)

Departamento /Municipio	Superficie de tola (ha)	%
Departamento de La Paz	405.351,65	27,15
Calacoto	134.846,38	33,27
La San Andrés de Machaca	61.441,95	15,16
Caquiaviri	39.928,91	9,85
Charaña	30.718,54	7,58
Papel Pampa	28.633,70	7,06
San Pedro de Curahuara	28.013,66	6,91
Umala	25.761,12	6,36
Santiago de Callapa	14.306,93	3,53
Santiago de Machaca	13.767,27	3,40
Sica Sica	9.695,86	2,39
Corocoro	5.866,23	1,45
Catacora	4.786,76	1,18
Patacamaya	3.469,27	0,86
Chacarilla	3.350,86	0,83
Nazacara de Pacajes	586,58	0,14
Jesús de Machaca	170,07	0,04
Ichoca	4,37	0,00
Puerto Acosta	2,85	0,00
Desaguadero	0,35	0,00
Departamento de Oruro	1'087.624,00	72,85
Corque	176.896,68	16,26
Turco	119.863,25	11,02
Toledo	94.153,98	8,66
Santiago de Andamarca	85.792,50	7,89
Salinas de Garcí Mendoza	76.189,06	7,01
Escara	67.394,06	6,20
Curahuara de Carangas	62.854,60	5,78
Sabaya	62.472,38	5,74
Belen de Andamarca	55.149,87	5,07
Pampa Aullagas	46.295,93	4,26
Caracollo	30.978,64	2,85
Santuario de Quillacas	27.361,20	2,52
Totora	24.586,67	2,26
El Choro	22.440,97	2,06
Santiago de Huari	17.125,21	1,57

Departamento /Municipio	Superficie de tola (ha)	%
Cruz de Machacamarca	16.735,92	1,54
Esmeralda	16.482,43	1,52
Choquecota	16.111,98	1,48
Yunguyo del Litoral	11.409,64	1,05
Paria	8.948,14	0,82
Challapata	7.912,36	0,73
Pazña	5.965,25	0,55
Huayllamarca	5.945,08	0,55
Eucaliptus	5.808,20	0,53
Poopó	4.754,83	0,44
Machacamarca	4.743,86	0,44
Oruro	4.722,87	0,43
Chipaya	2.762,92	0,25
Carangas	1.861,08	0,17
Todos Santos	1.347,71	0,12
La Rivera	949,59	0,09
Coipasa	894,65	0,08
Huachacalla	284,59	0,03
Antequera	225,32	0,02
Huanuni	202,59	0,02
Superficie Total Bolivia (ha)	1'492.975,65	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022

Con respecto a la distribución por unidades administrativas, el municipio de Calacoto del departamento de La Paz; tenía una superficie de tola de 134.846,38 ha, lo que representa el 33,27% respecto al área total del departamento y San Andrés de Machaca, con 61.441,95 ha.

En el departamento de Oruro, la mayor superficie de tolares se encuentra en el municipio de Corque con 176.896,68 ha equivalente al 16,26% de superficie de tola existente en este departamento, seguido de los municipios de Turco, Toledo y Santiago de Andamarca.

3.4.1.3 Superficie de tola según zonas hidrológicas del sistema TDPS: 2001

En la zona hidrológica Coipasa existían 651.774,42 ha (39,34%), seguida de la ZH Poopó con 25,34% de la superficie total de tola existente en el TDPS. Las ZH con menor superficie de tolares son: Illpa, Coata, Huaycho y Huancané, cuyas superficies de tola no superan las 5.000 ha, porcentualmente menos del 1%. Ver **Tabla N° 3.6**.

TABLA N° 3.6. SUPERFICIE CUBIERTA CON TOLARES EN ZONAS HIDROLÓGICAS DEL SISTEMA TDPS (2001)

No	Zona Hidrológica	Superficie con tolares año 2001 – (ha)	%
1	Coipasa	651.774,42	39,34
2	Poopó	419.816,04	25,34
3	Alto Desaguadero	168.805,21	10,19
4	Medio Desaguadero	169.054,36	10,20
5	Mauri	140.529,67	8,48
6	Ilave	85.025,89	5,13
7	Circunlacustre	11.809,16	0,71
8	Illpa	4.293,86	0,26

No	Zona Hidrológica	Superficie con tolares año 2001 – (ha)	%
9	Coata	4.816,88	0,29
10	Huaycho	474,73	0,03
11	Huancané	346,77	0,02
Total		1.656.747,00	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.4.2 Superficie de tolares: Año 2022

De acuerdo a la metodología establecida se ha determinado que existen **998.124,35 ha** cubiertas por tolares, de los cuales el 93,32% se localiza en territorio boliviano, el 6,68% en territorio peruano. Ver **Tabla N° 3.7**.

TABLA N° 3.7. SUPERFICIE DE TOLA EN EL SISTEMA TDPS

País	Departamento	Superficie con tolares por departamento (ha)	%	Superficie con tolares por país (ha)	%
Perú	Puno	36.083,76	3,62	66.693,83	6,68
	Tacna	30.610,07	3,07		
Bolivia	La Paz	244.375,68	24,48	931.430,52	93,32
	Oruro	687.054,85	68,83		
Total Superficie Sistema TDPS		998.124,35	100,00	998.124,35	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022

En el caso de Bolivia, el departamento con mayor cobertura de tolares es Oruro con una superficie de 687.054,85 ha, y en el caso de Perú, el departamento de Puno con 3,62%.

3.4.2.1 Superficie de tola en el territorio peruano: 2022

En 30 distritos del departamento de Puno y en 3 del departamento de Tacna existen superficies cubiertas con tolares (Ver **Tabla N° 3.8**), observándose que el 54,11% de la superficie de tolares se localizan en el departamento de Puno, siendo Santa Rosa el distrito con mayor superficie (5.497,70 ha) equivalente al 8,24% respecto a la superficie total del departamento, otros distritos son Kelluyo y Ácora con el 7,02 y 6,54% respectivamente. Tacna cuenta con el 45,89% de superficie de tolares.

TABLA N° 3.8. SUPERFICIE CUBIERTA DE TOLA EN EL SECTOR DE PERÚ (2022)

Departamento/distrito	Superficie con tolares (ha)	%
Perú	66.693,83	100,00
Departamento de Puno	36.083,76	54,11
Santa Rosa	5.497,70	8,24
Kelluyo	4.683,16	7,02
Ácora	4.299,09	6,45
Capazo	3.999,93	6,00
Desaguadero	2.802,65	4,20
Pichacani	2.633,83	3,95
Conduriri	2.351,12	3,53
Cabanillas	2.197,72	3,30
Puno	1.992,74	2,99
Juli	1.371,31	2,06

Departamento/distrito	Superficie con tolares (ha)	%
Ilave	827,70	1,24
Plateria	652,56	0,98
Pomata	543,09	0,81
Pisacoma	506,48	0,76
Santa Lucía	474,33	0,71
Tiquillaca	263,68	0,40
Paucarcolla	175,16	0,26
Yunguyo	160,76	0,24
Chucuito	124,56	0,19
Huacullani	102,08	0,15
Moho	81,05	0,12
Mañazo	63,09	0,09
Copani	55,35	0,08
Zepita	48,45	0,07
Conima	40,97	0,06
Tilali	38,26	0,06
Quilcapuncu	37,28	0,06
Vilque	32,91	0,05
Cuturapi	24,82	0,04
Atuncolla	1,92	0,00
Departamento de Tacna	30.610,07	45,89
Palca	17.257,49	56,38
Tarata	13.036,55	42,59
Ticaco	316,04	1,03

Fuente: Elaboración propia, 2022

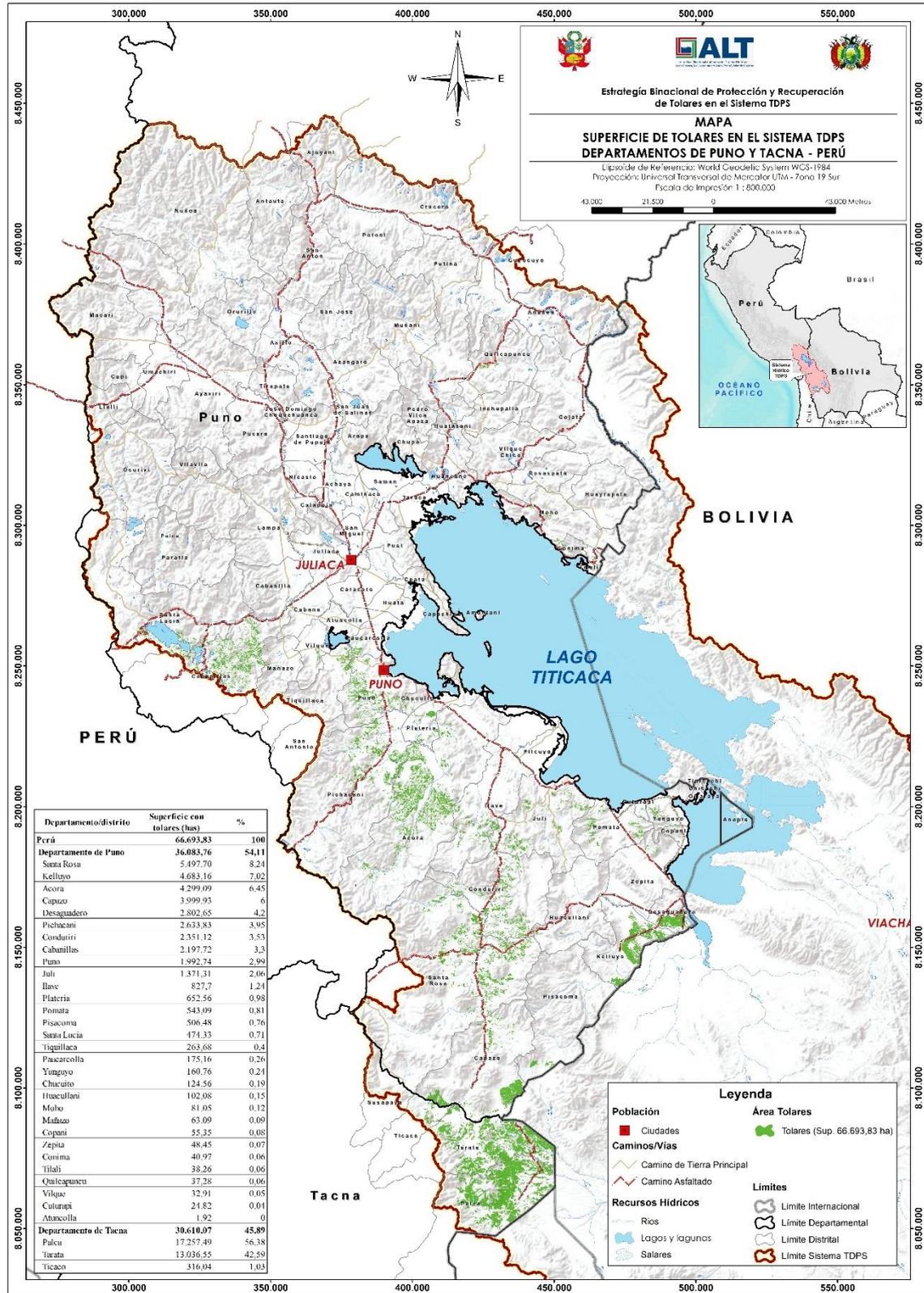
Cabe señalar que en la zona norte y noroeste del TDPS entre Pucará, Ayaviri, José Domingo Choquehuanca, Lampa (sector peruano), entre el 14 y 15 de abril de 2023, se verificó que no existe cobertura de tolares.



Figura N° 3.2.: Panorámica del paisaje en la zona alta de la provincia de Lampa, en la que no se observa la presencia de tolares. Fuente: Ocola, J., 2023.

En el **Mapa N° 3.3** se muestra la distribución espacial de la Tola en los distritos de los departamentos de Puno y Tacna.

MAPA N° 3.3: SUPERFICIE DE TOLARES EN LOS DEPARTAMENTOS DE PUNO Y TACNA – PERÚ



Fuente: Elaboración Propia, 2022

3.4.2.2 Superficie de tola en el territorio boliviano: 2022

En el departamento de La Paz, existen 244.375,68 ha distribuidas en 16 municipios (Ver **Tabla N° 3.9**).

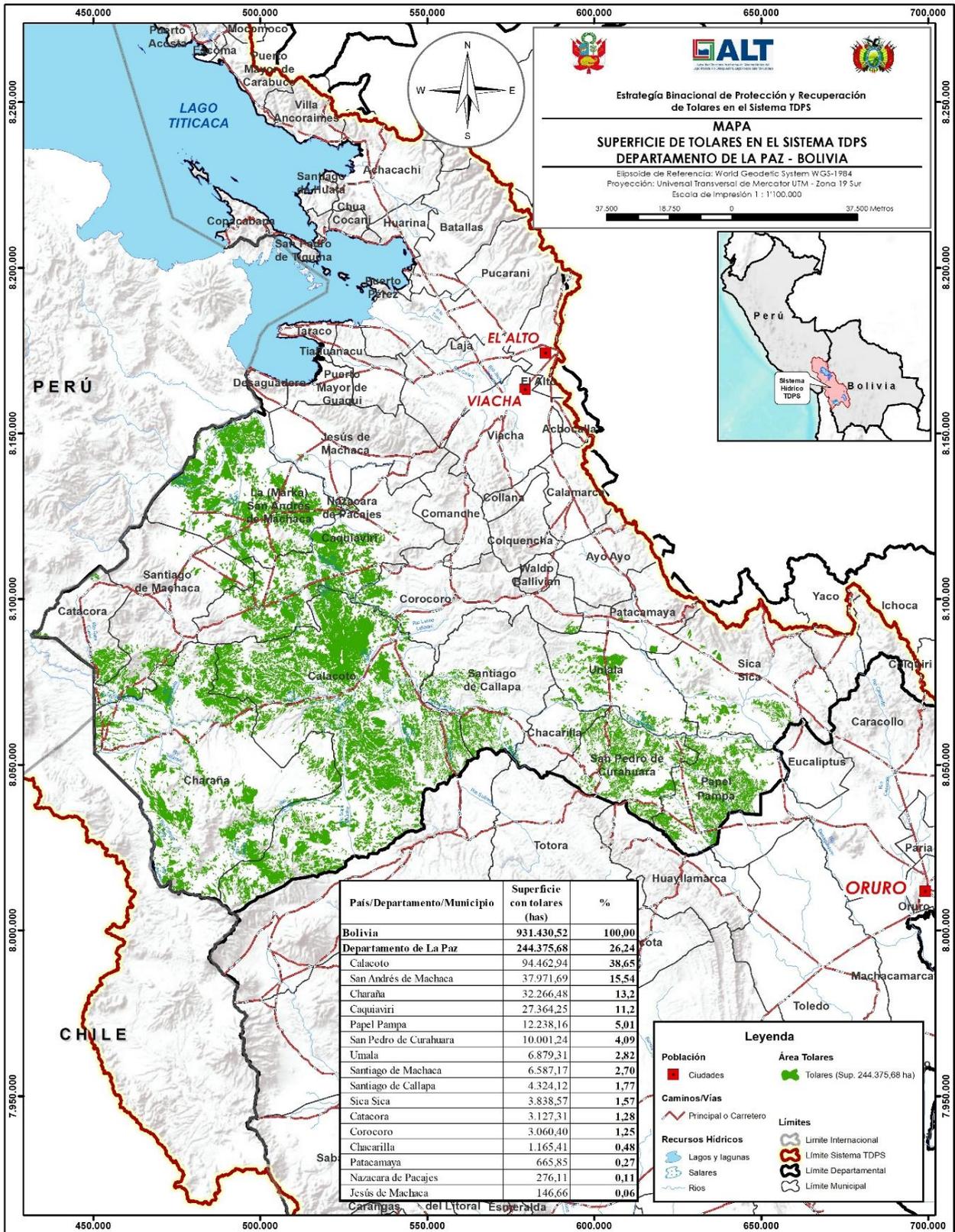
TABLA N° 3.9. SUPERFICIE DE TOLA EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

País/Departamento/Municipio.	Superficie con tolares (ha)	%
Bolivia	931.430,52	100,00
Departamento de La Paz	244.375,68	26,24
Calacoto	94.462,94	38,65
San Andrés de Machaca	37.971,69	15,54
Charaña	32.266,48	13,20
Caquiaviri	27.364,25	11,20
Papel Pampa	12.238,16	5,01
San Pedro de Curahuara	10.001,24	4,09
Umala	6.879,31	2,82
Santiago de Machaca	6.587,17	2,70
Santiago de Callapa	4.324,12	1,77
Sica Sica	3.838,57	1,57
Catacora	3.127,31	1,28
Corocoro	3.060,40	1,25
Chacarilla	1.165,41	0,48
Patacamaya	665,85	0,27
Nazacara de Pacajes	276,11	0,11
Jesús de Machaca	146,66	0,06

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La mayor superficie de tolares se encuentra en el municipio de Calacoto con el 38,65 % que equivale a 94.462,94 ha; seguido de los municipios de San Andrés de Machaca y Charaña con el 15,54 y 13,20 % respectivamente.

MAPA N° 3.4: SUPERFICIE DE TOLARES EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ – BOLIVIA



Fuente: Elaboración propia, 2022

En el departamento de Oruro, la superficie de tolares es de 687.054,85 ha, que representa el 73,76% respecto a la superficie total del TDPS del sector boliviano. En la **Tabla N° 3.10**, se presenta las superficies de tolares a nivel de municipios.

TABLA N° 3.10. SUPERFICIE DE TOLA EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO

País/Departamento/Municipio	Superficie con tolares (ha)	%
Bolivia	931.430,52	100,00
Departamento de Oruro	687.054,85	73,76
Corque	147.769,99	21,51
Turco	76.864,49	11,19
Santiago de Andamarca	70.184,86	10,22
Escara	50.029,02	7,28
Belen de Andamarca	49.029,11	7,14
Toledo	47.555,37	6,92
Sabaya	38.578,11	5,61
Curahuara de Carangas	36.147,07	5,26
Salinas de Garcí Mendoza	36.123,71	5,26
Pampa Aullagas	18.641,60	2,71
Cruz de Machacamarca	15.056,08	2,19
Caracollo	13.547,86	1,97
Esmeralda	13.095,11	1,91
Totora	12.797,44	1,86
Yunguyo del Litoral	10.866,64	1,58
El Choro	9.499,25	1,38
Santuario de Quillacas	8.764,00	1,28
Choquecota	7.118,67	1,04
Paria	4.833,61	0,70
Santiago de Huari	3.942,27	0,57
Challapata	2.805,87	0,41
Poopó	2.565,65	0,37
Eucaliptus	2.302,61	0,34
Machacamarca	2.211,29	0,32
Chipaya	2.123,97	0,31
Huayllamarca	2.009,95	0,29
Pazña	1.134,56	0,17
Oruro	1.063,42	0,15
Huanuni	109,90	0,02
La Rivera	92,35	0,01
Huachacalla	86,73	0,01
Carangas	73,90	0,01
Antequera	30,16	0,00
Coipasa	0,17	0,00
Todos Santos	0,05	0,00

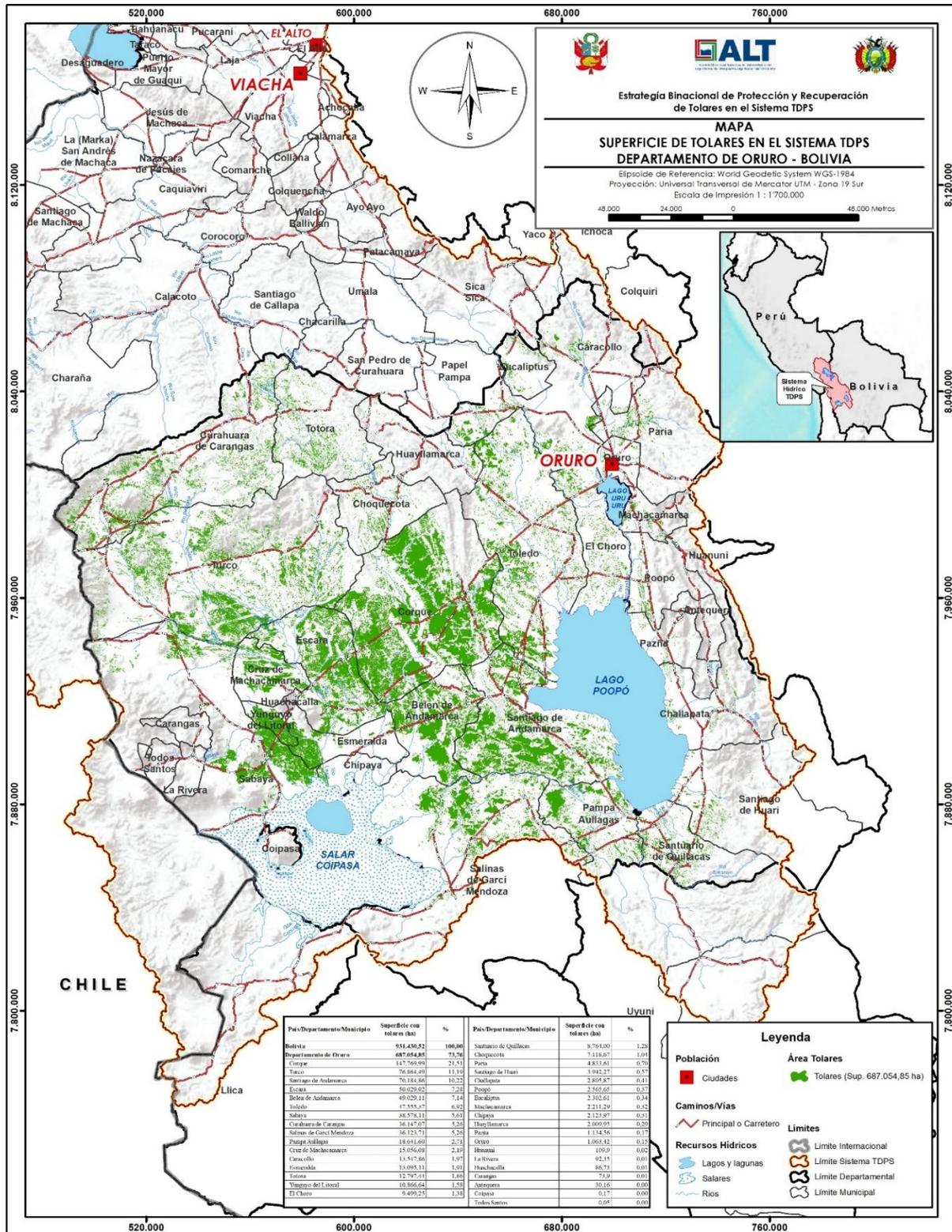
Fuente: Elaboración propia, 2022.

El municipio con mayor superficie de tola es Corque²⁸ con 147.769,99 ha, que representa el 21,51% respecto al total existente en el departamento de Oruro, seguido de los

²⁸Corque capital de la tola, según Ley 3754. **Artículo 1.-** Declárase al Municipio de Corque como Capital de la Thola del Departamento de Oruro, con la finalidad de generar un manejo sostenible de los recursos naturales. **Artículo 2.-** (Objetivos). a) Proteger, conservar y aprovechar racionalmente la Thola con el propósito de generar un verdadero proceso de manejo sostenible de los recursos naturales renovables. b) Formular y ejecutar programas y proyectos de protección, conservación y repoblamiento de la Thola referidos a: siembra, sistemas de repoblamiento, recolección de semilla, etc. c) Desarrollar programas de fortalecimiento sobre políticas de protección y conservación de la biodiversidad (fauna y flora nativa) existentes dentro de nuestro ecosistema.

municipios de Turco y Santiago de Andamarca con el 11,19 y 10,22% respectivamente. Ver Mapa N° 3.5.

MAPA N° 3.5: SUPERFICIE DE TOLARES EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO - BOLIVIA



Fuente: Elaboración propia, 2022

3.4.2.3 Superficie tola según zonas hidrológicas del sistema TDPS: 2022

La distribución de superficies de tola, se localizan en 11 de las 14 zonas hidrológicas que conforman el sistema TDPS. Las superficies son variables, como se muestra en la **Tabla N° 3.11**.

TABLA N° 3.11. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA HIDROLÓGICA

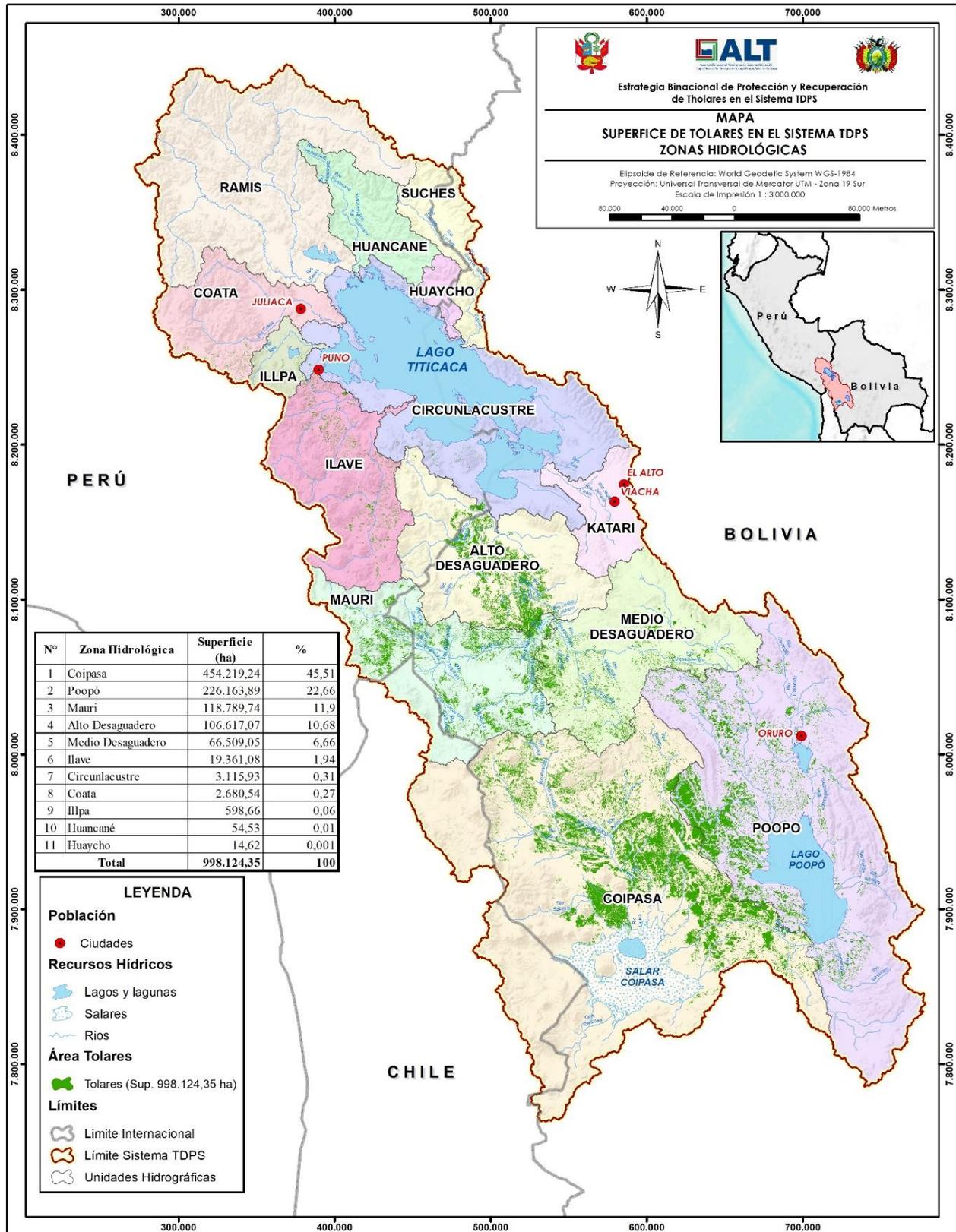
N°	Zonas Hidrológicas	Superficie. (ha)	%
1	Coipasa	454.219,24	45,51
2	Poopó	226.163,89	22,66
3	Mauri	118.789,74	11,90
4	Alto Desaguadero	106.617,07	10,68
5	Medio Desaguadero	66.509,05	6,66
6	Ilave	19.361,08	1,94
7	Circunlacustre	3.115,93	0,31
8	Coata	2.680,54	0,27
9	Illpa	598,66	0,06
10	Huancané	54,53	0,01
11	Huaycho	14,62	0,001
Total		998.124,35	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La ZH de Coipasa tiene la mayor superficie de tola con 454.219,24 ha, lo que representa el 45,51% del área total presente en el sistema TDPS. Le siguen en orden de magnitud las cuencas Poopó y Mauri con 22,66% y 11,90%, respectivamente

Si bien la distribución espacial de tola se registra en 11 zonas hidrográficas, es importante aclarar que cerca del 90% de la superficie total se concentra en cuatro zonas hidrológicas: Coipasa, Poopó, Mauri y Alto Desaguadero. En general estas zonas se encuentran desde la parte media hacia el sur del sistema TDPS tal como se muestra en el **Mapa N° 3.6**.

MAPA N° 3.6: SUPERFICIE DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS POR ZONA HIDROLÓGICA



Fuente: Elaboración propia, 2022

3.4.3 Evaluación de la exactitud temática de la cobertura de Tola

La evaluación del índice de Kappa da como resultado un índice de 0,84, significa que la clasificación es 84% mejor que la confiabilidad esperada, asignando aleatoriamente una categoría de cobertura a los polígonos, como se puede ver en la **Tabla N° 3.12**.

TABLA N° 3.12. COEFICIENTE DE KAPPA

Concepto	Ítem	Índice	%
Precisión Global	Po	0,92	92,45
Proporción esperada	Pe	0,50	50,32
Índice de Kappa	K	0,848	84,80

Fuente: Elaboración Propia, 2022

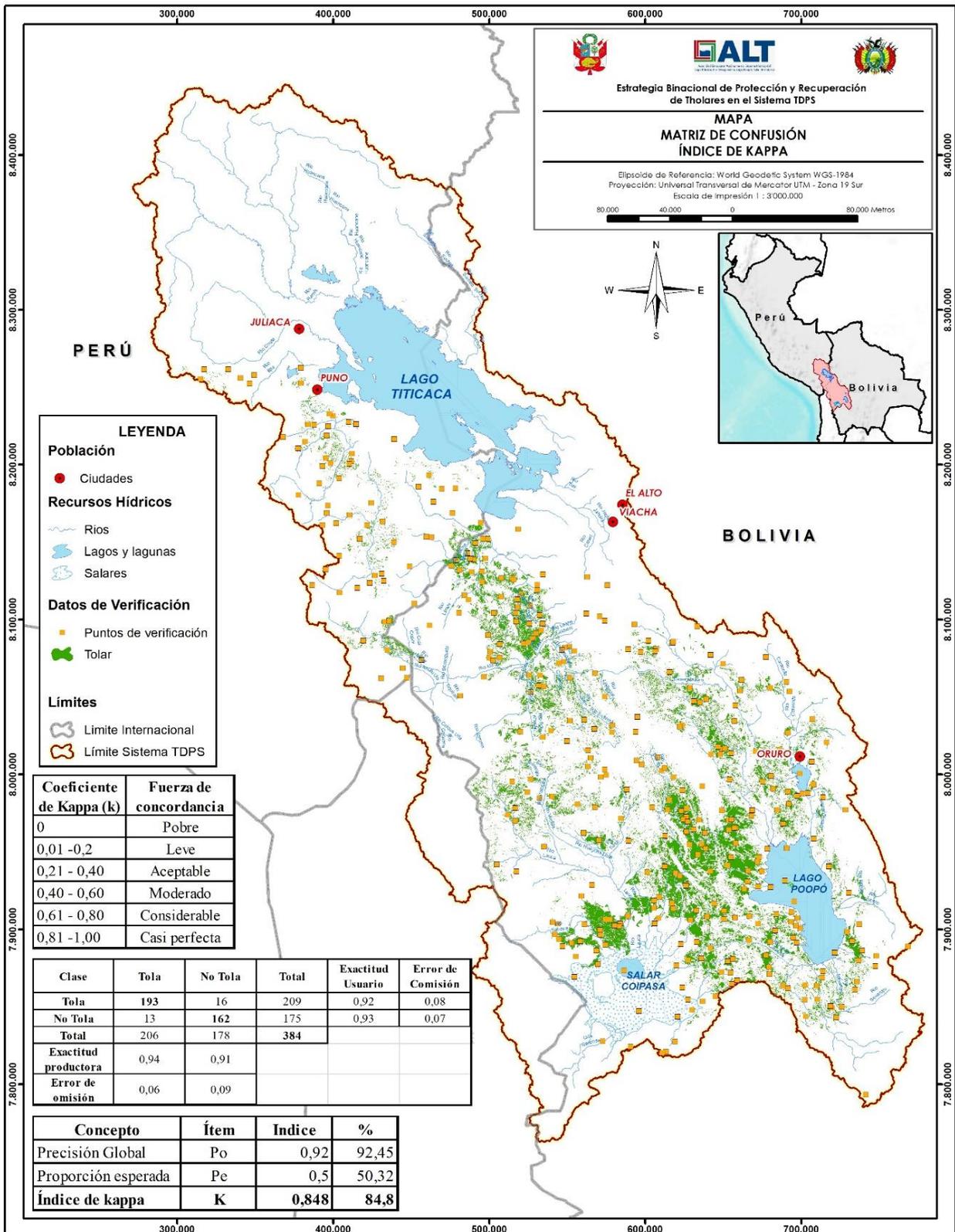
De acuerdo al grado de concordancia y la escala de valoración estandarizada (ver **Tabla N° 3.13**), el coeficiente de Kappa 0,84, considerado como casi perfecto.

TABLA N° 3.13. ESCALA DE VALORES DE COEFICIENTE DE KAPPA

Coeficiente de Kappa (k)	Fuerza de concordancia
0,00	Pobre
0,01 -0,2	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,40 - 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 -1,00	Casi perfecta

Fuente: Valoración del coeficiente Kappa (Landis y Koch, 1977).

MAPA N° 3.7: MATRIZ DE CONFUSIÓN – ÍNDICE DE KAPPA



Fuente: Elaboración propia, 2022

3.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DE TOLARES

Para determinar la evolución de la superficie de tolares en el TDPS, se realizó el análisis multitemporal para un periodo de 21 años (2001 - 2022). Los resultados demuestran que **en este periodo se han perdido alrededor de 39.75% (658.622,64 ha)**, respecto al 2001.

En el sector peruano del TDPS, en el año 2001 se tenía una superficie de tola de 163.771,35 ha, de los cuales al año 2022 sólo se registraron 66.693,83 ha, es decir, una pérdida de 97.077,52 ha (59,28%), equivalente a una tasa anual de pérdida de tolares de 4,3%. (Ver **Tabla N° 3.14**)

En el sector boliviano del TDPS, el año 2001 existían 1'492.975,65 ha cubiertas de tolares, de los cuales en 21 años se han perdido alrededor de 561.545,12 ha, equivalente al 37,61%, a una tasa anual de pérdida de tolares de 2,2% respecto a la superficie total (Ver **Tabla N° 3.14**).

TABLA N° 3.14. PÉRDIDA DE TOLA EN EL SISTEMA TDPS

Sector	Superficie con tolares (ha)		Superficie perdida 2001-2022		Tasa anual de pérdida de tolares (%)	
	(2001)	(2022)	ha	%	$r = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \frac{S_2}{S_1}$ (s. Puyravaud 2003)	$t = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1$ (s. FAO 1996)
Peruano	163.771,35	66.693,83	97.077,52	59,28	-4,3	-4,2
Boliviano	1'492.975,65	931.430,52	561.545,12	37,61	-2,2	-2,2
TDPS	1'656.747,00	998.124,35	658.622,64	39,75	-2,4	-2,4

r, t: Tasa anual de forestación, t₁: tiempo de inicio, t₂: Tiempo final, S₁: Área de tiempo de inicio, S₂: Área de tiempo final
Fuente: Elaboración propia, 2022

En el Departamento de Puno entre el año 2001 y 2022 se ha perdido el 72,53% de superficie de tola, (95.258,51 ha), así mismo la tasa anual de pérdida de tolares establece que se pierden al menos 6% de superficie de tola cada año. (Ver **Tabla N° 3.15**).

El departamento de La Paz, en ese mismo periodo, se han perdido 160.975,97 ha, es decir un 39,71% a una tasa anual de 2%. En el departamento de Oruro la superficie perdida es de 400.569,15 ha, a una tasa anual de 2%. (Ver **Tabla N° 3.15**)

TABLA N° 3.15. PÉRDIDA DE TOLA A NIVEL DE DEPARTAMENTOS

Sector	Dpto.	Superficie con tolares (ha)		Superficie perdida 2001-2022		Tasa anual de pérdida de tolares (%)	
		2001	2022	ha	%	$r = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \frac{S_2}{S_1}$ (s. Puyravaud 2003)	$t = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1$ (s. FAO 1996)
Perú	Puno	131.342,27	36.083,76	95.258,51	72,53	-6,2	-6,0
	Tacna	32.429,08	30.610,07	1.819,01	5,61	-0,3	-0,3
Bolivia	La Paz	405.351,65	244.375,68	160.975,97	39,71	-2,4	-2,4
	Oruro	1'087.624,00	687.054,85	400.569,15	36,83	-2,2	-2,2
TOTAL TDPS		1'656.747,00	998.124,35	658.622,64	39,75	-2,4	-2,4

r, t: Tasa anual de forestación, t₁: tiempo de inicio, t₂: Tiempo final, S₁: Área de tiempo de inicio, S₂: Área de tiempo final
Fuente: Elaboración propia, 2022

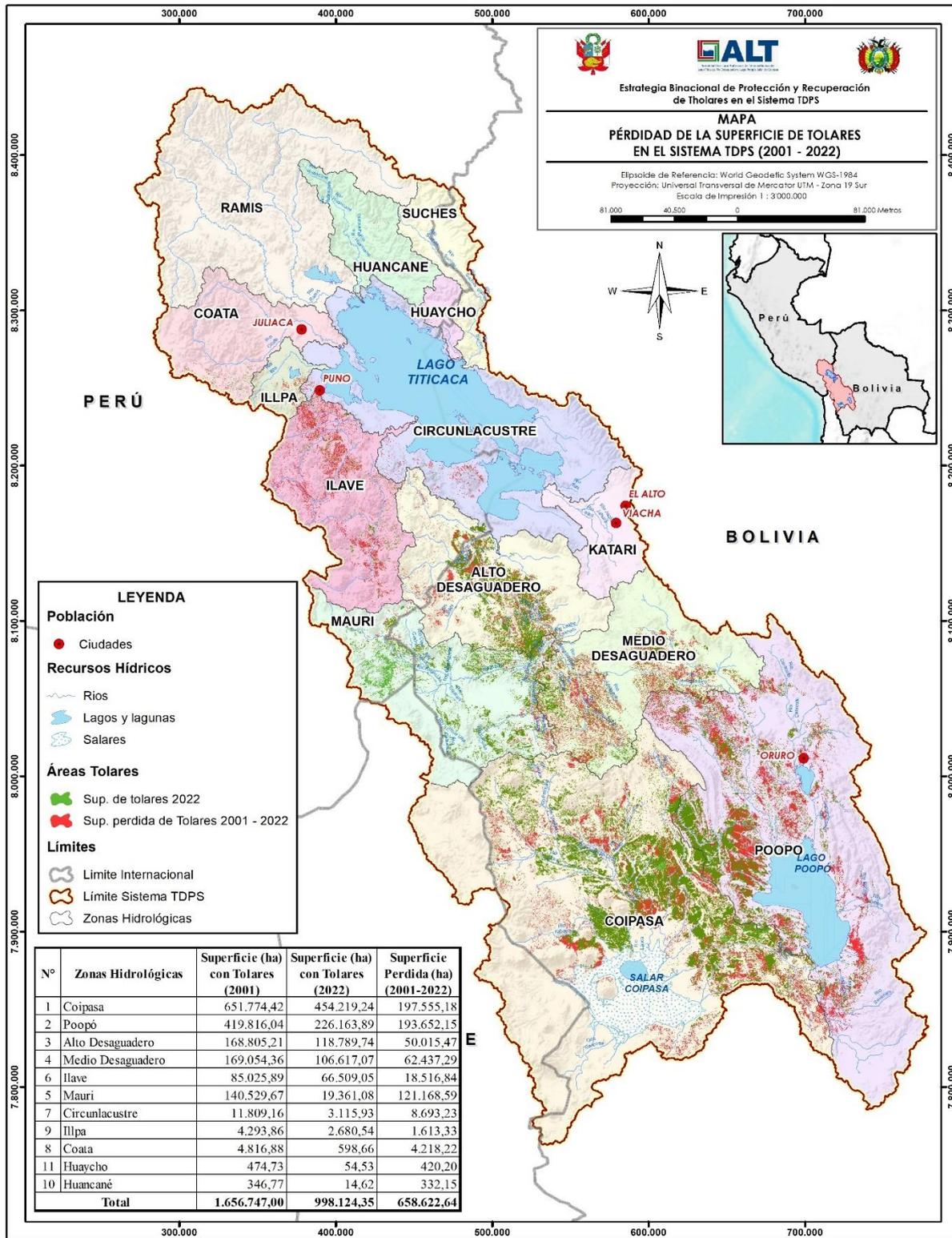
A nivel de zonas hidrológicas, se ha establecido que en la cuenca Coipasa se pierde el 1,7% de superficie de tola cada año, la cuenca Poopó el 2,9%. En el caso de Perú: Huancané y Huaycho, el 15,1 y 10,3 % respectivamente. Ver **Tabla N° 3.16**.

TABLA N° 3.16. PÉRDIDA DE COBERTURA DE TOLARES EN LAS ZONAS HIDROLÓGICAS DEL SISTEMA TDPS

No	Zona Hidrológica	Superficie con tolares (ha)		Superficie perdida		Tasa anual de pérdida de tolares (%)	
		2001	2022	ha	%	$r = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \frac{S_2}{S_1}$ (s. Puyravaud 2003)	$t = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1$ (s. FAO 1996)
1	Coipasa	651.774,42	454.219,24	197.555,18	30,31	-1,7	-1,7
2	Poopó	419.816,04	226.163,89	193.652,15	46,13	-2,9	-2,9
3	Alto Desaguadero	168.805,21	118.789,74	50.015,47	29,63	-1,7	-1,7
4	Medio Desaguadero	169.054,36	106.617,07	62.437,29	36,93	-2,2	-2,2
5	Ilave	85.025,89	66.509,05	18.516,84	21,78	-1,2	-1,2
6	Mauri	140.529,67	19.361,08	121.168,59	86,22	-9,4	-9,0
7	Circunlacustre	11.809,16	3.115,93	8.693,23	73,61	-6,3	-6,1
8	Illpa	4.293,86	2.680,54	1.613,33	37,57	-2,2	-2,2
9	Coata	4.816,88	598,66	4.218,22	87,57	-9,9	-9,5
10	Huaycho	474,73	54,53	420,20	88,51	-10,3	-9,8
11	Huancané	346,77	14,62	332,15	95,78	-15,1	-14,0
Total		1'656.747,00	998.124,35	658.622,64	39,75	-2,4	-2,4

r, t: Tasa anual de forestación, t₁: tiempo de inicio, t₂: Tiempo final, S₁: Área de tiempo de inicio, S₂: Área de tiempo final
Fuente: Elaboración propia, 2022

MAPA N° 3.8: PÉRDIDA DE SUPERFICIE DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS POR ZONA HIDROLÓGICA - AÑO 2001 - 2022



Fuente: Elaboración propia, 2022

Cabe señalar que la información respecto a la superficie total de tolares determinada el 2022 (998.124,35 ha). En relación a lo reportado por Alzérreca y Qollasuyo (2002), en el primer caso se observa una diferencia de 33%.

Cabe señalar que en el presente estudio para efectos de comparar la pérdida de tolares en el TDPS, tomando en cuenta los datos reportados por Alzérreca en Bolivia y Qollasuyo en Perú (2002), en el primer caso no han sido tomado en cuenta debido a que la metodología no es comparable; el autor reportó información bajo el concepto de CANAPAS, basado en fotointerpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas. En el caso del Perú, la información respecto a la superficie de tolares en cierta medida es comparable metodológicamente.

3.6 ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE TOLA

A partir de la identificación de la superficie con cobertura de tolares y con la finalidad de establecer zonas de producción homogéneas o zonas con rangos específicos de producción de materia seca de tola, se estimó la **Producción Primaria Neta Aérea (PPNA)** en g/m²/día, cuyos resultados varían de 0 a 22 g/m²/día de producción de materia seca (según metodología). Para obtener zonas con condiciones similares de producción, la tasa de biomasa calculada para el mes de agosto de 2022 se clasificó en tres:

- **Zona 1:** En esta zona se categorizó aquellas áreas cuya producción varía de 0 a 12 g/m²/día de materia seca.
- **Zona 2:** corresponde a zonas de producción con tasas de producción de materia seca de 12 a 20 g/m²/día.
- **Zona 3:** corresponde a zonas de producción de materia seca de tola mayor a 20 g/m²/día.

TABLA N° 3.17. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA DE PRODUCCIÓN

Zonas homogéneas	Producción (g/m ² /día)	Superficie (ha)	%
Zona 1	0-12	407.110,45	40,79
Zona 2	12-20	520.071,16	52,10
Zona 3	>20	70.942,74	7,11
Total		998.124,35	100,00

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Se observa que el 52,10% de la superficie de tola en todo el sistema TDPS se encuentra en la zona 2, el 40,79% a la zona 1 y el 7,11% a la zona 3.

En la **Tabla N° 3.18**, se muestra la distribución de las zonas de producción según zona hidrológica en relación a la superficie total de tolares. Por ejemplo, en la zona hidrológica Coipasa del total de superficie con cobertura de tola el 65,32% pertenece a la zona 1, el 32,74% a la zona 2 y 1,94% a la zona 3.

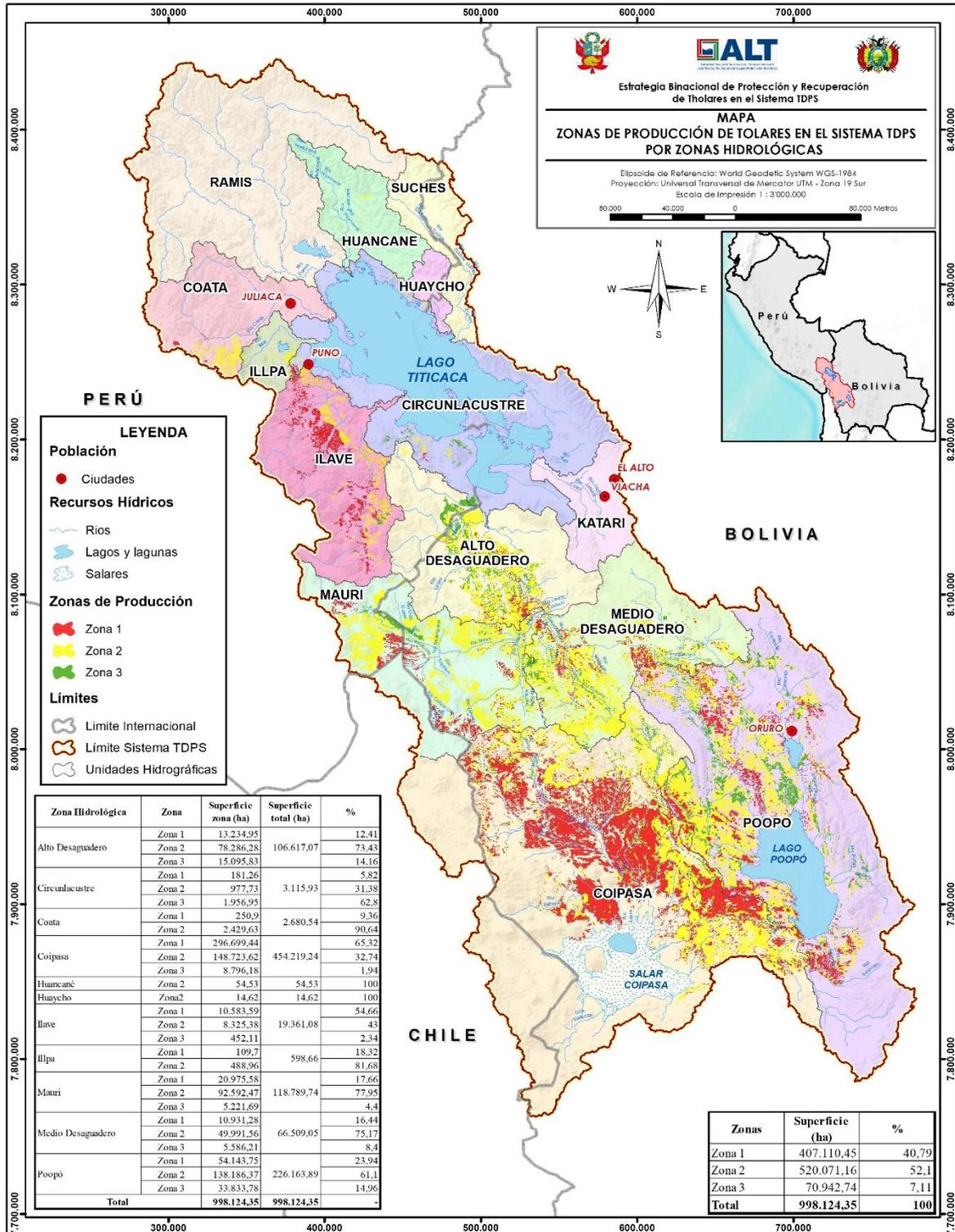
TABLA N° 3.18. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA DE PRODUCCIÓN SEGÚN ZONA HIDROLÓGICA

Zona Hidrológica	Zona	Superficie zona (ha)	Superficie total de tolares (ha)	%
Alto Desaguadero	Zona 1	13.234,95	106.617,07	12,41
	Zona 2	78.286,28		73,43
	Zona 3	15.095,83		14,16
Circunlacustre	Zona 1	181,26	3.115,93	5,82
	Zona 2	977,73		31,38
	Zona 3	1.956,95		62,80
Coata	Zona 1	250,90	2.680,54	9,36
	Zona 2	2.429,63		90,64
Coipasa	Zona 1	296.699,44	454.219,24	65,32
	Zona 2	148.723,62		32,74
	Zona 3	8.796,18		1,94
Huancané	Zona 2	54,53	54,53	100,00
Huaycho	Zona2	14,62	14,62	100,00
Ilave	Zona 1	10.583,59	19.361,08	54,66
	Zona 2	8.325,38		43,00
	Zona 3	452,11		2,34
Illpa	Zona 1	109,70	598,66	18,32
	Zona 2	488,96		81,68
Mauri	Zona 1	20.975,58	118.789,74	17,66
	Zona 2	92.592,47		77,95
	Zona 3	5.221,69		4,40
Medio Desaguadero	Zona 1	10.931,28	66.509,05	16,44
	Zona 2	49.991,56		75,17
	Zona 3	5.586,21		8,40
Poopó	Zona 1	54.143,75	226.163,89	23,94
	Zona 2	138.186,37		61,10
	Zona 3	33.833,78		14,96
Total		998.124,35	998.124,35	-

Fuente: Elaboración Propia, 2022

La distribución espacial de las zonas de producción homogénea, en las diferentes cuencas se observa en el **Mapa N° 3.9**.

MAPA N° 3.9: ZONAS DE PRODUCCIÓN DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS POR ZONA HIDROLÓGICA



Fuente: Elaboración propia, 2022

3.7 PORCENTAJE DE COBERTURA DE TOLA SEGÚN PARCELA DE EVALUACIÓN AÑO 2022

3.7.1 Composición botánica en el ámbito boliviano

Según Barrientos *et al.*, 2017 “En la región intersalar se ha identificado tres unidades dominantes de vegetación de tolares, donde las especies predominantes son: *Baccharis boliviensis*, *Parastrephia lepidophylla* y *Fabiana densa*, asociada con hierbas anuales, como el Lampayar (*Lampayo castellani*), que crece en superficies arenosas, ambientes donde la erosión eólica crea acumulación de arena al pie de los arbustos. Se distingue la asociación Tolar-pajonal, en la que predominan las gramíneas perennes de porte alto como son *Stipa ichu*, *Stipa leptostachya*, *Stipa plumosa*, *Festuca orthophylla* y varias especies del género *Nassella*, relacionadas con arbustos siempre verdes”.

A partir de las imágenes satelitales compuestas (SAS Planet) se calculó el porcentaje de la cobertura vegetal de tola, mediante la separación de cubierta vegetal y suelo desnudo. Las zonas de evaluación corresponden a los alrededores de los puntos evaluados en campo. Ver **Tabla N° 3.19**

TABLA N° 3.19. COBERTURA DE TOLA EN PUNTOS DE EVALUACIÓN (BOLIVIA)

Código	001 - B	002 - B	003 - B	004 - B	005 - B	006 - B	007 - B	008 - B	009 - B
Municipio	Corque	Corque	Corque	Andamarca	Salinas	Challapata	Huari	Esmeralda	Sabaya
Departamento	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro
Ubic Coord. X	621692,2	616668,9	648683,6	651828,5	647094,1	741706,7	734337,8	584952,4	567502,3
Ubic Coord. Y	7969245,6	7950752,1	7962249,1	7934655,1	7870862,6	7916200,9	7886345,4	7920035,3	7899737,8
Zona	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Cobertura de tola (%)	33	67	48	79	59	44	74	66	54
Cobertura Suelo desnudo (%)	67	33	52	21	41	56	26	34	46

Código	010 - B	011 - B	012 - B	013 - B	014 - B	015 - B	016 - B	017 - B	018 - B
Municipio	Escara	Corque	Corque	P.Aullagas	Quillacas	Corque	Callapa	Calacoto	A.Macha.
Departamento	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	Oruro	La Paz	La Paz	La Paz
Ubic Coord. X	572930,6	625893	649881,2	698016,2	709702	649673	583479,6	545832,8	510629,4
Ubic Coord. Y	7911035,1	7957690,3	7971873,3	7886829,1	7874291,4	7943270,5	8079367,2	8080528,1	8140947,3
Zona	1	1	2	2	1	2	3	2	2
Cobertura de tola (%)	27	50	87	45	40	78	85	88	75
Cobertura Suelo desnudo (%)	73	50	12	55	60	22	15	12	25

Zona	3	2	1
Cob. promedio de tola (%)	85	65	47
Cob. promedio de suelo desnudo (%)	15	35	53
Área tot. por zona homogéneas (Ha.)	65.468,39	394.360,88	416.010,86
Área de cobertura de tola (Ha.)	55.648,13	256.334,57	195.525,11
Área de suelo desnudo (Ha.)	9.820,26	138.026,31	220.485,76

Fuente: Elaboración propia, 2022

El área evaluada incluye la asociación de especies vegetales, suelos con escasa vegetación y suelos desnudos, en la que predomina la tola. La cobertura de suelo desnudo se considera como superficie sin vegetación.

El análisis muestra diferentes porcentajes de cobertura, ubicados en las diferentes zonas homogéneas de producción de tola, en promedio la zona 3 tiene 85% y un 15% de suelo desnudo; en la zona 2, el 65 % es cobertura de tola y 35% constituyen suelo desnudo; en la zona 1, la superficie con tola alcanza a 47% y el suelo desnudo 53 %.

Respecto a la cobertura vegetal, se distinguen cuatro especies que se describe a continuación:

A. Matorral de *Parastrephia lepidophylla* en parcelas evaluadas en el ámbito boliviano

En las parcelas evaluadas en el trabajo de campo, se encontró tolares donde la especie dominante es *Parastrephia lepidophylla* conocida comúnmente como “Suputola”. **Figura N° 3.3 (A y B)**, distinguible por sus hojas pequeñas y escamosas que crecen apretadas contra las ramitas; tiene una raíz ramificada, con una profundidad promedio de 40 a 80 cm; el tallo primario no es notorio, los tallos secundarios son de forma cilíndrica, erectos, resinosos, lignificados con un grosor promedio de 1,80 cm; las hojas son simples, alternas, lanceoladas de 3 a 4 mm de longitud por 1 mm de ancho, el ápice tiene la base redonda y algo envainada sobre la ramita, son sésiles coriáceas, lustrosas en el haz, y con los pelos en el envés, el nervio central fuertemente impreso en el haz, nerviación secundaria no visible; las inflorescencias son capítulos terminales pequeños, de unos 0,7 cm de longitud, de color amarillo blanquecino; el fruto es un aquenio de unos 7 mm de longitud, con abundante pappus²⁹. (Paca *et al.* 2003).

Según las evaluaciones realizadas en campo en el departamento de La Paz y Oruro, la tola tiene una distribución altitudinal que varía entre los 3.700 a 4.000 ms.n.m. En los municipios de Corque, Santiago de Andamarca, Salinas de Garci Mendoza, Santiago de Huari, Escara, Pampa Aullagas y Santuario de Quillacas del departamento de Oruro y en los municipios de Santiago de Callapa, Calacoto y San Andrés de Machaca en departamento de la Paz, se verificó la presencia de la especie *Parastrephia lepidophylla* (ver **Tabla 3.19**).

En llanuras no explotadas y mejor conservadas como en las áreas evaluadas, forma densos tolares, alcanzando coberturas de 85% y dispersos con un 47% (**Figura N° 3.3 (C y D)**). Estos arbustos ofrecen condiciones microclimáticas adecuadas para el desarrollo de especies de gramíneas forrajeras de bajo porte como *Chondrosium simplex* conocido comúnmente como “pasto bandera”, *Muhlenbergia peruviana*, *M. fastigiata* “chiji” y *Distichlis humilis* “Chiji”.

En espacios descubiertos crecen arbustos espinosos de 20 a 30 cm de altura, como *Tetraglochin cristatum* “Kailla, Kañlli” (Rosaceae), especie propia de ambientes degradados por pastoreo y presencia de quemadas. Además de cactus en cojín como

²⁹ Pappus, conjunto de pelos simples o plumosos, cerdas o escamas que rodean a las diminutas flores que corona en frutos con ovario ínfero, generalmente de las asteráceas o compuestas.

Cumulopuntia boliviana (Figura N° 3.3 (E)), que puede crecer bajo la protección de arbustos de tola o en espacios abiertos.

En el interior de los tolares también se encuentran cojines compactos de *Frankenia triandra* “Janki o yaretilla” (Frankeniaceae) (Figura N° 3.3 (F)), de forma plana hasta convexa, esta especie puede crecer en planicies y hondonadas, de suelos salinos, de diferente textura, bajo condiciones de humedad que van desde un buen drenaje hasta suelos anegados. Otro cojín leñoso está representado por *Junellia mínima* “Qhota Chiji” (Verbenaceae), que se desarrolla en laderas, planicies abiertas y secas.

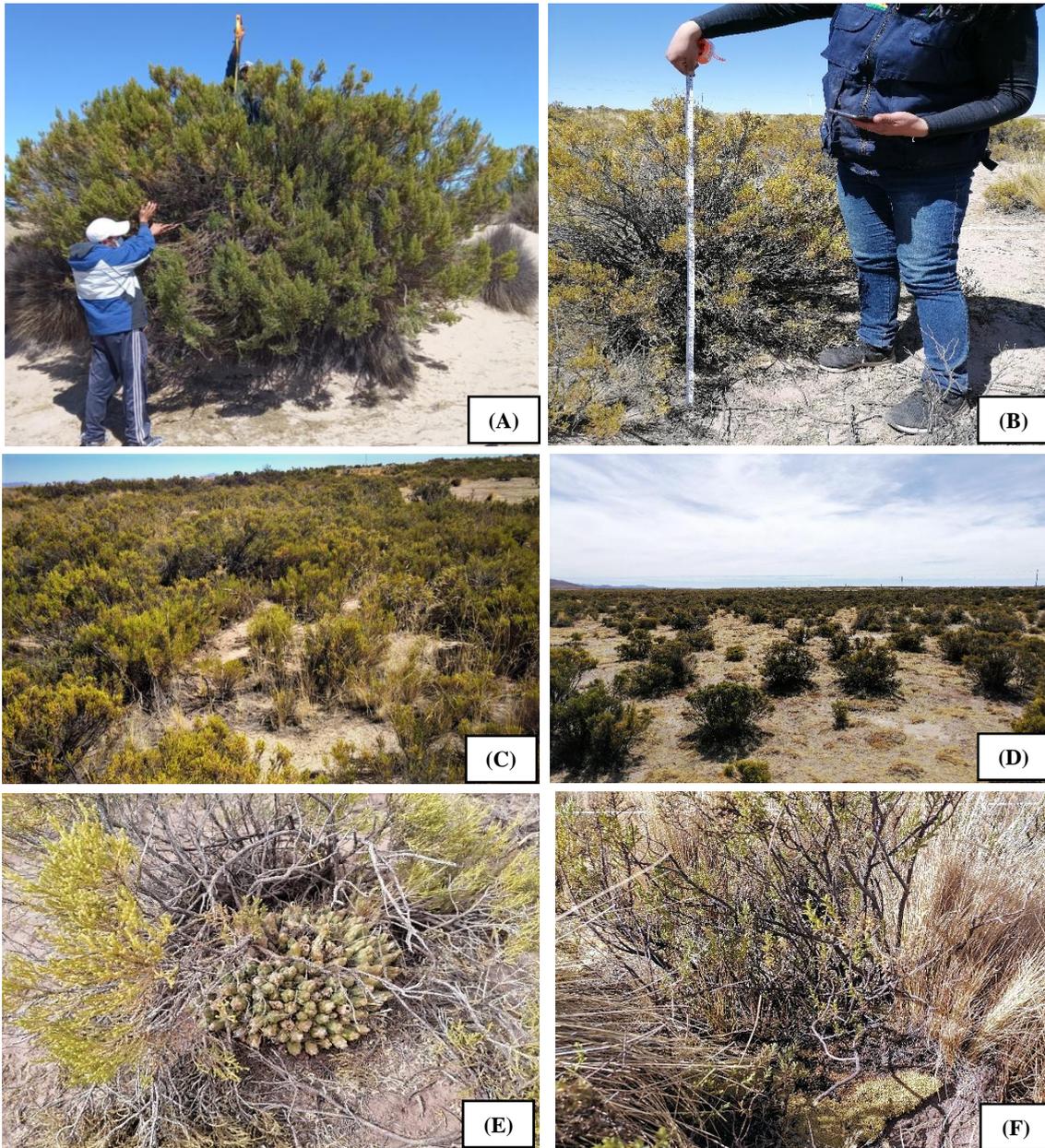


Figura N° 3.3: (A). Tolar con altura mayor de dos metros. Fotografía Z. Gutiérrez ALT (2022). (B). Tolar con altura menor de un metro. (C). Tolares densos en suelos arenosos. (D). Tolares dispersos en suelos arenosos. Fotografías Y. Huahuachampi (2022) (E). *Cumulopuntia boliviana* protegida por ramas de *Parastrephia l.* Fotografía M. Zeballos MNHN (2022). (F). Cojines compactos de *Frankenia triandra* en la base de la tola. Fotografía Y. Huahuachampi (2022)

B. Matorral de *Baccharis boliviensis* asociado a *Fabiana densa*

En las parcelas evaluadas se encontró matorrales conformados por la especie *Baccharis boliviensis* más conocida como “taratola, jamachtola, romero tola o tola negra”. Es un arbusto monoico perennifolio de hasta 1 m de altura, muy ramificado; hojas alternas, lineares, sésiles, algo carnosas, indumento pubescente-blانquecino; inflorescencia capítulos unisexuales reunidos en corimbos en el extremo de las ramas, pedunculados; receptáculo con brácteas interseminales lineares en los capítulos pistilados y ausentes en los capítulos estaminados; fruto aquenio, acostillado, vilano con cerdas dilatadas apicalmente. (Torriceo *et al.* 1999). (**Figura N° 3.4 (A y B)**).

Esta formación es característica de suelos pedregosos, arcillosos y secos, con pendientes leves donde el estrato arbustivo está dominado por *Baccharis boliviensis*, este arbusto es propio de ambientes secos, que se distribuye dentro un rango altitudinal entre 2.900 a 4.500 ms.n.m., se la puede encontrar en floración en diferentes épocas del año, por lo que su fenología no es muy marcada, pero la floración abundante, se da en la época lluviosa.

Otra especie que forma parte de este matorral es *Fabiana densa* (**Figura N° 3.4.(C)**) más conocida como “tolilla”. Es un arbusto que alcanza un tamaño de hasta 1 m de altura, se caracteriza por sus raíces, el follaje denso y los pelos glandulares; las flores están en las partes superiores de las ramas y son de 3 a 5,7 mm de largo, el tubo de cáliz está en la base de forma de urna; la corola está en forma de embudo, que mide 10 al 13 mm, tiene a menudo rayas rojas o púrpuras en un fondo amarillo; el fruto es una cápsula de 6 a 7 mm y las semillas tienen un tamaño de aproximadamente 1,5×0,5 mm. (Chlor, 2004). (**Figura N° 3.4 (D)**).

Este arbusto es propio de la Puna y del Altiplano Sur de Bolivia. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre 3.500 a 4.000 ms.n.m. Su hábitat natural son las laderas secas con pendientes medias y escarpadas, con suelos pedregosos o rocosos, raras veces se la encuentra en llanuras en suelos arenosos.

Estos tolillares se encuentran combinados con arbustos espinosos como *Tetraglochin cristata* “Kaylla” y *Adesmia spinosissima* “Añawayaya”. Al igual que en los tolares, es común encontrar a *Bouteloua simplex* “Pasto bandera”, *Chloris halophila*, *Muhlenbergia peruviana*, *M. fastigiata* “Chiji” (Poaceae). Esporádicamente se observa una herbácea de porte pequeño *Tagetes multiflora* conocida como “Suico, chijchipa”, que en estado fresco desprende un olor fragancioso al presionar sus hojas. Entre los pastos de porte alto están *Jarava ichu*, anteriormente denominada *Stipa ichu* y conocida comúnmente como “Ichu”, cuyas matas amarillas son llamativas por su coloración.

Esta formación fue registrada solo para el departamento de Oruro en el municipio de Challapata, donde alcanzó una cobertura del 44% con 56 % de suelo desnudo. De acuerdo a la **Tabla N°3.19**.

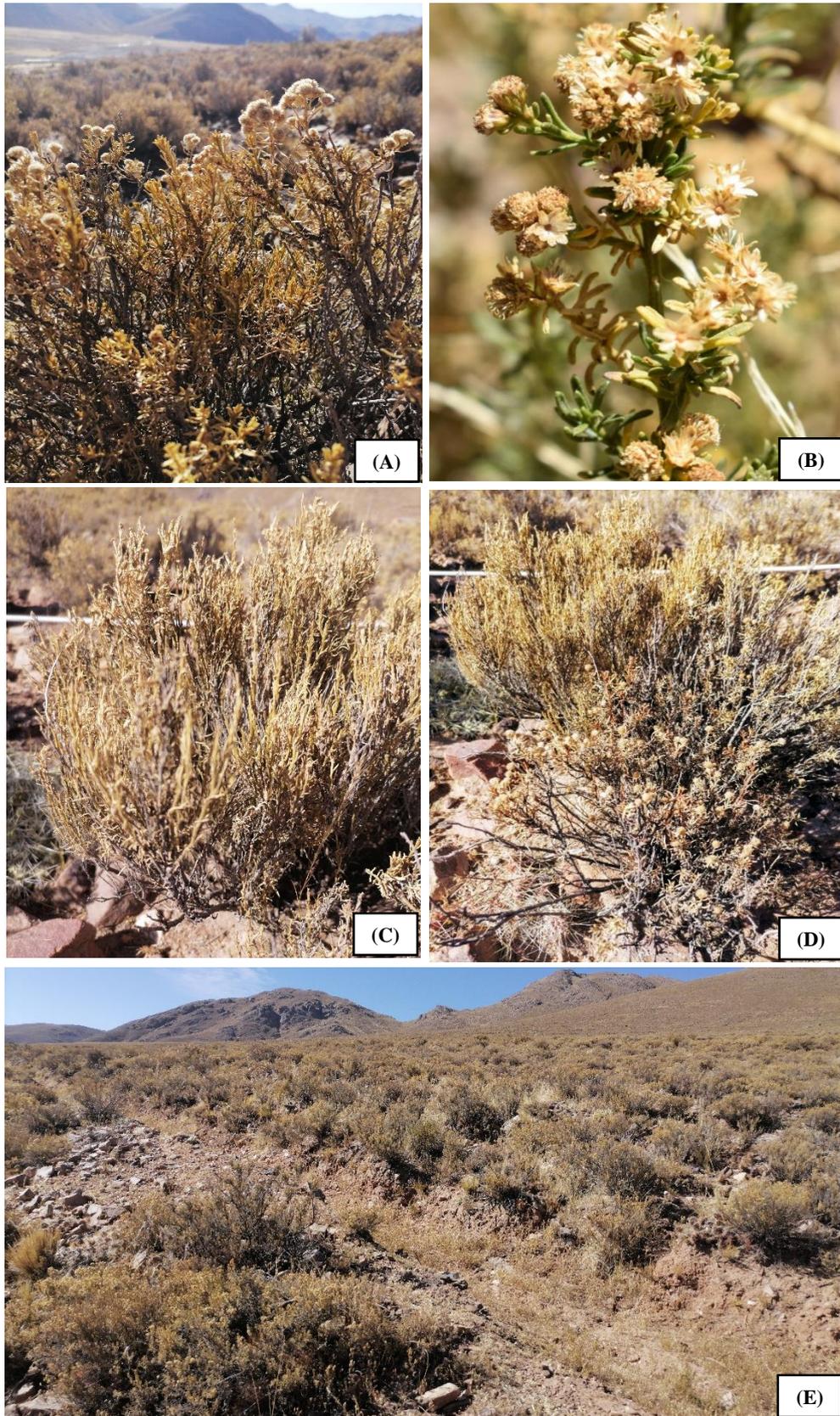


Figura N° 3.4: (A y B). Arbusto de *B. boliviensis* en floración. (C). Arbusto de *Fabiana densa*. (D) Asociación de Taratola y Tolilla en la comunidad de Challapata. (E). Tolillares en suelos pedregosos en la comunidad de Challapata – Oruro. Fuente: Fotografía. Huahuachampi. Y. (2022).

C. Matorral de *Parastrephia lepidophylla* con *Parastrephia quadrangularis*

En las parcelas evaluadas en el trabajo de campo se encontró tolares de la especie de *Parastrephia quadrangularis*, arbusto rastrero, resinoso y lignificado, conocido como “khoa t’ola, alpachtola, tola pulika, tití t’hola”. Tiene una raíz ramificada con una profundidad promedio 36,3 cm; tallos cilíndricos, resinosos con un grosor promedio de 1,98 cm, presencia de ondulaciones de las ramas al ras del suelo; las hojas soldadas al tallo, espiraladas, oblongas, obtusas en el ápice, ensanchadas en la base, sésiles, pubescencia en la cara exterior en abundancia, área promedio de 0,079 cm²; las Inflorescencias son capítulos solitarios en los extremos de las ramitas con flores marginales con corola tubular-angosta estilo alargado; el fruto es un aquenio seríceo, velludos, 0,25- 0,30 cm de largo; papus blanquecino. (Paca *et al.* 2003)

Esta especie de tola se diferencia de la *Parastrephia lepidophylla* principalmente por sus ramas y tallos postrados (al ras del suelo), no erguido y por las ramas bastante más gruesas y tomentosas. (**Figura N° 3.4 (A y B)**).

Este tipo de asociación ha sido registrada en los municipios de Santiago de Huari y Calacoto de los departamentos de Oruro y La Paz respectivamente. Donde resalta la presencia de arbustos resinosos de *Parastrephia lepidophylla* “Suputola” como especie dominante, que alcanzan portes de hasta 1,15 metros y coberturas de 74% y 84% respectivamente.

También forman parte de éstos matorrales, arbustos espinosos como *Tetraglochin cristatum* “Kainlla” y matas altas y dispersas de *Festuca orthophylla* “Iru Ichu”, *Jarava ichu* “Ichu”, *J. leptostachia* (anteriormente conocida como *Stipa leptostachia*), *Nasella asplundi*, y otros pastos de porte pequeño como *Bouteloua simplex* “Pasto bandera”, *Muhlenbergia peruviana*, *M. fastigiata*, *Distichlis humilis* “Chijis” (Poaceae), que se desarrollan formando tapices discontinuos en el interior de los tolares y que tienen valor forrajero. El estrato herbáceo está representado por *Tarasa tenella* “Malvasa” (Malvaceae), *Gamochaeta* sp. (Asteraceae), *Cardionema ramosissimum* “Llapa” (Caryophyllaceae), *Trifolium amabile* “Layu, trébol” (Fabaceae) y *Lachemilla pinnata* “Sillu sillu” (Rosaceae).

D. Matorrales con *Lampayo castellani* (Lampayales)

En las parcelas se encontró lampayares con la especie de *Lampayo castellani*, conocida con el nombre común de “Lampaya”, que es un arbusto perennifolio, hojoso, (**Figura N° 3.5 (C)**) de hasta 70 cm de altura ramificado desde la base, con ramas tendidas, apoyantes, hojas simples, carnosas, ovales o elípticas de flores tubulares de color blanco o violeta claro.

Este tipo de formación se desarrolla en sitios con intensa actividad eólica, con preferencia en dunas y promontorios de arena suelta acumulados por la acción del viento, con humedad subterránea. Se comporta como pionera de arenales, formando densas colonias, cubriendo áreas extensas, estabilizando dunas pequeñas, agregando el suelo, aportando materia orgánica y favoreciendo el ingreso de otras especies herbáceas y arbustivas por la consolidación del suelo. **Figura N° 3.5 (D)**.

En los territorios de los municipios de Esmeralda y Sabaya del departamento de Oruro, se identificó áreas con una cobertura de tola de 66% y 54% respectivamente. Así mismo,

se encontró que estas crecen en asociación con arbustos dispersos de *Parastrephia lepidophylla*. En el municipio de Escara del departamento de Oruro con una cobertura del 27% y matas de *Festuca orthophylla* “Iru Wichu” (ver **Tabla N°3.19**).

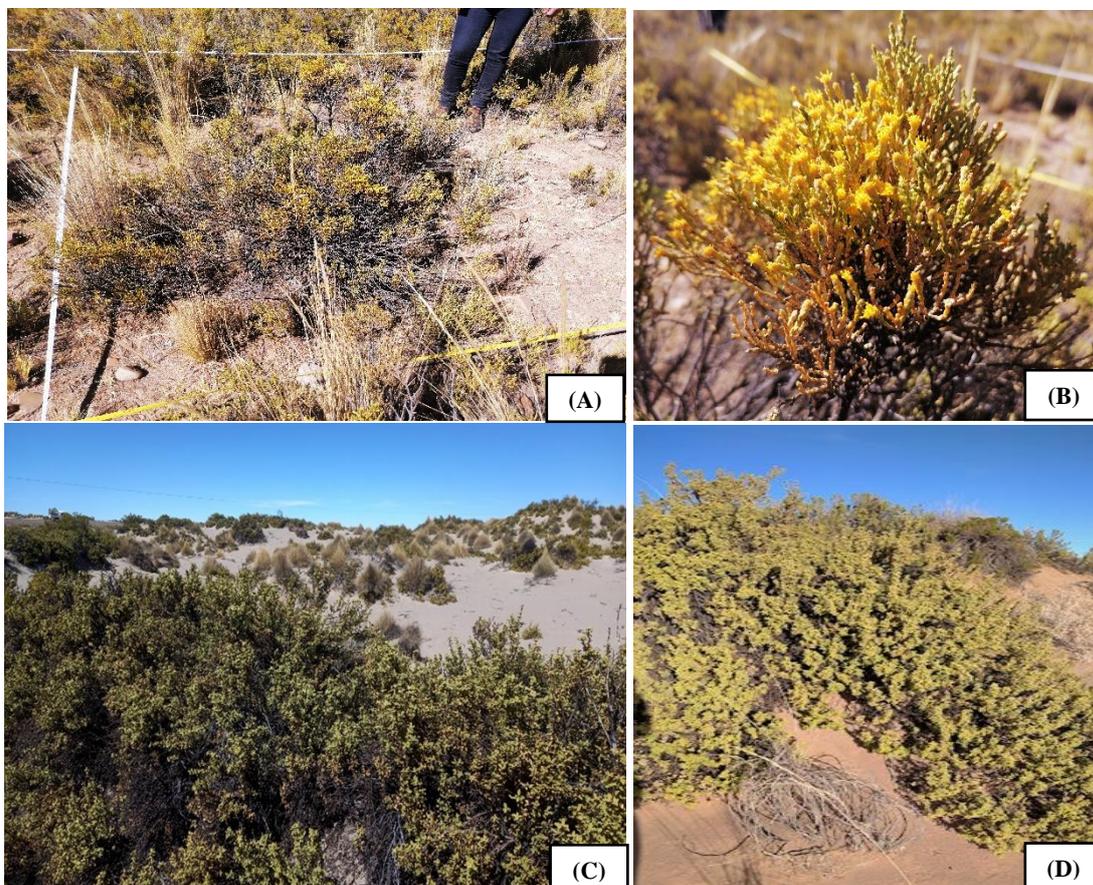


Figura N° 3.5: (A y B). Arbusto de *P. quadrangularis*. (C). Matorrales con *Lampayo castellani* y matas de Iru ichu. (D). Arbustos de Lampaya sobre dunas de arena. Fuente: Fotografía M. Zeballos MNHN

3.7.2 Composición botánica en el ámbito peruano

La vegetación arbustiva en el altiplano puneño está determinada por las especies leñosas de tolares de las especies de *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia lucida* y *Baccharis incarum*. En el estrato Tolar-pajonal, dominan gramíneas perennes de porte alto como son *Stipa ichu*, *S. leptostachya*, *S. plumosa*, *Festuca orthophylla*.

A partir de las imágenes satelitales compuestas (SAS Planet) se calculó el porcentaje de la cobertura tola, mediante la separación de cubierta vegetal y suelo desnudo. Las zonas de evaluación corresponden a los alrededores de los puntos evaluados en campo, donde se identificó una hectárea a partir de la imagen satelital y se realizó la clasificación supervisada, cuyo resultado identificó áreas de suelo desnudo y áreas con presencia de vegetación, los mismos que se han cuantificado el área que ocupa cada variable.

En la **Tabla N°3.20** se presenta el porcentaje de la cobertura vegetal de tola y suelo en 1 ha donde se levantó la información de campo.

TABLA N° 3.20. COBERTURA DE TOLA EN PARCELAS DE EVALUACIÓN (PERÚ)

Código	001 – P	002 – P	003 – P	004 – P	005 – P
Distrito	Tiquiyaca	Pichacani	Acora	Ilave	S. Rosa
Departamento	Puno	Puno	Puno	Puno	Puno
Ubic Coord. X	384735,6	398017,9	399689,9	416435,8	424231,8
Ubic Coord. Y	8253089,2	8219203,3	8217954,1	8186516,8	8156689,7
Zona	2	2	2	1	1
Cobertura de tola (%)	66	82	33	49	82
Cobertura Suelo desnudo (%)	34	18	67	51	18

Código	006 – P	007 – P	008 – P	009 – P	010 – P
Distrito	S. Rosa	Capazo	Juli	Juli	Santa Lucia
Departamento	Puno	Puno	Puno	Puno	Puno
Ubic Coord. X	425728,8	425068,1	456492	450665,1	306025,8
Ubic Coord. Y	8123217,3	8112758,1	8201239,1	8192507,5	8261491
Zona	1	1	3	2	1
Cobertura de tola (%)	31	48	67	69	24
Cobertura Suelo desnudo (%)	69	52	33	40	76

Zona	3	2	1
Cobertura promedio de tola (%)	67	63	54
Cobertura promedio de suelo desnudo (%)	33	37	46
Área tot. por zona homogéneas (Ha.)	19.329,54	22.944,53	5.395,91
Área de cobertura de tola (Ha.)	12.950,79	14.455,05	2.913,79
Área de suelo desnudo (Ha.)	6.378,75	8.489,48	2.482,12

Fuente: Elaboración propia, 2022

El análisis de evaluación en las zonas homogéneas de producción involucra la presencia de cobertura vegetal de tola, suelos desnudos y con escasa vegetación que forman parte del ecosistema. La zona 3 tiene 67% de superficie de tola y 33% de suelo desnudo, en la zona 2, el 63 % con superficie de tola y 37% de suelo desnudo; en la zona 1, con el 54% de superficie de tola y 46 % con suelos desnudos y escasa vegetación.

Respecto a las especies de tola, según las parcelas evaluadas se distinguieron cuatro asociaciones que describe a continuación:

A. Matorral de *Parastrephia lepidophylla*

En la región del altiplano peruano del TDPS, predomina *Parastrephia lepidophylla* conocida como “suputola”, un arbusto resinoso, generalmente asociado a los pajonales. Estos pueden alcanzar una altura de 1,0 m (menor a los matorrales del ámbito boliviano). A 4.200 ms.n.m., se encuentran arbustos achaparrado de unos 20-50 cm, densamente ramificado y espinoso desde la base, con las espinas alteradas e incurvadas.

También se encuentran grupos de pequeños arbustos espinosos (*Tetraglochin cristatum*) “Kainlla” y matas altas y densas de (*Festuca orthophylla*) “Iru Ichu” y (*Muhlenbergia fastigiata*) grama dulce o Qachuchiji A mayor altitud encontramos poblaciones de yaretales (*Azorella compacta*) asociada a Suputola. **Figura N°3.6 (C y D)**

Se precisa que esta zona del TDPS, se encuentran extensas áreas sin o con escasa vegetación, de manera natural donde predominan superficies pedregosas, o debido a las actividades humanas. En otros casos, debido a la altitud superior a los 4.200 ms.n.m.

En los distritos de Tiquillaca, Pichacani, Ácora, Ilave, Santa Rosa, en el poblado cercano a Inka Apacheta del distrito de Juli y en el Distrito de Santa Lucía (al noroeste), se encontró superficies cubiertas de suputola (Ver **Tabla 3.20**) (Ver **Figura 3.6 A y B**). También se identificó asociación de *Parastrephia lepidophylla* con *Parastrephia lucida* más conocida como “Romerotola” cercano al centro poblado de Chalamocco del distrito de Capazo.

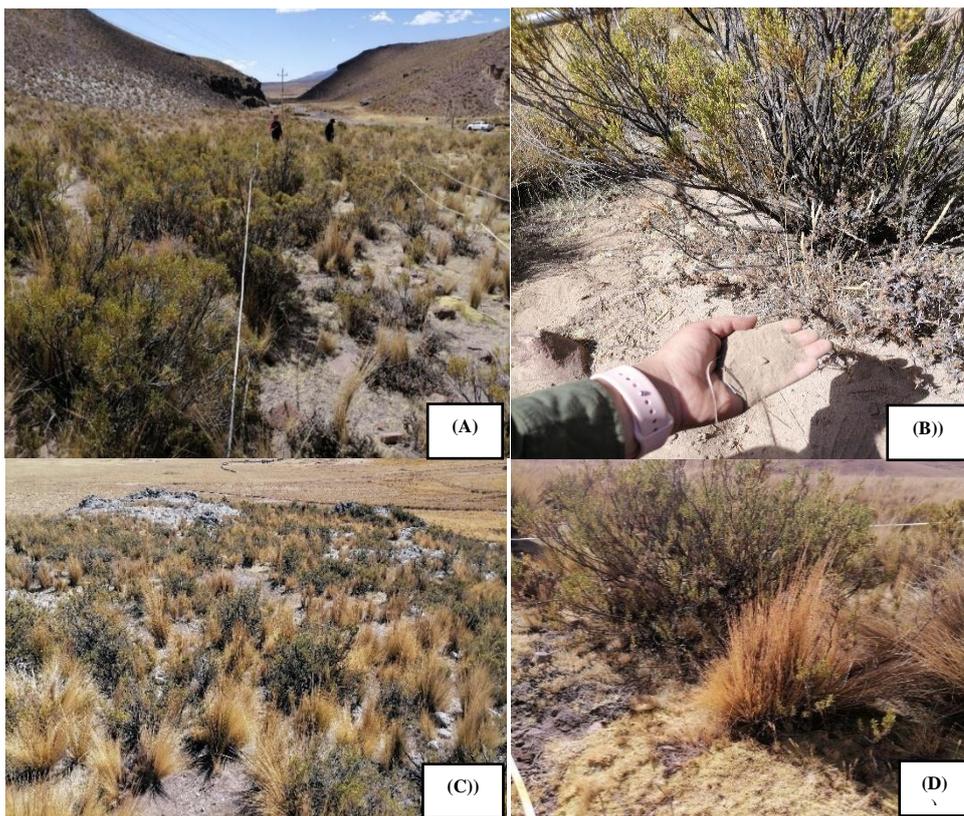


Figura N° 3.6: (A). Tolares densos en el distrito de Pichacani. (B). Arbusto de *Parastrephia lepidophylla* en suelos franco - arenoso. (C). Asociación de arbustos pequeños de *Parastrephia lepidophylla* “Suputola” y (*Festuca orthophylla*) “Iru Ichu en la comunidad de Viluyo. (D). Asociación de arbustos de mediano porte de Suputola” e “Iru Ichu en la comunidad de Conduriri. Fotografía. Huahuachampi (2022).

B. Matorrales con *Baccharis tola*

Matorrales de *Baccharis tola* más conocidos como de “ñacatola”, es un arbusto de hasta 1,2 m de altura, muy ramificado y lignificado desde la base, apretado de follaje en las partes terminales y distinguibles por sus hojas pequeñas, coriáceas y muchas veces con tres dientes menudos, una característica resaltante en esta especie arbustiva es la etapa de floración, las flores femeninas y masculinas no florecen al mismo tiempo. **Figura N°3.7. (B).**

Esta especie crece en un rango altitudinal entre 3.000 a 4.500 ms.n.m., en suelos residuales y superficiales desarrollados, en laderas, lomadas y pie de monte de cerros, sobre suelos pedregosos poco profundos, inestables y susceptibles a la erosión hídrica.

En la comunidad de Alto Vilcallami (**Tabla 3.20**) en el distrito de Juli, se observó la presencia de bosques de eucaliptus, matorral de canlli (*Tetraglochin cristatum*), pajonal de ichu (*Jaraya ichu*), y muña (*Minthostachys mollis*), en las superficies rocosas. (Ver **Figura 3.7 A**); sin embargo, cabe señalar que estas especies, son comunes en el ámbito del TDPS.

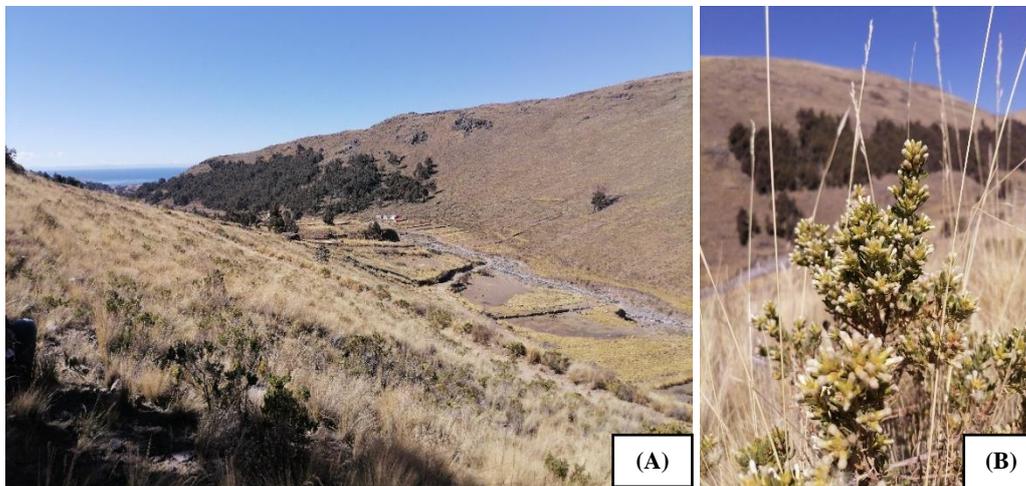


Figura N° 3.7: (A) Tolar de ladera. Comunidad alto Villacani, distrito de Juli, provincia de Chucuito – Puno. (B). Arbustos de *Baccharis incarum* en etapa fenológica de floración. Fuente: Fotografía. Huahuachampi. Y. (2022).

3.7.3 Riqueza florística

En las evaluaciones realizadas durante los recorridos por los sectores Sur del departamento de Oruro y Norte del departamento de La Paz, permitieron identificar la presencia de 44 especies vegetales nativas, correspondientes a 32 géneros, incluidos en 14 familias botánicas. De las cuales las poáceas en las que se encuentran el “Wichu, Iru ichu, Chijis”, ocupan el primer lugar con 15 especies, representando el 34%. Seguidas de las asteráceas en las que se incluyen a las “Tolas”, con 10 especies y 23%, las cactáceas ocupan el tercer lugar con 5 especies, representando el 11%, fabáceas, rosáceas y verbenáceas (con 2 especies) se ubican en cuarto lugar, que incluyen a “Añawaya, Kaylla y la Lampaya” respectivamente, representan el 5%. El resto de las familias, que suman ocho, incluyen una especie (**Figura N° 3.8 y Tabla N° 3.21**).

La mayor parte de las plantas fueron identificadas en campo, por tratarse de especies conocidas, se recolectaron sólo aquellas de dudosa identificación, para su identificación y verificación con especímenes de la colección científica del Herbario Nacional de Bolivia (LPB) de la ciudad de La Paz.

Las familias, géneros y especies fueron actualizadas de acuerdo al Catálogo de Plantas Vasculares de Bolivia (Jørgensen *et al.* 2014).

Las especies vegetales correspondientes al estrato arbustivo que corresponden a los géneros: *Baccharis*, *Parastrephia*, *Fabiana*, *Lampayo*, *Adesmia* y *Tetraglochin*, fueron registradas en estado vegetativo y/o floración, por tratarse de especies perennes. A diferencia de las del estrato herbáceo, que en su mayoría se encontraban secas, por la época de invierno en la que se realizó la evaluación.

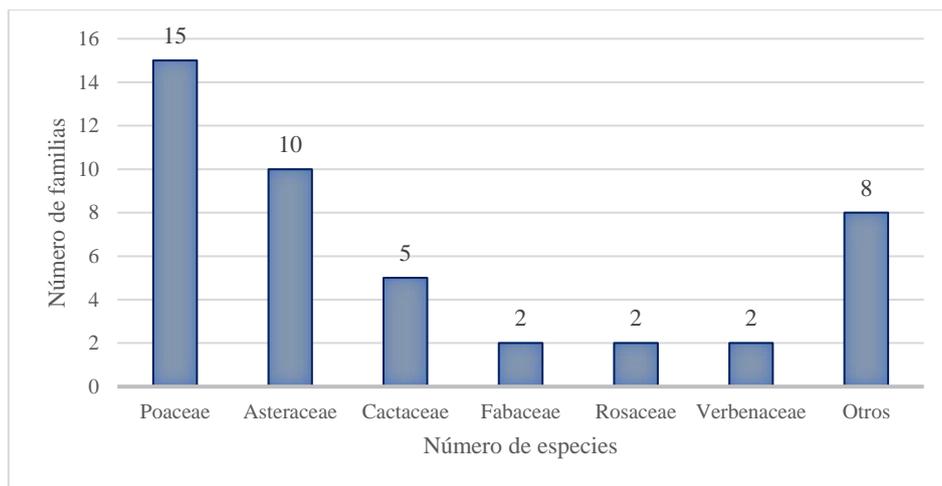


Figura N° 3.8: Familias representativas y número de especies vegetales sectores Sur del departamento de Oruro y Norte del departamento de La Paz. Fuente: Elaboración M. Zeballos MNHN, 2022.

Si bien se logró identificar 44 especies de plantas correspondientes a diferentes familias botánicas. Este inventario no corresponde a la composición florística total de estos ecosistemas, por lo que, es recomendable realizar evaluaciones de la vegetación, en época húmeda por encontrarse las plantas en estado de floración y/o fructificación, principalmente las hierbas de ciclo anual que se desarrollan en la época de lluvias, facilitando su identificación correcta.

En lo que respecta al sector peruano del TDPS se identificó 11 especies de plantas, correspondientes a 6 familias. De las cuales las poáceas donde se encuentran el “ichu o sicuywicchu”, “grama dulce o qachuchiji”, “pasto bandera” y “pasto plumilla” ocupan el primer lugar con 4 especies, representando el 36%. Seguidas de las asteráceas en las que se incluyen a las “tolas”, con 3 especies y representa el 27%, las rosáceas donde se encuentra las kanllas ocupan un tercer lugar con un 9%. Las Apiáceas, Verbenáceas y Lamiáceas con 3 especies cada una se ubican en el cuarto, quinto y sexto lugar, donde incluyen a “yaretas, cojines y arbustos de muña” respectivamente, suman el 18%. **(Figura N° 3.9 y Tabla N° 3.21).**

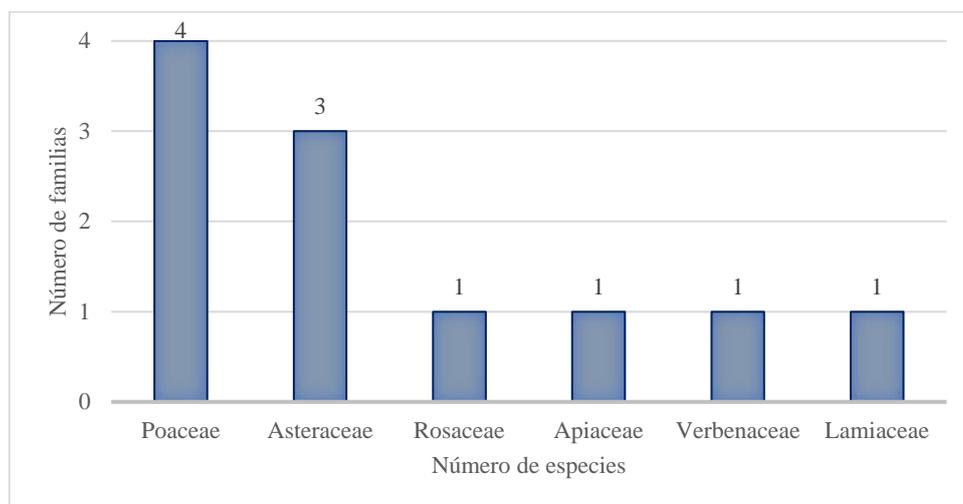


Figura N° 3.9: Familias representativas y número de especies vegetales sectores Sur y Norte del departamento de Puno. Fuente: Elaboración propia, 2022

TABLA N° 3.21. ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN TOLARES DEL SISTEMA TDPS

Familia	Especie	Nombre Vernacular
Apiáceae	<i>Azorella compacta</i> Phil.	Yareta
Asteráceae	<i>Baccharis alpina</i> Kunth	Pampa tola
Asteráceae	<i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera	Tolilla, Jamachi tola, romero tola, tola negra
Asteráceae	<i>Baccharis tola</i> Phil.	Tola
Asteráceae	<i>Erigeron lanceolatus</i> Wedd.	No reportado
Asteráceae	<i>Gamochoeta</i> sp.	
Asteráceae	<i>Gnaphalium</i> sp.	
Asteráceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera	Supu tola
Asteráceae	<i>Parastrephia lucida</i> (Meyen) Cabrera	Tola (quechua), uma tola (aymará)
Asteráceae	<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	khoa t'ola, tití t'hola, alpachtola
Asteráceae	<i>Tagetes multiflora</i> Kunth	Pasto bandera
Asteráceae	<i>Baccharis</i> spp	Ñacatola
Asteráceae	<i>Parastrephia lucida</i>	Romerotola /Chekatola
Cactáceae	<i>Airampoa albisaetacens</i> (Backeb.) Doweld	Airampu
Cactáceae	<i>Airampoa ayrampo</i> (Azara) Doweld	Airampu
Cactáceae	<i>Cumulopuntia boliviana</i> (Salm-Dyck) F. Ritter	Phuskalla
Cactáceae	<i>Cumulopuntia boliviana</i> subsp. <i>dactylifera</i> D.R. Hunt	Phuskalla
Cactáceae	<i>Lobivia pentlandii</i> (Hook.) Britton & Rose	Sank'ayu, sankayu
Caryophylláceae	<i>Cardionema ramosissimum</i> (Weinm.) A. Nelson & J.F. Macbr.	Llapa
Equisetáceae	<i>Equisetum</i> sp.	Cola de caballo
Lamiáceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña
Fabáceae	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen ex Vogel	Añawaya
Fabáceae	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	Trebol, Layu Layu
Franqueníaceae	<i>Frankenia triandra</i> J. Rémy	Janqui, Yaretilla
Geraniáceae	<i>Geranium sessiliflorum</i> Cav.	
Malváceae	<i>Tarasa tenella</i> (Cav.) Krapov.	Malvasa
Oxalidáceae	<i>Oxalis bisfracta</i> Turcz.	Oca falso, tschilko, vinagrillo
Poáceae	<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	Pasto bandera
Poáceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Cebadilla
Poáceae	<i>Chloris halophila</i> Parodi	No reportado
Poáceae	<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	Crespillo
Poáceae	<i>Deyeuxia heterophylla</i> Wedd.	No reportado
Poáceae	<i>Distichlis humilis</i> Phil.	Chiji
Poáceae	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	Chiji
Poáceae	<i>Festuca orthophylla</i> Pilg.	Iru Wichu
Poáceae	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	Ichu, Sicuya, Wichu
Poáceae	<i>Jarava leptostachya</i> (Griseb.) F. Rojas	Qachu Sikuya
Poáceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i> (J. Presl) Henrard	Isru Chiji
Poáceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	Chiji negro

Familia	Especie	Nombre Vernacular
Poáceae	<i>Nassella asplundii</i> Hitchc.	Wichu parwayu
Poáceae	<i>Nassella pubiflora</i> (Trin. & Rupr.) E. Desv.	No reportado
Poáceae	<i>Nassella</i> sp.	
Poáceae	<i>Lachemilla pinnata</i> (Ruiz & Pav.) Rothm.	Sillu sillu
Poáceae	<i>Tetraglochin cristata</i> (Britton) Rothm.	Kaylla
Solanáceae	<i>Fabiana densa</i> Remy	Tolilla
Verbenáceae	<i>Junellia minima</i> (Meyen) Moldenke	Qhota Chiji
Verbenáceae	<i>Lampayo castellanii</i> Moldenke	Lampaya

Fuente: Elaboración M. Zeballos MNHN, 2022

3.8 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA TOLAR

3.8.1 Estado de conservación de tolares en Puno

Los resultados de la evaluación del estado de conservación del ecosistema tolar en el departamento de Puno se presentan en la **Tabla N° 3.22** en la que se muestra el valor de los indicadores de las parcelas evaluadas y en el **Tabla N° 3.23**, se muestra el puntaje de los indicadores en función de las medidas obtenidas en campo y la calificación final de estado de conservación del ecosistema, donde se agrupó ocho parcelas en tres zonas de producción y dos parcelas de referencia.

Para las parcelas de referencia se consideró a aquellas que mantienen su máxima integridad ecológica³⁰, las cuales nos permitieron hacer la comparación con los otros sitios evaluados con diferentes niveles de degradación; dichas parcelas corresponden a la comunidad cercana de Taypiplaya del distrito de Acora y a la comunidad de Mazo Cruz del distrito de Santa Rosa, de acuerdo a las evaluaciones se determinó que están en un estado de conservación **Bueno**. (**Tabla N° 3.22**)

La conservación de los ecosistemas de tola en la zona 1 tiene un estado de conservación **Regular**, debido a un ligero deterioro de la cobertura vegetal y suelo, la zona 2 y 3 se encuentran en un estado de conservación **Bueno**, sin embargo, existe una leve pérdida del horizonte superficial del suelo.

³⁰ **Integridad ecológica:** es la capacidad del ecosistema para mantener un sistema ecológico, integrado, balanceado y adaptable, que tenga el rango completo de elementos y procesos que se esperarían en el hábitat natural de la región. Este concepto integra elementos de composición, estructura y función de las especies. Fuente: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/estado-de-los-ecosistemas/integridad-ecologica>.

TABLA N° 3.22. VALOR DE LOS INDICADORES EN PARCELAS DE REFERENCIA Y PARCELAS DE EVALUACIÓN DEL ECOSISTEMA TOLAR DEL DEPARTAMENTO DE PUNO - PERU

Atributo	Indicadores	Parcelas de evaluación									
		001 - PE	002 - PE	003 - PR	004 - PE	005 - PE	006 - PR	007 - PE	008 - PE	009 - PE	010 - PE
Florística del Sitio (20)	1. Abundancia (N° individuos/área)	214	110	212	52	159	129	66	77	150	1
	- Arbustos	214	110	212	52	159	129	66	77	150	1
	2. Composición florística (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	- Gramíneas y gramínoideas	68	51	50	62	50	39	42	48	46	59
	- Arbustos	32	49	50	38	50	61	58	52	54	41
Estabilidad del suelo (40)	3. Cobertura aérea (%)	60	45	75	25	40	70	85	40	70	50
	4. Suelo desnudo superficial (%)	10	20	1	10	25	5	15	20	2	40
	5. Pérdida de suelo superficial	Nulo	Moderado	Nulo	Nulo	Moderado	Nulo	Moderado	Nulo	Nulo	Leve
Integridad biótica (40)	6. Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	55	50	71	50	70	70	67	60	40	30
	7. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	640	640	1320	500	815	1370	1690	695	435	245
	8. Cantidad de mantillo (g/m ²)	1	3	1	0	1.5	3	2.5	1.5	0	1

Fuente: Elaboración propia, 2022

Donde: PR: Parcela de Referencia
PE: Parcela de Evaluación

TABLA N° 3.23. PUNTAJE DE LOS INDICADORES Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS PARCELAS EVALUADAS EN EL ECOSISTEMA TOLAR DEL DEPARTAMENTO DE PUNO

Indicadores	Referencia Local	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	PR	PE	PE	PE
1. Abundancia (N° individuos/área)				
- Arbustos	10.0	5.0	10.0	5.00
2. Composición florística (%)				
- Gramíneas y graminoides	3.0	7.0	7.0	7.00
- Arbustos	2.0	3.0	3.0	3.00
3. Cobertura aérea (%)	7.0	7.0	7.0	3.00
4. Suelo desnudo superficial (%)	10.0	0.0	0.0	0.00
5. Pérdida de suelo superficial	15.0	15.0	15.0	20.00
6. Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	4.0	2.0	4.0	4.00
7. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	13.0	13.0	7.0	13.00
8. Cantidad de mantillo (g/m ²)	15.0	8.0	8.0	8.00
Valor Relativo (%)	79.0	60.0	61.0	63.00
Escala	7.9	6.0	6.1	6.3
Estado de conservación	Bueno	Regular	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia, 2022

Donde: PR: Parcela de Referencia

PE: Parcela de Evaluación

3.8.2 Estado de conservación de tolares en Oruro

Los resultados de la evaluación del estado de conservación del tolar en el departamento de Oruro se presentan en la **Tabla N° 3.24**, en la que se muestra el valor de los indicadores de las 15 parcelas evaluadas dentro de los ecosistemas tolares. En la **Tabla N° 3.25** se muestra el puntaje de los indicadores en función de las medidas obtenidas en campo y la calificación final de estado de conservación del ecosistema, en donde se agrupó las 15 parcelas en tres zonas de producción y tres parcelas de referencia.

La parcela de referencia corresponde a la comunidad de Opoqueri del municipio de Corque, la comunidad de San Martín del municipio de Salinas de García Mendoza y la comunidad de Payrumani del municipio de Escara, donde se determinó que el ecosistema tolar está en un estado de conservación **Muy Bueno**. (**Tabla N° 3.25**)

El estado de conservación de los tolares en la zona 3 es **Regular**, debido a la pérdida moderada de suelo del horizonte superficial, siendo este ecosistema el más afectado por prácticas agropastoriles. La zona 1 y 2 presenta un estado de conservación **Bueno**, con una mejor integridad biótica a pesar de un ligero deterioro de la cobertura vegetal y suelo.

TABLA N°3.24. VALOR DE LOS INDICADORES EN PARCELAS DE REFERENCIA Y PARCELAS DE EVALUACIÓN DEL ECOSISTEMA TOLAR DEL DEPARTAMENTO ORURO

Indicadores	Parcelas de evaluación														
	001 - PE	002 – PR	003 - PE	004 - PE	005 - PR	006 - PE	007 - PE	008 - PE	009 - PE	010 - PR	011 - PE	012 - PE	013 - PE	014 - PE	015 – PE
1. Abundancia (N° individuos/área)	81	101	67	65	118	214	112	133	155	131	138	77	37	93	112
- Gramíneas y gramínoideas	81	101	67	65	118	214	112	133	155	131	138	77	37	93	112
2. Composición florística (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
- Gramíneas y gramínoideas	64	47	30	44	37	28	43	30	0	0	40	56	49	35	25
- Arbustos	36	53	70	56	63	72	57	70	100	100	60	44	51	65	75
3. Cobertura aérea (%)	60	80	40	70	60	75	70	90	70	90	50	50	40	55	90
4. Suelo desnudo superficial (%)	10	10	5	20	5	20	30	10	30	10	50	50	60	45	10
5. Pérdida de suelo superficial	Mod	Leve	Mod	Mod	Mod	Mod	Leve	Mod	Mod	Leve	Mod	Leve	Mod	Mod	Leve
6. Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	84	76	66	113	86	38	112	61	40	68	68	78	90	54	90
7. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	5315	1633	3061	5605	3130	3030	4129	1497	7295	2400	2400	5360	7970	5525	1779
8. Cantidad de mantillo (g/m ²)	1	3	2	2	1	1	2	5	1	0	0	3	1	1	3

Fuente: Elaboración propia, 2022

Donde: PR: Parcela de Referencia
PE: Parcela de Evaluación

TABLA N° 3.25. PUNTAJE DE LOS INDICADORES Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS PARCELAS EVALUADAS EN EL ECOSISTEMA TOLAR DEL DEPARTAMENTO DE URUO

Indicadores	Referencia Local	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	PR	PE	PE	PE
1. Abundancia (N° individuos/área)				
- Arbustos	10.0	10.0	10.0	5.0
2. Composición florística (%)				
- Gramíneas y gramínoideas	3.0	7.0	7.0	7.0
- Arbustos	3.0	3.0	3.0	1.0
3. Cobertura aérea (%)	7.0	7.0	7.0	7.0
4. Suelo desnudo superficial (%)	10.0	0.0	0.0	0.0
5. Pérdida de suelo superficial	15.0	5.0	5.0	5.0
6. Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	4.0	4.0	4.0	4.0
7. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	21	21.0	21.0	21
8. Cantidad de mantillo (g/m ²)	8.0	8.0	15.0	8.0
Valor Relativo (%)	81.0	65	72.0	58.0
Escala	8.1	6.5	7.2	5.8
Estado de conservación	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Regular

Fuente: Elaboración propia, 2022

3.8.3 Estado de conservación de tolares en La Paz

Los resultados de la evaluación del estado de conservación del tolar del departamento de La Paz se presentan en las siguientes tablas; en la **Tabla N° 3.26**, se muestran la distribución y el valor de los indicadores de las tres parcelas evaluadas en los ecosistemas tolares en el departamento de La Paz y en la **Tabla N° 3.27**, se muestra el puntaje de los indicadores en función de las medidas obtenidas en campo y la calificación final de estado de conservación del ecosistema, en donde se agrupó las 3 parcelas en una zona de producción y una parcela de referencia.

Para la parcela de referencia se consideró el punto de evaluación cerca a la comunidad de Villa La Paz del distrito de Santiago de Callapa. Se determinó que el ecosistema tolar está en un estado de conservación **Muy Bueno**, es decir cuenta con una composición florística abundante, una buena estabilidad del suelo e integridad biótica.

El estado de conservación de los tolares en la zona 2 es **Bueno**, con una buena integridad biótica, sin embargo, existe moderada pérdida de suelo superficial.

TABLA N° 3.26. VALOR DE LOS INDICADORES EN PARCELAS DE REFERENCIA Y PARCELAS DE EVALUACIÓN DEL ECOSISTEMA TOLAR DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Indicadores	Parcelas de evaluación		
	016 - PR	017 - PE	018 - PE
1. Abundancia (N° individuos/área)			
- Arbustos	182.0	133.0	88.0
2. Composición florística (%)	100.0	100.0	100.0
- Gramíneas y gramínoideas	59.0	50.0	48.0
- Arbustos	41.0	50.0	52.0
3. Cobertura aérea (%)	70.0	40.0	80.0
4. Suelo desnudo superficial (%)	20.0	35.0	10.0
5. Pérdida de suelo superficial	Nulo	Moderado	Moderado

Indicadores	Parcelas de evaluación		
	016 - PR	017 - PE	018 - PE
6. Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	65.0	96.0	98.0
7. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	1510.0	1255.0	5710.0
8. Cantidad de mantillo (g/m ²)	2.0	4.0	1.0

Fuente: Elaboración propia, 2022.

TABLA N° 3.27. PUNTAJE DE LOS INDICADORES Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS PARCELAS EVALUADAS EN EL ECOSISTEMA TOLAR DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Indicadores	Referencia Local	Zona 2
	PR	PE
1. Abundancia (N° individuos/área)		
- Arbustos	10.0	5.0
2. Composición florística (%)		
- Gramíneas y gramínoideas	5.0	7.0
- Arbustos	1.0	3.0
3. Cobertura aérea (%)	7.0	7.0
4. Suelo desnudo superficial (%)	10.0	0.0
5. Pérdida de suelo superficial	15.0	5.0
6. Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)	2.0	4.0
7. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	21.0	21.0
8. Cantidad de mantillo (g/m ²)	15.0	15.0
Valor Relativo (%)	86.0	67.0
Escala	8.6	6.7
Estado de conservación	Muy Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia, 2022

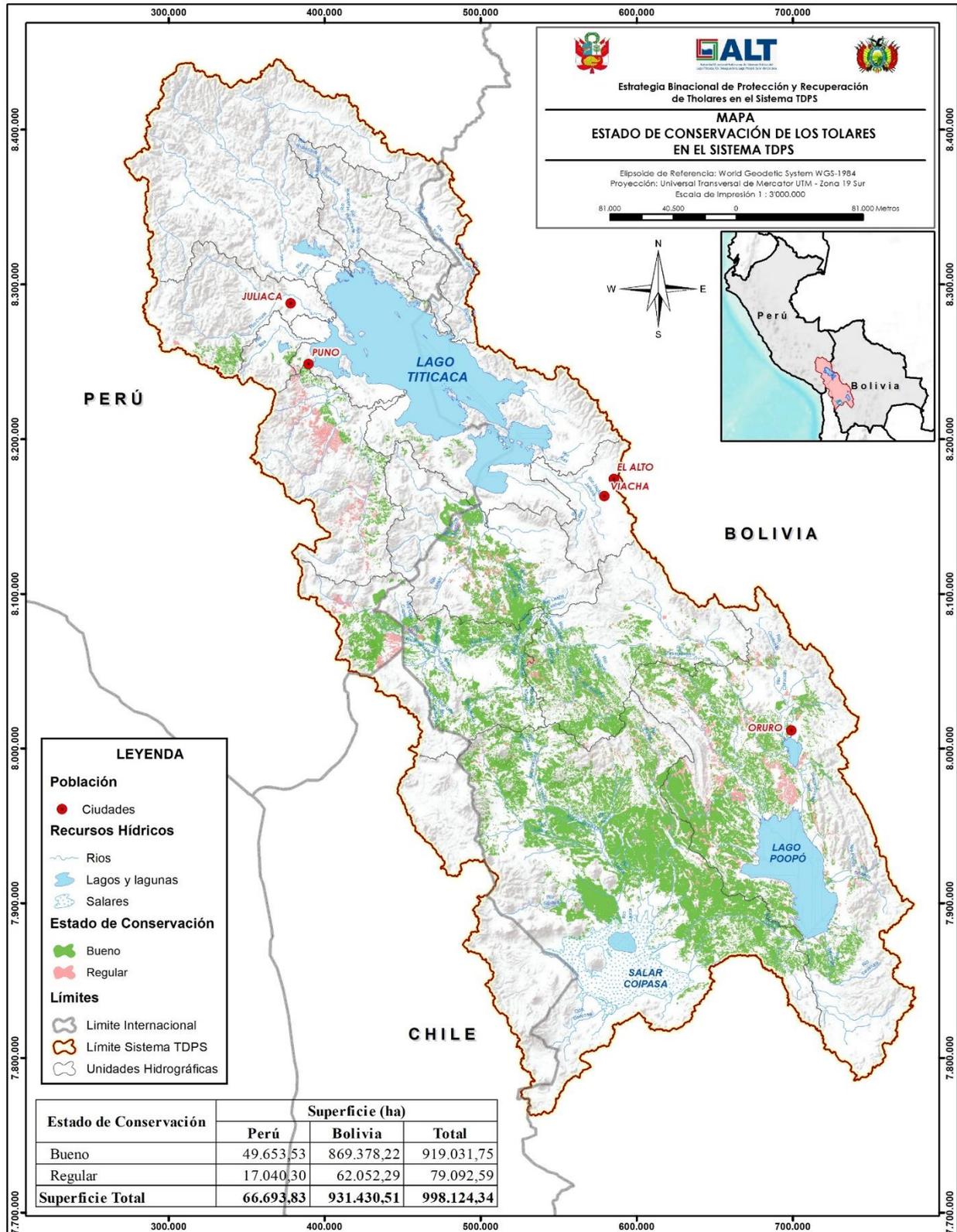
El 92,08% de los tolares en el sistema TDPS, es **Bueno** que corresponde a una superficie de 919.031,75 ha, el restante 7,92% tiene un estado de conservación **Regular** que corresponde a una superficie de 79.092,59 ha. Ver **Tabla N° 3.28** y **Mapa N° 3.10**

TABLA N° 3.28. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS TOLARES EN EL SISTEMA TDPS

Estado de Conservación	Superficie (ha)			%
	Perú	Bolivia	Total	
Bueno	49.653,53	869.378,22	919.031,75	92,08
Regular	17.040,30	62.052,29	79.092,59	7,92
Superficie Total	66.693,83	931.430,51	998.124,34	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022

MAPA N° 3.10: ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS TOLARES EN EL SISTEMA TDPS



Fuente: Elaboración propia, 2022

3.9 CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA DE LA TOLA

3.9.1 Carbono en los componentes de la tola

En la **Tabla N° 3.29** se detalla la cantidad de muestras recolectadas en campo correspondientes al departamento de Oruro - Bolivia, así como la cantidad de carbono (C) en porcentaje (%) y peso correspondiente a la parte aérea (hojas y tallo) y la parte radicular.

TABLA N° 3.29. CANTIDAD DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO - BOLIVIA

N°	Código de muestra	Coordenadas		Provincia	Fecha de recolección	Resultado de laboratorio		Carbono	
		X	Y			Carbono (%)	Peso seco (g)	(g/m ²)	(t/ha)
FOLLAJE									
1	001 - B-f	621692,2	7969245,6	Carangas	2/09/2022	56.2	1009.9	298.6	3.0
2	002 - B-f	616668,9	7950752,1	Carangas	2/09/2022	56.4	389.1	92.2	0.9
3	003 - B-f	648683,6	7962249,1	Carangas	2/09/2022	57.0	642.8	174.4	1.7
4	004 - B-f	651828,5	7934655,1	sur de carangas	3/09/2022	57.0	789.2	228.2	2.3
5	005 - B-f	647094,1	7870862,6	Ladislao Cabrera	3/09/2022	55.6	626.0	174.0	1.7
6	006-1 - B-f	741706,7	7916200,9	Eduardo de Avaroa	3/09/2022	54.0	218.4	73.8	0.7
7	006-2 - B-f	741706,7	7916200,9	Eduardo de Avaroa	3/09/2022	54.4	119.8	54.3	0.5
8	007 - B-f	734337,8	7886345,4	Sebastián Pagador	4/09/2022	57.2	619.4	236.1	2.4
9	008 - B-f	584952,4	7920035,3	Litoral	4/09/2022	58.9	284.4	88.2	0.9
10	010 - B-f	567502,3	7899737,8	Litoral	4/09/2022	58.2	148.5	72.0	0.7
11	011 - B-f	625893,0	7957690,3	Carangas	4/09/2022	57.2	408.0	137.2	1.4
12	012 - B-f	649881,2	7971873,3	Carangas	4/09/2022	53.5	912.0	256.6	2.6
RADICULAR									
13	001 - B-r	621692,2	7969245,6	Carangas	2/09/2022	50.9	120.0	50.9	0.5
14	002 - B-r	616668,9	7950752,1	Carangas	2/09/2022	55.4	84.0	55.4	0.6
15	003 - B-r	648683,6	7962249,1	Carangas	2/09/2022	53.3	110.0	53.3	0.5
16	004 - B-r	651828,5	7934655,1	sur de carangas	3/09/2022	55.0	180.0	55.0	0.6
17	005 - B-r	647094,1	7870862,6	Ladislao Cabrera	3/09/2022	53.1	114.0	53.1	0.5
18	006-1 - B-r	741706,7	7916200,9	Eduardo de Avaroa	3/09/2022	54.0	97.0	54.0	0.5
19	006-2 - B-r	741706,7	7916200,9	Eduardo de Avaroa	3/09/2022	55.6	98.0	55.6	0.6
20	007 - B-r	734337,8	7886345,4	Sebastián Pagador	4/09/2022	48.4	147.5	63.7	0.6
21	008 - B-r	584952,4	7920035,3	litoral	4/09/2022	58.0	102.0	58.0	0.6
22	010 - B-r	567502,3	7899737,8	Litoral	4/09/2022	48.2	60.0	48.2	0.5
23	011 - B-r	625893,0	7957690,3	Carangas	4/09/2022	55.0	80.0	55.0	0.6
24	012 - B-r	649881,2	7971873,3	Carangas	4/09/2022	55.8	100.0	55.8	0.6

Fuente: Elaboración propia, con información de Laboratorio de suelos Universidad Nacional Agraria La Molina (Anexo 3)

Donde: B - f: Bolivia - follaje

B - r: Bolivia - raíz

Con respecto al sector peruano, en la **Tabla N° 3.30**, se presenta la relación de muestras y la cantidad de C en la parte aérea (hojas y tallo) y de la parte radicular.

TABLA N° 3.30. CANTIDAD DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO - PERU

N°	Código de muestra	Coordenadas		Provincia	Fecha de recolección	Resultado de laboratorio		Carbono	
		X	Y			Carbono (%)	Peso seco (g)	(g/m)	(t/ha)
FOLLAJE									
25	003 - P-f	399689,9	8217954,1	Puno	5/09/2022	55.2	734.7	137.5	1.4
26	004 - P-f	416435,8	8186516,8	El Collao	5/09/2022	55.4	273.0	77.6	0.8
27	005 - P-f	424231,8	8156689,7	El Collao	5/09/2022	52.5	309.7	85.5	0.9
28	006 - P-f	425728,8	8123217,3	El Collao	5/09/2022	56.6	531.6	155.0	1.6
29	007 - P-f	425068,1	8112758,1	El Collao	6/09/2022	58.7	665.2	211.2	2.1
30	008 - P-f	456492	8201239,1	Chucuito	6/09/2022	55.4	318.6	98.1	1.0
31	009 - P-f	450665,1	8192507,5	Chucuito	6/09/2022	56.6	182.0	56.6	0.6
32	010 - P-f	306025,8	8261491,0	Lampa	7/09/2022	53.8	119.0	53.8	0.5
RADICULAR									
33	003 - P-r	399689,9	8217954,1	Puno	5/09/2022	54.0	198.0	54.0	0.5
34	004 - P-r	416435,8	8186516,8	El Collao	5/09/2022	53.1	120.0	53.1	0.5
35	005 - P-r	424231,8	8156689,7	El Collao	5/09/2022	48.4	118.1	49.2	0.5
36	006 - P-r	425728,8	8123217,3	El Collao	5/09/2022	56.8	304.0	90.8	0.9
37	007 - P-r	425068,1	8112758,1	El Collao	6/09/2022	55.0	289.8	75.9	0.8
38	008 - P-r	456492	8201239,1	Chucuito	6/09/2022	50.5	90.0	50.5	0.5
39	009 - P-r	450665,1	8192507,5	Chucuito	6/09/2022	52.5	124.0	52.5	0.5
40	010 - P-r	306025,8	8261491,0	Lampa	7/09/2022	54.0	170.0	54.0	0.5

Fuente: Elaboración propia. con información de Laboratorio de suelos Universidad Nacional Agraria La Molina (Anexo 3)

Donde: P - f: Perú – follaje

P - r: Perú – raíz

Para cuantificar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de tola es necesario conocer la densidad, biomasa seca y fracción de carbono por componente, de acuerdo a los siguientes resultados:

A. Densidad de arbustos de tola

Las especies de tola en plantas pequeñas en promedio tiene una densidad de 9580 plantas/ha, en plantas de tamaño mediano la densidad es de 1902 plantas/ha y en plantas de tamaño grande es de 475 plantas/ha. Ver **Tabla N° 3.31**.

TABLA N° 3.31. DENSIDAD DEL ARBUSTO TOLAR EN EL SISTEMA TDPS

Tamaño (cm)	Código de parcela	Especie de tola	Altura de planta (cm)	Densidad plantas/m ²	Densidad plantas/100m ²	Densidad Plantas/ha
Pequeño < a 49	006-1 - B	<i>Baccharis boliviensis</i>	38	1.0	96.0	9.600
	006-2 - B	<i>Fabiana densa</i>	42	1.0	101.0	10.100
	005 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	45	1.0	102.0	10.200
	009 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	40	1.0	96.0	9.600
	010 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	30	0.8	84.0	8.400
		Promedio		39	1.0	95.8
Mediano 50 – 99	003 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	71	0.2	15.0	1.500
	004 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	50	0.2	15.0	1.500
	006 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	70	0.3	26.0	2.600
	007 - P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	67	0.1	14.0	1.400
	008 - P	<i>Baccharis spp</i>	60	0.3	25.0	2.500
	001 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	84	0.2	16.8	1.680
	002 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	76	0.1	12.4	1.240
	003 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	66	0.3	32.5	3.250
	005 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	86	0.2	17.0	1.700
	008 - B	<i>Lampaya castellani</i>	61	0.2	23.0	2.300
010 - B	<i>Lampaya castellani</i>	59	0.1	12.0	1.200	

Tamaño (cm)	Código de parcela	Especie de tola	Altura de planta (cm)	Densidad plantas/m ²	Densidad plantas/100m ²	Densidad Plantas/ha
	011 - B	<i>Parastrephia lucida</i>	68	0.2	23.5	2.350
	012 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	78	0.2	15.0	1.500
	Promedio		69	0.2	19.0	1.902
Grande > a 100	004 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	113	0.0	4.1	410
	007 - B	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	112	0.1	5.4	540
	Promedio		113	0.0	4.8	475

Fuente: Elaboración propia, 2022

Donde: B: Bolivia

P: Perú

Los resultados de densidad de plantas de tola entre plantas pequeñas, medianas y grandes son de **11.957 tolas/ha**, de ellas el 80% son plantas pequeñas, el 16% medianas y el 4% son plantas grandes. Estos datos de densidad proporcionan información esencial para comprender la dinámica de la población de las mismas especies a través del tiempo, donde la menor densidad puede reflejar un bajo nivel de repoblamiento, esta variación también puede ser atribuida a las condiciones del suelo, topografía, altitud, pendiente o tipo de manejo. En la **Tablas N° 3.32** se presenta el análisis detallado de la densidad de tola según el tamaño.

TABLA N° 3.32. DENSIDAD DEL ARBUSTO TOLAR SEGÚN EL TAMAÑO EN EL SISTEMA TDPS

Tamaño	Altura de arbusto (cm)	Densidad arbusto /ha	%
Grande > a 100 cm	113	475	4
Mediano 50 – 99 cm	69	1.902	16
Pequeño < a 49 cm	39	9.580	80
Total		11.957	100

Fuente: Elaboración propia, 2022

La densidad de tolares está relacionada directamente con el rendimiento sólo de la biomasa aérea (peso de hojas), donde las medidas alométricas³¹ del área de copa y de la materia seca producida por planta puede ser mayor en arbustos de mayor tamaño.

B. Producción de biomasa arbustiva

La producción y acumulación de biomasa en plantas es un indicador que refleja la complejidad estructura, la productividad del ecosistema tolar y el secuestro de carbono, criterio de mucha importancia en el contexto del cambio climático, de allí la importancia de conocer cuál es la producción de biomasa por los tolares del TDPS.

Los resultados de biomasa contenida en la tola se presentan en t/h, según las evaluaciones realizadas, se ha estimado una biomasa total verde de **12,1 t/ha** y de biomasa total seca **4,7 t/ha** (ver **Tabla N° 3.33**). Estas tasas no pueden ser extrapolables para cuantificar la cantidad de carbono secuestrado a largo plazo, pero brindan una clara idea de la importancia actual de los tolares en términos de captura de carbono.

La cantidad de biomasa en las áreas evaluadas en el Sistema TDPS es variable y depende del tamaño de las plantas. Plantas grandes tienen una producción de biomasa verde de 1,2

³¹ **Medida alométrica:** describe una línea curva que representa la relación entre la biomasa y el diámetro o la altura de la planta (Schmidt *et al.* 2009); además, proporciona un buen equilibrio y precisión en las predicciones con bajos requerimientos de datos (Ter-Mikaelian y Korzukhin 1997).

t/ha (10%) y la biomasa seca de 0,4 t/ha (9%), las de tamaño mediano una producción de biomasa verde de 3,2 t/ha (44 %) y biomasa seca de 1,3 t/ha (27%), y con mayor cantidad las plantas pequeñas con una biomasa verde de 7,7 t/ha (40%) y biomasa seca de 3,0 t/ha (64%).

TABLA N° 3.33. BIOMASA VERDE Y BIOMASA SECA DE TOLARES CLASIFICADA POR TAMAÑO

Tamaño	Densidad	Biomasa total verde				Biomasa total seca			
	arbustos/ha	(g/m ²)	(kg/m ²)	t/ha	%	(g/m ²)	(kg/m ²)	t/ha	%
Grande	475	2.443.8	2.4	1.2	10	868.0	0.9	0.4	9
Mediano	1.902	1.698.8	1.7	3.2	27	670.4	0.7	1.3	27
Pequeño	9.580	808.9	0.8	7.7	64	311.2	0.3	3.0	64
Total	11.957	4.951.4	5.0	12.1	100	1.849.6	1.8	4.7	100

Fuente: Elaboración propia, 2022

Se aprecia que la mayor cantidad de biomasa seca en t/ha se encuentra en arbustos pequeños y la menor en arbustos grandes. Se tiene un valor atípico que difiere de las demás muestras, debido a la densidad de arbustos por hectárea, ello debido posiblemente a la influencia de la época de recolección de muestras, edad del arbusto, intensidad de manejo, sobrepastoreo, quema o a la extracción indiscriminada de la planta que no le permitido alcanzar la altura máxima. Se observa la producción de biomasa del tolar está en función al tamaño del arbusto, número de tallos primarios, densidad, entre otros. Así mismo los factores climáticos, edáficos, fisiográficos entre otros, también tienen una influencia directa e indirecta en la producción de biomasa.

Por otra parte, la producción de biomasa seca por componentes, en los arbustos de tolares, donde el follaje aéreo (hojas y tallo) muestra la mayor producción de biomasa con 2,8 tMS/ha en comparación con la raíz, 1,9 tMS/ha, debido probablemente a que los tallos son más ramificados, erectos y muy abundantes (ver **Tabla N° 3.34**).

TABLA N° 3.34. PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA POR COMPONENTE EN tMS/ha

Componente	Biomasa total verde		Biomasa total seca	
	t/ha	%	t/ha	%
Follaje aéreo (hojas y ramas)	8.4	69	2.8	59.6
Raíz	3.7	31	1.9	40.4
Total	12.1	100	4.7	100

Fuente: Elaboración propia, 2022

La superficie con tolares en el Sistema TDPS para el año 2022 es de 998.124,35 ha, donde la producción de biomasa verde es de 12'077.304,6 t y la producción de biomasa seca es de 4'691.184,45 tMS, como se muestran en la **Tabla N°3.35**.

TABLA N° 3.35. PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE ACUERDO A LA SUPERFICIE DE COBERTURA TOLAR EN EL SISTEMA TDPS

Sector del TDPS	Superficie de tolares (ha)	Biomasa verde (t)	Biomasa seca (t)
Perú	66.693,83	806.995,34	313.461,00
Bolivia	931.430,52	11'270.309,29	4'377.723,44
Total	998.124,35	12'077.304,63	4'691.184,45

Fuente: Elaboración propia, 2022

Como se observa en la tabla anterior, los tolares concentran el 61,15 % de humedad.

C. Potencial energético

La tola es una de las especies más preferidas como combustible en el Altiplano, la razón es por su riqueza en resinas que le otorga un poder calorífico elevado. En el Altiplano, en la mayoría de los casos, la extraen casi completamente, es decir con parte de las raíces para utilizarla luego como leña.

El potencial energético de la biomasa se obtiene a partir de la relación que existe entre la masa de residuo seco (*Mrs*) y la energía del residuo por unidad de masa (*E*) también conocida como Poder Calorífico Inferior³² (*PCI*). Con la siguiente ecuación se ha calculado el potencial energético del arbusto de tola

$$PE = (Mrs) \times (PCI)$$

$$PE = (4.7 \text{ t/ha}) \times (13.15 \text{ j/ha})$$

$$PE = 61.788 \text{ tj/ha}$$

Dónde:

PE: Potencial energético [tj/ha]

Mrs: Masa de residuo seco [t/ha]

PCI: Energía del residuo por unidad de masa [tj/ha]

= 3140.2 (kcal kg⁻¹) (fuente: Gonzales 1994, citado por Et.al Alcérreca, 2002)

= 1 Kilocalorías = 4.1865 Julios

= 13146.4 j/kg = 13.1464473 j/ha

Estos resultados demuestran que la tola tiene un potencial energético de 61.788 tj/ha, lo que sugiere la buena calidad energética que posee la suputola, y su preferencia para uso como leña en la industria de la panadería y las yeserías en el Altiplano.

C. Determinación de carbono (C) acumulado y Dióxido de Carbono (CO₂) absorbido en arbustos de tola

La determinación de C, es un aspecto importante, cuyos resultados da una idea respecto a la captura y absorción de CO₂. En la **Tabla 3.36**, se presentan las estimaciones de carbono acumulado y de la cantidad de dióxido de carbono absorbido, según los resultados de los análisis realizados en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú).

TABLA N° 3.36. CARBONO (C) TOTAL ACUMULADO Y DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) ABSORBIDO EN LA BIOMASA AÉREA (TALLOS Y HOJAS)

Arbusto de tola	Peso húmedo (g/m ²)	Peso seco (g/m ²)	Carbono (C) (g/m ²)	Carbono (C) t/ha	Dióxido de carbono (CO ₂) (g/m ²)	Dióxido de carbono (CO ₂) (t/ha)
Pequeño	502	190	64,81	0,65	237,20	2,37
Mediano	1.332	534	151,74	1,52	555,37	5,55
Grande	2.034	704	232,14	2,32	849,63	8,50
Total	3.868	1.428	449,69	4,49	1.642,21	16,42

Fuente: Elaboración Propia, 2022

³² **Poder Calorífico Inferior (PCI)**: El poder calorífico es la cantidad de calor que puede obtenerse por combustión de la cantidad unitaria del material y se expresa generalmente en Kcal/Kg. Así mismo se puede definir como la cantidad de energía que desprende por unidad de masa un combustible al quemarse. (Hinostrza, 1994). El PCI se determina a partir del poder calorífico superior tomando en cuenta el calor de vaporización de la muestra húmeda (539 Kcal/Kg constante). (Guimaraes, Aguinelio, & Batista, 1982).

En las parcelas evaluadas en el sistema TDPS, el carbono total acumulado y el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico capturado por la biomasa aérea (tallos y hojas) del arbusto de tola es diferente, y está en función al tamaño de la planta. Los tolares con plantas grandes contienen alrededor de 2,32 tC/ha respecto a las demás categorías y la absorción de dióxido de carbono es 8,5 tCO₂/ha. El promedio de carbono acumulado en la biomasa aérea por hectárea es de 4 tC/ha, y el promedio de dióxido de carbono absorbido es de 16,4 tCO₂/ha.

Con respecto al carbono acumulado y al CO₂ absorbido por la biomasa subterránea de la tola, en la **Tabla N° 3.37**, se presentan los resultados obtenidos.

TABLA N° 3.37. CARBONO (C) TOTAL ACUMULADO Y DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) ABSORBIDO EN LA BIOMASA SUBTERRÁNEA (RAÍZ)

Arbusto de tola	Peso húmedo (gr/m ²)	Peso seco (gr/m ²)	Carbono (C) (gr /m ²)	Carbono (C) t/ha	Dióxido de carbono (CO ₂) (gr/m ²)	Dióxido de carbono (CO ₂) (t/ha)
Pequeño	307	121	53,07	0,53	194,24	1,94
Mediano	367	136	58,00	0,58	212,26	2,12
Grande	410	164	59,35	0,59	217,22	2,17
Total	1.083	421	170,42	1,70	623,72	6,24

Fuente: Elaboración propia, 2022

La cantidad de biomasa total subterránea contenida en las raíces primarias y secundarias de los arbustos de tola, donde el carbono total acumulado y dióxido de carbono (CO₂) absorbido, por el sistema radicular de la tola está en relación a su tamaño. Las tolas de mayor tamaño (grande) acumula 0,59 tC/ha, mayor al resto de categorías (pequeñas y mediana), asimismo, el dióxido de carbono en 2,17 tCO₂/ha. El promedio de carbono acumulado en la biomasa subterránea por hectárea es de 1,70 tC/ha, y el promedio de dióxido de carbono absorbido es de 6,24 tCO₂/ha.

TABLA N° 3.38. CARBONO (C) TOTAL ACUMULADO Y DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) EN TODA LA PLANTA DE TOLA (HOJA, TALLO Y RAÍZ)

Arbusto de tola	Carbono (C) (g/m ²)	Dióxido de carbono (CO ₂) (g/m ²)	Carbono (C) (t/ha)	Dióxido de carbono (CO ₂) (t/ha)
Pequeño	118	431	1,18	4,31
Mediano	210	768	2,10	7,68
Grande	291	1.067	2,91	10,67
Total	619	2.266	6,19	22,66

Fuente: Elaboración propia, 2022

Según los valores obtenidos de la parte aérea y radicular del arbusto tola, respecto a la acumulación de carbono y absorción de dióxido de carbono, se tiene que en los arbustos pequeños se acumula 1,18 tC/ha y 4,31 tCO₂/ha, en los medianos, 2,10 tC/ha y 7,68 tCO₂/ha y grandes 2,91 tC/ha y 10,67 tCO₂/ha. Esta variabilidad en la acumulación de C y absorción CO₂ es debido a la cantidad de materia seca que produce un arbusto de tola en cada categorización del tamaño.

TABLA N° 3.39. CARBONO TOTAL ACUMULADO Y DIÓXIDO DE CARBONO ABSORBIDO EN LOS TOLARES DEL SISTEMA TDPS

País	Superficie de tolares (ha)	Carbono (C) (t)	Dióxido de carbono (CO ₂) (t)
Perú	66.693,83	412.904,87	1.511.231,81
Bolivia	931.430,52	5.766.533,35	21.105.512,06
Total Superficie Sistema TDPS	998.124,35	6.179.438,22	22.616.743,88

Fuente: Elaboración propia, 2022

Teniendo en cuenta la superficie de tolares al 2022 (998.124,35 ha) en el sistema TDPS, la cantidad de toneladas de CO₂ capturadas y almacenadas es de aproximadamente: **22'616.743,88** equivalente a **6'179.438,22** toneladas de carbono acumulado en la biomasa de tolares. Ver **Tabla N° 3.39**.

En la **Tabla N° 3.40**, se presenta la estimación de carbono acumulado y CO₂ absorbido por zonas homogéneas de producción.

TABLA N° 3.40. ESTIMACIÓN DE CARBONO TOTAL ACUMULADO Y DIÓXIDO DE CARBONO ABSORBIDO SEGÚN ZONAS HOMOGÉNEAS DE PRODUCCION

Zona homogénea de producción	Superficie total de la zona de producción (ha)	Carbono (C) (g/TDPS)	Dióxido de carbono (CO ₂) (g/TDPS)	Carbono (C) (t/TDPS)	Dióxido de carbono (CO ₂) (t/TDPS)
Zona 1	407.110,45	252.044.133,94	922.481.530,21	2.520.441,34	9.224.815,30
Zona 2	520.071,16	321.978.679,52	1.178.441.967,03	3.219.786,80	11.784.419,67
Zona 3	70.942,74	43.921.008,32	160.750.890,46	439.210,08	1.607.508,90
Total	998.124,35	617.943.821,77	2.261.674.387,69	6.179.438,22	22.616.743,88

Fuente: Elaboración propia, 2022

Como se observa en la tabla anterior, la Zona 2 es la que mayor cantidad de C acumula 3.219.786,80 toneladas y la que mayor cantidad de CO₂ captura 11.784.419,67 toneladas, seguida de la Zona 1 que acumula 2.520.441,34 toneladas de C y captura 9.224.815,30 toneladas de CO₂, la Zona 3 es la que menor cantidad de C acumula 439.210,08 toneladas y la que menor cantidad de CO₂ captura 1.607.508,90 toneladas.

3.10 ZONAS DE RIESGOS DE PÉRDIDA DE ECOSISTEMAS DE TOLA Y PRIORIZACIÓN DE ZONAS DE INTERVENCIÓN

Los resultados del modelamiento de zonificación de áreas de intervención han permitido definir tres zonas con diferentes grados de prioridad de intervención, a ser considerada en la etapa de implementación del plan de manejo de tolares en el sistema TDPS, ello en función a la identificación de zonas vulnerables como los ecosistemas de tola, expuestas a las amenazas biofísica y sociales. En el primer caso generadas por factores naturales como: la pérdida de fertilidad de los suelos, la ocurrencia de eventos climáticos extremos, así como por el calentamiento global, y en el segundo caso, por el cambio de uso de suelos (ampliación de la frontera agrícola), la cual genera la tala de cobertura de tola, el sobre pastoreo y la extracción indiscriminada para usarla como combustible.

Las características de las zonas de priorización de intervención tienen las siguientes características:

- **Zona de prioridad Alta:**

Estas zonas se caracterizan por presentar una densidad poblacional baja, de 0 a 10 hab/km². Se ubican a alturas que oscilan entre 3.650 a 3.780 ms.n.m. Estas zonas conformadas por extensas planicies, ubicadas a lo largo de las riberas a los ríos Desaguadero y Lauca, donde existen áreas con riego por inundación, que de acuerdo a la evaluación de potencialidades y limitaciones la zonificación agroecológica (ZAE) evalúa algunas áreas como zonas aptas para la implementación de cultivos de pasto o cultivos andinos. De acuerdo a las características climáticas estas zonas se consideran zonas muy secas donde las tasas de evapotranspiración superan a la precipitación pluvial.

La evaluación biofísica determina que al menos tres variables (inundación, índice de vegetación normalizado, zonificación agroecológica) generan condiciones de amenaza muy alta a la degradación de los tolares.

Los asentamientos humanos se caracterizan por constituir comunidades dispersas con centros poblados aislados cuya densidad no representa presión considerable al ecosistema de tola por lo que considera como amenaza baja a media a la degradación de los recursos naturales.

- **Zona de prioridad Media:**

En esta zona hay mayor concentración de poblados, sin embargo, la densidad poblacional es baja de 0 a 20 hab/ km², la ubicación altitudinal oscila entre 3.750 hasta los 3.850 ms.n.m. en la que de acuerdo al ZAE, el uso de suelos es para agricultura y pastoreo de ganado, la precipitación pluvial varía desde los 280 mm en la parte sur de la cuenca TDPS hasta los 800 mm hacia el norte. Sin embargo, debido a que la población es dispersa en comunidades rurales lo que califica a estas zonas con amenaza media a la degradación de recursos naturales.

La evaluación biofísica define al menos dos variables (índice de vegetación normalizado, zonificación agroecológica), como condiciones de amenaza a la pérdida de cobertura de tola.

- **Zona de prioridad Baja:**

En estas zonas, generalmente la densidad poblacional varía de 0 a 10 hab/km², no obstante, en determinadas zonas la densidad poblacional es de 40 hab/km², se ubican en zonas altas entre los 3.800 a 4.200 ms.n.m. La cobertura vegetal es escasa, el uso de suelos de acuerdo al ZAE es apto para el pastoreo de ganado.

La evaluación biofísica define al menos dos variables (índice de vegetación normalizado, zonificación agroecológica), como condiciones de amenaza a la pérdida de cobertura de tola.

La evaluación de densidad poblacional determina a estas zonas con amenaza media a la degradación de recursos naturales.

Según los criterios antes señalados, se ha logrado establecer zonas de priorización tanto en Perú como en Bolivia, hasta el nivel de distrito o municipio.

3.10.1 Zona de Priorización por Distrito/Municipio

Perú:

La cuantificación de la superficie de intervención que ocupa cada zona priorizada por distrito se muestra en la **Tabla N° 3.41** y **3.42**.

TABLA N° 3.41. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO

Distrito	Zona de prioridad alta		Zona de prioridad media		Zona de prioridad baja	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Acora	30,47	0,53	2.057,39	13,51	2.211,23	14,63
Atuncolla	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	0,01
Cabanillas	524,72	9,13	1.441,23	9,46	231,76	1,53
Capazo	819,71	14,27	2.863,20	18,80	317,02	2,10
Chucuito	1,56	0,03	14,92	0,10	108,08	0,72
Conduriri	251,06	4,37	1.448,03	9,51	652,03	4,31
Conima	0,64	0,01	0,52	0,00	39,81	0,26
Copani	0,00	0,00	55,35	0,36	0,00	0,00
Cuturapi	6,86	0,12	4,88	0,03	13,08	0,09
Desaguadero	2.802,51	48,78	0,00	0,00	0,14	0,00
Huacullani	8,33	0,15	76,15	0,50	17,60	0,12
Ilave	34,89	0,61	159,81	1,05	633,01	4,19
Juli	52,40	0,91	836,42	5,49	482,50	3,19
Kelluyo	665,82	11,59	426,12	2,80	3.591,22	23,76
Mañazo	6,99	0,12	54,78	0,36	1,32	0,01
Moho	1,10	0,02	30,73	0,20	49,22	0,33
Paucarcolla	12,25	0,21	31,64	0,21	131,27	0,87
Pichacani	62,16	1,08	612,14	4,02	1.959,52	12,97
Pisacoma	36,86	0,64	469,62	3,08	0,00	0,00
Platería	0,00	0,00	264,73	1,74	387,83	2,57
Pomata	16,87	0,29	392,54	2,58	133,68	0,88
Puno	51,24	0,89	549,08	3,61	1.392,42	9,21
Quilcapuncu	5,63	0,10	10,74	0,07	20,91	0,14
Santa Lucia	2,79	0,05	440,36	2,89	31,18	0,21
Santa Rosa	321,83	5,60	2.840,18	18,65	2.335,69	15,46
Tilali	0,00	0,00	1,05	0,01	37,21	0,25
Tiquillaca	7,51	0,13	52,55	0,35	203,62	1,35
Vilque	0,00	0,00	0,98	0,01	31,93	0,21
Yunguyo	20,89	0,36	67,41	0,44	72,45	0,48
Zepita	0,00	0,00	24,48	0,16	23,97	0,16
Total	5.745,10	100,00	15.227,04	100,00	15.111,61	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022 en base a modelamiento de variables de amenaza y vulnerabilidad

TABLA N° 3.42. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA PRIORIZACIÓN DE INTERVENCION EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA

Distrito	Zona de prioridad alta		Zona de prioridad media		Zona de prioridad baja	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Tarata	2.638,43	24,18	8.486,91	48,07	1.911,21	93,45
Ticaco	94,14	0,86	191,46	1,08	30,44	1,49
Palca	8.177,93	74,95	8.976,06	50,84	103,49	5,06
Total	10.910,50	100,00	17.654,43	100,00	2.045,14	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022 en base a modelamiento de variables de amenaza y vulnerabilidad

La superficie total considerada como zona de Prioridad Alta es de 5.745,10 ha en el departamento de Puno, y de 10.910,50 ha en el departamento de Tacna, donde los distritos de Palca (8.177,93 ha.) y Desaguadero (2.802,51 ha.) se encuentra la mayor superficie de tolares con riesgo de degradación en las que se debe establecer algún plan de intervención. Ver **Tabla 3.41 y 3.42.**

La zona de Prioridad Media es de 15.227,04 ha en el departamento de Puno, y 17.654,43 ha en el departamento de Tacna. Los distritos con mayor superficie son Palca con 8.489,91 ha y Tarata con 8.486,91 ha en el departamento de Tacna, y en el departamento de Puno, Capazo con 2.863,20 ha y Santa Rosa con 2.840,18 ha.

Con respecto a la zona de Prioridad Baja, comprende 15.111,61 ha en el departamento de Puno y 2.045,14 ha en el departamento de Tacna, observándose que los distritos de Kelluyo y Santa Rosa, en Puno ocupan la mayor extensión, equivalente a 3.591,22 y 2.335,69 ha

Bolivia:

En la **Tabla 3.43** se presentan los resultados respecto a las categorías por zonas de prioridad de intervención en el departamento de Oruro.

TABLA N° 3.43. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA PRIORIZACIÓN DE INTERVENCION EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO

Municipio	Zona de Prioridad alta		Zona de Prioridad media		Zona de Prioridad baja	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Andamarca	30.370,12	8,10	39.814,74	13,94	0,00	0,00
Antequera	0,11	0,00	30,05	0,01	0,00	0,00
Belén de Andamarca	43.206,09	11,53	5.823,02	2,04	0,00	0,00
Caracollo	6.116,16	1,63	7.242,12	2,54	189,58	0,71
Carangas	5,02	0,00	68,89	0,02	0,00	0,00
Challapata	971,03	0,26	1.738,06	0,61	96,78	0,36
Chipaya	2.123,97	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Choque Cota	232,77	0,06	5.608,33	1,96	1.277,57	4,80
Coipasa	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corque	69.744,66	18,61	63.085,31	22,09	14.940,02	56,08
Cruz de Machacamarca	10.057,20	2,68	4.998,89	1,75	0,00	0,00
Curahuara de Carangas	8.931,85	2,38	23.390,64	8,19	3.824,58	14,36

Municipio	Zona de Prioridad alta		Zona de Prioridad media		Zona de Prioridad baja	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
El Choro	9.221,91	2,46	277,35	0,10	0,00	0,00
Escara	20.082,66	5,36	29.946,37	10,48	0,00	0,00
Esmeralda	13.076,25	3,49	18,86	0,01	0,00	0,00
Eucaliptus	503,91	0,13	1.798,70	0,63	0,00	0,00
Huanuni	0,38	0,00	109,51	0,04	0,00	0,00
Huachacalla	14,99	0,00	71,74	0,03	0,00	0,00
La Rivera	91,51	0,02	0,84009	0,00	0,00	0,00
Machacamarca	409,19	0,11	1.802,10	0,63	0,00	0,00
Oruro	306,89	0,08	738,21	0,26	18,32	0,07
Pampa Aullagas	6.857,11	1,83	11.784,50	4,13	0,00	0,00
Pazña	453,85	0,12	665,03	0,23	15,68	0,06
Poopó	1.016,64	0,27	1.546,83	0,54	2,18	0,01
Sabaya	24.810,90	6,62	13.767,21	4,82	0,00	0,00
Salinas de Garcí Mendoza	33.969,22	9,06	2.154,49	0,75	0,00	0,00
Santiago de Huari	3.219,05	0,86	714,05	0,25	9,17	0,03
Santiago de Huayllamarca	1.012,25	0,27	980,29	0,34	17,40	0,07
Santuario de Quillacas	6.262,18	1,67	2.501,82	0,88	0,00	0,00
Soracachi	1.246,87	0,33	3.583,43	1,25	3,31	0,01
Todos Santos	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toledo	33.249,36	8,87	14.306,00	5,01	0,00	0,00
Totora	1.615,33	0,43	7.163,51	2,51	4.018,59	15,09
Turco	34.734,11	9,27	39.904,86	13,97	2.225,52	8,35
Yunguyo del Litoral	10.856,39	2,90	10,25	0,00	0,00	0,00
Total	374.770,15	100,00	285.645,99	100,00	26.638,71	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022..

En el departamento de Oruro, las zonas de prioridad alta abarcan 374.770,15 ha de las cuales los municipios de Corque y Andamarca de Belén tiene el 18,61 % y 11,53% de la superficie respectivamente.

Respecto a la zona de prioridad media, esta ocupa una superficie de 285.645,99 ha de los cuales el municipio de Corque tiene una superficie de 63.085,31 ha, es decir, el 22,09%. De igual modo el municipio de Turco ocupa una superficie de 39.904,86 ha y el municipio de Andamarca de Belén, el 13,94% equivalente a una superficie de 39.814,74 ha.

Los municipios de Corque y Totora cuentan con la mayor extensión de zonas de tola con prioridad de intervención baja, con 14.940,02 y 4.018,59 ha respectivamente. La superficie total correspondiente a esta categoría es de 26.638,71 ha.

En la **Tabla N° 3.44** se muestra la categorización de zonas de intervención para el departamento de La Paz.

TABLA N° 3.44. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Municipio	Zona de Prioridad alta		Zona de Prioridad media		Zona de Prioridad baja	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Calacoto	8.121,06	27,80	58.870,66	35,26	27.471,22	57,02
Caquiaviri	100,59	0,34	23.958,46	14,35	3.305,20	6,86
Catacora	368,45	1,26	2.744,49	1,64	14,38	0,03
Chacarilla	138,34	0,47	868,79	0,52	158,28	0,33
Charaña	10.194,97	34,90	17.896,38	10,72	4.175,13	8,67
Corocoro	60,28	0,21	2.908,93	1,74	91,19	0,19
Jesús de Machaca	4,47	0,02	142,19	0,09	0,00	0,00
San Andrés de Machaca	492,73	1,69	26.073,36	15,61	11.405,60	23,67
Nazacara de Pacajes	12,99	0,04	263,12	0,16	0,00	0,00
Papel Pampa	4.952,85	16,95	7.285,31	4,36	0,00	0,00
Patacamaya	421,70	1,44	244,15	0,15	0,00	0,00
San Pedro de Curahuara	2.213,01	7,58	7.707,52	4,62	80,71	0,17
Santiago de Callapa	97,63	0,33	4.116,75	2,47	109,74	0,23
Santiago de Machaca	652,82	2,23	4.624,49	2,77	1.309,85	2,72
Sica Sica	846,32	2,90	2.992,25	1,79	0,00	0,00
Umala	534,12	1,83	6.287,03	3,77	58,17	0,12
Total	29.212,33	100,00	166.983,88	100,00	48.179,47	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En el departamento de La Paz, las zonas de intervención con prioridad alta tienen una superficie de 29.212,33 ha, de las cuales el 34,9% corresponde al municipio de Charaña, el 27,8% a Calacoto, y el 16,95% al municipio de Papel Pampa.

La zona de prioridad media, ocupan un área de 166.983,88 ha, donde el municipio de Calacoto tiene una superficie de 58.870,66 ha, lo que equivale al 35,26 %, así mismo, el municipio de San Andrés de Machaca con el 15,61%), ocupa una superficie de 26.073,36 ha. y el municipio de Caquiaviri (14,35%), ocupa una superficie de 23.958,46 ha.

La zona de prioridad baja, tiene una superficie de 48.179,47 ha, de las cuales los municipios de Calacoto y San Andrés de Machaca ocupan el 57,02 y 23,67% respectivamente.

3.10.2 Zona de Priorización por Zona Hidrológica

La distribución de zonas de prioridad de intervención a partir de las zonas hidrológicas que componen el sistema hídrico TDPS, se muestra en la **Tabla N° 3.45**.

TABLA N° 3.45. SUPERFICIE DE TOLA POR ZONA DE PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN EN LAS ZONAS HIDROLÓGICAS

Zona Hidrológica	Zona de prioridad alta		Zona de prioridad media		Zona de prioridad baja	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Alto Desaguadero	2.903,06	0,69	79.011,43	16,27	24.702,57	26,86
Circunlacustre	1.499,22	0,36	897,07	0,18	719,64	0,78
Coata	527,60	0,13	1.890,00	0,39	262,94	0,29
Coipasa	246.683,35	58,65	202.261,54	41,66	5.274,35	5,73
Huancané	5,63	0,00	18,85	0,00	30,05	0,03
Huaycho	0,00	0,00	0,00	0,00	14,62	0,02
Ilave	766,32	0,18	8.723,02	1,80	9.871,74	10,73
Illpa	53,73	0,01	151,06	0,03	393,87	0,43
Mauri	30.738,20	7,31	70.314,55	14,48	17.737,00	19,28
Medio Desaguadero	7.815,81	1,86	41.020,01	8,45	17.673,24	19,22
Poopó	129.645,17	30,82	81.223,80	16,73	15.294,92	16,63
Total	420.638,09	100,00	485.511,32	100,00	91.974,95	100,00

Fuente: Elaboración Propia, 2022..

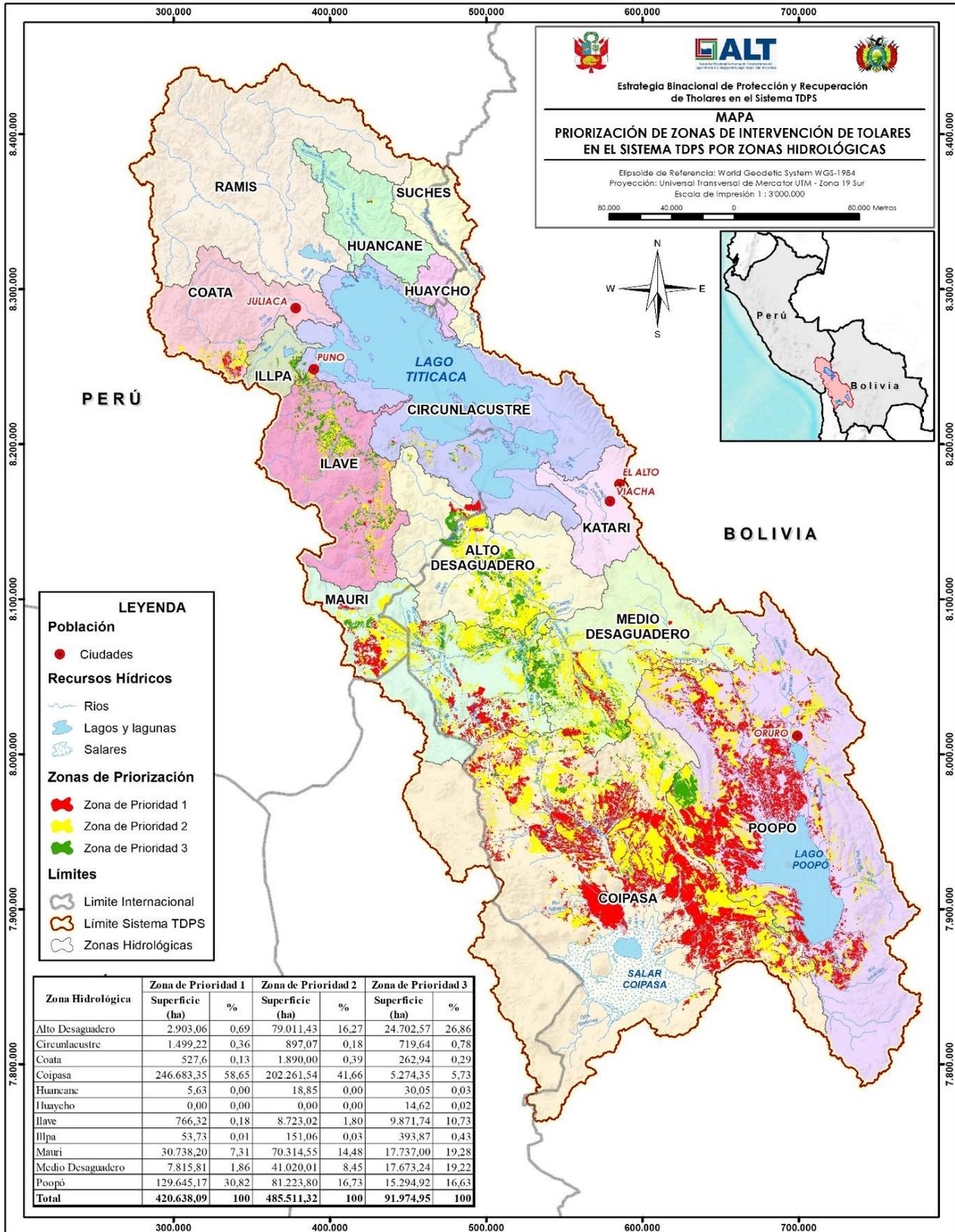
De acuerdo a la superficie de las zonas hidrológicas del sistema TDPS, las zonas de intervención con prioridad alta tienen una extensión de 420.638,09 ha, de los cuales, el 58,65% y 30,82% se encuentran en las zonas hidrológicas de Coipasa y Poopó respectivamente.

Respecto a la zona de prioridad media, estas ocupan 485.511,32 ha, donde la zona hidrológica de Coipasa tiene una superficie de 202.261,54 ha, lo que equivale al 41,66 %, le sigue en importancia la zona hidrológica de Poopó (16,73%), que ocupa una superficie de 81.223,80 ha, y la zona hidrológica Alto Desaguadero (16,27%), ocupa una superficie de 79.011,43 ha.

La zona de prioridad baja, tiene una superficie de 91.974,95 ha, de este total, las zonas hidrológicas de Alto Desaguadero, Medio Desaguadero y Mauri ocupan el 26,86%, 19,28% y 19,22% respectivamente.

En el **Mapa N° 3.11**, se presentan las zonas priorizadas que requieren algún tipo de intervención.

MAPA N° 3.11: PRIORIZACION DE ZONAS DE INTERVENCIÓN EN EL SISTEMA TDPS



Fuente: Elaboración Propia, 2022

3.11 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS BÁSICOS EN RELACIÓN AL USO DE TOLARES

La degradación de cualquier recurso natural, es un proceso que siempre es causado por las poblaciones que tienen acceso directo o indirecto a dicho recurso, el cual, a través del tiempo, sin no existe un buen manejo, termina en la degradación ambiental³³ (aspecto que no es ajeno en el ámbito de estudio), él que finalmente se convierte en un problema expresado en la destrucción de los ecosistemas, ya sea a nivel local o regional, con graves implicancias en la propia economía de la población y en particular, del ecosistema, así como impactos de carácter global.

Los tolares, como se ha visto anteriormente, pueden ser considerados como un recurso natural renovable y frágil, a pesar de su extensión, debido a que una vez, que estén en un punto crítico en términos de extensión resultará difícil y costoso recuperarlos; razón que justifica la necesidad de realizar el uso sostenible de ellos, y ello requiere conocimiento y conciencia de quienes usan el recurso, así como de los gobiernos de ambos países.

Es de señalar, que este caso la degradación del ecosistema de tolares, se refiere principalmente a la extracción indiscriminada, principalmente para ser utilizada como combustible para cocinar los alimentos. No se tiene información respecto a la cantidad de tola extraída, no obstante, por información recogida en campo brindada por las personas mayores de 60 años, indicaron que esta fue utilizada con mayor intensidad, hasta antes de la llegada del gas, a mediados de la década de los años noventa, y Bolivia a partir de 1980.

En ese contexto, y a manera de referencia con la finalidad de tener una idea respecto a la relación de la población con el uso de tola, se consideró pertinente revisar algunos aspectos demográficos en el TDPS, entre la población urbana y rural. En este territorio la población actual es de 3'100,092 habitantes, de ella el 65,49% corresponde a Bolivia, y el 34,51 % a Perú. Ver **Tabla 3.46**.

TABLA N° 3.46. POBLACIÓN TOTAL Y POR CUENCA DEL SISTEMA HÍDRICO TDPS

Cuenca	Población Total	Población Total Bolivia	%	Población Total Perú	%	Población Urbana	%	Población Rural	%
Lago Titicaca	2.320.561	1.283.243	41,39	1.037.318	33,46	1.562.904	50,41	757.657	24,44
Río Desaguadero	204.197	171.542	5,53	32.655	1,05	29.641	0,96	174.556	5,63
Lago Poopó	523.851	523.851	16,90	0	0,00	340.863	11,00	182.988	5,90
Salar de Coipasa	51.483	51.483	1,66	0	0,00	0	0,00	51.483	1,66
TOTAL	3.100.092	2.030.119	65,49	1.069.973	34,51	1.933.408	62,37	1.166.684	37,63

Fuente: ALT, 2021

³³ **Degradación ambiental:** Es el deterioro del medio ambiente mediante el agotamiento de recursos como el aire, el agua y el suelo; la destrucción de ecosistemas y la extinción de la vida silvestre. Se define como cualquier cambio o alteración del medio ambiente que se percibe como perjudicial o indeseable. El deterioro ambiental está directamente relacionado con la forma en que un país desarrolla sus actividades económicas y con los procedimientos que emplea para explotar sus recursos naturales. Fuente: Zurruta, A.A., M.H. Badii, A. Guillen, O. Lugo Serrato & J.J. Aguilar Garnica, 2015.

Como se observa en la Tabla anterior, el 62,37% de la población del TDPS es urbana, y el 37,63% es rural³⁴. De ésta, 700.229 habitantes se localizan en Bolivia y 466.455 habitantes en Perú, siendo esta, la que, a través del tiempo ha hecho uso de la tola.

Con la finalidad de levantar cierto nivel de información socioeconómica se realizaron algunas entrevistas a los pobladores donde se realizó la toma de muestra de tola, y otras en las comunidades y regiones de áreas aledañas.

La población que vive en las comunidades no ha completado el ciclo escolar (secundaria), desde pequeños ellos se dedican a la agricultura y ganadería como principal actividad económica de la población que vive en estos sectores.

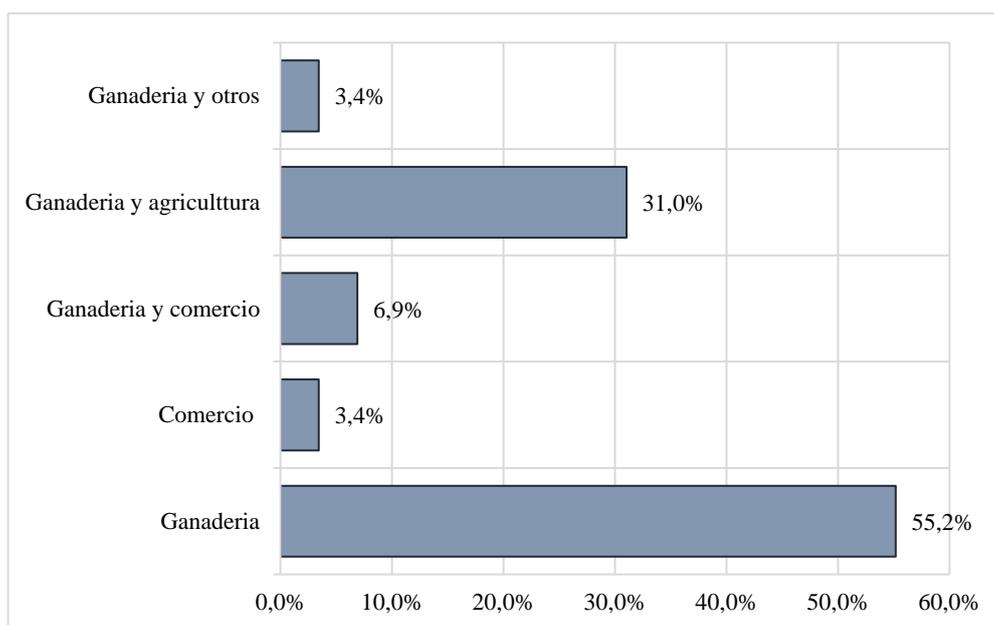


Figura N° 3.10: Porcentaje de ocupación (actividad desarrollada) de la población total entrevistada. Fuente: Elaboración propia.

³⁴ **Población rural:** en Bolivia, es la población censada en localidades con menos de 2.000 habitantes. En Perú, aquella que habita en la parte del territorio del distrito que se extiende desde los linderos de los centros poblados en área urbana, hasta los límites del mismo distrito (Censos de 1972, 1981 y 1993).



Figura N° 3.11: (A). Entrevista de campo en área de tolares aldeaña a la comunidad de Viluyo del distrito de Pichicani (B). Encuesta de campo en área de tolares en el sector de Ferepiña del distrito de Huacullani. (C). Encuesta de campo en área de tolares aldeaña a la comunidad de Viluta del distrito de Capazo y (D). Encuesta de campo en área de tolares aldeaña al centro poblado de Alto Vilcallami del distrito de Juli. Fuente: Fotografía Huahuachampi, Y. y Quispe, L. (2022).

Actualmente, un factor de incidencia en el mayor uso de la tola como combustible, son los niveles de pobreza incrementados, en el caso de Perú debido a la pandemia del COVID 19, donde al 2023 el nivel de pobreza alcanzaba el 42,6%, y el 11,4% pobreza extrema, de una población total de 1,172,697 habitantes (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social³⁵), de los cuales 757.657 habitan en sector del TDPS.

3.11.1 Servicios Ecosistémicos/Funciones Ambientales

El MINAM define los servicios ecosistémicos como los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos o indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas. Entre ellos se cuenta la regulación hídrica en cuencas, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística, la formación de suelos y la provisión de recursos genéticos, entre otros (Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos).

La Ley marco de la Madre Tierra y desarrollo integral para vivir bien (Ley 300) define las funciones ambientales como el resultado de las interacciones entre las especies de flora y fauna de los ecosistemas, de la dinámica propia de los mismos, del espacio o ambiente físico (o abiótico) y de la energía solar. Son ejemplos de las funciones ambientales los siguientes: el ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes, la retención de sedimentos, la

³⁵ <https://sdv.midis.gob.pe/redinforma/Upload/regional/Puno.pdf>

polinización (provisión de polinizadores para reproducción de poblaciones de plantas y dispersión de semillas), la filtración, purificación y desintoxicación (aire, agua y suelo), el control biológico (regulación de la dinámica de poblaciones, control de plagas y enfermedades), el reciclado de nutrientes (fijación de nitrógeno, fósforo, potasio), la formación de suelos (meteorización de rocas y acumulación de materia orgánica), la regulación de gases con efecto invernadero (reducción de emisiones de carbono, captación o fijación de carbono), la provisión de belleza escénica o paisajística (paisaje).

En ese contexto, los tolares son ecosistemas naturales que desempeñan un papel fundamental en procesos de carácter biológico, ecológico, hidrológico etc., y constituye, un componente socioeconómico y depositario de valores estéticos.

En el Perú, en base a la clasificación de Ecosistemas del Milenio (2005), el SERNAP, en el Documento de Trabajo N° 23, ha identificado los servicios ecosistémicos que brinda un ecosistema que se encuentra en buen estado de conservación, clasificándolos en servicios y componentes de cada servicio, tales como:

A. Servicios de suministro

Es el servicio de provisión de los productos o bienes de beneficio directo para las personas, y a menudo con un valor monetario claro, tal como la provisión de madera de los bosques, las plantas medicinales, y el pescado de los océanos, ríos y lagos. La provisión de este tipo de servicio ya no está relacionada meramente al recurso que provee, sino que sigue una lógica de integración a los otros servicios que permiten su provisión, como los de regulación. Por ejemplo, ya no se habla de provisión de peces para pesca, sino del servicio de provisión de peces, que requiere que este servicio tenga asociado condiciones adecuadas del entorno para poder seguir brindado el beneficio/contribución (como el de la calidad del agua, flujo del agua, entre otros).

B. Servicios de regulación

Son las diferentes funciones llevadas a cabo por los ecosistemas que son de gran valor, pero en general no se le da un valor monetario en los mercados convencionales. Ellos incluyen la regulación del clima mediante el almacenamiento de carbono y el control de las precipitaciones locales, la eliminación de contaminantes por filtrar el aire y el agua, y la protección contra desastres tales como deslizamientos de tierra y las tormentas costeras.

C. Servicios culturales

Son aquellos que no sólo proporcionan beneficios materiales directos, sino que contribuyen a las necesidades más amplias de la sociedad como el desarrollo cognitivo, la reflexión y recreación. Ellos incluyen también el valor espiritual unido a determinados ecosistemas tales como los bosques sagrados, y la belleza estética de los paisajes o formaciones que atraen el turismo.

D. Servicio de soporte

Son aquellos procesos ecosistémicos y estructuras que son necesarias para que se den los otros servicios ecosistémicos. A diferencia de los otros tipos de servicios, los efectos en los pobladores son indirectos, en periodos de tiempos amplios y no suelen ser percibidos. Entre este tipo de servicio se encuentran la formación del suelo, la producción primaria, el reciclaje de nutrientes, la producción de oxígeno y ciclo del agua.

En la **Tabla 3.47**, se presenta los componentes de cada servicio ecosistémico, y la identificación de los servicios ecosistémicos que brindan los tolares.

TABLA N° 3.47. SERVICIOS ECOSISTEMICOS/ FUNCIONES AMBIENTALES DE LOS TOLARES

Servicio ecosistémico	Beneficios		Usos y Aplicaciones
De provisión	Combustible (leña)	La tola es un arbusto útil, empleado como combustible por ser de muy alta calidad, arde aun cuando esta verde produciendo más calor y fuego.	Producción de leña
	Forraje	La tola se utiliza como forraje económico, disponible todo el año de manera natural, por otra parte, protege a otras especies vegetales anuales de menor porte para la alimentación del ganado.	Alimentación del ganado como forraje
	Producción textil	Por el contenido de taninos presentes en la tola se puede emplear en la curtiembre.	Teñido de telas, artesanías
	Recursos genéticos	Por la diversidad de especies, los tolares constituyen una importante reserva genética,	
	Medicina	Los arbustos de tola se utilizan como medicina humana y veterinaria animal. A falta de centros de salud cercanos a las estancias, el uso de la medicina tradicional es la única alternativa que se cuenta	Medicina para resfríos en infusión. Cataplasmas, parches. Compuestos con actividad analgésica similar a la morfina. Extractos hidroalcohólicos y Patologías inflamatorias
De regulación	Regulación de la calidad del aire (Sumideros de carbono)	Los tolares pueden remover cantidades significativas de carbono de la atmosfera al incorporarlo a su biomasa	Captura y almacenamiento de GEI, mitigación del cambio climático global.
	Regulación local del clima: formación de microclimas y hábitats ordenados	Los ecosistemas de tolares presentan microclimas benignos y suelos fértiles que benefician el crecimiento y producción de especies forrajeras para la alimentación del ganado y para agricultura en lugares con clima apropiado. También contribuye en el equilibrio del ciclo del agua	
	Regulación de la erosión: protección de suelos; contra la erosión eólica (viento) e hídrica (lluvias)	La tola es una especie arbustiva que protege el suelo y su entorno; debido a su amplio follaje, resistencia y distribución radicular. La vegetación de los	- Barreras vivas - Incremento de la cubierta vegetal.

Servicio ecosistémico	Beneficios	Usos y Aplicaciones
	tolares estabiliza y protege los suelos contra todo tipo de erosión	
De soporte	Formación de suelos	La tola debido al tipo de raíz, la producción de materia orgánica, en asociación a los factores climatológicos, a través del tiempo contribuye a la formación de suelos.
	Producción primaria	En la producción primaria de un ecosistema se reconocen dos variables esenciales, la producción primaria bruta (GPP) y la producción primaria neta (NPP). La GPP está definida como la tasa a la cual la vegetación captura el dióxido de carbono en un tiempo dado a través de la fotosíntesis, lo que resulta en productos primarios translocables y almacenables. La NPP está definida como la diferencia entre GPP y la respiración autotrófica (Ra), y en general es medida como producción neta o la acumulación de biomasa seca por la vegetación durante una temporada o un año (Roxburgh <i>et al.</i> , 2005). En ese contexto, por la extensión de los tolares en el TDPS, son ecosistema importante de producción primaria.
	Uso en el pronóstico de la producción agrícola	La floración de <i>Parastrephia lepidophylla</i> es un indicador del momento de siembra de quinua. También es un indicador para determinar la presencia de heladas, cuando florece la suputola en forma abundante significa que habrá heladas y en consecuencia no habrá buena producción de papa
	Protección de flora y fauna	La estructura de los tolares como comunidades vegetales posibilita a que estas actúen como eficientes cortinas rompevientos, también puede proteger a plantas de estrato bajo en épocas secas.
		- Suelos para el incremento de la cobertura vegetal de nuevas especies.
		Cortina rompevientos

Fuente: Tomado y adaptado de Barrientos, 2017, y de SERNANP Documento de Trabajo N° 23; tomado de Millennium Ecosystem Assessment (2005).

3.11.2 Descripción de los usos de la tola en el contexto de los servicios ecosistémicos/funciones ambientales

A. Combustible:

La tola es un combustible de muy alta calidad, arde aun estando verde o recién cortada, debido a que contiene un 4,2% de resina. Según Gonzáles (1994), determinó que la tola tiene buen poder calorífico (3.140,2 cal/g.), principalmente la *Parastrephia lepidophylla*, la combustión es lenta produce poco humo, ya que produce más calor. Para este fin, los pobladores la extraen de raíz. La edad de extracción de los tolares es aproximadamente a partir de los 5 años, alcanzando una altura entre 0,50 a 1,8 m.

En entrevistas realizadas a propietarios de panaderías durante el trabajo de algunas ciudades intermedias de la región Puno (Santa Lucía, Laraqueri, Mañazo) y la ciudad de Puno, se constató que para calentar un horno utilizan entre 3 a 6 fardos de tola, cuyo peso oscila entre 15 y 20 kg. La cantidad de tola a utilizar depende de la cantidad de harina a hornear. Por ejemplo, para 3 quintales se utiliza 6 fardos, y para 1,5 quintales, 4 fardos.

Sólo en la ciudad de Puno el 2002, existían 397 panaderías, que en promedio usaban 5 fardos/día, haciendo una demanda diaria de 1985 fardos; es decir, solamente la ciudad de Puno, ese año, 724.525 fardos.

Se tiene registros que sólo el 2001, la extracción controlada de tola destinada a la comercialización en las ciudades del departamento de Puno fue de 1.667 camionadas, que cargaron un total de 14.2261 fardos (IIP Qollasuyo 2000-2002, en base a información del INRENA). Otro lugar de destino fue la ciudad de Arequipa, en la que en ese mismo año se comercializaron 27.659 fardos.

Si se tiene en consideración que el uso de la tola hasta antes del kerosene y el gas, los volúmenes de tola tanto utilizados por la población rural y urbana han sido muy grande, siendo esta la principal causa de su depredación.

Con respecto al consumo doméstico el que se realiza entre los meses de diciembre abril, hasta el 2002, según IIP Qollasuyo, fue 2 cargas por semana/familia, con un peso aproximado de 10 a 15 kg, equivalente a 550 kg/año/familia. A la fecha se desconoce la cantidad de familias del ámbito del TDPS, que aún utilizan la tola como combustible.



Figura N° 3.12: Uso de tola como leña en hornos de pan (Laraqueri, Puno). Fuente: Ocola, J., 2022.



Figura N° 3.13: Uso de tola en hornos de pan (Tiquillaca). Fuente: Ocola, J., 2022



Figura N° 3.14: Tola cortada al ras del suelo. Fuente: Ocola, J., 2022

Para extraer la tola, se utiliza el pico, herramienta con la cual se realiza la extracción total de la planta, es decir la planta es extraída incluida la raíz, debido a que el tallo es un buen combustible y la raíz tiene mayor duración de combustión. La extracción de este recurso es para uso doméstico, y para la comercialización. Las personas que se dedican a la extracción de este arbusto, indican que es muy trabajoso, y genera raspaduras en las manos y brazos.

El hecho de cortar la tola al ras del suelo, o arrancarla, es una mala práctica, debido a que se elimina la posibilidad de rebrote, siendo esta una de las causas de pérdida de los tolares.

Cabe destacar que, hasta antes de la generalización del uso del kerosene, hasta mediado de la década de los años 90, y posteriormente el gas, en las principales ciudades de la región Puno, como Puno, Juliaca, y demás capitales de provincia, y algunos distritos, el uso de la tola como combustible en los hogares y panaderías era común, siendo posiblemente, el principal factor de incidencia negativa en la degradación de los tolares. Similar situación, ha ocurrido en el sector boliviano del TDPS.

En la actualidad, se estima que más del 99% de la población del TDPS utiliza gas, por lo que la tola, aún en algunas localidades rurales, aún se usa en panaderías, hornos de ladrillo, hornos de quema de cal, mientras el consumo doméstico se da en las poblaciones alto andinas de la zona de estudio.



Figura N° 3.15: Cargamento de tola en Puno. Fuente: Andina, Agencia de noticia (<https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-a-thola-y-su-gran-potencial-para-un-desarrollo-sostenible-la-sierra-peruana-832617.aspx>)

En Perú el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) promueve la elaboración de **planes de manejo forestal**, que incluyen actividades de caracterización, evaluación, planificación, aprovechamiento, regeneración, protección y control, a fin de asegurar el aprovechamiento sostenible y conservar la tola, en razón a que esta especie está

categorizada como amenazada según el **Decreto Supremo 043-2006-AG**, por lo que está **prohibida la extracción, tenencia y transporte de este producto forestal**; exceptuando los casos autorizados que cuentan con planes de manejo o para el uso de subsistencia por parte de las comunidades campesinas. El comercio, transporte, tenencia y extracción ilegal de la tola se sanciona, de acuerdo a ley, con **multas que fluctúan entre 0.1 y 5,000 UIT** (Unidad Impositiva Tributaria) y son determinadas según los criterios de gradualidad, además del decomiso del cargamento.

Pese a que la tola es utilizada como leña no existe información precisa de cuanta tola se utiliza en ámbito del Sistema TDPS, sin embargo, algunos datos resultan interesante para comprender la importancia de su uso. En el departamento de Puno, al 2017 el 56,6% de los hogares (234.839) utiliza gas (balón GLP) para cocinar sus alimentos, le sigue el 42,7% (177.065 hogares) que utiliza bosta o estiércol y el 28,7% (119.275 hogares) utiliza leña (eucalipto, tola, queñua). En menor proporción usan carbón (0,5%) y electricidad (0,9%).

En el área urbana predomina el uso del gas (balón GLP) con 84,7% de hogares, seguido de la leña con **17,2%** y bosta o estiércol (12,4%); mientras que el carbón (0,6%) y la electricidad (1,7%) son los que menos se utilizan. **En el área rural el 68,9% de los hogares utilizan bosta o estiércol para cocinar sus alimentos, seguido de la leña con el 38,8%** y gas (balón GLP) con 32,3% (INEI, 2018). Se ha verificado, que aún se extrae tola del territorio puneño para ser comercializada en Arequipa, y quizá en el departamento de Moquegua. Los datos mencionados, dan una idea de que aún existen una notable presión sobre los tolares. En el caso de Bolivia, no se reportan datos al respecto.



Figura N° 3.16: Cargamento de tola con destino a la ciudad de Arequipa. Fotografía tomada el 15 de abril de 2023. Fuente: Ocola, J. 2023.



Figura N° 3.17: Almacén de bosta, utilizada como combustible en hornos de pan en el distrito de José Domingo Choquehuanaca. Fuente: Ocola, J. 2023

B. Forraje:

Este arbusto altoandino se utiliza también como forraje para el ganado camélido y ovino, sobre todo en temporada de sequía. La presencia de resinas limita su consumo por otro tipo de ganado.

La forma de acceso a este tipo de forraje es mediante el pastoreo extensivo, práctica común de las comunidades, la misma que se lleva a cabo los meses de diciembre a abril, en sector peruano del TDPS. Respecto al consumo de tola, principalmente *Parastrephia lepidophylla*, estudios realizados por Mamani (2002) indica que en la época lluviosa es de 1,9% para alpacas, 1,3% para llamas, y 1,2% para ovinos; mientras en la época seca esta se incrementa llegando a 4,7% en alpacas, 5,2% en llamas y 3,7% en ovinos.

Es de señalar, que el valor protagónico de la tola en el ecosistema tolar, no se basa en su valor forrajero, sino en su aporte al mejoramiento, desarrollo y sostenibilidad de la asociación vegetal integrada en el tolar.

El valor de la tola como forraje estriba en la presencia de nutrientes de alta calidad, debido a que el balance de aminoácidos esenciales pondera a las proteínas que se ajusta a la demanda de estos por los animales que la consume, especialmente a los de estómago simple; como al contenido cuantitativo exigido. También tiene que ver con la digestibilidad del alimento, es decir, la capacidad y facilidad de que los nutrientes contenidos en la tola sean asimilados por el animal, a través de la absorción en el aparato digestivo; sin embargo, este aspecto, depende de la palatabilidad, en el caso de la tola con el gusto y sabor que escogen los animales un determinado alimento, en este caso la tola. De esta manera, el alimento deseable para los animales es el que contribuye a su nutrición, que se consume fácilmente y que es agradable al consumo de los animales (Alzérreca *et al.*, 2003).

Como referencia, el contenido nutricional de la tola, según algunos estudios realizados en 1993 en *Parastrephia lepidophylla*, demuestran que la total tiene el 8,8% de proteína cruda, 96,5% de materia orgánica, 18,4% de fibra cruda, 3,3% de extracto etéreo y 65,7% de extracto libre de nitrógeno. (Abasto, 1993, citado por Alzérreca *et al.*, 2003).

C. Producción de colorante textil:

La tola contiene colorantes naturales y ecológicos, utilizados por la población para teñir hilos de fibra de alpaca, lana de oveja; utilizados en la confección de prendas de vestir, como chompas, telas, alfombras, telas, ya sea para uso doméstico, como para la venta.

Existen algunas experiencias, que indican que, hirviendo las hojas de la tola por algún tiempo con suficiente agua, se obtiene un líquido amarillo pálido que tiñe el algodón o la lana, previamente impregnada en solución fuerte de alumbre, de un color amarillo bonito y permanente, que se obtiene mediante un mayor número de baños (Huanca, 1993 y Cárdenas, 1958, citado por Alzérreca *et al.* 2003. Esta información, demuestra el potencial uso de una industria de colorantes orgánicos que se pueden obtener de la tola.

D. Recursos genéticos:

La tola como recurso natural, por la diversidad de especies existentes en el TDPS, constituye una fuente importante de recursos genéticos, que aún no han sido estudiados.

E. Productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos:

En este grupo de servicios ecosistémicos, la tola es utilizada por la población rural quechua y aimara, tanto en las ferias rurales como en mercados de hierbas medicinales en las ciudades, como planta medicinal tradicional para humanos, y para animales. Esta práctica es parte de la cultura de los pueblos alto andinos. Utilizada como analgésico, antiinflamatorio, antirreumático, antiespasmódico y antigripal. También se utiliza para reducir la inflamación y aliviar el dolor de hematomas. Las cecidias (bolitas) de la planta, a manera de pastillas naturales, sirven para aliviar la tos (Araya *et al.* 2003).

F. Regulación de la calidad del aire y clima global:

Por la gran superficie cubierta de tola (arbusto siempre verde y de gran follaje), constituye una importante fuente de captura de carbono, contribuyendo con la mitigación al proceso de cambio climático global.

G. Regulación del clima local:

La gran superficie cubierta con tola, genera un microclima especial. Atenúan las bajas temperaturas, recurrentes en el TDPS, debido posiblemente a la evapotranspiración de la cobertura vegetal.

H. Regulación de la erosión:

La tola como una interfaz entre la atmósfera y el suelo, contribuye al aumento de permeabilidad del suelo a la precipitación pluvial, disminuyendo la escorrentía superficial, además protege del impacto de las gotas de lluvia. Protege al suelo frente a la erosión eólica. Las raíces de las plantas de tola unen el suelo y se entrelazan con otras raíces, formando una masa más sólida que es menos susceptible tanto al agua como a la erosión eólica. Su eliminación aumenta la tasa de erosión superficial.



Figura N° 3.18: Panorámica (Sta. Rosa-Puno) en la que se aprecia una ladera con cobertura de tolar. Fuente: Ocola, J. 2023.

I. Formación de suelos:

Los tolares y las demás especies que viven en asociación con ella, son un factor importante en la formación del suelo, debido al aporte de materia orgánica que al ser incorporada al suelo mejora las condiciones físico-químicas y biológicas, generada por factores biológicos propios de las plantas de tola, como los existentes en el propio suelo, influenciados por los factores climatológicos (lluvia, temperatura).

La materia orgánica, también aumenta la capacidad de retención de agua, por lo tanto, aumenta la infiltración facilitando la recarga de acuíferos; disminuyendo la capacidad erosiva.

Desde el punto de vista del control de erosión, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua y por lo tanto, aumenta la infiltración, disminuyendo el volumen del agua de escorrentía superficial y la capacidad erosiva; la materia orgánica también actúa como un agente cementante de las partículas minerales del suelo, mejora la estructura y reduce la erodabilidad. Los suelos con alto contenido de materia orgánica son capaces de albergar una cobertura vegetal más densa y mejor conformada, disminuyendo de esta forma los riesgos de la erosión.



Figura N° 3.19: Panorámica (Tiquillaca, Puno) en la que se aprecia la pérdida de tolar por la actividad agrícola. Fuente: Ocola, J. -2023.

J. Producción primaria:

La biomasa de los tolares es un indicador de la productividad, del potencial energético y de la capacidad de absorción de carbono, la que debido a la gran superficie cubierta por tolares en el TDPS, es considerada muy alta, por ende, beneficiosa para el ambiente.

K. Pronóstico de la producción agrícola:

Este es un servicio ecosistémico, poco común reportado en la literatura especializada, pero no por ello menos importante. Su uso es parte de la cultura de los pobladores alto andinos del ámbito del TDPS. El uso se basa en la observación de la floración de alguna de las especies de tola, como referente para iniciar con la siembra de la quinua; además es un indicador de la ocurrencia de heladas. Por ejemplo, cuando la suputola abundantemente, significa que habrá heladas, por ende, una mala producción agrícola, principalmente de papa. Por otro lado, la observación de esta especie, permite a los campesinos determinar si el año agrícola será adelantado, normal, tardío o retrasado.

L. Protección de fauna y flora:

Los tolares constituyen hábitats importantes para la reproducción y protección de la fauna silvestre (aves, mamíferos, reptiles, etc.), y de protección de los animales domésticos (llamas y ovejas); además por la conformación de algunas asociaciones como tola-pajonal, protege algunas especies de flora nativa, útiles como forraje de reserva utilizada en la época seca.



Figura N° 3.20: Vista panorámica en la que se aprecia la presencia de tolares, en la que se realiza el pastoreo de ganado camélido en el municipio de Ulloma, Oruro-Bolivia. Fuente: Sullcata, L. 2022

3.11.3 Manejo de los tolares

A. Modo de extracción o corte de la tola

El modo de extracción o corte de la tola se agrupan en dos categorías: extracción total y extracción parcial. El análisis de los datos de la **Figura N° 3.21** infiere que el 62 % de los habitantes realizan una extracción de la tola de manera total, es decir, la planta es extraída con toda la raíz, sin dejar nada de la planta; por otro lado, el 38% de los habitantes extraen la tola de manera parcial, es decir, la planta es prácticamente cortada desde el cuello de la raíz, dando la oportunidad a que puedan salir nuevos rebrotes, ya que la raíz esta aún viva.

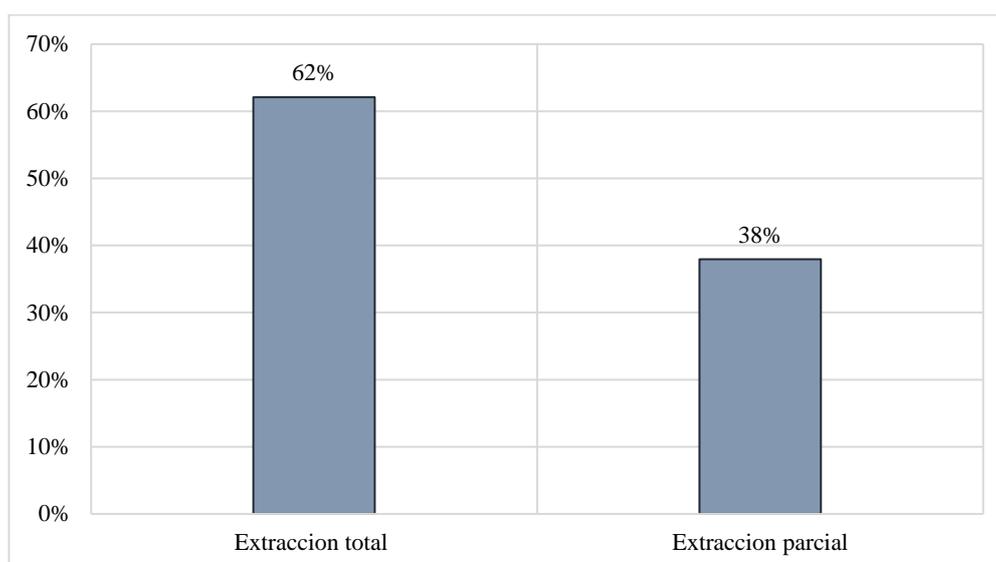


Figura N° 3.21: Porcentaje del modo de extracción de la tola por la población del sistema hídrico TDPS (según datos de campo). Fuente: Elaboración propia, 2022.

B. Tipo de manejo de la tola

El 14% de la población encuestada afirma que realizan un tipo de manejo de los tolares relacionados con el pastoreo rotativo, así como la extracción de tolares para la reubicación de los mismos.

- *Pastoreo de descanso rotativo*, consiste en dejar una pradera en descanso por un año o más, este tipo de manejo se aplica en sitios de condición pobre y muy pobre para llamas, ovinos y alpacas, áreas ribereñas y refugios de fauna silvestre.
- *Extracción de tolares para reubicación*, en este tipo de manejo los tolares llegan a su máximo crecimiento durante los 5 a 7 años y posteriormente son extraídos para la dispersión de las semillas y reubicación de los mismos.

De acuerdo a la **Figura N° 3.22**, el 67% de la población realiza manejo de pastoreo de descanso para que el ecosistema tolar, de esta manera su ganado camélido y ovino puede obtener una mejor calidad de alimento.

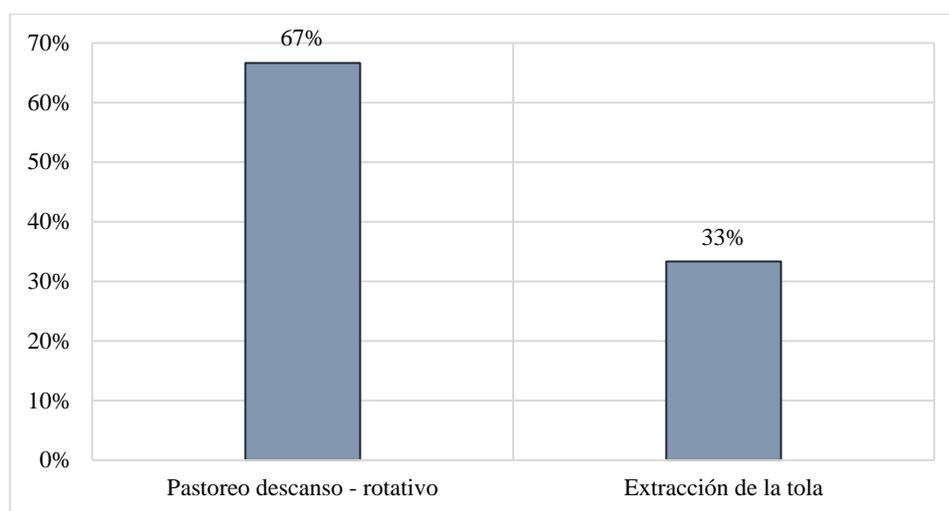


Figura N° 3.22: Tipo de manejo de los tolares de acuerdo a datos de la población total entrevistada. (según datos de campo). Fuente: Elaboración propia.

3.12 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LOS TOLARES

El “Diagnóstico de la situación actual de los tolares” ayudó a identificar la problemática por la que están atravesando los tolares, sobre todo por la falta de manejo, como en el caso de Bolivia, debido a la eliminación de tolares, para la ampliación de las zonas productoras de quinua (ampliación de la frontera agrícola) y en Perú, similar problema, y sobre todo por la extracción de la tola para usarla como leña.

3.12.1 Extracción indiscriminada de la tola

El uso de leña con fines domésticos, años atrás la venta de leña se había convertido en un negocio, considerada una práctica muy destructiva; actualmente en cierta medida debido a la accesibilidad de gas; no obstante, en el ámbito rural, aún la tola es utilizada, sobre todo en estos últimos años, cuando el costo de vida se ha incrementado.

Por otro lado, como actividad económica alternativa para los productores del área rural, la explotación de la tola destinada a la provisión de combustible a las pequeñas plantas industrializadas de yeso y panaderías, lo que genera que el poblador realice una tala indiscriminada de las mismas. Los tolares son escasos en zonas aledañas a los asentamientos humanos debido a que no se reponen las plantas que son extraídas, lo cual, genera grandes extensiones de suelos en diferentes fases de erosión.

Debido a la extracción de la planta desde la raíz, sin considerar el tamaño y la edad de la planta, provoca que el recurso suelo esté expuesto a:

- Pérdida de la capa superficial del suelo (capa arable) por la acción del viento y lluvias, que inicialmente empieza con una erosión laminar, luego la formación de zanjas y termina en cárcavas, estas últimas casi imposible de recuperarlas.
- Disminución de la fertilidad del suelo y; por lo tanto, de la producción de pastos, debido al escaso aporte de materia orgánica, lo que facilita a la erosión rápida y limita el establecimiento de pastos de buena calidad.

- Deterioro del suelo y el ecosistema, perdiendo el equilibrio ecológico, provocando la reducción de la fauna y la flora, haciendo que gradualmente se vaya perdiendo la fertilidad de la tierra.
- Cambios del microclima para la producción de especies de estrato bajo como son las gramíneas, y otras plantas no deseables consideradas invasoras.



Figura N° 3.23: (A). Leña de tola para uso doméstico en el distrito de Mazocruz – Oruro. Fuente: Fotografía de Huahauchampi. Y. (2022). (B y D). Vista de la leña descargada y fardeada para la calcinación de piedras de yeso en la comunidad de Vichaya. (C). Horno de calcinación de yeso, ubicada en la región sur del departamento de La Paz. Fuente: fotografía tomada en las unidades productivas de la comunidad de Vichaya. (2018).

3.12.2 Sobrepastoreo

El pastoreo extensivo es una práctica relacionada con el manejo del tolar en las comunidades del sistema TDPS, esta actividad es originada por la ganadería de camélidos y ovinos en su mayoría, y ganado vacuno en ciertas comunidades, acelerando la degradación del suelo, debido al pisoteo continuo.

Las principales causas que originan el sobrepastoreo son las siguientes:

- *Mayor número de animales por superficie:* Un incremento en el número del ganado que pastan en una determinada zona, necesita una mayor demanda de pastos para alimentarse y se produce una menor capacidad de regeneración de los mismos, lo que ocasiona el sobrepastoreo.
- *La inmovilización o permanencia del ganado en una misma zona o región,* ya que son explotados los mismos recursos una y otra vez. La estancia del ganado en un mismo lugar por un tiempo más prolongado hace que los recursos vegetales no se puedan sustituir a un ritmo natural y también ocasiona cambios en la estructura del suelo.

El sobrepastoreo trae graves consecuencias al suelo y a la cobertura vegetal, así como también genera efectos en el ganado y para el ser humano, como:

- Cambios en las características estructurales del suelo.
- Disminuye la capacidad del suelo de infiltrar y retener agua.
- Excesivo pastoreo produce cambios en los ecosistemas vegetales naturales, disminución de la biomasa vegetal.
- Si existe sobrepastoreo se produce una defoliación excesiva y mayor daño físico por el pisoteo de los animales, las plantas reducen sus reservas de carbohidratos, su capacidad fotosintética se ve afectada, se disminuye su transpiración, su actividad radical y en general, todas sus actividades fisiológicas, lo que aumenta la susceptibilidad y mortalidad.



Figura N° 3.24: (A). Pastoreo abierto y continuo en tolares densos y dispersos Oruro. (B). Pastoreo abierto y continuo en tolares dispersos de 2 años descendiendo de la comunidad de Inka Pacheta del distrito de Juli – Puno. Fuente: Huahauchampi, Y. (2022).

3.12.3 Quema no controlada

La información levantada en campo en las diferentes comunidades campesinas indica que como una forma de manejo de tolares se utiliza la quema no controlada, práctica que consiste en prender fuego al tolar y dejar arder sin control alguno.

Esta práctica se realiza generalmente en la época seca (junio-octubre). La quema no responde a una necesidad de manejo de las praderas altoandinas, más bien realizan la quema por costumbre; generan muchas veces incendios de áreas mayores y de otro tipo de

cobertura vegetal, debido a que desconocen los peligros y consecuencias. Por otro lado, en algunas comunidades queman la tola para obtener rebrotes de las plantas forrajeras en la estación de crecimiento que coincide con la época de lluvia, este rebrote de forrajeras es utilizado para la alimentación de los animales, pero también estas quemadas a veces se vuelven incontrolables y afectan grandes áreas.

La quema no controlada no es beneficiosa para las praderas del Altiplano, sobre todo para las áreas de laderas, donde el suelo es superficial y con cobertura vegetal escasa que es propensa a desaparecer fácilmente. Estas quemadas se realizan generalmente en época seca entre los meses de junio a octubre, donde la vegetación está seca, dejando la superficie del suelo desprovista de vegetación, por ende, el suelo expuesto a la erosión por el viento, y posteriormente a la erosión por acción de la lluvia, la que generalmente es muy alta, la cual depende del tipo de suelo y la pendiente.

En consecuencia, la quema incontrolada de praderas es una práctica inadecuada en las zonas de pastoreo y zonas agrícolas, que en muchos casos ocasiona la pérdida total de los tolares como del resto de plantas que están a su alrededor, lo que facilitará una erosión rápida.

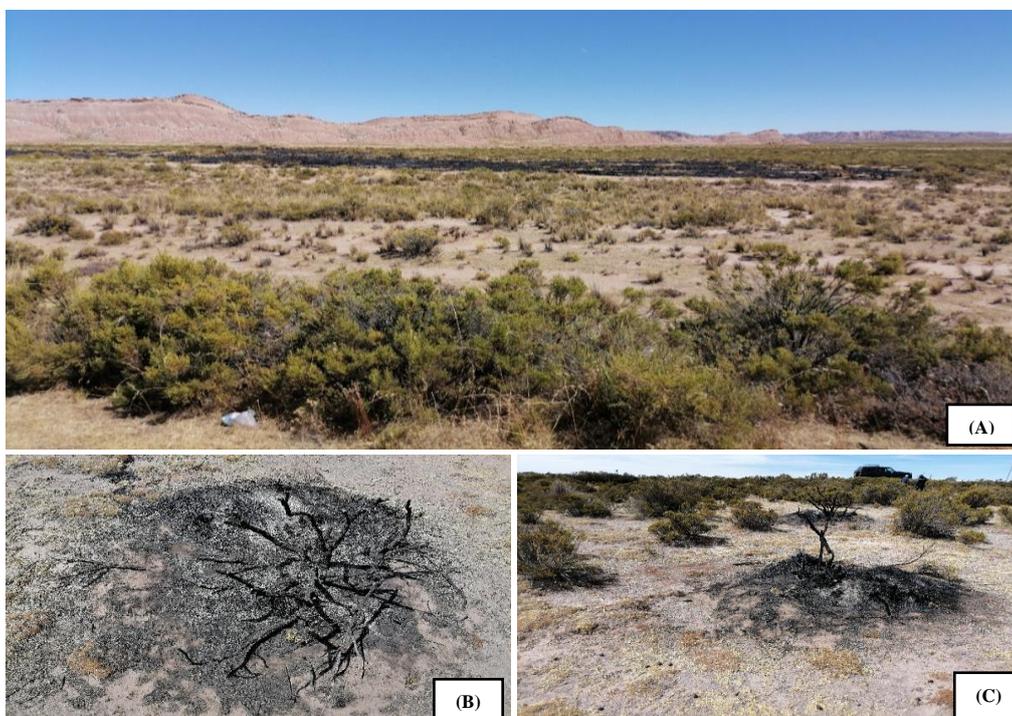


Figura N° 3.25: (A). Quema no controlada en tolares densos – Oruro. (B y C). Arbusto de tola completamente quemado en tolares densos – Oruro. Fuente: Huahauchampi, Y. (2022).

Además de las malas prácticas, un aspecto importante son las condiciones para la ocurrencia de incendios en los ámbitos de cambio de la cobertura del tolar, que de acuerdo con el análisis de factores climáticos (temperatura y precipitación), pendiente, cobertura vegetal y estado de la vegetación (índices de vegetación NDVI), el MINAM analiza las condiciones favorables para ocurrencia de incendios forestales (CFOI).

Por ejemplo, durante el mes de octubre del 2022, se registró el mes más crítico del año, con un 75.36% de superficie (67,327.18 ha) en condiciones muy altas para la recurrencia de incendios y un 18.91% de superficie (16,896.12 ha) de las áreas de tolares con condiciones

altas para incendios; evidenciando que estos espacios están fuertemente expuestos a estos tipos de eventos. Este análisis es corroborado con información proveniente de la base de datos histórica de incendios en el periodo 2000 - 2022, donde se ha identificado un total de 53 eventos ocurridos en el ámbito de los tolares.

De acuerdo con la información analizada, se puede mencionar que una menor proporción de la superficie de pérdida de tolares, en la zona peruana, está asociada a cambios por la expansión de la frontera agrícola y la mayor proporción de la pérdida de superficie de tolares podrían estar influenciados por las variaciones en las condiciones agroclimáticas, así como su exposición a condiciones de incendios, y extracción selectiva para usos diversos, por lo que se recomienda realizar investigaciones para conocer con mayor precisión el origen de los cambios de dicha especie.

3.12.4 Expansión de la frontera agrícola

El cambio de sistema de producción y la ampliación no planificada de la frontera agrícola, la cual utiliza en muchos casos maquinaria agrícola, sobre todo en el sur del TDPS, ocasionó graves problemas ambientales, socioeconómicos y reducción de la soportabilidad de pastizales cuyo efecto directo es la tendencia negativa de los rendimientos de tola por unidad de superficie.

Según Barrientos, E. *et al.* (2017) la introducción de maquinaria agrícola en el altiplano (caso de la región del intersalar), por efecto de la demanda de la quinua en el mercado internacional y el incremento de precios, la quinua paso hacer un cultivo tradicional producido en cerros y laderas a un cultivo extensivo mediante la habilitación de inmensas planicies, provocando una pérdida acentuada de arbustos nativos predominantes (tolares, lampayares, añawayadales), ocasionando un cambio de uso de suelo, con una repercusión negativa en los ecosistemas frágiles del altiplano.

La vegetación nativa más afectada por la expansión creciente, son las unidades denominadas arbustales ralos de porte bajo (tolares, añawayadales, lampayar y pajonales), (Vallejos *et al.*, 2011). La restauración de tolares junto a otros arbustos y vegetación asociada a estos es muy lenta, mediante procesos de "Sucesión vegetal" en cultivos de quinua en la región intersalar de Bolivia donde se estima que la sucesión secundaria, expresada en la reposición de la cobertura vegetal arbustiva puede tardar entre 30 a 50 años, siempre y cuando las condiciones tanto bioclimáticas como antropogénicas sean apropiadas (Joffre y Acho, 2010).

La pérdida de la cobertura vegetal de tola para la expansión del cultivo de quinua ocasionó impactos sociales, productivos y naturales relacionados con la disminución de los tolares, provocando los siguientes impactos:

- Ampliación de la superficie agrícola sin planificación de áreas destinadas a los cultivos.
- Conflictos sociales en las comunidades por acceso a las tierras.
- Disminución de forrajes y la producción ganadera.
- Disminución de las especies nativas (flora y fauna) asociadas a la tola.
- Suelos livianos, desprovistos de vegetación y propensos a la erosión hídrica y eólica.
- Pérdida gradual de la capacidad productiva de suelos por la baja fertilización.



Figura N° 3.26: (A). habilitación de parcelas para cultivo de quinua – Oruro. (B). habilitación de parcelas para cultivos en el distrito de Challapata – Oruro. Fuente: Huahauchampi, Y. (2022).

En Bolivia:

El producto de la alta demanda internacional del cultivo de quinua, en el altiplano boliviano se ha presentado una irracional expansión de la frontera agrícola tendientes a producir efectos negativos en los ecosistemas del altiplano boliviano. En el lugar es evidente encontrar prácticas agrícolas de monocultivo intensivo, disminución de los años de descanso de la tierra e incremento en el uso de maquinaria agrícola pesada (Fundación AUTAPO, 2008).

En la subcuenca Orinoca, el cambio de uso de suelo, producto de la expansión de la frontera agrícola no es ajeno, en el lugar es evidente observar, como extensas superficies de vegetación nativa (tholares, pajonales y áreas de pastoreo) han sido deforestadas para pasar a ser áreas agrícolas de cultivos de quinua, realidad que es observada en el sur del departamento de Oruro (Vallejos P., *et al.*, 2011).

El mismo autor indica: De la gestión 1992 a la gestión 2014, la producción de quinua se fue incrementando, producto del elevado precio de este producto en el mercado internacional. En la subcuenca Orinoca esta situación no fue diferente, se ha estimado que desde la gestión 1992 a 2014 las áreas productoras de quinua **se han incrementado de 27,6 ha a 9.155,5 ha**, durante este periodo se identificaron dos tendencias de expansión de área agrícola. La primera, una tendencia de crecimiento lineal (periodo 1992 a 2008), en este periodo las superficies de quinua se incrementaron de 27,6 ha a 311,5 ha, el cual representa una tasa de crecimiento anual de 17 ha por año, en el segundo periodo (año 2008 a 2014), se ha encontrado que las áreas agrícolas se expandieron siguiendo una tendencia exponencial con crecimiento de casi 884,2 ha por año. La **Figura N° 3.27**, muestra la tendencia de expansión de la frontera agrícola en la subcuenca Orinoca.

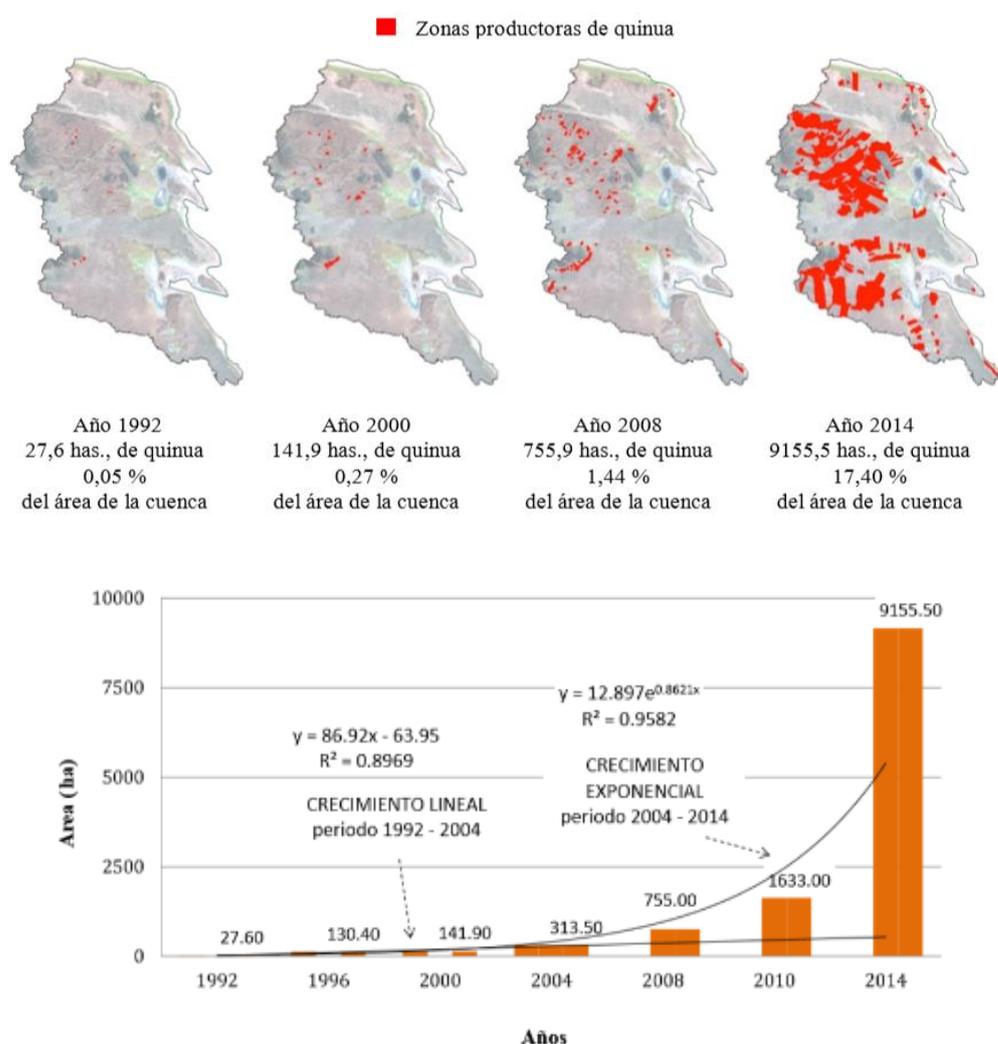


Figura N° 3.27: Expansión de área agrícola de cultivos Quinua en la subcuenca Orinoca. Fuente: Vallejos P., *et al.*, 2011

En Perú:

A partir de información histórica disponible sobre los cambios de cobertura en los últimos 30 años y de las variaciones climáticas, se tiene una aproximación respecto a los factores que impulsan la pérdida de los tolares en el área estudiada.

De acuerdo a los datos de la colección Map Biomas, en el periodo 2001-2011 y 2011-2021, se dieron cambios en términos de pérdida de la cobertura natural que involucra a las superficies de tolares, principalmente hacia los mosaicos de agricultura y pastos. En general, los cambios asociados a la actividad de expansión de la frontera agrícola se manifestaron en el 5.72% en relación con otros cambios de cobertura de muy poca magnitud como fueron los cambios a unidades de infraestructura urbana.

No obstante, de acuerdo con información del mapeo de la superficie agrícola del Perú realizada por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2018) - información que utilizó de base imágenes satelitales de Sentinel multiespectral – en las superficies de

cambios por pérdida de los tolares se encuentran ocupadas por actividades agrícolas en un 15.64% (13,872.13 ha).

Por otro lado, a partir de un análisis realizado por el MINAM en el área de estudio de Perú, con datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), HSR PISCO36 y de estaciones Hidrométricas de SENAMHI, se tiene que para el periodo 2001 – 2022, se registraron oscilaciones de la temperatura media entre 7.13 c° y 7.41 c° (ver gráfico 1) y la precipitación 59.79 mm/año y 50.43 mm/año (ver gráfico 2); por lo tanto, **se evidencia un moderado incremento de la temperatura media anual en el periodo 2001 - 2021 en 0.28 c° y una disminución moderada de la precipitación en 9.36 mm/año**, situación que marca una condición influenciada por el cambio climático cuyo impacto estaría generado una **condición de estrés en el desarrollo normal de los tolares** que definitivamente está condicionando su estabilidad en el tiempo.

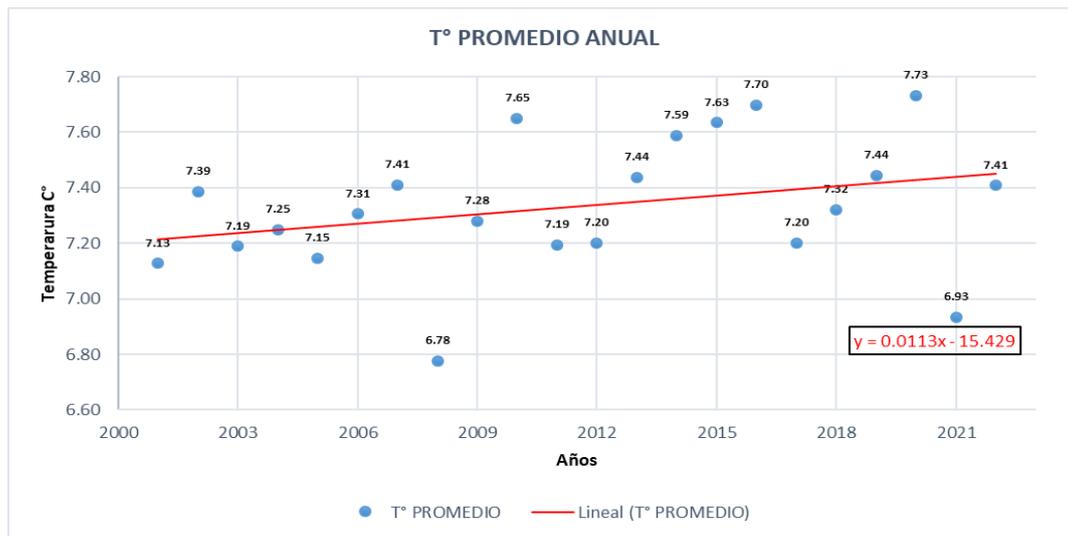


Figura N° 3.28: Temperatura Promedio Anual. Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI y PISCO.

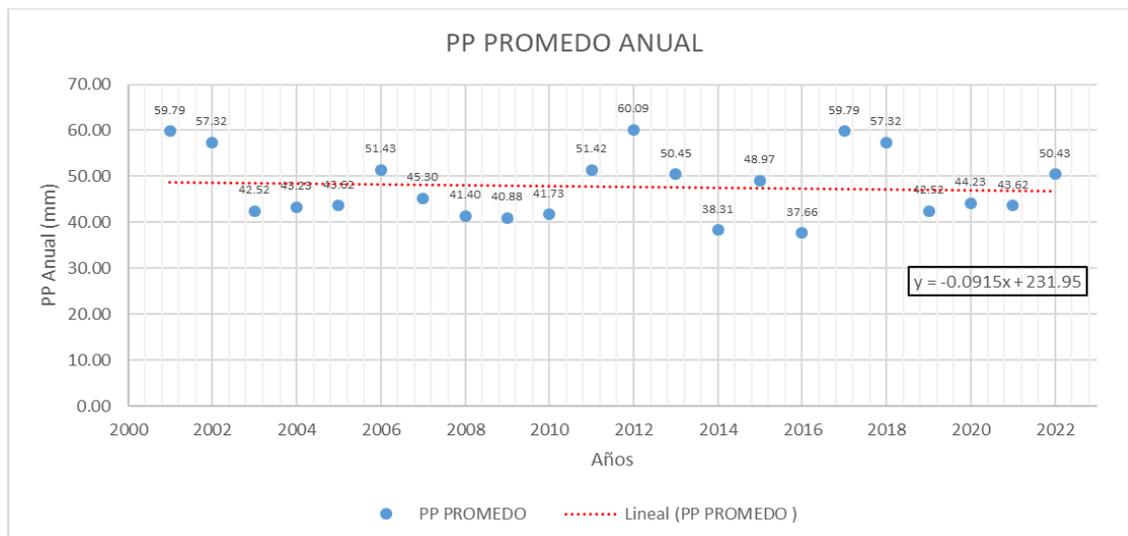


Figura N° 3.29: Precipitación Promedio Anual Fuente: Elaboración Propia con datos de SENAMHI y PISCO.

3.12.5 Crecimiento demográfico

Los cambios en el estado de los suelos se ven impulsados principalmente por el crecimiento demográfico, los suelos que han sido despejados de la vegetación natural para cultivar o llevar a pastar el ganado, sufren el aumento de la erosión y grandes pérdidas de carbono del suelo, nutrientes y biodiversidad.

El crecimiento de los centros poblados y las actividades propias de la pequeña industria ha degradado áreas cada vez más amplias, con la contaminación de suelos con exceso de sal, acidez y metales pesados; compactación con maquinaria pesada; y sellado de forma permanente bajo el asfalto y el cemento. Parte de la agricultura altiplánica se desarrolla sobre suelos que estuvieron originalmente con tolales.

Capítulo IV:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El Sistema Hídrico TDPS comprende los departamentos de Puno y Tacna (Perú) y los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí (Bolivia), tiene una superficie de 145.253,12 km² de las cuales la cobertura vegetal de tolares ocupa una superficie de 998.124,35 ha.
- El 93% de la superficie de tolares se encuentra en el territorio boliviano con mayor concentración en el departamento de Oruro con una superficie de 687.054,85 ha, el 7% se encuentra en el territorio peruano con mayor concentración en el departamento de Puno con una superficie de 36.083,76 ha.
- A nivel de Zonas Hidrológicas, los tolares se encuentran en mayor superficie en las ZH de Coipasa y Poopó en un 45,51% (454.219,24 ha) y 22,66% (226.163,89 ha), en menor superficie se encuentran en las UH de Huaycho (14,62 ha) y Huancané (54,53 ha).
- Para el 2001 la superficie de tolares en el Sistema TDPS fue de 1'656.747,00 ha, en 21 años la pérdida de la cobertura vegetal de tolares es de 658.622,64 ha, siendo mayor la superficie perdida en Perú en un 59,28% (de 163.771,35 ha registradas para el año 2001 a 66.693,83 ha para el año 2022).
- En Bolivia se han identificado tres unidades dominantes de vegetación de tolares representadas por: *Baccharis boliviensis*, *Parastrephia lepidophylla* y *Fabiana densa*, asociadas con hierbas anuales, de las familias Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, entre otras, que incluyen 44 especies nativas, de igual manera en Perú se identificaron tres especies dominantes de tolares como: *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia lucida* y *Baccharis tola*.
- Se estableció zonas de producción homogéneas con rangos específicos de producción de materia seca de tola, los rangos se han establecido de acuerdo a la Producción Primaria Neta Aérea (PPNA) cuyos resultados varían de 0 a 22 gr/m²/día, por lo que, la Zona 1 tiene una producción de 0 a 12 gr/m²/día con una superficie de 407.110,45 ha que corresponde al 40,79%, la Zona 2 tiene una producción de 12 a 20 gr/m²/día con una superficie de 520.071,16 ha que corresponde al 52,10%, y la Zona 3 con una producción mayor a 20 gr/m²/día con una superficie de 70.942,74 ha que corresponde al 7,11%.

- El estado de conservación de la superficie de la cobertura de tolar en el sistema TDPS es Regular (79.092,59 ha) y Bueno (919.031,75 ha).
- La densidad de las plantas de tola entre plantas pequeñas, medianas y grandes es de **11.957 tolas/ha**, de ellas el 80% son plantas pequeñas, el 16% medianas y el 4% son plantas grandes.
- La cantidad de biomasa en las áreas evaluadas en el Sistema TDPS es variable y depende del tamaño de las plantas. Plantas grandes tienen una producción de biomasa verde de 1,2 t/ha (10%) y la biomasa seca de 0,4 t/ha (9%), las de tamaño mediano una producción de biomasa verde de 3,2 t/ha (44 %) y biomasa seca de 1,3 t/ha (27%), y con mayor cantidad las plantas pequeñas con una biomasa verde de 7,7 t/ha (40%) y biomasa seca de 3,0 t/ha (64%).
- La producción de biomasa de acuerdo a la superficie de tolares en el sistema TDPS es de 12'077.304,63 t de biomasa verde y de 4'691.184,45 t de biomasa seca, lo que indica que los tolares concentran el 61,15% de humedad.
- Las 998.124,35 hectáreas de tolares actualmente existente en el sistema TDPS, cumplen un rol importante como sumideros de carbono ya que capturan alrededor de 22'616.743,88 toneladas de CO₂ convertido en 6'179.438,22 toneladas carbono.
- Las zonas de priorización para la intervención de acciones se dividieron en tres: Zona de Prioridad Alta, considerada una zona con amenaza baja a media a la degradación de los recursos naturales; la Zona de Prioridad Media, considerada una zona con amenaza media a la degradación de los recursos naturales; y la Zona de Prioridad Baja, considerada una zona con amenaza alta a la degradación de los recursos naturales. La zona de Prioridad Alta tiene una superficie de 420.638,09 ha, la zona de Prioridad Media tiene una superficie de 485.511,32 ha, y la zona de Prioridad Baja tiene una superficie de 91.974,95 ha.
- Las principales causas de la pérdida de tolares el sistema TDPS, aún sigue siendo la extracción indiscriminada de la tola, en alguna medida el sobre pastoreo, la quema no controlada, en la zona sur la expansión de la frontera agrícola, causas asociadas al escaso conocimiento de la población rural respecto a la importancia de los tololares, y del efecto negativo que ocasiona el mal manejo.

4.2 RECOMENDACIONES

- Teniendo en consideración la importancia y los beneficios ambientales de los tolares del sistema TDPS, se recomienda a las autoridades competentes de ambos estados establecer y/o implementar las siguientes medidas: 1) socializar a nivel de la población rural y urbana los resultados del presente estudio, como estrategia para generar sensibilidad y conciencia respecto a la importancia de los tolares, y los efectos negativos que causa la sobre explotación. 2) realizar talleres de comunicación y sensibilización a docentes de primaria y secundaria de los principales centros urbanos del TDPS.
- Realizar talleres de capacitación dirigido a la población rural, en la que se enseñe técnica de extracción de tola, a fin de asegurar el rebrote.
- Realizar investigaciones, tanto a nivel de laboratorio como en campo con el apoyo de las universidades, en materia de repoblamiento, mediante el uso de semillas de tola, la cual, implica previamente determinar los periodos de extracción de semilla. Una vez validado el método de reproducción, este deberá ser transferido a las comunidades, a fin de que puedan realizar el repoblamiento.
- Con la finalidad de reducir la sobre explotación de los tolares, se recomienda a las autoridades competentes, fortalecer los sistemas de control de la extracción y comercialización de tola.

Capítulo V:

ESTRATÉGIA BINACIONAL DE PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS TOLARES

5.1 INTRODUCCIÓN

5.1.1 Generalidades

El Sistema TDPS ubicado en el altiplano peruano – boliviano, donde convergen unidades productivas de tipo comunitario y familiar y se desarrollan predominantemente actividades de agricultura y ganadería a pequeña y mediana escala según sea la región, las condiciones eco climáticas, han condicionado el desarrollo de cobertura vegetal escasa compuesta principalmente por praderas nativas, dentro de ellas se encuentran los tolares, que constituyen especies de gran importancia por los múltiples usos y beneficios que brinda en los ecosistemas de altura ya sean como generadores de biodiversidad, protección de suelos, usos medicinales, fuente de energía y como alimento para el ganado.

A pesar de los servicios que brindan los tolares se han generado, escenarios de pérdida y degradación de estos importantes ecosistemas, principalmente por el sobre pastoreo y la tala indiscriminadas para uso energético (como combustible) para panaderías y fabricación de material de construcción, así mismo, la explotación de otros recursos naturales contribuyen a la pérdida de tolares, entre ellos la contaminación de suelos por la minería, los factores naturales como la erosión y la salinización de suelos, acciones que afectan el equilibrio de los ecosistemas provocando la disminución en su extensión y la pérdida de vigorosidad en las plantas.

A lo largo de la historia se ha demostrado que los campesinos son quienes preservan y usan los recursos genéticos desde tiempos inmemoriales, sin embargo, con el advenimiento de una sociedad consumista y la globalización, las estrategias utilizadas para la conservación de recursos naturales renovables se van perdiendo, contribuyendo a la destrucción y degradación de los ecosistemas.

La desigualdad social genera consecuencias graves como la pobreza, por lo que, para muchas personas la necesidad de sobrevivencia basada en la explotación de ecosistemas naturales es más inmediata que el deseo de proteger los ecosistemas para un bienestar a futuro.

Las estrategias que se plantean en este documento, pretenden generar acciones claves para la gestión y manejo adecuado de tolares del sistema hídrico TDPS, así mismo, promover mecanismo técnicos y legales que contribuyan a su conservación y restauración. El análisis situacional de la **Estrategia Binacional de Protección y Recuperación de Tolares**, se ha realizado a partir de la identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), de los factores sociales, económicos y medio ambientales, que definen el manejo de los tolares, tomando en cuenta la problemática identificada en el Diagnóstico.

5.1.2 Definición y objetivos

Los tolares en el ámbito del sistema TDPS, son parte de la riqueza biológica, patrimonio natural de ambos países, cuyos beneficios ambientales contribuyen directa e indirectamente al bienestar de la población, a través del uso, sus interacciones y funciones entre los componentes del ecosistema que favorecen una adecuada calidad de vida. Por lo que, los bienes y servicios del ecosistema de tolares, en cierta medida constituyen un pilar fundamental de las economías locales, ya que tienen un alto potencial de generación de empleo y bienestar social.

En ese contexto, las políticas orientadas a la protección, recuperación y gestión de los tolares debe ser enfocada desde una perspectiva de gestión integrada, centrada en el conocimiento de su problemática, los usos actuales, la importancia del ecosistema en el contexto del cambio climático.

Así mismo, la Estrategia tiene como objetivo contribuir a la Protección y Conservación de los tolares del ámbito del Sistema TDPS en beneficio de las poblaciones peruano- bolivianas que hacen uso de este importante recurso.

5.1.2.1 Objetivos Específicos

- Proponer estrategias de manejo para la conservación y recuperación de los tolares.
- Establecer criterios técnicos y legales para el uso, conservación y restauración de ecosistemas de tola, en el marco de la normativa vigente.
- Fortalecer la capacidad de los municipios y distritos, con la finalidad de promover la conservación de los ecosistemas de tola.
- Promover la diversificación de usos de tola tomando en cuenta sus potencialidades.

5.1.3 Finalidad de la estrategia

La finalidad de la presente Estrategia para la Recuperación y Conservación de Tolares en el ámbito del sistema TDPS, es la de establecer de manera clara, sencilla y estructurada las acciones y/o actividades orientadas al logro de los objetivos planteados.

5.1.4 Alcance

Este documento aplica a:

- La Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca
- Gobiernos Autónomos Departamentales de Bolivia y en Perú el Gobierno Nacional y Regional de Puno, que tienen competencia en la gestión de recursos naturales.
- Entidades responsables de la Gestión de Riesgos de Desastres de Bolivia y Perú
- Municipios y Distritos del TDPS identificados como de alto riesgo

5.2 MARCO DE REFERENCIA

El contexto general en el que se circunscribe la Estrategia para la conservación, protección y recuperación de los tolares, territorialmente es el sistema hídrico Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa, la información contenida en el Diagnóstico de la situación actual de los tolares en el TDPS, el marco legal que regula la gestión de recursos naturales en Perú y Bolivia, la institucionalidad pertinente; así como el Convenio Diversidad Biológica (CBD, 1992), cuyos objetivos son: la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como, una financiación apropiada.

5.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

En base a la información generada por el diagnóstico situacional de tolares se ha identificado las causas que ocasionan la pérdida de este ecosistema a partir de esta información la formulación de la estrategia se realizó en tres fases:

Primera fase: análisis de las causas que están ocasionando la degradación y/o pérdida de las superficies de tolares en el TDPS, identificación del marco legal e institucional relacionada con la gestión de recursos naturales.

Segunda fase: identificación y descripción de las acciones estratégicas orientadas al logro de los objetivos planteados, así como la identificación de las instituciones competentes de Perú y Bolivia.

Tercera fase: socialización y validación de la Estrategia en cuatro localidades de influencia directa con los tolares. En Perú en el distrito de Masacruz localizado en la provincia de El Collao (4.500 m s.n.m) y el distrito de Laraqueri en la provincia de Puno. En Bolivia en el municipio de Oruro (3.775 m s.n.m), y en el departamento de La Paz.

En el siguiente gráfico se muestra el esquema metodológico que se ha seguido para la formulación de estrategias:

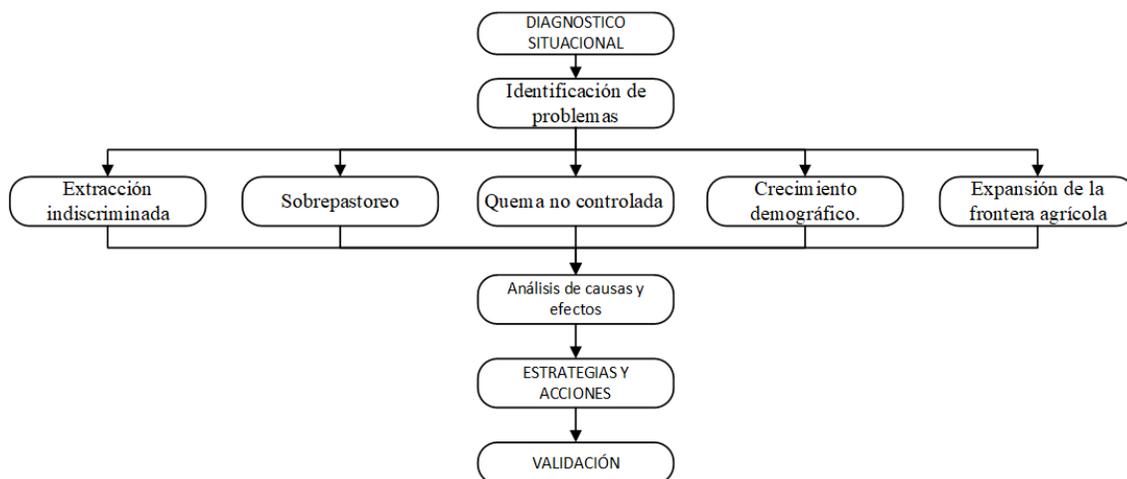


Figura 5.1: Metodología para la formulación de estrategias

5.4 MARCO LEGAL

La presente estrategia se fundamenta en las respectivas leyes y normas que regulan la gestión de los recursos naturales y la biodiversidad.

5.4.1 Bolivia

Constitución Política del Estado

Artículo 342.: Es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

Artículo 348. Parágrafo I.: Son recursos naturales los minerales en todos sus estados, los hidrocarburos, el agua, el aire, el suelo y el subsuelo, **los bosques y la biodiversidad**, el espectro electromagnético y todos aquellos elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento.

Artículo 354.: El Estado desarrollará y promoverá la investigación relativa al manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y la biodiversidad.

Artículo 380. Parágrafo I.: Los recursos naturales renovables se aprovecharán de manera sustentable, respetando las características y el valor natural de cada ecosistema.

Artículo 383.: El Estado establecerá medidas de restricción parcial o total, temporal o permanente, sobre los usos extractivos de los recursos de la biodiversidad. Las medidas estarán orientadas a las necesidades de preservación, conservación, recuperación y restauración de la biodiversidad en riesgo de extinción. Se sancionará penalmente la tenencia, manejo y tráfico ilegal de especies de la biodiversidad.

Artículo 352.: La explotación de recursos naturales en determinado territorio estará sujeta a un proceso de consulta a la población afectada, convocada por el Estado, que será libre, previa e informada. Se garantiza la participación ciudadana en el proceso de gestión ambiental y se promoverá la conservación de los ecosistemas, de acuerdo con la Constitución y la ley. En las naciones y pueblos indígena originario campesinos, la consulta tendrá lugar respetando sus normas y procedimientos propios.

Ley 1333. “Ley de la Madre Tierra”.

Artículo 1. La presente Ley tiene por objeto reconocer los derechos de la Madre Tierra, así como las obligaciones y deberes del Estado Plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de estos derechos.

Ley 1333. “Ley de Medio Ambiente”.

Tiene como objetivo la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, siendo uno de sus deberes la prevención de los problemas ambientales.

Ley 300. “Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien”.

Artículo 54. (Mecanismo conjunto de mitigación y adaptación para el manejo integral y sustentable de los bosques y la madre tierra).

Parágrafo I. Se constituye el Mecanismo Conjunto de Mitigación y Adaptación para el Manejo Integral y Sustentable de los Bosques y la Madre Tierra, operado por la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra.

1. El mecanismo tiene el objetivo de promover el manejo integral y el aprovechamiento sustentable de los bosques y los sistemas de vida de la Madre Tierra, la conservación, protección y restauración de los sistemas de vida, de la biodiversidad y las funciones ambientales, facilitando usos más óptimos del suelo a través del desarrollo de sistemas productivos sustentables, incluyendo agropecuarios y forestales, para enfrentar las causas y reducir la deforestación y degradación forestal, en un contexto de mitigación y adaptación al cambio climático.

Ley 3754

Artículo 1.- Declárase al Municipio de Corque como Capital de la Tola del Departamento de Oruro, con la finalidad de generar un manejo sostenible de los recursos naturales.

Artículo 2.- (Objetivos).

- a. Proteger, conservar y aprovechar racionalmente la Tola con el propósito de generar un verdadero proceso de manejo sostenible de los recursos naturales renovables.
- b. Formular y ejecutar programas y proyectos de protección, conservación y repoblamiento de la Tola referidos a: siembra, sistemas de repoblamiento, recolección de semilla, etc.
- c. Desarrollar programas de fortalecimiento sobre políticas de protección y conservación de la biodiversidad (fauna y flora nativa) existentes dentro de nuestro ecosistema.
- d. Apoyar al proceso de sensibilización de las comunidades, sobre la importancia del manejo y consecución de la Tola.

5.4.2 Perú

Constitución Política del Estado

Artículo 68.: Conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas.

El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

Ley 29763. “Ley Forestal y de Fauna Silvestre”

Artículo I. Derechos y deberes fundamentales relacionados con el patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación.

Toda persona tiene el derecho de acceder al uso, aprovechamiento y disfrute del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación de acuerdo a los procedimientos establecidos por la autoridad nacional y regional y a los instrumentos de planificación y gestión del territorio; además de participar en su gestión.

Toda persona tiene el deber de contribuir con la conservación de este patrimonio y de sus componentes respetando la legislación aplicable.

Ley 26839. “Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica”

Artículo 1.: La presente ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus competentes en concordancia con los Artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú. Los principios y definiciones del Convenio sobre Diversidad Biológica rigen para los efectos de aplicación de la presente ley

Ley 26821. “Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales”.

Artículo 1.: La presente Ley Orgánica norma el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en tanto constituyen patrimonio de la Nación, estableciendo sus condiciones y las modalidades de otorgamiento a particulares, en cumplimiento del mandato contenido en los Artículos 66 y 67 del Capítulo II del Título III de la Constitución Política del Perú y en concordancia con lo establecido en el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y los convenios internacionales ratificados por el Perú.

Ley 27867. “Ley Orgánica de Gobiernos Regionales”

Artículo 8.: Principios rectores de las políticas y la gestión regional

Sostenibilidad: La gestión regional se caracteriza por la búsqueda del equilibrio intergeneracional en el uso racional de los recursos naturales para lograr los objetivos de desarrollo, la defensa del medio ambiente y la protección de la biodiversidad.

Ley 30215.: “Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos”

Artículo 1.: Objeto de la Ley

La presente Ley promueve, regula y supervisa los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que se derivan de acuerdos voluntarios que establecen acciones de conservación, recuperación y uso sostenible para asegurar la permanencia de los ecosistemas.

Ley 27446.: “Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental”

Artículo 5.: Criterios de protección ambiental

Para los efectos de la clasificación de los proyectos de inversión que queden comprendidos dentro del SEIA, la autoridad competente deberá ceñirse a los siguientes criterios:

- c) La protección de los recursos naturales, especialmente las aguas, el suelo, la flora y la fauna;
- e) La protección de los ecosistemas y las bellezas escénicas, por su importancia para la vida natural;

Resolución Ministerial 059-2015-MINAM: Guía de Inventario de Flora y Vegetación.

Resolución Ministerial 057-2015-MINAM: Guía de Inventario de Fauna Silvestre.

Resolución de Dirección Ejecutiva 253-2018-MINAGRI-SERFOR-DE: Que aprueba las Condiciones para el uso de los recursos forestales y de fauna silvestre en los ecosistemas incluidos en la lista sectorial de ecosistemas frágiles.

Decreto Supremo 007-2013-MINAGRI: Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI.

Decreto Supremo 009-2013-MINAGRI: Aprueba la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

Decreto Supremo 018-2015-MINAGRI: Aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal

Decreto Supremo 020-2015-MINAGRI: Aprueba el Reglamento para la Gestión de las Plantaciones Forestales y los Sistemas Agroforestales.

Decreto Supremo 021-2015-MINAGRI: Aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Nativas y Comunidades Campesinas

Resolución Ministerial 066-2016-MINAM: Aprueba la Guía general para el Plan de Compensación Ambiental.

Resolución Ministerial 183-2016-MINAM: Guía complementaria para la compensación ambiental en ecosistemas altoandinos.

Decreto Supremo 009-2016-MINAM: Aprueba el Reglamento de la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos.

5.5 INSTITUCIONALIDAD

En ambos países, existen instituciones tutelares en materia de gestión de recursos naturales, tanto de nivel nacional como regional.

BOLIVIA:

A nivel nacional esta competencia recae en el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), a través del Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad Cambio Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal, que tiene las siguientes funciones:

- Formular e implementar políticas generales, planes, normas, programas y proyectos para el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, **el uso sostenible de los recursos naturales, protección y conservación del medio ambiente**, y recursos hídricos articulados con los procesos productivos y el desarrollo social y tecnológico.
- Formular estrategias, políticas, planes, normas, programas y proyectos en relación a servicios ambientales, gestión comunitaria, monitoreo y prevención.
- Fomentar la gestión y custodia de los recursos de vida silvestre de los pueblos y comunidades indígenas, en coordinación con los mismos.
- Ejercer las funciones de Autoridad Ambiental Competente Nacional (AACN), en el marco de las atribuciones establecidas en la legislación ambiental.
- Promover, diseñar y aprobar normas técnicas, programas y proyectos para el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y el biocomercio.
- Administrar y aplicar el régimen de acceso y soberanía a recursos genéticos, y velar por la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados por la protección de los conocimientos tradicionales asociados.
- Ejercer soberanía nacional para el uso de productos transgénicos y biotecnología moderna.
- Formular y ejecutar políticas y normas para la protección y preservación de la vida silvestre, reglamentar la caza y comercialización de productos y sus derivados.
- Coadyuvar, coordinar la formulación e implementación de normas y políticas para áreas protegidas, corredores de biodiversidad y ecosistemas especiales, en el marco del uso sustentable de los recursos naturales, la conservación y protección del medio ambiente e impulsar el desarrollo económico y social de las poblaciones vinculadas a las áreas protegidas.
- Desarrollar procesos de evaluación de impacto ambiental para obras, actividades y/o proyectos en el marco de sus competencias.
- Impulsar el desarrollo de los sistemas nacionales y departamentales de impacto y control de la calidad ambiental y realizar la fiscalización ambiental a nivel nacional, en el marco de sus competencias.
- Normar, prevenir y controlar la contaminación de agroquímicos y desechos industriales.

- Formular políticas y normas para el uso, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales renovables en coordinación con los Ministerios correspondientes.
- Promover la conservación y recuperación de especies, germoplasma forestal y otros relativos a la biodiversidad y del medio ambiente.
- Gestionar, autorizar y controlar proyectos de investigación científica en áreas protegidas y forestales.
- Ejercer tuición, control, supervisión orgánica y administrativa del Servicio Nacional de Áreas Protegidas y otras entidades en el área de su competencia.
- Formular políticas de calidad ambiental sectorial para coadyuvar la competitividad de los procesos productivos, en coordinación con el Ministerio de Planificación del Desarrollo.
- Coordinar con las diferentes instancias del Estado Plurinacional, las acciones orientadas a formular e implementar el régimen general de biodiversidad, medio ambiente, recursos forestales y suelos.
- Coordinar con las diferentes instancias competentes la planificación territorial y aprovechamiento de los recursos forestales y de la biodiversidad.
- Coordinar la formulación de políticas para el uso sostenible de la tierra con instancias con competencias concurrentes.
- Diseñar y desarrollar estrategias y políticas de planificación ambiental.
- Coordinar con las instancias ambientales competentes a nivel departamental, municipal y sectorial las acciones relacionadas con la temática ambiental que surjan en los procesos de planificación.
- Promover acciones, mecanismos e instrumentos que posibiliten la integración de la dimensión ambiental como parte de los procesos de planificación en los diferentes ámbitos, instancias y sectores.
- Promover e implementar políticas, normativa, planes, programas y proyectos, en relación a la temática de cambios climáticos a nivel nacional, en coordinación con instancias concurrentes.
- Desarrollar y ejecutar el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC) y los diferentes componentes técnicos estratégicos y operativos.
- Coordinar con las diferentes instancias de la organización territorial del Estado Plurinacional las acciones orientadas a formular e implementar las acciones de adaptación y mitigación a los cambios climáticos.
- Formular políticas y estrategias para la prevención y reducción de desastres y coordinar su incorporación en los planes, programas y proyectos sectoriales a nivel nacional, departamental y municipal.

PERÚ:

En el caso de Perú, es el Ministerio de Medio Ambiente (MINAM) el organismo encargado de la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la puesta en valor de la diversidad biológica y la calidad ambiental en beneficio de las personas y el entorno de manera, descentralizada y articulada con las organizaciones públicas, privadas y la sociedad civil, en el marco del crecimiento verde y la gobernanza ambiental, mediante el Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales ejerce competencia en

las materias de Conservación y uso sostenible de los Recursos Naturales, Diversidad Biológica, Cambio Climático y Desertificación y el manejo de los suelos. Cuenta con las siguientes funciones:

- Diseñar la Política y Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Recursos Naturales y supervisar su implementación, en el marco de la Política Nacional del Ambiente y en coordinación con las entidades correspondientes.
- Diseñar la política, los criterios, las herramientas y los procedimientos de carácter general para el Ordenamiento Territorial Ambiental, en coordinación con las entidades correspondientes.
- Expedir las Resoluciones Viceministeriales, así como coordinar la elaboración y el cumplimiento de la normatividad ambiental, en el ámbito de su competencia.
- Conducir y monitorear la elaboración e implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, de lucha contra la Desertificación y Sequia, de Diversidad Biológica, así como otros instrumentos orientadores para la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, en el ámbito de sus competencias y en coordinación con las entidades correspondientes.
- Supervisar la elaboración y establecimiento de los mecanismos e instrumentos para valorizar, retribuir y mantener la provisión de los servicios ambientales, así como promover el financiamiento, el pago y la supervisión de los mismos.
- Verificar el cumplimiento de las disposiciones de los tratados, convenios y otros instrumentos internacionales sobre materia ambiental, en el ámbito de su competencia, y en coordinación con los sectores competentes; así como, actuar como punto focal cuando corresponda, en coordinación con los sectores competentes.
- Coordinar con los tres niveles de gobierno, a fin de promover el fortalecimiento de capacidades, así como la implementación de la política nacional ambiental, en el ámbito de sus competencias.

5.6 SITUACIONAL ACTUAL DEL MANEJO DE TOLARES EN EL SISTEMA TDPS

5.6.1 Principales problemas relacionados a la gestión y manejo de Tola

El análisis del diagnóstico situacional nos ha permitido identificar los problemas relacionados con la degradación de los ecosistemas de tola, los mismos que se han descrito de manera detallada en el punto 3.12 Identificación de la problemática sobre el estado actual de los tolares, siendo estos:

- Extracción indiscriminada de la tola,
- Sobrepastoreo,
- Quema no controlada,
- Expansión de la frontera agrícola,
- Crecimiento demográfico.

5.7 PLAN DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACION DEL ECOSISTEMAS DE TOLA

A partir de los problemas encontrados en el diagnóstico situacional, se realizó un análisis de las causas que ocasionan la pérdida de los ecosistemas de tola:

5.7.1 Manejo del ecosistema de tola

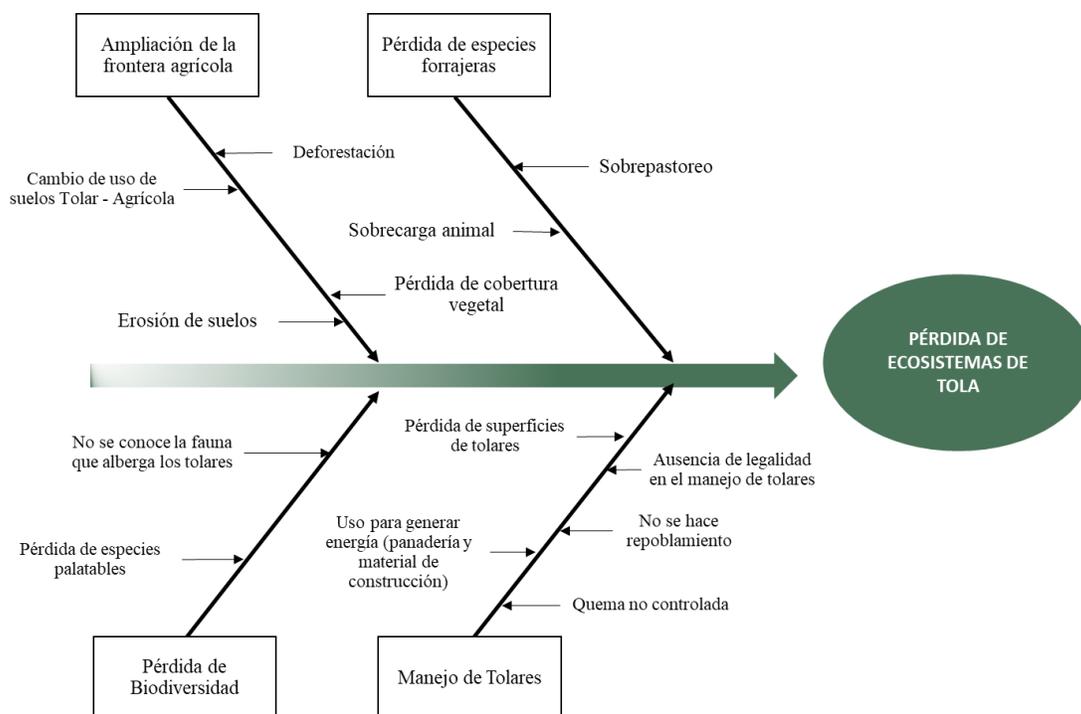


Figura 5.2: Esquema de causa y efecto para la pérdida de ecosistemas de tola por el manejo de tola

Dentro el ámbito de manejo de los ecosistemas de tola, se han identificado cuatro causas principales:

1.- Ampliación de la frontera agrícola:

- Cambio de uso de suelos, implementación de áreas de cultivo en espacios de tolares.
- Deforestación y pérdida de cobertura vegetal en áreas de sobre explotación de tierras, lo que implica el cambio de uso del suelo.
- Erosión de suelos en áreas de cultivo lo que conlleva la pérdida de fertilidad y migración a zonas de ecosistemas de tola.

2.- Pérdida de especies forrajeras en los ecosistemas de tola:

- Sobre carga animal

- Sobre pastoreo.

3.- Pérdida de biodiversidad en los ecosistemas de tola:

- No se conoce la fauna que alberga
- Pérdida de especies palatables

4.- Manejo de tolares

- Quema de tolares
- No se hace repoblamiento en áreas degradadas
- Tala indiscriminada para el uso de energía
- Pérdida de superficie de tola.

El cambio de uso de suelos, ya sea para la implementación de áreas de cultivo de forraje o la tendencia hacia la ampliación de la frontera agrícola y el mono cultivo, a partir de 1985 se han incrementado considerablemente, sobre todo las áreas de producción de quinua, producto de la alta demanda internacional, generando la incorporación de nuevas áreas de producción en cada gestión agrícola, ocasionando deforestación y consecuentemente pérdida de cobertura vegetal y erosión de suelos.

Si bien la tola no es considerada una especie forrajera, sin embargo, como parte del ecosistema genera condiciones aptas para albergar especies forrajeras cuyo uso desmedido ocasionan pérdida de especies palatales.

En la actualidad, no se conoce con exactitud la dinámica poblacional de la fauna silvestre que alberga los tolares.

El manejo de los ecosistemas de tola es inexistente, su producción está determinada por causas naturales; en tanto los factores que determinan su deterioro son: la quema sin control, la pérdida de superficie debido al cambio de uso de suelos, la tala indiscriminada para el uso de energía en panaderías y fábrica de material de construcción (ladrilleras y calerías), no existe reposición en áreas de pérdida de cobertura y existe ausencia de legalidad en el manejo del ecosistema.

5.7.2 Gestión del conocimiento de ecosistemas de tola.

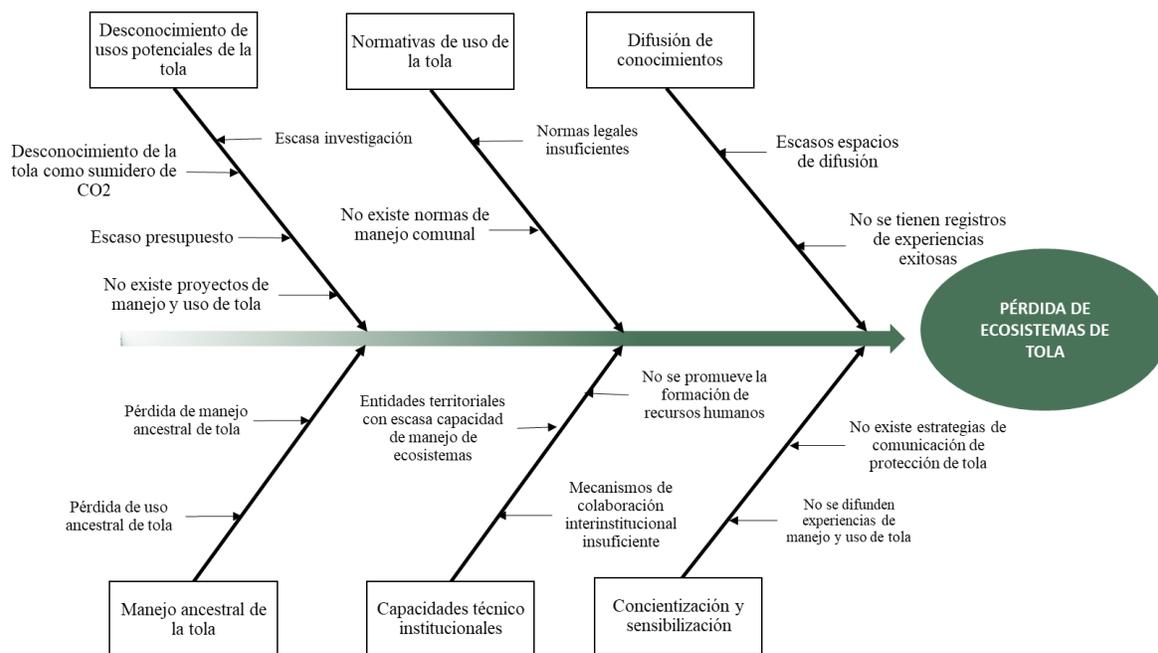


Figura 5.3: Esquema de causa y efecto para la pérdida de ecosistemas de tola por la gestión de conocimiento de la tola

Dentro el uso y gestión de los ecosistemas de tola, se han identificado seis causas principales que afectan a la pérdida de los ecosistemas de tola.

1.- Desconocimiento de usos potenciales de la tola

- No existe programas de investigación
- Desconocimiento de las potencialidades como sumidero de CO₂
- No existe presupuesto para proyectos de desarrollo de ecosistemas de tola.

2.- Normativas de Uso de la tola

- Normas legales insuficientes para la conservación y manejo del ecosistema.
- No se tiene normas comunales de manejo de tola

3.- Difusión de conocimientos

- No se registran experiencias exitosas.
- Escasos espacios de difusión de conocimientos sobre tola.

4.- Manejo ancestral de la tola

- Pérdida de conocimientos del manejo ancestral de ecosistemas de tola
- Pérdida de conocimientos en el uso de la tola.

5.- Capacidad técnico institucional.

- Mecanismos de colaboración interinstitucional insuficientes.
- Entidades territoriales administrativas con capacidad insuficiente para el manejo de ecosistemas.
- No se tienen personal exclusivo para el manejo de ecosistemas de altura.

6.- Concientización y sensibilización.

- No existe estrategias de comunicación y sensibilización de los beneficios de los ecosistemas de tola.
- No se difunden experiencias exitosas de manejo de tola.

A lo largo del tiempo, el manejo y uso de los ecosistemas de altura ha estado relacionado con los conocimientos ancestrales, los que se han mantenido por décadas principalmente por la transmisión oral de generación en generación, sin embargo, en las últimas décadas con el advenimiento de nuevas tecnologías y su globalización los conocimientos locales se van perdiendo gradualmente.

Las entidades territoriales administrativas no cuentan con personal especializado para el manejo de los ecosistemas, así mismo dentro los planes de desarrollo regional no se destinan recursos suficientes para el manejo de este recurso, no existe programas de difusión que socialicen la importancia de los tolares y los servicios ecosistémicos que brinda a la sociedad.

Tomando como base la relación de causas del deterioro de los ecosistemas de tola, el plan de gestión sustentable de los ecosistemas de tola, involucra las siguientes estrategias:

- Estrategias de manejo de la tola, que involucra el fortalecimiento de prácticas sostenibles en el manejo del ecosistema, la tierra, los recursos vivos (flora y fauna),
- Estrategias de sensibilización, y difusión conocimientos del ecosistema de tola.

Las acciones se muestran en el siguiente cuadro.

TABLA N° 5.1. MATRIZ DE OBJETIVO, ESTRATEGIA Y ACCIONES PARA EL MANEJO DE LOS ECOSISTEMAS DE TOLA

Objetivo	Estrategia	Acciones	Indicador	Entidad encargada	Prioridad
Contribuir al manejo y conservación de los ecosistemas de tola	1.- Manejo y conservación sostenible de la tola	1.1.- Identificar y evaluar las zonas de cambio de uso de suelo de tola a áreas agrícolas.	N° de estudios que muestren el cambio de uso de suelos	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: SERFOR MIDAGRI	Media
		1.2.- Elaborar un diagnóstico situacional detallado de zonas de pérdida de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	Diagnostico multitemporal de los ecosistemas de tola escala de detalle.	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: GORE Puno, SERFOR	Media
		1.3.- Establecer técnicas de reposición de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	Se tienen metodologías validadas para la reposición de cobertura de tolares	Bolivia: MDRyT, MMAyA Perú: GORE Puno, MIDAGRI, SERFOR	Alta
		1.4.- Implementar viveros de reproducción de plantines de tola	10 viveros implementados en todo el sistema TDPS	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: GORE Puno, PELT	Media
		1.5.- Promover campañas de repoblamiento de tola en zonas de pérdida o degradación del ecosistema	N° Ha reforestadas con tola	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: GORE Puno, SERFOR, PELT	Alta
		1.6.- Promover la diversificación de usos de la tola, tanto como ecosistema de resguardo de	Se han validado 10 usos de tola	Bolivia: MDRyT Perú: Universidad Nacional de Juliaca, PELT, GORE Puno	Media

Objetivo	Estrategia	Acciones	Indicador	Entidad encargada	Prioridad
		biodiversidad, pastoreo de ganado, protección de suelos y usos medicinales			
		1.7.- Restauración de áreas con suelos degradados a partir de la implementación de ecosistemas de tola	Se han reforestado con tola 100 ha de suelos degradados	Bolivia: MMAyA Perú: GORE Puno, PELT	Media
	2.- Gestión de Financiamiento	2.1.- Promover proyectos de ley a nivel departamental y nacional que permitan el financiamiento del plan de manejo de tolares	Se tiene al menos 1 proyecto de ley a nivel nacional y departamental para el financiamiento de proyectos de manejo de tola	Bolivia: MMAyA, Gobernaciones Cámara de Senadores, Asambleístas, Perú: MINAM, GORE Puno	Alta
		2.2.- Gestión permanente de búsqueda de financiamiento ante la cooperación internacional para la implementación del plan	Se tiene el compromiso de financiamiento de proyectos de manejo y conservación de tola	Bolivia: MMAyA, Gobernaciones Cámara de Senadores, Asambleístas, Perú: MINAM, GORE Puno	Alta
		2.3.- Generar alianzas estratégicas con planes y/o proyectos relacionados al manejo de recursos naturales	Se tiene al menos tres alianzas estratégicas que contribuyen a la implementación de acciones de manejo y conservación de tola	Bolivia: MMAyA, Gobernaciones, Municipios Perú: MINAM, GORE Puno	Alta
		2.4.- Gestionar la incorporación de proyectos de	Los Planes de manejo territorial, a nivel departamental,	Bolivia: MMAyA, Gobernaciones, Municipios	Media

Objetivo	Estrategia	Acciones	Indicador	Entidad encargada	Prioridad
Conservar los nichos ecológicos que conforman los ecosistemas de tola		conservación y manejo de tola en los planes de desarrollo departamental, municipal o distrital	municipal y distrital, incorporan acciones de conservación de tola	Perú: MINAM, GORE Puno	
	3.- Monitoreo de la producción de tolares	3.1.- Inventariar y caracterizar los usuarios de tola como fuente de energía	N° de usuarios	Bolivia: Municipios, GADOR Perú: Municipios, GORE Puno	Media
		3.2.- Cuantificar los volúmenes de extracción, zonas de extracción de tola utilizados como fuente de energía	Registro de toneladas de tola extraída	Bolivia: MMAyA, municipios Perú: SERFOR, Municipios	Media
		3.3.- Cuantificar la biomasa producida por los tolares.	Cantidad de toneladas de biomas anual	Bolivia: MDRyT, INIA Perú: SERFOR, PEL	Media
		3.4.- Promover la investigación científica sobre manejo y uso de tolares.	N° de estudios de investigación publicados	Bolivia: INIAF, Universidad Mayor de San Andrés y Universidad Técnica de Oruro (UMSA, UTO) Perú: Universidad Nacional de Juliaca/Universidad Nacional del altiplano	Media
	4.- Caracterizar la biodiversidad en ecosistemas de tola	4.1.- Establecer centros piloto para la evaluación de la biodiversidad en ecosistemas de tola.	N° de centros de evaluación de ecosistemas de tola implementados	Bolivia: MDRyT – INIAF, MMAyA Perú: GORE-Puno	Media

Objetivo	Estrategia	Acciones	Indicador	Entidad encargada	Prioridad
Establecer el uso racional normativo de ecosistemas de tola	5.- Implementar normas de manejo de tola	5.1.- Promover normas legales para la protección, conservación y manejo de ecosistemas de tola	N° normas y protocolos de manejo y conservación de tola.	Bolivia: MMAyA, APMT, Gobernaciones, Municipios Perú: MINAM	Alta
		5.2.- Generar mecanismos de participación de usuarios de tola para promover normas comunales o locales que permitan el manejo sostenible de tola.	N° comunidades con normas de manejo de tola	Bolivia: Gobernaciones, Municipios, comunidades Perú: GORE Puno	Alta
Contribuir al mejoramiento de conocimientos a técnicos de las entidades territoriales que trabajan en ecosistemas de tola	6.- Fortalecimiento Institucional	6.1.- Generar espacios de difusión de experiencias exitosas de manejo y producción de tola	N° de eventos de socialización realizados	Bolivia: Gobernaciones, MMAyA. Perú: GORE Puno, ALT	Media
		6.2.- Gestionar en universidades de Perú y Bolivia cursos de especialización a nivel de postgrado en temáticas de ecosistemas de altura.	N° estudiantes graduados a nivel de postgrado.	Bolivia: Gobernaciones, Universidades Perú: Universidades de Juliaca y Puno	Media
		6.3.- Promover el fortalecimiento de capacidades técnicas a gobiernos locales a través de las entidades nacionales competentes.	N° de técnicos de unidades territoriales (municipios/distritos) reciben capacitación.	Bolivia: Gobernaciones, municipios Perú: GORE Puno	Media

Objetivo	Estrategia	Acciones	Indicador	Entidad encargada	Prioridad
Desarrollar programas de comunicación y concientización para la protección y conservación de los tolares	7.- Comunicación y sensibilización para la protección de tola	7.1.- Incorporar estrategias de comunicación de protección de ecosistemas de tola en municipios / distritos	N° de municipios o distritos con programa de comunicación y sensibilización sobre los tolares	Bolivia: MMAyA, MDRyT, Gobernaciones, Municipios Perú: GORE Puno, Municipalidades	Media
		7.2.- Elaboración de documentos técnicos y divulgativos del manejo y restauración de ecosistemas.	N° de documentos técnicos elaborados y distribuidos.	Bolivia: MMAyA, MDRyT, Gobernaciones, Municipios Perú: GORE Puno, Municipios	Media
Contribuir al desarrollo de una política binacional para promover el uso sostenible de los tolares en el TDPS.	8.- Comité binacional para el uso sostenible de tolares	8.1.- Reunión binacional para la conformación del Comité binacional para promover el uso sostenible de tolares.	Acta de conformación	Bolivia: MMAyA, Gobierno Autónomo de Oruro, Gobierno Autónomo de La Paz, UMSA, UTO; ALT Perú: MINAM, SERFOR, GORE-Puno, ALT, UNA, UNAJ.	Alta

Fuente: Elaboración propia

5.8 ASPECTOS BINACIONALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

Teniendo en consideración que los tolares ocupan (aún) grandes extensiones (998.124,35 hectáreas) del territorio del TDPS, la diversidad de beneficios ambientales y económicos que estos brindan a las poblaciones, así como la pérdida de la superficie de tolares (problema común en ambos países), como consecuencia de la extracción poco controlada, resulta necesario que los Estados por común acuerdo, establezcan y/o refuercen las políticas orientadas a promover el uso sostenible de tolares, expresadas en las respectivas normas tanto de nivel nacional, como normas especiales a nivel local, emitidas por las respectivas autoridades competentes, que puedan ser implementadas tanto por los Gobiernos Autónomos Departamentales (Oruro y de La Paz) y municipales, en el caso de Bolivia, y por el Gobierno Regional de Puno en Perú, las municipalidades del ámbito rural en coordinación con el Servicio Nacional de Forestal y Fauna Silvestre (SERFOR).

5.9 PRIORIZACIÓN DE ACCIONES.

La priorización de las acciones se ha determinado en base al análisis de factores ponderados, para la categorización de prioridades se detalla el siguiente procedimiento:

- Se han identificado cuatro factores de evaluación mediante los cuales se han comparado cada acción:
 - ¿En qué medida contribuye a la conservación de los tolares?
 - ¿Previene la quema de los tolares?
 - ¿Previene el cambio de uso de suelos?
 - ¿Contribuye a la atenuación de la presión social al ecosistema?
- Se ha asignado un peso a cada factor por su importancia relativa en la conservación del ecosistema de tola.

TABLA N° 5.2. FACTORES DE EVALUACIÓN

Factores de evaluación	Peso (%)
¿En qué medida contribuye a la conservación de los tolares?	30
¿Previene la quema de los tolares?	20
¿Previene el cambio de uso de suelos?	30
¿Contribuye a la atenuación de la presión social al ecosistema?	20

Fuente: Elaboración Propia

- La escala de evaluación que se ha asignado es de 1 a 5 a cada acción planteada con una escala de importancia a la prioridad de intervención.
 - 1: Muy poco importante
 - 2: Poco importante
 - 3: Importancia media
 - 4: Alta importancia
 - 5: Muy Importante

- Multiplicar cada calificación de cada acción por los pesos de cada factor, el resultado se ha categorizado en tres (prioridad baja, prioridad media y prioridad baja) tomando en cuenta un rango de puntaje:

$$SJ = \sum_{i=1}^m wi * fi$$

SJ = Puntuación global de cada acción

Wi = Peso ponderado de cada factor

Fi = Puntuación de las acciones por cada uno de los factores.

- Rangos de categorización por prioridad

TABLA N° 5.3. RANGOS DE CATEGORIZACIÓN POR PRIORIDAD

Prioridad	De	A
Bajo	2,60	3,17
Medio	3,17	3,73
Alto	3,73	4,30

Fuente: Elaboración propia 2023

TABLA N° 5.4. RESULTADOS DE LA PRIORIZACIÓN DE ACCIONES

N°	Acciones	Factor 1 VP (30%)	Factor 2 VP (20%)	Factor 3 VP (30%)	Factor 4 VP (20%)	Puntaje Ponderado	Prioridad
1	1.1.- Identificar y evaluar las zonas de cambio de uso de suelo de tolar a agricultura	3	3	5	3	3,6	Media
2	1.2.- Elaborar un diagnóstico situacional detallado de zonas de pérdida de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	2	3	4	3	3	Media
3	1.3.- Establecer técnicas de reposición de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	5	3	4	5	4,3	Alto
4	1.4.- Implementar viveros de reproducción de plantines de tola	3	2	3	3	2,8	Media
5	1.5.- Promover campañas de repoblamiento de tola en zonas de pérdida o degradación del ecosistema	4	4	4	3	3,8	Alto
6	1.6.- Promover la diversificación de usos de la tola, tanto como ecosistema de resguardo de biodiversidad, pastoreo de ganado, protección de suelos y usos medicinales	3	2	2	4	2,7	Media
7	1.7.- Restauración de áreas con suelos degradados a partir de la implementación de ecosistemas de tola	3	4	2	3	2,9	Media
8	2.1.- Promover proyectos de ley a nivel departamental y nacional que permitan el financiamiento del plan de manejo de tolares	4	4	3	3	3,5	Alto
9	2.2.- Gestión permanente de búsqueda de financiamiento ante la cooperación internacional para la implementación del plan	3	3	4	4	3,5	Alto
10	2.3.- Generar alianzas estratégicas con planes y/o proyectos relacionados al manejo de recursos naturales	4	4	3	3	3,5	Alto

N°	Acciones	Factor 1 VP (30%)	Factor 2 VP (20%)	Factor 3 VP (30%)	Factor 4 VP (20%)	Puntaje Ponderado	Prioridad
11	2.4.- Gestionar la incorporación de proyectos de conservación y manejo de tola en los planes de desarrollo departamental, municipal o distrital	4	3	3	4	3,5	Alto
12	3.1.- Inventariar y caracterizar los usuarios de tola como fuente de energía	3	3	3	4	3,5	Alto
13	3.2.- Cuantificar los volúmenes de extracción, zonas de extracción de tola utilizados como fuente de energía	4	3	3	3	3,3	Media
14	3.3.- Cuantificar la biomasa producida por los tolares	4	3	3	2	3,1	Media
15	3.4.- Promover la investigación científica sobre manejo y uso de tolares.	4	3	3	4	3,5	Alto
16	4.1.- Establecer centros piloto para la evaluación de la biodiversidad en ecosistemas de tola.	4	3	3	2	3,1	Media
17	5.1.- Promover normas legales para la protección, conservación y manejo de ecosistemas de tola	4	4	4	3	3,8	Alto
18	5.2.- Generar mecanismos de participación de usuarios de tola para promover normas comunales o locales que permitan el manejo sostenible de tola.	4	5	4	3	4	Alto
19	6.1.- Generar espacios de difusión de experiencias exitosas de manejo y producción de tola	3	3	3	3	3	Media
20	6.2.- Gestionar en universidades de Perú y Bolivia cursos de especialización a nivel de postgrado en temáticas de ecosistemas de altura.	3	2	3	2	2,6	Media
21	6.3.- Promover el fortalecimiento de capacidades técnicas a gobiernos locales a través de las entidades nacionales competentes.	3	2	3	2	2,6	Media
22	7.1.- Incorporar estrategias de comunicación de protección de ecosistemas de tola en municipios / distritos	3	4	4	3	3,5	Media
23	7.2.- Elaboración de documentos técnicos y divulgativos del manejo y restauración de ecosistemas.	3	3	4	3	3,3	Media
24	8.1.- Reunión binacional para la conformación del Comité binacional para promover el uso sostenible de tolares.	5	4	4	4	4,3	Alto

Fuente: Elaboración propia 2023

Factor1: ¿En qué medida contribuye a la conservación de los tolares?

Factor2: ¿Previene la quema de los tolares?

Factor3: ¿Previene el cambio de uso de suelos?

Factor4: ¿Contribuye a la atenuación de la presión social al ecosistema?

VP: Valor ponderado

5.10 DESCRIPCIÓN DE ACCIONES.

5.10.1 Acciones de la estrategia 1: Manejo y conservación sostenible de la tola

Acción 1.1.- Identificar y evaluar las zonas de cambio de uso de suelo de tolar a agricultura.

El cambio de uso de suelo, en los últimos años ha sido acelerado, lo que ha llevado principalmente a la pérdida de la cubierta forestal, que conlleva al agotamiento de la biodiversidad. De igual manera, el potencial de uso de los múltiples bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas para el bienestar humano, así como el calentamiento global, alteración de ciclos hidrológicos y bio-geoquímicos, la introducción de especies exóticas, desplazamiento de especies nativas y la pérdida de hábitats (Velázquez et al., 2002).

En las últimas décadas producto de la habilitación de tierras para la agricultura, la extracción de tola y la degradación natural, se han suscitado al cambio de uso de suelos, con un factor común que es la degradación o pérdida de superficie de ecosistemas de tola, la importancia de los factores de cambio a través del tiempo, permite contar con información suficiente para la planificación de los medios de conservación en el futuro y la atenuación de los principales factores de cambio.

Acción 1.2.- Elaborar un diagnóstico situacional detallado de zonas de pérdida de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.

A partir del Diagnóstico de la situación actual de tolares en el Sistema TDPS, en la que se identifica la pérdida de tolares, es necesario realizar un diagnóstico detallado que analice las zonas de pérdida de los tolares, ello con la finalidad de evaluar la tendencia a través del tiempo.

Acción 1.3.- Establecer técnicas de reposición de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.

Las técnicas de reposición de cobertura vegetal están relacionados a los métodos para la reposición de la cobertura vegetal en áreas afectadas o con escasa vegetación. Las estrategias deben estar relacionados a la identificación de zonas degradadas, ya sea por factores naturales o antrópicas.

La planificación de reposición de cobertura vegetal debe considerar el tipo de vegetación adaptada a la zona, así como un análisis de priorización de zonas de intervención. Esta estrategia, implica en el diseño, los métodos de reproducción de tolares y otras especies asociadas a ellos.

Acción 1.4.- Implementar viveros de reproducción de plantines de tola.

La tola es una planta que se puede reproducir vegetativamente a partir de plantas madre, es decir el uso de esquejes, sin embargo, en su primera etapa es importante brindarle las condiciones necesarias para la supervivencia de la planta.

Dadas las características de extensión del sistema TDPS, es necesario un análisis territorial para la ubicación de los viveros de tal forma que pueda contribuir al abastecimiento de plantines en todas las zonas requeridas. Asimismo, complementariamente identificar zonas donde se puedan realizar pruebas de revegetación mediante el uso de semillas de Tola.

Acción 1.5.- Promover campañas de repoblamiento de tola en zonas de pérdida o degradación del ecosistema.

Con la finalidad de mitigar el avance de zonas degradadas, es necesario el repoblamiento de la cobertura vegetal, su organización involucra la disponibilidad de plantines, el involucramiento de diferentes organizaciones, así como, la sensibilización para su participación. Los gobiernos locales, deben incorporar en sus planes de desarrollo proyectos de repoblamiento de zonas degradadas. Cabe destacar que, en el marco de la posibilidad de la revegetación mediante el uso de semillas, será necesario el involucramiento de las poblaciones (previa capacitación) y en coordinación con personal técnico de las instituciones que se involucren en realizar la revegetación.

Acción 1.6.- Promover la diversificación de usos de la tola, tanto como ecosistema de resguardo de biodiversidad, pastoreo de ganado, protección de suelos y usos medicinales.

Actualmente en las áreas rurales, la tola se utiliza principalmente, como ecosistema para la generación de forraje, la medicina tradicional y la artesanía, sin embargo, es necesario explorar nuevos usos basados en los conocimientos ancestrales que se tienen en las comunidades:

- *Uso medicinal:* La tola se utiliza tradicionalmente para tratar diversas dolencias, como el dolor de cabeza, la fiebre y las infecciones respiratorias. Se pueden explorar nuevas aplicaciones medicinales de la tola y desarrollar productos a base de ella.
- *Uso artesanal:* En las comunidades rurales se usan para dar acentuar colores en los tejidos, es importante explorar nuevos usos, y promover la producción de tintes orgánicos, con miras a su comercialización.
- *Uso agroforestal:* La tola se puede cultivar en sistemas agroforestales, lo que puede tener beneficios ambientales y económicos.

Acción 1.7.- Restauración de suelos degradados a partir de la implementación de ecosistemas de tola

Dentro los ecosistemas de altura, los tolares resaltan por su capacidad de adaptación, por lo que son adecuados para la restauración de áreas con suelos degradados por el cambio de uso de suelos. La tola puede formar áreas forestales a pesar de que son especies cuyo desarrollo es lento, su aporte a la conservación de los suelos es altamente efectiva, ya sea por el aporte de cobertura y biomasa o por su sistema radicular que mantiene la estructura de los suelos y evita la erosión hídrica

5.10.2 Acciones de la estrategia 2: Gestión de financiamiento

Acción 2.1.- Promover proyectos de ley a nivel departamental y nacional que permitan el financiamiento del plan de manejo de tolares

La implementación de planes de manejo de recursos naturales, deben estar respaldados a partir de normativas legales que aseguren el financiamiento de proyectos que contribuyan a la ejecución del plan, los proyectos de ley deben formularse a partir de la solicitud de la sociedad a los representantes ya sean diputados o asambleístas para su formulación e implementación.

2.2.- Gestión permanente de búsqueda de financiamiento ante la cooperación internacional para la implementación del plan

Si bien los países involucrados prevén recursos financieros para la implementación de proyectos de conservación de recursos naturales, en el caso de la tola no se han evidenciado la implementación proyectos de gran magnitud, por lo que es importante recurrir a la cooperación de entidades internacionales que contribuyan a la implementación del plan, esta estrategia debe contemplar la socialización de acciones del plan, generar compromisos de cofinanciación tomando como base la conservación de este recurso.

2.3.- Generar alianzas estratégicas con planes y/o proyectos relacionados al manejo de recursos naturales

En las zonas de implementación del plan los gobiernos nacionales y regionales vienen desarrollando acciones de manejo de recursos naturales, entre ellos se destacan programas de conservación de bosques, manejo de recursos de camélidos, manejo de cuencas, estos proyectos están directamente correlacionados con el manejo de la tola, por lo que es necesario generar alianzas estratégicas en base a la complementariedad de manejo y conservación de los recursos naturales.

2.4.- Gestionar la incorporación de proyectos de conservación y manejo de tola en los planes de desarrollo departamental, municipal o distrital

Los mecanismos de asignación de presupuesto en las entidades territoriales contemplan la incorporación de proyectos en los planes de desarrollo territorial como parte de la planificación de desarrollo de cada región por lo que es necesario que las acciones del plan de manejo de tola deben ser incorporados como proyectos estratégicos que contribuyen significativamente a la conservación de los ecosistemas.

5.10.3 Acciones de la estrategia 3: Monitoreo de la producción de tolares

Acción 3.1.- Inventariar y caracterizar los usuarios de Tola como fuente de energía.

La tola es utilizada como fuente de energía en hornos de pan, aún en algunos centros poblados del ámbito urbano y rural, en hornos de cal y ladrilleras, sin embargo, no se conoce con precisión cuantas industrias en el ámbito del TDPS la utilizan como leña, de allí la importancia del inventario y caracterización de los usuarios.

Acción 3.2.- Cuantificar los volúmenes de extracción, zonas de extracción de tola utilizados como fuente de energía

El uso de la tola como fuente de energía ha generado la extracción de grandes cantidades de tola, en la mayor parte de los casos no se conoce con exactitud la zona de procedencia ni el volumen o cantidad (toneladas) extraída, de allí la importancia de cuantificar los volúmenes extraídos, así como la frecuencia. Esta información contribuye a la planificación de conservación del ecosistema de tolares.

Acción 3.3.- Cuantificar la biomasa producida por los tolares

Si bien se tiene referencia de la cantidad de biomasa que produce el ecosistema, no se conoce cuanta biomasa aérea se genera anualmente, por ello es importante realizar investigaciones que permitan conocer con mayor precisión la cantidad de producción de biomasa, tanto en época de estiaje y en época de lluvia, esta información permitirá definir con mayor precisión el tiempo de recuperación de un área deforestada así como planificar el uso del ecosistema, asimismo, determinar el potencial de carbono que almacenan los tolares.

Acción 3.4.- Promover la investigación científica sobre manejo y uso de tolares.

Con el apoyo de las entidades de desarrollo y académicas se debe promover la investigación aplicada a fin de disponer de mejores conocimientos que permitan la conservación de los tolares, tomando como base los problemas identificados en el diagnóstico situacional de ecosistemas de tola; investigaciones orientadas a la recuperación, conservación y aprovechamiento; métodos de propagación, y captura de carbono, el sobrepastoreo y quema indiscriminada.

5.10.4 Acciones de la estrategia 4: Caracterizar la biodiversidad en ecosistemas de tola

Acción 4.1.- Establecer centros piloto para la evaluación de la biodiversidad en ecosistemas de tola.

Los centros piloto de evaluación de biodiversidad, se constituyen en áreas importantes para promover la investigación, el manejo y conservación del ecosistema de tola, además constituyen centros de capacitación e intercambio de experiencias en el manejo del ecosistema tolar.

5.10.5 Acciones de la estrategia 5: Implementar normas de manejo de tola

Acción 5.1.- Promover normas legales para la protección, conservación y manejo de ecosistemas de tola.

La conservación de los ecosistemas en el TDPS, se guían a partir de las leyes previstas en ambos países:

La Ley 1333 del Estado Plurinacional de Bolivia establece en su artículo 19: Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.

En el Perú Ley N° 26839.- Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica establece: Conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies

A pesar de estas regulaciones, no existen normativas específicas para el uso, manejo y protección y conservación de tolares, por lo que es necesario dictar normas específicas, para tal fin, ello en coordinación con las autoridades nacionales, regionales y locales, con participación de la sociedad civil.

Acción 5.2.- Generar mecanismos de participación de usuarios de tola para promover normas comunales o locales que permitan el manejo sostenible de tola.

Las comunidades rurales han desarrollado estrategias de manejo territorial, basados en sus estructuras organizativas tradicionales y el saber local, cuya finalidad es la sostenibilidad de sus recursos a partir de la gestión de su territorio, este conjunto de medidas establecidas en base a usos y costumbres son denominados normas comunales; no obstante, es necesario establecer mecanismos que fortalezcan la participación de los usuarios de los tolares que coadyuven a promover normas comunales o locales orientadas al manejo sostenible.

5.10.6 Acciones de la estrategia 6: Fortalecimiento Institucional

Acción 6.1.- Generar espacios de difusión de experiencias exitosas de manejo y producción de tola

La mejora de la gestión de los recursos naturales, no sólo se basa en la generación de información, sino, en la difusión o socialización de esta, por eso la importancia de generar espacios necesarios:

Organizar eventos de intercambio: En estos eventos los participantes comparten sus experiencias y buenas prácticas. Pueden ser presenciales o virtuales, y pueden incluir presentaciones, paneles de discusión, talleres.

Documentar las experiencias exitosas: Se deben crear guías o manuales que documenten las experiencias exitosas y las buenas prácticas. Estos documentos pueden ser distribuidos a través de medios digitales o impresos.

Sistematizar las experiencias: La sistematización de experiencias consiste en documentar y analizar de manera rigurosa las experiencias exitosas, con el objetivo de identificar las

lecciones aprendidas y las mejores prácticas. Estos resultados pueden ser compartidos a través de informes y presentaciones.

En general, es importante que los espacios de difusión sean participativos y permitan la interacción entre los participantes. Además, se recomienda utilizar herramientas de comunicación eficaces para llegar al mayor número de personas posible.

Acción 6.2.- Gestionar en universidades de Perú y Bolivia cursos de especialización a nivel de postgrado en temáticas de ecosistemas de altura.

Los cursos de especialización tienen como objetivo profundizar los conocimientos sobre el manejo de ecosistemas, para ello es recomendable que en las universidades localizadas en el ámbito del TDPS, se desarrollen cursos, maestrías orientadas a formar recursos humanos especializados en gestión de ecosistemas de altura.

Acción 6.3.- Promover el fortalecimiento de capacidades técnicas a gobiernos locales a través de las entidades nacionales competentes.

El fortalecimiento de capacidades técnicas a gobiernos locales permitirá promover el desarrollo y conservación de los ecosistemas, además de promover políticas que propicien la planificación, priorización y ejecución de proyectos orientados al uso sostenible de los tolares.

El vínculo entre los entes estatales y los gobiernos locales promoverá la capacitación y la asistencia técnica como parte del fortalecimiento de capacidades.

5.10.7 Acciones de la estrategia 7: Comunicación y sensibilización para la protección de tola

Acción 7.1.- Incorporar estrategias de comunicación de protección de ecosistemas de tola en municipios / distritos

Incorporar estrategias de comunicación para la protección de ecosistemas de tola en los municipios.

Las estrategias deben vincular la conservación de la biodiversidad con el bienestar humano y el desarrollo sostenible para lograr un mayor impacto.

Acción 7.2.- Elaboración de documentos técnicos y divulgativos de manejo y restauración de ecosistemas.

La elaboración de documentos técnicos como manuales, afiches, trípticos, diseño de páginas web, mensajes vía celular, etc., constituyen medios que contribuyen a la gestión y conservación de los ecosistemas. Los documentos deben proporcionar información detallada sobre temáticas o acción de conservación y manejo de la tola, así mismo, el diseño debe considerar la población objetivo.

5.10.8 Acciones de la estrategia 8: Comité binacional para el uso sostenible de tolares

Acción 8.1.- Reunión binacional para la conformación del Comité binacional para promover el uso sostenible de tolares.

Con la finalidad de contribuir a mejorar las estrategias orientadas a promover el uso sostenible de los tolares en el ámbito del TDPS, la ALT, en coordinación con las cancillerías de Perú y Bolivia, convocará a la reunión binacional de trabajo al MMAyA, al Gobierno Autónomo de Oruro, al Gobierno Autónomo de La Paz y ha representantes de las sociedad civil, a la Unidad Operativa Bolivina; y en el caso del Perú, al MINAM, al Gobierno Regional de Puno, al SERFOR, al Proyecto Especial Lago Titicaca, y a las Municipalidades de Capazo, Conduiri, Santa Rosa, Pichacani y Santa Lucía, para plantear y sustentar los alcances del mencionado Comité binacional orientado a mejorar las políticas para promover el uso sostenible de los tolares; así como a las Universidades de ambos países.

5.11 PRESUPUESTO GLOBAL

El presupuesto estimado para la ejecución del proyecto alcanza a \$us. 3.718.390,80 (tres millones setecientos dieciocho mil treientos noventa 80/100 dólares americanos) distribuidos en las acciones de plan de manejo de tolares:

TABLA N° 5.5. PRESUPUESTO ESTIMADO.

N°	Acción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$us)	Costo total (\$us)
1	Identificar y evaluar las zonas de cambio de uso de suelo de tolar a agricultura	Estudio	3	57.471,26	172.413,79
2	Elaborar un diagnóstico situacional detallado de zonas de pérdida de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	Estudio	3	57.471,26	172.413,79
3	Establecer técnicas de reposición de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	Estudio	3	57.471,26	172.413,79
4	Implementar viveros de reproducción de plantines de tola	Estudio	10	43.103,45	431.034,48
5	Promover campañas de repoblamiento de tola en zonas de pérdida o degradación del ecosistema	Campañas	10	14.367,82	143.678,16
6	Promover la diversificación de usos de la tola, tanto como ecosistema de resguardo de biodiversidad, pastoreo de ganado, protección de suelos y usos medicinales	Global	5	21.551,72	107.758,62
7	Restauración de áreas con suelos degradados a partir de la implementación de ecosistemas de tola	Has	100	1.436,78	143.678,16

N°	Acción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$us)	Costo total (\$us)
8	Promover proyectos de ley a nivel departamental y nacional que permitan el financiamiento del plan de manejo de tolares.	Global	5	1.000,00	5.000,00
9	Gestión permanente de búsqueda de financiamiento ante la cooperación internacional para la implementación del plan.	Global	5	1.500,00	7.500,00
10	Generar alianzas estratégicas con planes y/o proyectos relacionados al manejo de recursos naturales.	Global	10	1.100,00	11.000,00
11	Gestionar la incorporación de proyectos de conservación y manejo de tola en los planes de desarrollo departamental, municipal o distrital.	Global	53	1.200,00	63.600,00
12	Inventariar y caracterizar los usuarios de tola como fuente de energía	Estudio	3	21.551,72	64.655,17
13	Cuantificar los volúmenes de extracción, zonas de extracción de tola utilizados como fuente de energía	Estudio	3	28.735,63	86.206,90
14	Cuantificar la biomasa producida por los tolares	Estudio	3	50.287,36	150.862,07
15	Promover la investigación científica sobre manejo y uso de tolares.	Global	1	100.574,71	100.574,71
16	Establecer centros piloto para la evaluación de la biodiversidad en ecosistemas de tola.	Global	3	502.873,56	1.508.620,69
17	Promover normas legales para la protección, conservación y manejo de ecosistemas de tola	Global	1	71.839,08	71.839,08
18	Generar mecanismos de participación de usuarios de tola para promover normas comunales o locales que permitan el manejo sostenible de tola.	Global	1	71.839,08	71.839,08
19	Generar espacios de difusión de experiencias exitosas de manejo y producción de tola	Talleres	10	1.436,78	14.367,82
20	Gestionar en universidades de Perú y Bolivia cursos de especialización a nivel de postgrado en temáticas de ecosistemas de altura.	Global	1	4.310,34	4.310,34
21	Promover el fortalecimiento de capacidades técnicas a gobiernos locales a través de las entidades nacionales competentes.	Global	1	14.367,82	14.367,82
22	Incorporar estrategias de comunicación de protección de	Global	1	143.678,16	143.678,16

N°	Acción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$us)	Costo total (\$us)
	ecosistemas de tola en municipios / distritos				
23	Elaboración de documentos técnicos y divulgativos del manejo y restauración de ecosistemas.	Global	1	143.678,16	143.678,16
24	Reuniones binacionales para la conformación del Comité binacional para promover el uso sostenible de los tolares en el TDPS.	Global	1	10.000,00	10.000,00
Presupuesto Total Estimado					3.815.490,79

Fuente: Elaboración propia 2023

5.12 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

El plan para su implementación prevé dos niveles, una conformada por los Ministerio de Relaciones Exteriores de Perú y el Ministerio de Relaciones Exteriores de Bolivia, y la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa (ALT) como ente encargado del cumplimiento del Plan Director Global Binacional (PDGB), y las acciones encargadas a partir de los encuentros del Gabinete Ministerial Binacional Bolivia – Perú, se constituye como instancia de coordinación, para el cumplimiento de las acciones planteadas en plan de manejo de tolares.

El segundo nivel corresponde a las instancias nacionales de ambos países (Ministerios, Gobiernos regionales, Gobiernos municipales/distritales), cuya función dentro el plan es el de implementar las acciones según su competencia.

En la **Figura 5.4** se muestra el nivel de coordinación y las instancias operativas de acuerdo a su competencia.

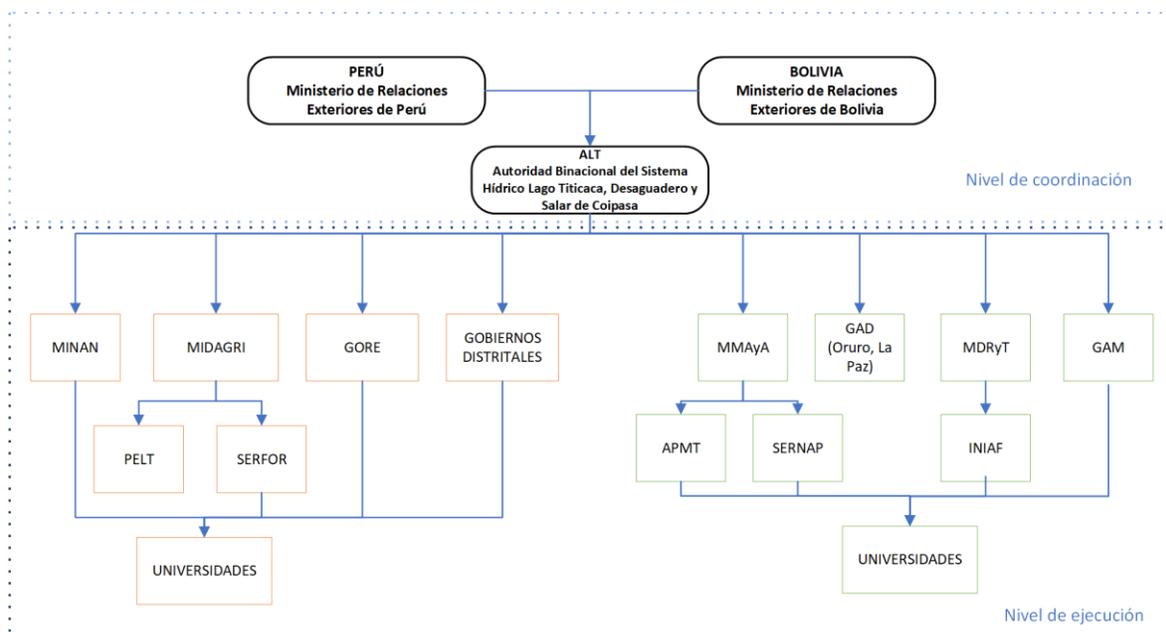


Figura 5.4: Organización administrativa para la implementación de la estrategia de manejo de tolares

Las responsabilidades según la organización administrativa del plan de manejo de tolares son las siguientes:

Nivel de coordinación:

Las responsabilidades de los Ministerios de Relaciones Exteriores de Perú y Bolivia, facilitan acuerdos y convenios que permiten generar mecanismos de ejecución y financiamiento del plan.

La ALT, se constituye el enlace con las entidades gubernamentales encargadas de la ejecución de las acciones del plan según sus competencias, dadas las funciones encargadas de carácter binacional, forma parte de la coordinación, monitoreo y seguimiento al cumplimiento de las acciones.

Nivel de ejecución:

Los entes ministeriales, los gobiernos departamentos o regionales, los gobiernos municipales o distritales tienen la función de implementar las estrategias y acciones de acuerdo a las competencias encargadas en cada país. Así mismo, se constituyen responsables de generar mecanismos legales para su incorporación en los planes de desarrollo nacionales, regionales y municipales/distritales, así como en sus planes operativos anuales

5.13 SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Con la finalidad de evaluar el nivel de cumplimiento de la implementación de la Estrategia, se considera pertinente la implementación de un sistema de seguimiento y evaluación

periódica, a fin de validar los resultados, así como para plantear reajustes en los programas de ejecución.

TABLA N° 5.6. PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO.

Estrategia	Acciones	Indicador	Definición del indicador	Instrumento de recolección del indicador	Frecuencia	Entidad encargada
1.- Manejo y conservación sostenible de la tola	1.1.- Identificar y evaluar las zonas de cambio de uso de suelo de tolar a agricultura	N° de estudios que muestren el cambio de uso de suelos	Documento del estudio de cambio de uso de suelos	Documentos de estudios de análisis de cambio del uso de suelos	Anual	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: SERFOR MIDAGRI
	1.2.- Elaborar un diagnóstico situacional detallado de zonas de pérdida de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	Diagnostico multitemporal de los ecosistemas de tola escala de detalle.	Se tiene cartografía multitemporal detallada a escala semidetallada de áreas de pérdida de ecosistemas de tola	Informe de avance	Mensual	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: GORE Puno, SERFOR
	1.3.- Establecer técnicas de reposición de cobertura vegetal en los ecosistemas de tolar.	N° de metodologías validadas para la reposición de cobertura de tolares	técnicas utilizadas en la reposición de cobertura vegetal de tola	Informe	Anual	Bolivia: MDRyT, MMayA Perú: GORE Puno, MIDAGRI, SERFOR
	1.4.- Implementar viveros de reproducción de plantines de tola	10 viveros implementados en todo el sistema TDPS	Un vivero es un lugar donde se cultivan, germinan y maduran plantas, antes de su reimplante definitivo	Informes memorias fotográficos	Mensual	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: GORE Puno, PELT
	1.5.- Promover campañas de reemplazamiento de tola en zonas de pérdida o degradación del ecosistema	N° Ha reforestadas con tola con la participación de entidades en campañas de forestación	Repoblar un terreno con plantas de tola	Informe, actas de participación de entidades que colaboran en las campañas	Anual	Bolivia: MDRyT, Gobernaciones Perú: GORE Puno, SERFOR, PELT
	1.6.- Promover la diversificación de usos de la tola, tanto como ecosistema de	Se han validado 10 usos de tola	Verificar que el uso de la tola es adecuado mediante, procedimientos o	Informe de gestión	Anual	Bolivia: MDRyT Perú:

Estrategia	Acciones	Indicador	Definición del indicador	Instrumento de recolección del indicador	Frecuencia	Entidad encargada
	resguardo de biodiversidad, pastoreo de ganado, protección de suelos y usos medicinales		métodos que demuestren su validez			Universidad Nacional de Juliaca, PELT, GORE Puno
	1.7.- Restaurar suelos degradados a partir de la implementación de ecosistemas de tola	Se han reforestado con tola 100 ha de suelos degradados	Repoblar un terreno con plantas de tola	Informes, memorias, fotografías	Anual	Bolivia: MMAyA Perú: GORE Puno, PELT
2.- Gestión de Financiamiento	2.1.- Promover proyectos de ley a nivel departamental y nacional que permitan el financiamiento del plan de manejo de tolares.	2 proyectos de Ley aprobados a nivel departamental y nacional.	Proyectos de ley aprobados que permita gestionar el financiamiento para el manejo de tolares	Actas de reuniones y talleres	Anual	Bolivia: MMAyA, GAD La Paz y Oruro Perú: MINAM, GORE Puno
	2.2.- Gestión permanente de búsqueda de financiamiento ante la cooperación internacional para la implementación del plan.	2 proyectos aprobados para el financiamiento internacional para el manejo de los tolares	Ejecución de proyectos aprobados por la cooperación internacional	Actas de reuniones, Informes, Convenios.	Anual	Bolivia: MMAyA, GAD La Paz y Oruro Perú: MINAM, GORE Puno
	2.3.- Generar alianzas estratégicas con planes y/o proyectos relacionados al manejo de recursos naturales.	2 alianzas estratégicas para la implementación de planes y/o proyectos	Alianzas estratégicas para la implementación de planes y/o proyectos.	Actas de reuniones, Informes, Convenios.	Anual	Bolivia: MMAyA, GAD La Paz y Oruro Perú: MINAM, GORE Puno
	2.4.- Gestionar la incorporación de proyectos de conservación y manejo de tola en los planes de desarrollo departamental, municipal o distrital.	10 proyectos de conservación y manejo de tola en los planes departamentales, municipales o distritales.	Proyectos aprobados en los planes departamentales, municipales o distritales.	Documento del plan de desarrollo de los departamentos, municipios o distritos	Quinquenal	Bolivia: GAD La Paz y Oruro, GAM's Perú: GORE Puno, Gobiernos distritales
		Nº de usuarios			Anual	Bolivia:

Estrategia	Acciones	Indicador	Definición del indicador	Instrumento de recolección del indicador	Frecuencia	Entidad encargada
3.- Monitoreo de la producción de tolares	3.1.- Inventariar y caracterizar los usuarios de tola como fuente de energía		Describir y caracterizar las clases de usuarios de la tola	Informes, memorias fotográficas		Municipios, GADOR Perú: Municipios, GORE Puno
	3.2.- Cuantificar los volúmenes de extracción, zonas de extracción de tola utilizados como fuente de energía	Registro de toneladas de tola extraída	Caracterizar la cantidad de tola que se utiliza en diferentes tipos de uso	Informes, memorias fotográficas	Mensual	Bolivia: MMAyA, municipios Perú: SERFOR, Municipios
	3.3.- Cuantificar la biomasa producida por los tolares	Cantidad de toneladas de biomasa anual	Estudios de producción de biomasa por cada mes y de acuerdo a la estacionalidad	Informes memorias fotográficos	Mensual	Bolivia: MDRyT, INIAF Perú: SERFOR, PELT
	3.4.- Promover la investigación científica sobre manejo y uso de tolares.	Nº de estudios de investigación publicados	Trabajos de investigación sobre tolares	Documento de investigación, memoria fotográfica	Anual	Bolivia: INIAF, Universidad Mayor de San Andrés y Universidad Técnica de Oruro (UMSA, UTO) Perú: Universidad Nacional de Juliaca/Universidad Nacional del altiplano
4.- Caracterizar la biodiversidad en ecosistemas de tola	4.1.- Establecer centros piloto para la evaluación de la biodiversidad en ecosistemas de tola.	Nº de centros de evaluación de ecosistemas de tola implementados	Proyecto que busca proteger, monitorear, investigar y generar protocolos sobre biodiversidad y ecosistema en áreas específicas	Informes de actividades	Mensual	Bolivia: MDRyT – INIAF, MMAyA Perú: GORE-Puno
					Anual	Bolivia:

Estrategia	Acciones	Indicador	Definición del indicador	Instrumento de recolección del indicador	Frecuencia	Entidad encargada
5.- Implementar normas de manejo de tola	5.1.- Promover normas legales para la protección, conservación y manejo de ecosistemas de tola	N° normas y protocolos de manejo y conservación de tola.	Leyes nacionales, departamentales, regionales.	Documentos de ley promulgados	Anual	MMAyA, APMT, Gobernaciones, Municipios Perú: MINAM
	5.2.- Generar mecanismos de participación de usuarios de tola para promover normas comunales o locales que permitan el manejo sostenible de tola.	N° comunidades con normas de manejo de tola	Normas de manejo a nivel de comunidades rurales	Documento de las normas de manejo comunal de tola		Bolivia: Gobernaciones, Municipios, comunidades Perú: GORE Puno
6. Fortalecimiento institucional	6.1.- Generar espacios de difusión de experiencias exitosas de manejo y producción de tola	N° de eventos de socialización realizados	Cursos, talleres de manejo de etola	Listas de participantes, memorias fotográficas	Trimestral	Bolivia: Gobernaciones, MMAyA. Perú: GORE Puno, ALT
	6.2.- Gestionar en universidades de Perú y Bolivia cursos de especialización a nivel de postgrado en temáticas de ecosistemas de altura.	N° estudiantes graduados a nivel de post grado.	Profesionales con conocimientos sobre manejo de ecosistemas	Listas de profesionales, memorias fotográficas		Anual
	6.3.- Promover el fortalecimiento de capacidades técnicas a gobiernos locales a través de las entidades nacionales competentes.	N° de técnicos de unidades territoriales (municipios/distritos) reciben capacitación.	Leyes nacionales, departamentales, regionales.	Listas de participantes en talleres de capacitación, memorias fotográficas	Anual	Bolivia: Gobernaciones, municipios Perú: GORE Puno
7.- Comunicación y sensibilización para la	7.1.- Incorporar estrategias de comunicación de protección de ecosistemas de tola	N° de municipios o distritos con programa de comunicación y sensibilización sobre los tolares	Programas de difusión masiva implementados en las entidades territoriales	Informes	Mensual	Bolivia: MMAyA, MDRyT, Gobernaciones, Municipios Perú:

Estrategia	Acciones	Indicador	Definición del indicador	Instrumento de recolección del indicador	Frecuencia	Entidad encargada
protección de tola	en municipios / distritos					GORE Puno, Municipalidades
	7.2.- Elaboración de documentos técnicos y divulgativos del manejo y restauración de ecosistemas.	Nº documentos técnicos elaborados y distribuidos.	Documentos técnicos que contribuyen al manejo de los ecosistemas	Informes, documentos impresos y digitales	Mensual	Bolivia: MMayA, MDRyT, Gobernaciones, Municipios Perú: GORE Puno, Municipios
8.- Contribuir al desarrollo de una política binacional para promover el uso sostenible de los tolares en el TDPS.	8.- Comité binacional para el uso sostenible de tolares	8.1.- Reunión binacional para la conformación del Comité binacional para promover el uso sostenible de tolares.	Acta de conformación	Informe sustentatorio	Anual	Bolivia: MMayA, Gobierno Autónomo de Oruro, Gobierno Autónomo de La Paz; ALT Perú: MINAM, SERFOR, GORE-Puno, ALT, UNA, UNAJ, ALT.

5.14 CRONOGRAMA DE EJECUCION DEL PLAN.

El horizonte de tiempo de ejecución del plan es de cinco años

5.4 CONCLUSIONES.

- Los tolares en el ámbito del TDPS, constituyen ecosistemas importantes, desde el punto de vista ambiental, ecológico, social y económico, que están siendo afectados por el uso irracional, cuya conservación y protección es necesaria, por lo que se debe implementar un conjunto de acciones estratégicas de orden estructural y no estructural, además del establecimiento de políticas claras
- A partir del análisis de causas y consecuencias se han establecido 19 acciones estratégicas que contribuirán a la conservación, protección y usos sostenible de los tolares en el ámbito del sistema TDPS.
- La implementación de determinadas acciones estratégicas contribuirá a fortalecer las organizaciones sociales respecto al manejo y/o aprovechamiento sostenible de recursos naturales especialmente las agropecuarias, complementarias a las prácticas de manejo ecológico y orgánico de sus cultivos, donde cobran importancia los conocimientos ancestrales existentes en el sistema TDPS, para mejorar sus condiciones de vida sin alterar sus usos y costumbres.
- El principal desafío para lograr la protección, conservación y uso sostenible de tola es lograr la articulación sólida de entidades interinstitucionales de nivel nacional, regional y local y el involucramiento de las comunidades.
- El manejo de los ecosistemas de tolares debe considerar el cambio de uso de suelos ya sea la implementación de áreas de cultivo de forraje o la tendencia hacia la ampliación de la frontera agrícola y el mono cultivo, a partir de 1985 se han incrementado considerablemente las áreas de producción de cultivos especialmente la quinua producto de la alta demanda internacional, esto ha provocado que se incorporen nuevas áreas de producción en cada gestión agrícola, las estrategias de manejo de ecosistemas de tolares debe incorporar el manejo de abundante biodiversidad y la incorporación de cultivos orgánicos.
- Es necesario propiciar políticas de apoyo a la gestión sostenible de la biodiversidad en los gobiernos locales, regionales, así mismo, generar conocimientos sobre las bondades medicinales que tiene la tola, y normar su uso tanto para forraje como la extracción para uso de energía combustible.

5.5 RECOMENDACIONES

El logro de los objetivos planteados en la Estrategia, dependerá del nivel de ejecución de cada una de las acciones estratégicas, y estas de la decisión política de los gobiernos, y principalmente de la asignación de presupuestos. En ese contexto, se recomienda establecer el marco normativo complementario tanto a nivel regional y local, para que se inscriban los correspondientes presupuestos; de lo contrario esta será un documento más de los tantos que existentes. Mientras tanto se seguirán perdiendo cada año importantes superficies de tolares en el sistema TDPS.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- 1) Acosta-Mireles, M.; Carrillo-Anzures, F.; Díaz Lavariega, M (2009). DETERMINACIÓN DEL CARBONO TOTAL EN BOSQUES MIXTOS DE *Pinus patula* Schl. et Cham. *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 2, 2009, pp. 105-114 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México
- 2) Alzérreca, D; Calle, M; Laura, J. 2002. Manual de Manejo y Uso Sostenible de la Tola y los Tolares.
- 3) Alzérreca, H. 1992, Producción y utilización de los pastizales de la Zona Andina de Bolivia, REPAAN, IBTA. La Paz - Bolivia. pp. 3-11.
- 4) Apaza, D. 2019. Planeación estratégica en el sector productor de yeso calcinado ubicado en la región sur del departamento de La Paz.
- 5) Araya, J; Squeo, F; Barrientos, L; Belmonte, E; Mamani, M; Arancio, G. 2003. Manual de plantas y canciones aymara. Arica, Chile. 22 p.
- 6) Ávila, G., F. Jiménez, J. Beer, M. Gómez y M. Ibrahim (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 30: 32-35.
- 7) Bonifacio, A.; ramos, P.; Alcon, M.; Chambi, L. 2013. Recolección de semilla y multiplicación de t'ula con fines de repoblamiento en zonas producción de Quinua. Fundación PROINPA. Congreso Científico de la Quinua. La Paz – Bolivia. pp. 1-2.
- 8) Barrientos, E.; Carevic, F.; Delatorre, J. 2017. La sustentabilidad del altiplano sur de Bolivia y su relación con la ampliación de superficies de cultivo de quinua. *Idesia* – In press.
- 9) Brown, S.; Lugo, A.; Chapman, J. 1986. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. *Canadian Jour. of For. Research*, 16:390-394.
- 10) Butron, Cl. 2013. Evaluación microclimática de los principales indicadores naturales para el pronóstico del clima en el municipio de Umala. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia.
- 11) Choque, J. 2019. Evaluación del crecimiento de nak'a t'ula (*Baccharis tola phill*) con fertilización foliar en vivero de k'iphak'iphani y sobrevivencia de plantines en franjas de repoblamiento en chacala, municipio de Uyuni, Potosi - Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia.

- 12) Condori, R. 2017. Caracterización del uso de praderas de pastoreo y potenciales hídricos como adaptación al cambio climático en tres comunidades de Patacamaya. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.
- 13) Cussi, A. 2013. Efecto de enraizadores, en la propagación vegetativa de la tola (*Parastrephia Lepidophylla*) en ambiente atemperado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia.
- 14) Eduarte, E., & Segura, M. (1998). Determinación de carbono utilizando la calorimetría (Nota técnica). *Revista De Ciencias Ambientales*, 15(2), 54-55. <https://doi.org/10.15359/rca.15-1.6>
- 15) Francois M, J. et al. 2003 Evaluación de la Confiabilidad Temática de Mapas o de Imágenes Clasificadas: una revisión, *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm.51, pp. 53 -72
- 16) Fondo Nacional del Ambiente - Perú (FONAM) (2017) Perú Low Carbon Economy 2017 Carbon Projects, Voluntary Markets, REDD+, NAMAs & NDCs. Obtenido de, <https://fonamperu.org.pe/wp-content/uploads/2017/06/Peru-low-carbon-economy-2017.pdf>.
- 17) Gobierno Regional de Puno. 2014. Desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial de la región Puno” Estudio de suelos y su capacidad de uso mayor- Puno Perú
- 18) Gobierno Regional de Puno. 2015. Desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial de la región Puno. Estudio de uso actual de tierras. Puno Perú.
- 19) Gobierno Regional de Puno. 2015. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión de Medio Ambiente. Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Puno - Perú.
- 20) Gonzales, C. 1994. Densificación y Poder Calorífico de Especies Leñosas Arbóreas y Arbustivas Nativas Alto Andinas. Consultoría Árbol Andino-PELT. Puno, Perú.
- 21) Hoen, H. ; SOLBERG, B. 1994. Potencial and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management. *Forest Science*, 40(3):429-451
- 22) Hualpa, M. 2018. Captura de carbono (co2) en dos especies de “tola” (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) y (*Baccharis incarum* Wedd) en el sector Llusta distrito de Mazocruz. Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.
- 23) Huanca, L. 2016. Multiplicación masiva y crecimiento acelerado de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) con fines de repoblamiento en zonas productoras de quinua. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia

- 24) INEI (2018). Puno Resultados Definitivos.
- 25) Joffre, R.; Acho, J. 2010. Expansión de la frontera agrícola y dinámica de la vegetación poscultivo en el sur del altiplano boliviano. Libro resumen, III Congreso Mundial de la Quinoa, Oruro, Bolivia, 16-19 marzo 2010.
- 26) Lorez, A. y Malpartida, E. 2007. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas Altoandinas. Tomo I. Fondo del Libro, Banco Agrario del Perú. Lima - Perú.
- 27) Mamani, D. 2002. Capacidad receptiva de la pradera nativa altoandina con t'olar, en el pastoreo de alpacas, llamas y ovinas en puna seca del altiplano peruano. Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.
- 28) Mamani, P. 2006. Caracterización de unidades vegetales en praderas nativas de la provincia San Pedro de Totora, Departamento de Oruro. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.
- 29) Medrano, A.; Torrico, J. 2009. Consequences of quinoa production (*Chenopodium quinoa* Willd.) increased in the southern altiplano of Bolivia. *Revista CienciAgro*, 1: 117-123.
- 30) Ministerio del Ambiente Perú 2014, Protocolo Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Forestación. Lima Perú 32p.
- 31) Ortiz, R. 1997. Costa Rican secondary forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂. Costa Rica. pp.19.
- 32) Paca, F.; Paca, R.; Palao, A.; Canaza, D.; Bustinza, H.; Vásquez, G.; Chambilla, R. Y Chávez, M. 2003. Autoridad Binacional del Lago Titicaca sistema TDPS. Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema. Instituto de investigación, producción, servicios y capacitación, Puno – Perú.
- 33) Pangestu, M. 2021. Liderazgo en la fijación del precio del carbono en 2020-21. Gerencia de Políticas de Desarrollo y Alianzas del Banco Mundial. 2021
- 34) PNUD. 2003. Proyecto de conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca – Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa (TDPS). La Paz - 2013
- 35) PNUMA. 2009. Perspectivas del Medio Ambiente en el Sistema Hídrico. Titicaca-Desaguadero Poopó- Salar de Coipasa (TDPS)
- 36) Ponce, R. 2018. Cuantificación de carbono almacenado en la biomasa de los t'olares como medida de mitigación al cambio climático, e n los municipios de Patacamaya y Sica Sica. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.

- 37) Quispe, J. 2015. Crecimiento de sup`u t`ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) con abonamiento orgánico en el centro experimental k'iphak'iphani, Viacha. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.
- 38) Quiroz, A. 2018. Evaluación de cárcavas y terrazas de absorción en la quebrada de Palca, distrito de Palca, provincia de Huancavelica y región de Huancavelica.
- 39) Ramírez, O.; Gómez, M.; Shultz, S. 1997. Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective. Beijer Research Seminar. Costa Rica.pp. 28.
- 40) Rivera, R. 2013. Implementación de las medidas de mitigación, en el manejo integral subcuenca Malla, La Paz - Bolivia.
- 41) Roxburgh, S. H., Berry, S. L., Buckley, T. N., Barnes, B., and Roderick, M. L. (2005). What is NPP? Inconsistent accounting of respiratory fluxes in the definition of net primary production. *Functional Ecology*, 19(3), 378-382.
- 42) Santa Cruz, Y.; Ordoñez, P.- 2008. Cosecha de agua, una práctica ancestral: manejo sostenible de las praderas naturales. DESCO
- 43) Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SDPA) (2019) Precio al Carbono en América Latina: Tendencias y Oportunidades. Obtenido de, https://spda.org.pe/?wpfb_dl=4161.
- 44) Tapia, C. (2020). Uso y beneficio de la Thola (*Parastrephia lepidophylla*) en producción sostenible de ecosistemas de altura de Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*.
- 45) UNED. 2000. Diagnostico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia – Perú
- 46) Vargas, Luis M. 1992. Estructura y dinámica estacional de la vegetación en bofedal, t`olar y pajonal (iru ichu) en el ecosistema de Puna Seca. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina – Facultad de Zootecnia. Lima - Perú.
- 47) Vallejos, P.; Navarro, Z.; Ayaviri, D. 2011. Medio ambiente y producción de quinua. Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático. PIEB, DANIDA, PROSAMA. La Paz - Bolivia, 242 p
- 48) Ventura, R. 2018. Fenología reproductiva y crecimiento de plantines de ñak'a t`ula (*baccharis tola*) con fines de multiplicación dirigida, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.

- 49) Villagrán, C., Castro, C., Sánchez, G., Romo, M., Latorre, L. and Hinojosa, L. (1998). La tradición surandina del desierto: Etnobotánica del área del Salar de Atacama (Provincia de El Loa, Región de Antofagasta, Chile).
- 50) Zeballos, M. 2017. Conoce nuestra biodiversidad: *Parastrephia lepidophylla* una especie utilizada como combustible y amenazada por la ampliación de la frontera agrícola. Publicado Museo Nacional de Historia Natural. La Paz - Bolivia.
- 51) Zurrita, A.A., M.H. Badii, A. Guillen, O. Lugo Serrato & J.J. Aguilar Garnica (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *Daena: International Journal of Good Conscience*. 10(3)1-9. Diciembre 2015. ISSN 1870-557X.

Componente Botánico – Sector Bolivia

- 52) Beck, S.G., Domic A., García, C., Meneses, R.I., Yager, K. y Halloy, S. (2010) El Parque Nacional Sajama y sus Plantas. La Paz: Herbario Nacional de Bolivia.
- 53) Cabrera, 1978 Flora de la Provincia de Jujuy: República Argentina. *Compositae*, Volumen 10. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- 54) Cabrera, A.L. y Willink, A. (1973) Biogeografía de América Latina. Monografía N°13. Serie Biología. Washington, D.C., E.U.A.: Organización de los Estados Americanos (OEA).
- 55) Ibisch P.L. & G. Mérida (Eds.) 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra- Bolivia.
- 56) Jørgensen, P.M., Nee, M.H. y Beck, S.G. (Eds.) (2014) Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia. En: Missouri Botanical Garden Monographs in systematic botany (MSB) Volume 127. St. Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden Press.
- 57) Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2012) LIBRO ROJO de la flora amenazada de Bolivia. Volumen I - Zona Andina. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente.
- 58) Navarro G. 2002. Biogeografía de Bolivia en Navarro y M. Maldonado. Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos. Editorial: Centro de Ecología Simón I. Patiño-Departamento de Difusión. Cochabamba, Bolivia.
- 59) Navarro, G. (2011) Clasificación de la vegetación de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia: Centro de Ecología Difusión, Fundación Simón I. Patiño.
- 60) Pestalozzi Schmid, H.U. (1998) Flora ilustrada altoandina. La relación entre hombre, planta y medio ambiente en el Ayllu Majasaya Mujlli. Cochabamba, Bolivia: Herbario Nacional de Bolivia, Herbario Forestal Nacional “Martín Cárdenas”.

- 61) Prieto, G. y J. Laura. 2008. Vegetación y cultivos agrícolas. En: O. Rocha y S. Aguilar (eds.), Bases Técnicas para el Plan de Manejo del Sitio Ramsar Lagos Poopó y Uru Uru, Oruro-Bolivia.
- 62) Torrico, G., C. Peca, S. Beck y E. García. 1994. Leñosas útiles de Potosí. Proyecto FAO/Holanda/CDF. Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano. Potosí, Bolivia.
- 63) Zeballos Montes de Oca, M., García Estigarribia, E. y Beck, S.G. (2003) Contribución al conocimiento de la flora del departamento de Oruro. La Paz: Herbario Nacional de Bolivia. Convenio Instituto de Ecología-Museo Nacional de Historia Natural.