

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329318668>

# MANUAL PARA LA CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA MICRO-CUENCA LACUSTRE TERRESTRE DE LA LAGUNA ALALAY (COCHABAMBA).

Book · December 2018

CITATIONS

2

5 authors, including:



Gonzalo Navarro

Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Cochabamba

114 PUBLICATIONS 2,019 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

READS

1,341



Nelly De la Barra

University of San Simón

17 PUBLICATIONS 138 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Luis H. Vildozo

Centro de Comunicación y Desarrollo Andino - CENDA

6 PUBLICATIONS 12 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Anelisse Pol Zenteno

Externado University of Colombia

4 PUBLICATIONS 7 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
BOLIVIANA "SAN PABLO"  
UNIDAD ACADÉMICA COCHABAMBA

*Valores que inspiran*

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

---

**MANUAL PARA LA CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN  
ECOLÓGICA DE LA MICRO-CUENCA LACUSTRE  
TERRESTRE DE LA LAGUNA ALALAY (COCHABAMBA)**

---



Cochabamba, noviembre 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
BOLIVIANA "SAN PABLO"  
UNIDAD ACADÉMICA COCHABAMBA

*Valores que inspiran*

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

# MANUAL PARA LA CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA MICRO-CUENCA LACUSTRE TERRESTRE DE LA LAGUNA ALALAY (COCHABAMBA)

**Autores, Equipo Técnico del Proyecto:**

Docentes UCB-CBA:  
Dr. Gonzalo Navarro Sánchez  
M.Sc. Nelly De la Barra Ricaldes

***Auxiliares de investigación:***

Luis H. Vildozo  
Annelise Torrez  
Anelise Pol

***Consultora (SIG, edición de mapas):***

M.Sc. Blanca Vega

**Autores:**

*Gonzalo Navarro Sánchez, Ph. D. docente-investigador tiempo completo  
Nelly De la Barra Ricaldes, Lic. M.Sc. docente-investigadora tiempo horario  
Anelisse Pol Zenteno, Auxiliar de Investigación  
Luis Huascar Vildozo, Auxiliar de Investigación  
Annelisse Torrez Daza, Auxiliar de Investigación  
Carrera de Ingeniería Ambiental, UCB, Cochabamba*

**Colaboradores:**

*Blanca Vega, Lic. M. Sc. Experta en Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

**Fotografías:**

*Nelly De la Barra Ricaldes ©*

---

**Cita del libro:**

*Navarro, G., N. De la Barra, A. Pol, L. Vildozo y M. A. Torrez. 2018.  
MANUAL PARA LA CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE  
LA MICRO-CUENCA LACUSTRE TERRESTRE DE LA LAGUNA ALALAY  
(COCHABAMBA). Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Católica  
Boliviana “San Pablo”. Cochabamba. ---- p.*

---

© Universidad Católica Boliviana “San Pablo”.  
Primera edición noviembre 2018, 200 ejemplares  
D.L.: 2-1-2919-18 ISBN: 978-99974-0-419-0  
Edición/Impresión: Grupo Gráfico Industrial “A”

Este libro es resultado de un Pequeño Proyecto de Investigación  
(convocatoria 2017), financiado por la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, La Paz.



**E**l desastre ecológico de marzo de 2006 en la laguna Alalay impactó a la población cochabambina, quienes evidenciaron una vez más el estado crítico de este ecosistema urbano, por lo que restaurar la Laguna Alalay es una necesidad sentida. Sin embargo, el concepto de restauración es relativamente nuevo y adolece del mismo problema que todos los conceptos sufren durante sus primeros años: todo el mundo habla de ellos pero nadie tiene una visión sólida de lo que significan.

La Sociedad para la Restauración Ecológica indica que la restauración ecológica es el proceso de recuperar y manejar la integridad ecológica de un sistema, siendo que esta integridad incluye un rango crítico de variabilidad en biodiversidad, procesos ecológicos y estructuras en un contexto regional, cultural e histórico, sugiriendo que los parámetros fundamentales a recuperar son la biodiversidad del sistema y sus procesos ecológicos, esto último es altamente complejo principalmente frente a la nula información ecológica que suele tenerse del sistema antes de la perturbación.

Es precisamente en este punto que la experiencia del reconocido geobotánico Dr. Gonzalo Navarro Sánchez hace la diferencia, pues en su obra “Geografía Ecológica de Bolivia”, ampliamente difundida en

la comunidad científica ambiental de nuestro país, identifica la vegetación potencial de los ecosistemas bolivianos, punto de partida para elaborar la presente propuesta, misma que ha sido elaborada por el Dr. Navarro y su equipo de investigación integrado por la Mgr. Nelly de la Barra y estudiantes destacados de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Boliviana San Pablo regional Cochabamba.

Esta obra parte de la idea de que la restauración de un sistema acuático requiere de la restauración de su interconectividad con el sistema terrestre circundante; por ello, el énfasis en la cuenca, llegando así a proponer un sistema integral de restauración. Para ello, nuestros autores parten de la caracterización de las unidades ambientales integradas desde un enfoque biogeofísico a fin de establecer la zonificación de la microcuenca de la laguna Alalay y derivar en acciones concretas para cada unidad zonificada. Como apoyo se incluye una guía fotográfica para orientar al usuario en el reconocimiento de las especies vegetales locales, su manejo y aplicabilidad en la restauración.

Por lo tanto, tengo el placer de presentar a la comunidad cochabambina este aporte científico elaborado con fondos de inversión en investigación que realiza el Rectorado Nacional de la Universidad Católica Boliviana, a fin de contribuir al trabajo que realizan instituciones públicas y privadas en la recuperación de nuestra icónica Laguna Alalay, agradeciendo la confianza en nuestro equipo científico.

Confío que este libro pasará a ser un buen material de consulta y estudio tanto para estudiantes y profesionales del área, así como para vecinos de las Organizaciones Territoriales de Base (OTB) circundantes a la laguna Alalay comprometidos con la restauración de su ecosistema.

***Estela Herbas Baeny***

Directora de la carrera de Ingeniería Ambiental  
Universidad católica Boliviana “San Pablo”  
Unidad académica Regional Cochabamba

<b>PARTE 1.</b>	
<b>CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA TERRESTRE DE ALALAY .....</b>	<b>9</b>
1. Introducción y problemática .....	11
2. Delimitación del área de trabajo .....	13
3. Caracterización de los sistemas ambientales .....	15
a. Bioclima.....	15
b. Unidades geofísicas (relieve, litología, geomorfología, suelos) .....	18
c. Unidades de vegetación potencial y actual .....	22
4. Unidades ambientales integradas y su estado de conservación .....	33
Criterios de estimación del estado actual general de conservación .....	35
5. Caracterización de los sistemas urbanos.....	36
Tipología y características de los sistemas urbanos .....	36
6. Influencia de los sistemas urbanos en la Laguna .....	46
7. Identificación de impactos, perturbaciones y fuentes contaminantes .....	49
<b>PARTE 2.</b>	
<b>DISEÑOS Y ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN .....</b>	<b>53</b>
1. Bases conceptuales y metodológicas de la propuesta de restauración.....	53
2. Referencias, estrategias globales y metas a largo-medio plazo para la restauración ecológica de la cuenca lacustre de Alalay .....	56
3. Propuesta de objetivos, atributos de intervención, magnitudes y tiempos.....	58
4. Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración..	60
4.1. Descripción de tipos de estrategias específicas a utilizar .....	60
4.2. Tipos de diseños espaciales de restauración a utilizar .....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
<b>PARTE 3.</b>	
<b>GUÍA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PLANTAS NATIVAS PARA LA RESTAURACIÓN DE LA MICROCUENCA TERRESTRE ALALAY .....</b>	<b>80</b>
DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES.....	80
<b>Grupo Arboles</b>	
Soto ( <i>Schinopasis haenkeana</i> ) .....	82
Kacha del Cerro ( <i>Aspidosperma horcoebrecho</i> ) .....	84
Tajibo rosado ( <i>Handroanthus impetiginosus</i> ).....	86
Jacarandá, Tarko ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> ) .....	88
Kellu tarko, Guaranguay ( <i>Tecoma stans</i> ).....	90

Gargatea ( <i>Vasconcellea quercifolia</i> ) .....	92
Churqui, Espino ( <i>Vachellia (Acacia) caven</i> ) .....	94
Jarka ( <i>Senegalia (Acacia) visco</i> ) .....	96
Ceibo, Chilijchi ( <i>Erythrina falcata</i> ) .....	98
Algarrobo valluno ( <i>Prosopis alba</i> ) .....	100
Algarrobo del cerro ( <i>Prosopis laevigata var. andicola</i> ) .....	102
Tipa ( <i>Tipuana tipu</i> ) .....	104
Jorochi ( <i>Ceiba boliviiana</i> ) .....	106
Toborochi ( <i>Ceiba insignis</i> ) .....	108
Cedro ( <i>Cedrela angustifolia</i> ) .....	110
Sauce criollo ( <i>Salix humboldtiana</i> ) .....	112

## Grupo Arbustos y palustres

Luyo-Luyo ( <i>Schinus fasciculata</i> ) .....	114
Chillka ( <i>Baccharis salicifolia</i> ) .....	116
Chillka rosada, Chillka de río ( <i>Pluchea absinthioides</i> ) .....	118
San Marcos ( <i>Tessaria fastigiata</i> ) .....	120
Wuaranway, Guaranguayo ( <i>Tecoma fulva</i> ) .....	122
Junquillo ( <i>Schoenoplectus americanus</i> ) .....	124
Totora ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ) .....	126
Matara o Piri piri ( <i>Typha dominguensis</i> ) .....	128
Pinchanilla ( <i>Acalypha lycioides</i> ) .....	130
Quiñi ( <i>Vachellia (Acacia) macracantha</i> ) .....	132
Alq'o huchu ( <i>Lycianthes lycioides</i> ) .....	134
Tankarar ( <i>Vassobia fasciculata</i> ) .....	136
Kutu kutu, Tururo huachana ( <i>Aloysia gratissima</i> ) .....	138
J'anka j'anka blanca ( <i>Lantana balansae</i> ) .....	140
J'anka j'anka rosada ( <i>Lantana micrantha</i> ) .....	142
Lipia ( <i>Lippia boliviiana</i> ) .....	144
Cardón, Upacana ( <i>Cereus haenkeanus</i> ) .....	146
Kewayllu ( <i>Cleistocactus parviflorus</i> ) .....	148
Cactus ( <i>Echinopsis (cochabambensis)</i> huotii) .....	150
Ulala, pasakana ( <i>Harrisia tetracantha</i> ) .....	152
Ayrampu, Tunilla del cerro ( <i>Opuntia sulphurea</i> ) .....	154

## Grupo Herbáceas

Heliotropo salino ( <i>Heliotropium curassavicum</i> ) .....	156
Pasto salino, Grama salina ( <i>Distichlis spicata</i> ) .....	158
Lengua de buey ( <i>Rumex crispus</i> ) .....	160
Verdolaga salina ( <i>Sesuvium portulacastrum</i> ) .....	162
Paico ( <i>Dysphania (Chenopodium) ambrosioides</i> ) .....	164

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Datos climáticos (SENAMHI y AASANA) e índices bioclimáticos de Cochabamba (Aeropuerto) para el periodo 1972 a 1996 .....	16
<b>Tabla 2.</b> Índices y valores hídricos climáticos de Cochabamba.....	18
<b>Tabla 3.</b> Unidades geomorfológicas que forman parte del área de estudio de la cuenca .....	20
<b>Tabla 4.</b> Clasificación y características de las unidades y subunidades geomorfológicas de la Cuenca Alalay .....	21
<b>Tabla 5.</b> Unidades geomorfológicas y sus correspondientes unidades de vegetación potencial.....	24
<b>Tabla 6.</b> Estimación general del estado actual de conservación de las Unidades Ambientales Integradas.....	36
<b>Tabla 7.</b> OTBs que constituyen el área de estudio .....	37
<b>Tabla 8.</b> Caracterización general y superficies totales de áreas verdes en cada Unidad Ambiental Integrada .....	43
<b>Tabla 9.</b> Tipos de impactos generales identificados en la zona de estudio ...	50
<b>Tabla 10.</b> Establecimiento de referencias, estrategias globales y metas a largo-medio plazo para la restauración ecológica de la cuenca lacustre de Alalay .....	57
<b>Tabla 11.</b> Zonas (unidades ambientales) de la Serranía de San Pedro: propuesta de objetivos, atributos de intervención, magnitudes y tiempos .....	58
<b>Tabla 12.</b> Zonas urbanas y lacustres: propuesta de objetivos, atributos de intervención, magnitudes y tiempos .....	59
<b>Tabla 13.</b> Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración: zonas de la Serranía de San Pedro.....	63
<b>Tabla 14.</b> Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración: zonas urbanas y lacustres .....	69

# Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Situación y límites del área de la Cuenca Laguna Alalay: la línea roja delimita el área de estudio .....	14
<b>Figura 2.</b> Clasificación bioclimática y climodiagrama de Cochabamba, para el periodo 1972 a 1996 .....	17
<b>Figura 3.</b> Mapa de Vegetación Potencial de la Cuenca de la Laguna Alalay.....	25
<b>Figura 4.</b> Mapa de Unidades Ambientales Integradas de la Cuenca de la Laguna Alalay.....	34
<b>Figura 5.</b> Mapa de Organizaciones Territoriales de Base de la Cuenca de la Laguna Alalay. ....	38
<b>Figura 6.</b> Zonificación de acuerdo a la propuesta del plan municipal.....	39
<b>Figura 7.</b> Distribución de áreas verdes en el área de estudio .....	41
<b>Figura 8.</b> Mapa de Cobertura y Uso del Suelo de la Cuenca de la Laguna Alalay.....	45
<b>Figura 9.</b> Cuenca y entorno de la Laguna Alalay.....	48
<b>Figura 10.</b> Ubicación de los rebalses de aguas servidas en áreas adyacentes a la Laguna Alalay.....	49
<b>Figura 11.</b> Mapa de diseños de restauración ecológica de la Cuenca Terrestre de la Laguna Alalay.....	76

# Parte 1

## Caracterización y diagnóstico de la microcuenca terrestre de Alalay

1



# Caracterización y diagnóstico de la microcuenca terrestre de Alalay

## 1. Introducción y problemática

Los sistemas acuáticos del Municipio de Cochabamba representan los ecosistemas más valorados y estudiados por distintas unidades de investigación, entre ellas la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” y la Universidad Mayor de San Simón, destacando los realizados en la Laguna Alalay que nos muestran un estado de eutrofización y contaminación que se ha acentuado desde hace varias décadas.

La Laguna Alalay poseía una profundidad cercana a 1 metro entre los años 1979 y 1982, con aguas transparentes, hipermineralizadas y de pH alcalino. Para el año 1989, la eutrofización avanzó rápidamente y durante el período 1989-1991 se presentó una tendencia a la mineralización y concentración de sales como bicarbonatos, sulfatos y sodio. A partir de la década de los 90s, se realizaron varias obras para evitar la eutrofización de este cuerpo de agua. Desde entonces, esta laguna atraviesa diferentes etapas en que alternan aguas turbias y claras, así mismo la vegetación palustre que se desarrolla en los márgenes y la vegetación acuática han sido condicionadas por estos cambios físico-químicos.

La Laguna Alalay es un caso prototípico de cuerpo de agua urbano en un clima semiárido de montaña tropical, que afronta una situación crítica desde hace muchos años, situación que se ha ido agravando progresivamente hasta constituir en la actualidad un grave y complejo problema ambiental. Y ello, a pesar de los diversos servicios clave, tanto ecológicos como educativos y recreacionales que la laguna presta o podría prestar a la ciudad en su conjunto y a los barrios aledaños en particular. Los esfuerzos y tentativas de recuperación de esta laguna, efectuados a lo largo de los últimos años por parte de diversas instituciones, hacen énfasis de forma principal o totalmente en el ecosistema acuático y en su remediación mediante diversas técnicas parciales.

► Sin embargo, son escasas o muy limitadas las propuestas que intentan abordar de forma científica e integrada el conjunto constituido por los ambientes terrestres que conforman la cubeta lacustre inmediata al cuerpo de agua, y que interactúan determinando o condicionando la evolución del mismo, incluyendo tanto los sistemas naturales o seminaturales de la adyacente Serranía de San Pedro, como los diversos ambientes urbanos que rodean la laguna.

En este sentido, el presente manual- con enfoque en restauración ecológica basada en la Ecología del Paisaje- constituye un aporte inédito y con enfoque ecosistémico, que puede mejorar o complementar sustancialmente los intentos por recuperar y hacer sostenible la viabilidad de la Laguna Alalay.

La Laguna Alalay constituye un ejemplo típico de laguna urbana semiartificial. Su cubeta lacustre natural original tiene un origen geológico antiguo durante el Cuaternario, centrado en la fase interglaciar lacustre Minchin hace entre 26 000 y 28 000 años, episodio de lagos altiplánicos y vallunos que se situó entre las etapas glaciares Choqueyapu I y Choqueyapu II, bien documentadas científicamente por estudios previos (Servant, 1977; Lavenu *et al.*, 1984; Argollo, 1994; Wirrmann y Mourguia, 1995; Strahl, 1998; Renner y Velasco, 2000). Posteriormente, la laguna pasó durante el Holoceno un proceso natural de colmatación que llevó al relleno sedimentario progresivo de su cubeta, causando la casi desaparición como cuerpo de agua natural, tal como lo demuestran los datos de investigaciones palinológicas (Strahl, 1998) en pozos perforados en el Valle Central de Cochabamba. Sin embargo, todavía mantuvo al parecer cierto volumen de agua en épocas históricas preincaicas y posteriores (“*k’hocha pampa*”). A partir de estas épocas, la Laguna Alalay pasó a ser un cuerpo de agua urbano, re-creado y mantenido artificialmente por la ciudad con diversas funciones críticas e importantes de regulación hídrica, conservación de la biodiversidad, urbanización, ecoturismo o recreo (Vargas, 2016).

Este cuerpo de agua ha sufrido un constante deterioro en sus condiciones biofísicas, debido a varios factores históricos recurrentes. En primer lugar, las fuentes y emisiones de contaminantes o de residuos diversos en continuo aumento, con la ausencia o ineficiencia en el control de los mismos en cuanto a su vertido directo o diferido en la Laguna Alalay; así como en segundo lugar, debido a la progresiva urbanización irregular o no sostenible de las orillas y cuenca lacustre inmediata, así como la degradación de la vegetación en la adyacente Serranía de San Pedro, con la consecuente erosión de la misma que repercute en la colmatación de la cubeta. Numerosos estudios científicos, acumulados en los últimos tiempos y hasta la actualidad, documentan y siguen de forma precisa la evolución en las condiciones de progresiva degradación, eutrofización, salinización y contaminación de las aguas de la laguna; identificando y proponiendo muchos de ellos medidas correctoras o de restauración de la idoneidad del agua (por ejemplo: Barra *et al.*, 1983; Maldonado y Goitia, 1993; Van Damme *et al.*, 1998; Ayala *et al.*, 2007; Acosta *et al.*, 2007; Acosta, 2015; Goitia, 2016; CASA/ULRA-UMSS, 1990 a 2016; Romero, 2016; Mercado, 2016; Guevara y Quillaguamán, 2016). Varias de estas investigaciones

identifican de forma recurrente a los vertidos de todo tipo que afluyen y confluyen hacia la Laguna como la principal causa de su degradación.

Asimismo, existen distintos estudios sobre la diversidad acuática y palustre de Alalay, con énfasis en el conocimiento del plancton, macrófitas acuáticas, peces y aves de humedales (por ejemplo: Barra *et al.* 1983; Cadima, 1998; Balderrama y Arias, 2001; Navarro y Maldonado, 2002; De la Barra *et al.*, 1999; De la Barra, 2003; Ayala *et al.*, 2006; Arraya *et al.*, 2009; Carvajal, 2015; Balderrama, 2016).

► En contraste con esta situación, no hay estudios publicados específicamente acerca de la caracterización biogeofísica de la cubeta lacustre terrestre que enmarca a la Laguna Alalay; con excepción del trabajo pionero en este sentido y detallado científicamente para el conjunto del área urbana de Cochabamba, de De la Barra (1998). Existiendo además una falta de estudios sobre la idoneidad ecológica o estado actual de degradación de los ecosistemas seminaturales y urbanos que conforman la cubeta terrestre de la Laguna. Esta problemática representa todavía un desafío importante, de cara a poder plantear de forma consistente y holística un auténtico plan integral de recuperación de la Laguna, teniendo en cuenta que como todo cuerpo lacustre, su dinámica y condiciones dependen en gran parte de las existentes en su cuenca terrestre inmediata.

De esta forma, la remediación únicamente enfocada hacia el agua, probablemente no conseguirá los objetivos de remediación y recuperación que son tan urgentes, siendo por tanto una necesidad imperiosa la consideración además de la cuenca lacustre proximal en su conjunto.

Por tanto, esperamos que un diseño espacializado y basado en elementos concretos del paisaje, como claves de la restauración ecológica de la cuenca lacustre, sea determinante para coadyuvar a la rehabilitación y remediación holísticas efectivas del cuerpo de agua.

## 2. Delimitación del área de trabajo

Este manual se refiere a la zona sureste del Valle Central del Municipio de Cochabamba, incluyendo serranías y colinas adyacentes a la cubeta lacustre de la Laguna Alalay (Figura 1).

Por tanto, el área de estudio abarca al conjunto de la depresión o cuenca lacustre inmediata de Alalay, comprendida entre las divisorias orográficas (2760 – 2800 m de altitud, IGM 1996) y laderas montañosas occidentales de la Serranía de San Pedro-El Abra que la circundan por el este; y las divisorias orográficas (2620 – 2790 m de altitud, IGM 1996) y laderas orientales de la Serranía de Ticti-Cerro Verde, que la enmarcan hacia el

oeste. La laguna actual se halla en la parte más baja de la depresión topográfica situada entre ambas alineaciones montañosas, sin embargo, por el norte y por el sur, está bordeada únicamente por zonas planas de esta misma depresión, que se encuentran solo pocos metros por encima del cuerpo de agua.

A excepción de parte de las divisorias y laderas meridionales de la Serranía de San Pedro-El Abra, que mantienen ecosistemas seminaturales, el resto de la cuenca lacustre terrestre inmediata se halla urbanizada en la actualidad.



Figura 1. Situación y límites del área de la Cuenca Laguna Alalay: la línea roja delimita el área de estudio. Fuente: Original

### 3. Caracterización de los sistemas ambientales

La caracterización ecológica general de la Cuenca se basa en Navarro (2002); Josse *et al.* (2003), Navarro (2011), Rivas-Martínez *et al.* (2011) y Navarro *et al.* (2015); todo ello ha sido complementado con inventarios actuales realizados en varios sitios del área de estudio.

Biogeográficamente (Navarro 2011), la zona de estudio se halla situada jerárquicamente en:

- Reino Neotropical
  - o Región Andina Tropical
    - Provincia Biogeográfica Boliviano-Tucumana
    - Sector Biogeográfico del Río Grande-Piray
    - o Distrito Biogeográfico Cuenca del Caine-Rocha

#### a. Bioclima

Utilizando los datos climáticos de Cochabamba (Aeropuerto) existentes en la serie de 25 años más consistente, continua y comparable (1972 a 1996) del SENAMHI y AASANA (ver Tabla 1), clasificamos el bioclima de Cochabamba como: Mesotropical xérico seco inferior. Este bioclima se distribuye en todo el fondo del valle y hacia las laderas inferiores de las serranías circundantes entre 2 500 – 3 200 m de altitud, caracterizándose por 5 a 6 meses de sequía (Figura 2), en los cuales la precipitación es inferior al doble de la temperatura media ( $P < 2T$ ).

La principal limitante bioclimática en Cochabamba es por tanto la intensa y larga época seca, la cual condiciona totalmente no solo los ecosistemas y la biodiversidad, sino de forma drástica a la población humana y su acceso al agua. Asimismo, la sequía bioclimática, *COMO PRINCIPAL FACTOR LIMITANTE, influye de manera decisiva en la eficacia y sostenibilidad de las posibles medidas de restauración ecológica a proponer*. Por ello, se analizó especialmente con objeto de caracterizar esta limitante natural de forma más precisa (ver Tabla 2).

## COCHABAMBA -COCHABAMBA- (BOLIVIA)

Altitude: 2570 m

Latitude: 17° 22'S Longitude: 66° 10'W

Temperature observation period.: 1972-1996 (25)

Rainfall observation period....: 1972-1996 (25)

	Ti	Mi	mi	M'i	m'i	Pi	EPi
<b>Jan</b>	18.7	25.2	12.2	0.0	0.0	121.8	82.4
<b>Feb</b>	18.8	25.7	11.9	0.0	0.0	76.8	72.1
<b>Mar</b>	18.5	25.8	11.2	0.0	0.0	71.8	75.1
<b>Apr</b>	17.9	26.9	8.8	0.0	0.0	19.6	65.5
<b>May</b>	15.5	26.7	4.3	0.0	0.0	2.3	50.9
<b>Jun</b>	13.4	25.2	1.7	0.0	0.0	2.1	37.7
<b>Jul</b>	13.5	25.1	1.8	0.0	0.0	1.8	39.5
<b>Aug</b>	15.3	26.0	4.5	0.0	0.0	4.4	52.3
<b>Sep</b>	17.2	27.0	7.5	0.0	0.0	8.4	63.0
<b>Oct</b>	19.2	28.2	10.3	0.0	0.0	18.8	83.3
<b>Nov</b>	19.8	28.0	11.6	0.0	0.0	41.6	87.1
<b>Dec</b>	19.5	26.6	12.4	0.0	0.0	81.6	88.7
<b>Year</b>	17.3	26.4	8.2	0.0	0.0	451.0	797.5

## BIOCLIMATIC INDICES AND DIAGNOSIS

Thermicity index.....	(It):	442
Compensated thermicity index.....	(Itc):	442
Simple continentality index.....	(Ic):	6.4
Diurnality index.....	(Id):	23.5
Annual ombrothermic index.....	(Io):	2.18
Monthly dry ombothermic index.....	(Iod1):	0.13
Bimonthly dry ombothermic index.....	(Iod2):	0.14
Threemonthly dry ombothermic index.....	(Iod3):	0.15
Fourmonthly dry ombothermic index.....	(Iod4):	0.43
Annual ombo-evaporation index.....	(Ioe):	0.56
Annual positive temperature.....	(Tp):	2073
Annual negative temperature.....	(Tn):	0
Dry station temperature.....	(Td):	424
Positive precipitation.....	(Pp):	451

**Tabla 1.** Datos climáticos (SENAMHI y AASANA) e índices bioclimáticos de Cochabamba (Aeropuerto) para el periodo 1972 a 1996. Fuente: CIF (2000).

Significado de abreviaturas en la Tabla 1: Ti temperatura media mensual y anual; Mi media de las temperaturas máximas mensuales y anual; mi media de las temperaturas mínimas mensuales y anual; Pi precipitación total media mensual y anual; EPi evapotranspiración total media mensual y anual.

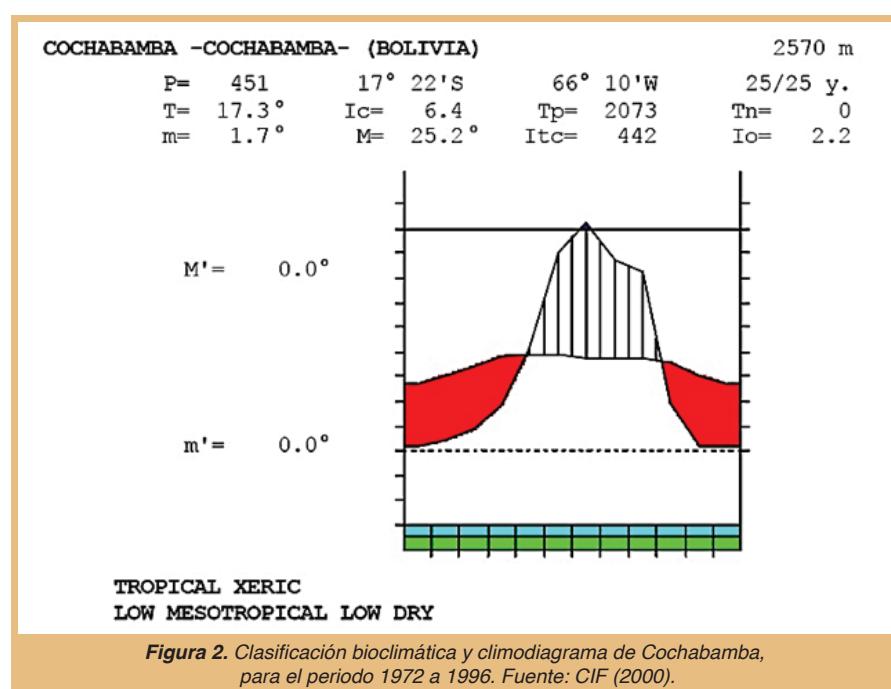


Figura 2. Clasificación bioclimática y climodiagrama de Cochabamba, para el periodo 1972 a 1996. Fuente: CIF (2000).

De la observación, tanto de la Figura 2 (climodiagrama) como especialmente de la tabla 2, podemos concluir lo siguiente:

- a- La época de **déficit hídrico** es muy larga, comenzando en promedio el 27 de abril y terminando el 4 de diciembre. Es decir, que dura aproximadamente unos 7 meses.
- b- Le sigue una época de imbibición que empieza el 5 de diciembre en promedio y se prolonga hasta fines de febrero o comienzos de marzo. En este periodo, el suelo va empapándose y saturándose progresivamente de humedad, coincidiendo con el máximo de la época de lluvias que suele darse en el mes de febrero.
- c- Una característica importante, es la casi inexistencia o inexistencia total de periodo de **saturación hídrica**, debido a la corta duración de las lluvias. Tan solo de forma excepcional se da una época clara de saturación de humedad edáfica en años más lluviosos, y ocurre a comienzos del mes de marzo.
- d- El **uso de la reserva hídrica** del suelo por las plantas empieza en promedio hacia el 18 de febrero, terminando aproximadamente el 26 de abril. Es decir, que **a partir de fines de abril el suelo se queda sin reservas útiles de agua para las plantas**.

## WATER INDEX CARD COCHABAMBA -COCHABAMBA- (BOLIVIA)

Altitude: 2570 m Latitude: 17° 22'S

	T	PE	P	VR	R	RE	DF	SP	DR	HC
Jul	13.5	39	2	0	0	2	38	0	0	-0.9
Aug	15.3	52	4	0	0	4	48	0	0	-0.9
Sep	17.2	63	8	0	0	8	55	0	0	-0.9
Oct	19.2	83	19	0	0	19	64	0	0	-0.8
Nov	19.8	87	42	0	0	42	45	0	0	-0.5
Dec	19.5	89	82	0	0	82	7	0	0	-0.1
Jan	18.7	82	122	39	39	82	0	0	0	0.5
Feb	18.8	72	77	5	44	72	0	0	0	0.1
Mar	18.5	75	72	-3	41	75	0	0	0	-0.0
Apr	17.9	66	20	-41	0	60	5	0	0	-0.7
May	15.5	51	2	0	0	2	49	0	0	-0.9
Jun	13.4	38	2	0	0	2	36	0	0	-0.9
Year	17.3	798	451	*	*	451	347	0	0	*

R = Reserve VR = Variation of the reserve DF = Deficit SP = Superavit  
 DR = Drainage HC = Humidity coefficient RE = Real evapotranspiration

## COCHABAMBA -COCHABAMBA- (BOLIVIA)

17°22'S 66°10'W 2570 m 25/25 y.

T= 17.3 Ic= 6.4 TROPICAL XERIC  
 m= 1.7 Tp= 2073 LOW MESOTROPICAL  
 M= 25.2 Tn= 0 LOW DRY  
 T'= 0.0 Itc= 442  
 m'= 0.0 Io= 2.2  
 P= 451 mm —  
 PE= 798 mm —

Imbibing	5 Dec.
■■■ Saturation	
Reserve Use	18 Feb.
□□ Deficit	27 Apr.

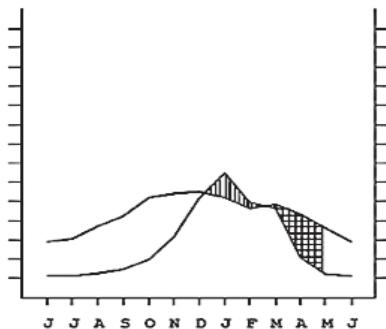


Tabla 2. Índices y valores hidráticos climáticos de Cochabamba. Fuente: CIF (2000).

**b. Unidades geofísicas (relieve, litología, geomorfología, suelos**

La cubeta lacustre terrestre de la Laguna Alalay circunda una depresión orográfica de origen tectónico, que fue ocupada hace aproximadamente unos 27 000 años por el primitivo lago Alalay, coincidente con la etapa lacustre interglacial Choqueyapu I y Choqueyapu II, la cual originó en el Altiplano el gran paleo-lago Minchin, antecesor de los actuales grandes lagos y salares del centro-sur altiplánico de Bolivia. Este origen geológico lleva a concluir el carácter natural antiguo (pleistoceno) de la Laguna Alalay, que ha ido colmatándose de sedimentos fluvio-lacustres durante el periodo Holoceno hasta casi desaparecer en épocas recientes como cuerpo de agua natural.

En la actualidad y globalmente, la depresión lacustre de Alalay se sitúa en

el extremo distal del pequeño glacis de piedemonte local de la Serranía de San Pedro, limitando hacia el norte con los depósitos fluviolacustres del valle del Río Rocha.

La Serranía de San Pedro, enmarca por el este la cubeta lacustre, alcanzando en este sector altitudes máximas algo superiores a los 2 800 m. Por el oeste, la pequeña serranía del Cerro Verde en su porción septentrional que rodea la Laguna alcanza altitudes máximas de poco más de 2 600 m. El fondo de la cubeta se sitúa a una altitud media de 2 575 m, subiendo ligeramente el terreno hacia el norte y sur de la laguna hasta altitudes poco mayores de 2 580 m.

Litológicamente (GEOBOL, 1994), en la Serranía de San Pedro predominan rocas muy antiguas del periodo Ordovícico (era paleozoica o primaria). Los sedimentos que después de millones de años originaron estas rocas, se depositaron en el fondo del mar y se agrupan en dos formaciones litoestratigráficas:

- Formación Anzaldo (Ordovícico inferior), constituida principalmente por limolitas y areniscas. Las limolitas son rocas blandas y friables, más fácilmente erosionables que las areniscas, las cuales son en general más duras y resistentes a la erosión.
- Formación San Benito (Ordovícico superior), conformada por potentes bancos masivos de cuarcitas muy duras, de gran resistencia a la erosión y por eso a menudo resaltan en el paisaje conformando escarpes o afloramientos rocosos.

En conjunto, la Serranía de San Pedro presenta un estilo de relieve en cuesta, con los frentes (bordes de los estratos) mirando expuestos hacia el este-noreste y los reversos (superficie de los estratos) orientados mirando hacia el oeste-suroeste. Esta disposición tectónica determina una notable asimetría orográfica, de manera que los flancos occidentales presentan globalmente pendientes más suaves en comparación con los flancos orientales que son mucho más abruptos y con pendientes mayores. Todo el conjunto ha sido afectado, fragmentado y parcialmente re-direccionalizado por sistemas de fallas locales y fracturas que son aprovechadas por las principales quebradas que en sentido cataclinal (discurriendo por los reversos occidentales de la serranía), disecan o cortan las laderas y vierten hacia la cubeta de la laguna.

En cuanto a la serranía del Cerro Verde, se encuentra constituida por rocas antiguas paleozoicas (era primaria) del periodo Silúrico, también de origen marino, que pertenecen a las siguientes formaciones litoestratigráficas:

- Formación Uncía (Silúrico inferior): lutitas, areniscas y limolitas.
- Formación Catavi (Silúrico superior): areniscas intercaladas con lutitas.

Los piedemontes de las serranías que flanquean la cuenca lacustre tienen una litología de granulometría decreciente, desde gravas y piedras en la base de los cerros a arenas, limos y arcillas hacia el centro de la microcuenca, más lejos de las serranías. El fondo de la cubeta lacustre está llenado por sedimentos finos arcilloso-limosos.

La cuenca terrestre de la Laguna Alalay tiene una marcada asimetría en sentido oeste-este, de forma que el piedemonte del bajo Cerro Verde hacia la Laguna es mínimo en comparación con el existente en la zona del Country Club, donde el piedemonte de Serranía de San Pedro es mucho más extenso.

► En sentido norte-sur la cubeta de la Laguna apenas se halla solo un poco más abajo (unos 5 m) respecto al nivel topográfico medio de la llanura fluvio-lacustre adyacente de Cochabamba.

Las unidades y subunidades geomorfológicas de la cuenca lacustre se estructuran a continuación según la Tabla 3:

### UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA TERRESTRE ALALAY

- 1. Serranía San Pedro
  - **Laderas montañosas** de los flancos occidentales de la Serranía de San Pedro.
    - Sub-divisorias orográficas de microcuenca
    - Laderas cataclinales
    - Afloramientos rocosos
    - Quebradas montañosas cataclinales
  - **Piedemontes** de la Serranía de San Pedro.
    - Glacis de piedemonte Country Club: 1.35 km de longitud variación altitudinal desde 2620 m a 2577 m
    - Glacis de piedemonte Abra norte: 0.43 km longitud, variación altitudinal desde 2622 m a 2577 m
    - Arroyos
- 2. Serranía del Cerro Verde
  - **Laderas montañosas** de los flancos orientales de la Serranía del Cerro Verde.
  - **Piedemonte** de la Serranía del Cerro Verde.
- 3. Superficie fluvio-lacustre Alalay.

Tabla 3. Unidades geomorfológicas que forman parte del área de estudio de la cuenca. Fuente: Original.

A nivel más detallado y basándose en datos propios de las prospecciones en campo y en interpretación de imágenes Google Earth, las unidades geomorfológicas y suelos de la cuenca terrestre de Alalay se clasifican como sigue (Tabla 4):

UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		TOPOGRAFÍA Y CARACTÉRISTICAS	LITOLOGÍA (GEOBOL, 1994)	GRUPOS DE SUELOS (FAO, 2012)
1. Serranía San Pedro	Sub-divisorias orográficas de microcuencas	Crestas topográficas de microcuencas (altitud máxima aprox. 2800 m)		-Leptosoles -Regosoles
	Laderas cataclínales (reverso de cuesta)	Pendientes medianas disectadas	Lutitas, Areniscas, Cuarcitas, (Ordovícico)	-Leptosoles -Regosoles, -Cambisoles
	Afloramientos rocosos	Superficies y frentes de estratos rocosos		-Leptosoles líticos
	Quebradas montañosas cataclínales	Régimen torrential temporal		-Regosoles fluvicos
	Glacis de piedemonte Country Club:	1.35 km de longitud variación altitudinal promedio de 43 m (desde 2620 m a 2577 m)	Depósitos coluvio-fluviales de piedemonte: Gravas, Arenas, Limos, Arcillas	-Regosoles fluvicos -Cambisoles -Gelosoles
	Glacis de piedemonte Abra norte:	0.43 km longitud, variación altitudinal promedio de 45 m (desde 2622 m a 2577 m)	Depósitos coluvio-fluviales de abanico: Gravas, Arenas, Limos, Arcillas	-Tecnosoles úrbicos, gárbicos y transpórticos
	Arroyos de glacis	Cauces temporales estacionales y parcialmente represados o canalizados	Arenas, Limos, Arcillas	-Regosoles fluvicos -Fluvisoles -Tecnosoles úrbicos, gárbicos y transpórticos
	Laderas montañosas de los flancos orientales de la Serranía del Cerro Verde.	Laderas urbanizadas de frente de cuesta	Lutitas, Limolitas, Areniscas, (Silúrico)	Tecnosoles úrbicos y gárbicos
	Piedemonte de la Serranía del Cerro Verde	Franja pedemontana oriental del Cerro Verde	Franja angosta en leve pendiente hacia el centro de la Laguna a casi plana	Depósitos lacustres: Limos, Arcillas
	Márgenes lacustres de Alalay	Márgenes lacustres Alalay	Llanuras levemente inclinadas hacia el centro de la cubeta lacustre	Depósitos lacustres: Limos, Arcillas
Tabla 4. Clasificación y características de las unidades y subunidades geomorfológicas de la Cuenca Alalay. Fuente: Original.				

- Los tipos de suelos que se mencionan en la última columna de la tabla anterior pueden consultarse por lo que respecta a sus características y clasificación en la página: <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>

Donde se puede descargar la versión en español de la clasificación de suelos de FAO.

### c. Unidades de vegetación potencial y actual

En general, la Cuenca de Alalay está caracterizada por ser un paisaje urbano, donde coexisten áreas con vegetación secundaria formando distintas etapas de sustitución de los bosques originales. Sin embargo, es posible encontrar áreas con la vegetación nativa original, con fragmentos de bosques nativos con sus etapas de sustitución refugiados en las laderas de las serranías y cerros que rodean a la Cuenca, así como ejemplares arbóreos relictos de la vegetación nativa en algunos parques, patios de casas particulares y terrenos baldíos.

Actualmente la vegetación original se encuentra degradada y muy intervenida por diversos usos y presiones de naturaleza humana, es habitual encontrar distintos tipos de vegetación sucesional (reconocidos como etapas de sucesión de la vegetación original), formando mosaicos intercalados con áreas naturales y con viviendas dispersas en las zonas periféricas al este de la laguna, las cuales se describen en este trabajo.

La descripción de la vegetación se realiza siguiendo la correlación entre las distintas unidades geomorfológicas identificadas para la cuenca (ver sección anterior) y los tipos de comunidades vegetales que en ellas se desarrollan, pudiendo agruparse como sigue:

- **Vegetación potencial:** caracterizada en base a los relictos o remanentes de la vegetación boscosa original (vegetación potencial climatófila, en suelos bien drenados no inundables; y vegetación edafohigrófila, en suelos saturados de agua).
- **Vegetación actual:** constituye las distintas etapas de sucesión o degradación que se desarrollan de forma dispersa formando un mosaico sobre el terreno.
- **Vegetación acuática y palustre:** aquella que desarrolla en bordes del espejo de agua de la laguna, algunos canales de riego, charcas, etc.
- **Vegetación ruderaria:** constituida por comunidades de malezas asociadas a suelos perturbados o con influencia de actividades humanas.

Toda la zona de estudio se desarrolla en el Piso Ecológico Montano

(Navarro *et al.*, 2015. Antes de la intervención humana, la vegetación potencial original de la microcuenca lacustre, estaba constituida fundamentalmente por seis tipos de bosques.

► Ver mapa de la **Figura 3** para la superficie ocupada por cada tipo de vegetación potencial y **Tabla 2** para un resumen sinóptico de los tipos de bosques nativos potenciales de la microcuenca y sus correspondientes etapas de degradación o sustitución.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES DE VEGETACIÓN POTENCIAL ORIGINAL	ETAPAS DE VEGETACIÓN SUCESIONAL O DEGRADADA CORRESPONDIENTES
Serranía San Pedro	Laderas montañosas de los flancos occidentales de la serranía	Remanentes del bosque potencial de <b>Soto y Gargatea</b> ( <i>Vasconcellea quercifolia</i> - <i>Schinopsis haenkeana</i> )
		Vegetación azonal saxícola (de rocas) con el <b>cactus globular</b> <i>Parodia schwebsiana</i> y la <b>K'ayara</b> valluna ( <i>Puya glabrescens</i> ).
	Quebradas no urbanizadas	Remanentes del bosque ripario de Sauce ( <i>Salix humboldtiana</i> )
Piedemontes de la Serranía de San Pedro		
		Remanentes del bosque potencial original del <b>Algarrobal no salino</b> ( <i>Schinus fasciculatus</i> - <i>Prosopis alba</i> ) y del bosque freatofilo de Chilijchi ( <i>Erythrina falcata</i> )

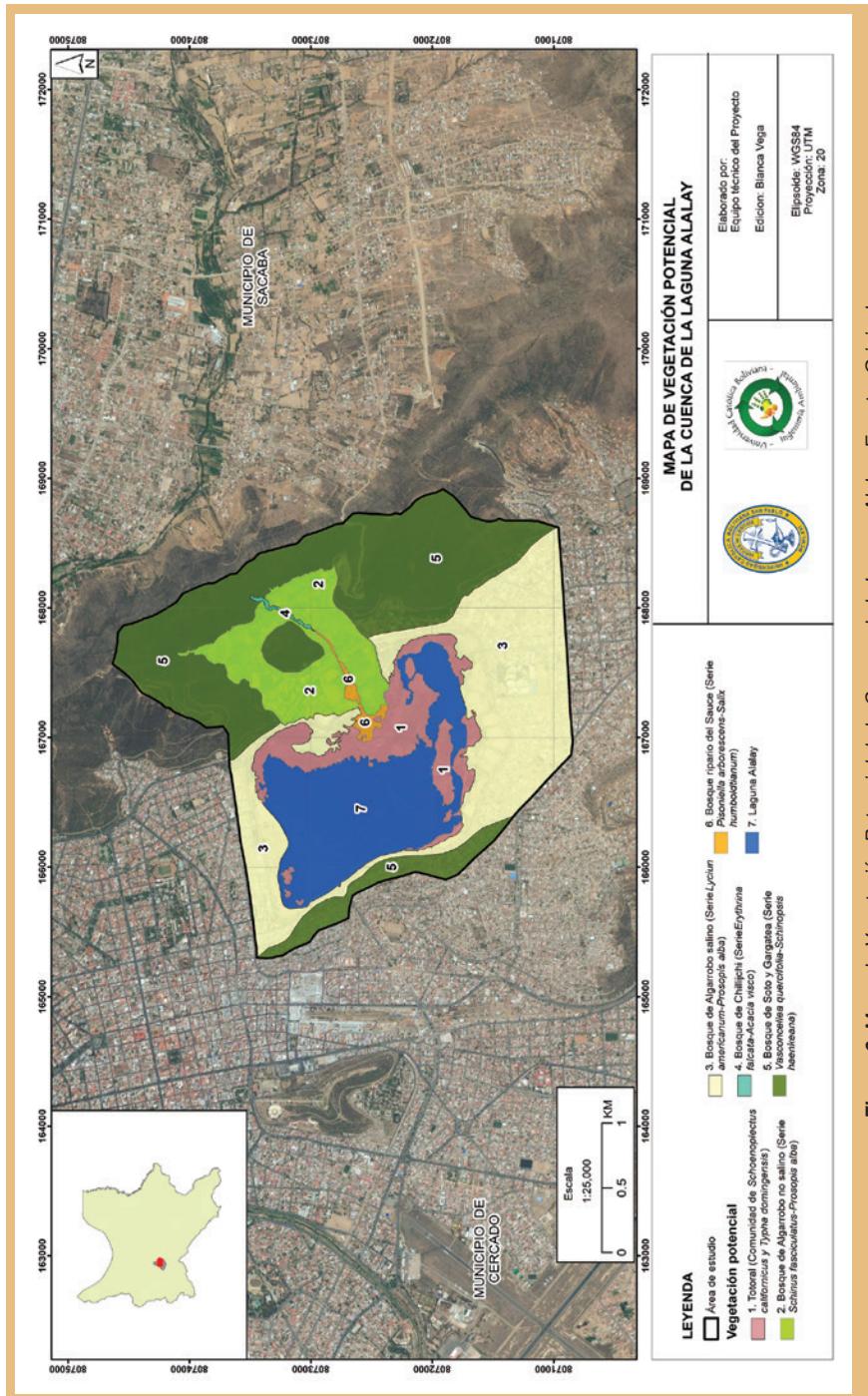
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES DE VEGETACIÓN POTENCIAL ORIGINAL	ETAPAS DE VEGETACIÓN SUCESIONAL O DEGRADADA CORRESPONDIENTES
Arroyos del glacis o rampa del piedemonte	Remanentes del bosque potencial de <b>Soto y Gargatea</b> ( <i>Vasconcellea quercifolia</i> - <i>Schinopsis haenkeana</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matorrales oarbustales de quebradas, caracterizado por <i>Tessaria fastigiata</i>, <i>Schinus fasciculatus</i>, <i>Tecoma fulva</i>, <i>Cestrum parqui</i> y <i>Rhynolepis helianthoides</i>.</li> <li>- <b>Pastos sucesionales</b> en áreas muy degradadas, caracterizados por <i>Cynodon dactylon</i>, <i>Pennisetum clandestinum</i>, <i>Sisymbrium irio</i> y <i>Brassica rapa</i>.</li> <li>- <b>Malezas nitrófilas primo colonizadoras</b> con: <i>Malva parviflora</i>, <i>Salvia tiliifolia</i>, <i>Tagetes sp.</i>, <i>Gomphrena boliviiana</i>, <i>Anoda cristata</i>, etc.</li> </ul>
Serranía San Pedro	Laderas montañosas de los flancos orientales de la Serranía del Cerro Verde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas urbanas con áreas degradadas y erosionadas</li> <li>- Áreas verdes urbanas</li> <li>- <b>Vegetación pionera heterogénea</b> con Molle (<i>Schinus molle</i>), Chíñe (<i>Acacia macracantha</i>) y matorrales o herbazales degradados.</li> <li>- <b>Malezas nitrófilas primo colonizadoras</b></li> </ul>
	Piedemonte de la Serranía del Cerro Verde	Restos dispersos o fragmentos de la arbustada espinosa sucesional caracterizada por <b>Ulala</b> ( <i>Harrisia tetracantha</i> ) y <b>Algarrobo del cerro</b> ( <i>Prosopis andicola</i> ).
Superficie fluvio-lacustre Alalay	Márgenes lacustres de Alalay	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Matorral higrófilo pionero de suelos salinos</b>, caracterizados por la Chilika (<i>Baccharis salicifolia</i>) y el matorral de <i>Tessaria absinthoides</i> y <i>Pluchea sagittalis</i>.</li> <li>- <b>Matorral bajo de suelos salinos</b> estacionalmente inundados con <i>Sesuvium portulacastrum</i>, <i>Polygonum sp.</i>, <i>Heliotropium curassavicum</i>, <i>Malva horrida</i> y <i>Atriplex semibaccata</i>.</li> <li>- <b>Praderas de suelos salinos</b> sobre semialtuuras artificiales halo-nitrófilas estacionalmente saturados de agua con la comunidad de <i>Atriplex suberecta</i>, <i>Distichlis spicata</i> e <i>Hymenoxys robusta</i>.</li> <li>- <b>Herbazal halo-higró-nitrófilo</b> con <i>Leptochloa uninervia</i> y <i>Atriplex suberecta</i>.</li> <li>- <b>Terraplenes occidentales y sur reforestados</b> con Molle (<i>Schinus molle</i>) con sotobosque de <i>Baccharis salicifolia</i> y <i>Distichlis spicata</i></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herbazal pionero halo-higró-nitrófilo estacionalmente anegado, dominado por Paico (<i>Dysphania ambrosioides</i>).</li> <li>- <b>Varios estados alternativos estables temporalmente</b>, dominados por 1 o 2 comunidades (ver explicación más abajo).</li> </ul>

Tabla 5. Unidades geomorfológicas y sus correspondientes unidades de vegetación potencial.

Fuente: Elaboración original, basada en De la Barra (1998) y prospecciones de campo en 2017 y 2018 por el equipo de trabajo.

En el mapa siguiente (Figura 3), se representan los tipos de vegetación potencial y su distribución en la Cuenca de la Laguna Alalay:

**Figura 3.** Mapa de Vegetación Potencial de la Cuenca de la Laguna Alalay. Fuente: Original.



Seguidamente, se describen las diferentes unidades de vegetación sumarizadas en la Tabla 2.

## Vegetación de laderas montañosas de las Serranías San Pedro, Cerro Verde y serranías aledañas

**Vegetación potencial:** Bosque semiárido del Soto y la Gargatea (*Serie de Vasconcellea quercifolia-Schinopsis haenkeana*).

Bosque climatófilo (que se desarrolla solo con el agua de las lluvias estacionales) que originalmente cubría las laderas de los cerros y serranía que rodean la Cuenca en sus límites este, oeste y el extremo sur este. Desarrollaba sobre suelos rocosos (pedregosos) formando un bosque que alcanzaría 6 – 8 m de alto, algo denso y caducifolio. Caracterizado por árboles de Soto (*Schinopsis haenkeana*), Gargatea (*Vasconcellea quercifolia*) y la Kacha-kacha (*Aspidosperma horcoebrechado*).

Actualmente estas laderas forman un mosaico en el paisaje donde el bosque de Soto ha sido reemplazado por varias etapas de sucesión, entre las que destacan zonas con remanentes arbóreos, arbustales, matorrales, pajonales y herbazales (De la Barra, 1998)

### Vegetación actual

#### • Relictos del bosque de Soto y Gargatea

Están formados por escasos ejemplares de los árboles característicos agrupados en ciertos sectores de las laderas de la Serranía de San Pedro a los cuales se accede difícilmente por la abrupta topografía y la abundancia de plantas espinosas; subsisten como vestigio de la flora arbórea que alguna vez ocupó las laderas de las serranías que rodeaban la cuenca Alalay.

El bosque de Soto ha sido degradado por actividades humanas desde siglos pasados, sobre todo por extracción de árboles para leña y construcción. En las serranías que rodean el sector este de la Cuenca, quedan restos de este bosque, que se puede observar en laderas contiguas a la propiedad ocupada por el Country Club; pero en el sector oeste (Cerro Verde, San Miguel y Huayra K'asa) han sido exterminados y en el sector sureste están siendo reemplazados por el establecimiento de nuevas urbanizaciones.

#### • Etapas de sucesión

Formadas por distintos tipos de comunidades vegetales que se han desarrollado en laderas con distinto grado de intervención o modificación.

Actualmente representan etapas de sucesión secundaria, que como resultado de procesos ecológicos de recolonización y reconstitución de especies nativas tienden hacia la recuperación de la vegetación boscosa nativa original.

Las distintas comunidades sucesionales identificadas en este estudio se encuentran sobre todo en las distintas laderas de la Serranía San Pedro que rodean la cuenca por el sector este, éstas son:

- Arbustadas densas de la Ulala (*Harrisia tetracantha*) y el T'akho (*Prosopis laevigata* var. *andicola*), alcanzan hasta 3 m de alto y están formadas por especies espinosas caducifolias que dominan el paisaje de las laderas.
- Matorrales xerofíticos caracterizados por *Lippia boliviana* y *Acalypha lycioides*, crecen hasta 1,5 m de alto, dominados por especies arbustivas con ramificación abundante y cobertura densa.
- Pajonales xerofíticos degradados caracterizados por *Chloris castilloniana* y *Melinis repens*, que pueden alcanzar 1 m de alto, con especies graminoides y malezas erguidas de porte bajo; propios de áreas rocosas sobre suelos pobres.
- Herbazales pioneros subnitrófilos, caracterizados por *Glandularia cochabambensis* y *Kallstroemia boliviana*, que no sobrepasan 20 cm de alto, formados por especies de porte rastrero que colonizan áreas abiertas producto de la intervención humana.

## Vegetación de afloramientos rocosos en laderas de serranías

Formada por especies adaptadas a zonas rocosas, laderas con piedras sueltas y en grietas o repisas de afloramientos rocosos. Caracterizada por cactáceas globulares como *Parodia schwebsiana*, *Echinopsis obrepanda* y *Echinopsis huotii*, también por suculentas en roseta como *Puya glabrescens* (endémica de los Valles Interandinos de Cochabamba), y algunas herbáceas suculentas pequeñas como *Peperomia peruviana* que crece en grietas húmedas.

## Vegetación de quebradas montañosas

**Vegetación Potencial:** Bosque freatófilo del Chilliichi (Serie de *Acacia visco-Erythrina falcata*)

Bosque edafohigrófilo que se desarrolla sobre suelos con niveles freáticos no muy profundos y cubría originalmente una de las quebradas de la serranía que atraviesa el glacis de pie de monte hacia la laguna. Desarrollaba sobre suelos con niveles freáticos someros, en las orillas y

proximidades de quebradas húmedas. Formaba un bosque de 10 a 15 m de alto, abierto, de cobertura discontinua, caracterizado por el Chillijchi (*Erythrina falcata*), la Jarca (*Senegalia visco*) y la Tipa (*Tipuana tipu*).

### Vegetación actual

- **Relictos del bosque:** Constituidos por ejemplares remanentes de los árboles característicos como *Senegalia visco*, *Tipuana tipu* y algunos árboles de *Schinus molle*, formando fragmentos boscosos dispersos restringidos al fondo de la quebrada del Country Club. Muy raros y aislados ejemplares de Chillijchi (*Erythrina falcata*) se mantienen en estos remanentes.

### Etapa de sucesión

- Formada por un arbustal algo denso, caracterizado por especies como *Tessaria fastigiata*, *Schinus fasciculatus*, *Tecoma fulva* y *Rhysolepis helianthoides*, que alcanzan hasta 2 m de alto, sobre suelos pedregosos algo húmedos, con un estrato herbáceo dominado por especies de carácter rudereral como *Cestrum parqui*, *Tagetes sp.*, *Gomphrena boliviiana* y *Pennisetum clandestinum*.

## Vegetación del glacis de piedemonte de la Serranía de San Pedro

**Vegetación potencial:** Bosque no salino del Algarrobo (Serie de *Schinus fasciculatus*-*Prosopis alba*)

Bosque edafohigrófilo que originalmente se desarrollaría sobre el glacis piedemonte no salino de la serranía que rodea el lado este de la laguna. Originalmente formado por un bosque xerofítico semideciduo de 5 m de alto, sobre suelos secos arcillosos algo pedregosos, cuyos niveles freáticos subterráneos se encontraban aproximadamente a 6 m de profundidad. Caracterizado y dominado por el Algarrobo o T'akho (*Prosopis alba*) y el Molle (*Schinus molle*).

### Vegetación actual

- **Relictos del bosque:** Existen ejemplares del Algarrobo dispersos intercalados por árboles de Molle formando remanentes muy aislados. En general esta zona ha sido utilizada como áreas de esparcimiento y deporte (Country Club, Club Aurora, Areomodelismo, etc.), que han modificado el paisaje introduciendo especies arbóreas ornamentales extranjeras y pastos cultivados.
- **Plantaciones de especies introducidas:** las cuales sobrepasan 10 m de alto y en algunas zonas forman una cobertura continua. Caracterizadas

por *Eucalyptus spp.*, *Casuarina glauca*, *Grevillea robusta*, *Parkinsonia aculeata*, *Leucaena leucocephala*, *Cupressus spp.* *Pinus spp.* *Vachellia caven*, *V. karroo*, *Acacia retinodes*.

- **Etapas de sucesión:** Actualmente las etapas de sustitución son poco frecuentes, en general están constituida por:

- Matorrales higrófilos sucesionales de suelos no salinos, bordeando las áreas con plantaciones de árboles ornamentales, dominados por la Chillka (*Baccharis salicifolia*), *Tessaria fastigiata*, *Schinus fasciculata*, que crecen hasta 1,5 sobre suelos arcillosos, removidos y eutrofizados.
- Mosaico de herbazales higro-nitrófilos con *Pennisetum clandestinum*, *Polygonum*, *Cyperus*, *heleocharis*, *Sonchus*, *Chenopodium*, *Portulaca*, *Ricinus communis*, *Xanthium spinosum*, *Datura stramonium*, *Leptochloa uninervia*.
- Semialturas artificiales halo-nitrófilas, con pajonales herbazales dominados por *Distichlis spicata* y posible presencia de algunas malezas arbustivas como: *Ricinus communis*, *Xanthium spinosum* y *Datura stramonium*.

## Vegetación de arroyos del glacis occidental de la Serranía San Pedro

**Vegetación potencial:** Bosque ripario del Sauce (*Serie de Pisoniella arborescens-Salix humboldtianum*)

Bosque que originalmente colonizaba los márgenes de arroyos y canales ubicados al este de la laguna. Posiblemente alcanzaría unos 15 m de alto, formando una cobertura algo densa y de carácter semicaducifolio. Constituido por el Sauce (*Salix humboldtiana*), acompañado por ejemplares dispersos de Molle (*Schinus molle*), además de un estrato lianoide formado por Barba de Chivo (*Clematis campestris*) y *Tropaeolum boliviense*.

## Vegetación actual

- **Relictos del bosque:** Se encuentran en las orillas de la quebrada que atraviesa el glacis de piedemonte de la Serranía San Pedro hacia la laguna por el borde este. Crecen sobre suelos arcillosos, húmedos con rocas grandes dispersas, con ejemplares antiguos de Sauce criollo y Molle.

- **Etapas de sucesión**

- Matorral pionero bastante denso que se desarrolla en los márgenes de quebradas y canales, caracterizado y dominado por la Chillka (*Baccharis salicifolia*), acompañado de otras especies como *Cestrum parqui*, *Tessaria fastigiata* y *Pluchea sagittalis*.

- Pastos sucesionales en áreas muy degradadas, caracterizados por la comunidad de *Cynodon dactylon* y *Pennisetum clandestinum*, intercalados con especies de suelos eutrofizados como *Sisymbrium irio* y *Brassica rapa*.
- Malezas de carácter nitrófilo primo colonizadoras que desarrollan de forma abundante y densa como *Malva parviflora*, *Salvia tiliifolia*, *Tagetes sp.*, *Gomphrena boliviensis*, *Anoda cristata*, etc.

## Vegetación de la superficie fluvio-lacustre Alalay

**Vegetación potencial:** Bosque de Algarrobo o T’akho sobre suelos salinos (*Serie de Lycium americanum-Prosopis alba*).

Bosque edafohigrófilo que se desarrollaría en la superficie lacustre alta sobre suelos arcillosos limosos salinos. Formaba un bosque bajo xerofítico y semideciduo de unos 6 m de alto, caracterizado por el Algarrobo (*Prosopis alba*) y un matorral halófilo dominado por *Lycium americanum* y *Baccharis salicifolia*.

## Vegetación actual

- **Relictos del bosque:** Escasamente se observan ejemplares relictos del Algarrobo, sobre todo en el borde oeste y sur de la laguna y en la zona urbana industrial. Este bosque ha sido casi exterminado y reemplazado por comunidades de sustitución y plantaciones de especies ornamentales introducidas.

## • Etapas de sucesión

- Matorral higrófilo pionero de suelos salinos, caracterizados por la Chillka (*Baccharis salicifolia*) y el matorral de *Tessaria absynthioides* y *Pluchea sagittalis*.
- Matorral de suelos salinos estacionalmente inundados con *Sesuvium portulacastrum*, *Polygonum sp.*, *Heliotropium curassavicum*, *Malva horrida* y *Atriplex semibaccata*.
- Praderas de suelos salinos sobre semialturas artificiales halo-nitrófilas estacionalmente saturados de agua con la comunidad de *Atriplex suberecta*, *Distichlis spicata* e *Hymenoxys robusta*.
- Herbazal halo-higro-nitrófilo con *Leptochloa uninervia* y *Atriplex suberecta*.
- Terraplenes occidentales y norte reforestados con Molle (*Schinus molle*) con sotobosque de *Baccharis salicifolia* y *Distichlis spicata*.

- **Plantación reciente** sobre matriz de herbazal higro-nitrófilo en orillas norte, con especies arbóreas chaqueñas de Santa Cruz, como *Prosopis chilensis* y *Geoffroea spinosa* y plantaciones de arbustos introducidos de *Atriplex cf cordobensis*.

## Vegetación acuática y palustre de la Laguna Alalay

Vegetación propia de lagunas endorreicas y salobres, en esta se pueden desarrollar varios tipos de comunidades en función de la profundidad del agua, de la salinidad y grado de eutrofización, en general las comunidades colonizan la superficie lacustre desde las orillas hacia el interior de la laguna.

Siguiendo los resultados de trabajos ya publicados (De la Barra, 1998; Navarro, 2002; Navarro, 2011), la vegetación palustre ha pasado distintos estados, donde unas comunidades dominantes fueron reemplazadas por otras en periodos de 2 a 5 años.

► Muchas de ellas actualmente no existen, pero todo el conjunto palustre y acuático sufre ciclos periódicos, de varios años de duración cada uno, en los cuales domina totalmente un tipo u otro de comunidad. Siguiendo una dinámica de varios **estados alternativos estables temporalmente**.

Desde el exterior menos inundado hacia el interior de la laguna fueron diferenciadas varias comunidades.

- Comunidad de grandes helófitos palustres de aguas someras a moderadamente profundas, caracterizadas en Alalay por la Totora (*Schoenoplectus californicus*), Junquillo (*Schoenoplectus americanus*) y Matara o Piri (*Typha domingensis*). Su etapa de sustitución principal son comunidades herbáceas pioneras higronitrófilas, dominadas por el Paico (*Dysphania (Chenopodium) ambrosioides*), que colonizan de forma extensiva orillas muy húmedas o anegadas donde se ha dragado el sustrato y removido la cubierta de totorales.
- Comunidad helofítica de aguas someras (plantas enraizadas en el fango con el tallo fuera del agua), caracterizada por *Eleocharis dombeyana*.
- Comunidad de hidrófitos (plantas enraizadas y sumergidas) con *Myriophyllum quitense* y *Stuckenia pectinata*.
- Comunidad pleustofítica (plantas flotantes) con *Lemna valdiviana*, *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides*.
- Comunidad pleusto-rizofítica (plantas flotantes pero que pueden enraizar cuando el nivel de agua baja), caracterizada por *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*.

## Vegetación actual

Debido a procesos de colmatación, un periodo largo de sequía y eutrofización avanzada de las aguas, las comunidades que describimos en 2017 y comienzos de 2018 son diferentes a las anteriores, existiendo actualmente las siguientes:

- Totorales y Matarales palustres formados por dos especies pleustofíticas de crecimiento denso y abundante: Totora (*Schoenoplectus californicus*) y Piri o Matara (*Typha dominguensis*).
- Herbazal higro-nitrófilo pionero casi monoespecífico de Paico (*Dysphania (Chenopodium) ambrosioides*) en áreas con totoral dragado o removido.
- Herbazales helofíticos de aguas someras eutrofizadas, con *Polygonum spp.* *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Cyperus sp.*, *Eleocharis sp.*, *Paspalum sp.* *Aster squamatus*.
- Comunidad algal planctónica, caracterizada por *Arthrosira fusiformis* y *Anabaenopsis milleri*, que dominan actualmente la zona lacustre y han desplazado a las comunidades hidrofíticas (plantas enraizadas y sumergidas), así como las pleustofíticas, que se encuentran ausentes en la zona de estudio (Morales *et al.*, 2017).
- Comunidad pleustofítica (plantas flotantes) con *Lemna valdiviana*, *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides*.

## Vegetación de malezas de áreas urbanas

Esta vegetación desarrolla en zonas/terrenos muy alterados donde existe intensa actividad humana, suelos enriquecidos en sustancias nitrogenadas y otros nutrientes, donde se ha destruido la vegetación natural (Rivas-Martínez, 1977; Martínez *et al.*, 2015), como botaderos de escombros, basurales, orillas de caminos y senderos con mucho tránsito de personas. Estos ambientes han sido colonizados por distintos tipos de herbazales que crecen de forma espontánea, caracterizados por especies anuales o bianuales de rápido crecimiento y ciclo corto.

En el área de estudio esta vegetación se desarrolla en todo el borde externo de la Laguna, en calles adyacentes y zonas en contacto directo con urbanizaciones, terrenos baldíos y bordes de caminos, reconociéndose varias comunidades vegetales, en parte ya descritas por Barco (2003) y Antezana *et al.* (2015). Las principales se resumen a continuación:

- Herbazal de áreas baldías con *Cynodon dactylon*, *Chloris virgata*, *Eragrostis tenuifolia*, *Zinnia peruviana*, *Sonchus oleraceus*.
- Herbazales de bordes de camino con la Comunidad de *Chloris virgata*,

*Pennisetum villosum, Bidens pilosa, Schkuria degenerica, Melinis repens*, etc.

- Malezas de pisoteo en zonas con alto tránsito de personas, con la comunidad de *Alternanthera pungens, Guillemina densa, Tribulus terrestris*.
- Malezas ruderales de basurales: Comunidad de *Malva parviflora* y *Gomphrena boliviana* con: *Datura stramonium, Chenopodium album, Amaranthus hybridus, Amaranthus sp. Medicago hispida*.
- Malezas pioneras de basurales sobre suelos hipernitrófilos inestables dominadas por *Sisimbrium irio, Brassica rappa, Lepidium spp. Portulaca oleracea, Galinsoga parviflora, Boerhavia diffusa, Coronopus didymus*, etc, que crecen de forma espontánea en estos botaderos.
- Especies típicas colonizadoras de escombreras y áreas degradadas sobre suelos removidos: *Nicotiana glauca, Ricinus communis* y *Chenopodium album*.
- Herbazales higronitrófilos, dominados por Paico [*Dysphania (Chenopodium) ambrosioides*], que ocupan grandes extensiones en los márgenes húmedos o estacionalmente anegados de la laguna Alalay, con suelos higromorfos muy eutrofizados y más o menos salobres. Constituyen una comunidad sucesional pionera, que coloniza las orillas de la laguna en época seca al descender el nivel del agua, especialmente en zonas donde se ha dragado el sustrato después de remover el totoral.

#### 4. Unidades ambientales integradas y su estado de conservación

Las unidades ambientales integradas recogen y reúnen espacialmente el conjunto de características biogeofísicas y socioambientales, pudiendo ser utilizadas ventajosamente como base concreta para las propuestas de restauración ecológica.

► La hipótesis de trabajo, es que cada unidad ambiental integrada se comporta de forma diferente y a la vez homogénea internamente respecto al manejo, conservación, restauración ecológica o gestión ambiental en general.

Por ello, las unidades ambientales integradas son a la vez unidades de zonificación para la restauración ecológica y en base a ellas se llevará a cabo la propuesta de restauración.

Ver Mapa de Unidades Ambientales (Figura 4).



**Figura 4. Mapa de Unidades Ambientales Integradas de la Cuenca de la Laguna Alalay.**

## Criterios de estimación del estado actual general de conservación

### a. Distancia del ecosistema actual respecto al ecosistema potencial

El criterio es valorar la distancia relativa entre el ecosistema existente actualmente y el ecosistema potencial de referencia que habría en ausencia de intervención humana. El ecosistema potencial original tendría un valor relativo (1) y el ecosistema más degradado el valor (5).

### b. Grado de idoneidad estructural y funcional

En sistemas urbanos y seminaturales, hay que compensar el valor obtenido del criterio a, con otro criterio que estime en qué medida un ecosistema que puede estar lejos del potencial original (por ejemplo un sistema agrícola o urbanizado) es sin embargo idóneo o viable de acuerdo a varios indicadores, entre otros:

- Estructura espacial urbana planificada
- Gestión de residuos e impactos adecuado
- Características poblacionales en equilibrio
- Espacios verdes y/o recreativos idóneos florística y ecológicamente
- Identidad cultural
- Seguridad ciudadana
- Acceso a servicios básicos, educación, sanidad y áreas comerciales de insumos domésticos o alimentación.

De acuerdo a este criterio, el sistema considerado más idóneo tiene una puntuación de 1 y el menos idóneo una puntuación de 5.

Sumando y promediando los valores asignados a cada criterio, obtendríamos el valor final de estado de conservación general de 1 a 5, como puede observarse en la tabla siguiente para las diferentes unidades ambientales de la zona de estudio.

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	A. Distancia del ecosistema actual respecto al ecosistema potencial	B. Grado de idoneidad estructural y funcional (independiente de si el sistema es urbanizado o seminatural)	Estado actual de conservación (valor relativo) = A+B/2
1. Laderas de Serranía no urbanizadas	2	2	2 (bueno)
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	4	3	3.5 (medio)
3. Piedemonte de Serranía urbanizado	5	4	4.5 (malo)
4. Quebradas y cauces no urbanizados	3	3	3 (medio)
5. Zona urbanizada de margen norte	5	5	5 (muy malo)
6. Laderas urbanizadas	5	5	5 (muy malo)
7. Zona urbana salina	5	4	4.5 (malo)
8. Zona lacustre salina	4	4	4 (malo)
9. Laguna Alalay: Zona litoral con humedales	2	2	2 (bueno)

Tabla 6. Estimación general del estado actual de conservación de las Unidades Ambientales Integradas. Fuente: Original.

Como puede verse en la tabla anterior, las unidades ambientales relativamente en mejor estado de conservación, corresponden a las laderas de la Serranía no urbanizadas y a la *Zona litoral con humedales de la laguna*. Por el contrario, las unidades en peor estado actual de conservación o idoneidad ecológica, son: Zona urbanizada del margen norte, Laderas urbanizadas (Cerro Verde), Piedemonte de Serranía urbanizado y Zona urbana salina.

## 5. Caracterización de los sistemas urbanos

### Tipología y características de los sistemas urbanos

#### CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES Y SOCIOECONÓMICAS GENERALES

El área de estudio comprende dos distritos municipales (Tabla 7): el Distritos 6 que incluye 14 OTBs, y una parte del Distrito 7 que incluye 4 OTBs (Tabla 7 y Figura 5). En conjunto, están compuestos por barrios con bajos recurso económicos, con excepción de la zona del Country Club Cochabamba y el barrio contiguo (La Rinconada), por lo que nuestra área de estudio presenta notable disparidad socioeconómica.

DISTRITO	OTB (Organizaciones Territoriales de Base)
Distrito 6	1. 14 de Septiembre 2. Barrio Libertador 3. Barrio Minero Alalay 4. Barrio Minero Siglo XX 5. Cerro San Miguel Alto 6. La Esperanza 7. San Juan Bautista 8. Villa Potosí 9. Villa Alto Cochabamba 10. Villa Cosmos 12. Villa Salvador 13. Villa Rosario Ticli
Distrito 7	1. La Rinconada 2. Urbanización Exaltación 3. Magisterio 4. Barrio Campo Ferial

Tabla 7. OTBs que constituyen el área de estudio. Fuente: CEDIB (2008).

Según CEDIB (2008), las características generales de ambos distritos pueden resumirse como sigue:

- **Distrito 6:**
  - Superficie de 89 km<sup>2</sup>.
  - Más de 62 000 habitantes.
  - Nivel de escolaridad bajo.
  - Caracterizado por una presencia elevada de migrantes con más de 5 años de antigüedad (41%).
  - Un grupo importante sabe leer y escribir: (97%) en el caso de varones y (88%) en el caso de mujeres.
  - La fuerza trabajadora es principalmente obrera, la mayoría de los varones se dedican a la construcción y la manufactura, en el caso de las mujeres, éstas se dedican al comercio y labores en casa.
  - Respecto a las viviendas, más del 60% son inquilinos; 24% tiene acceso al agua potable, el 17% cuenta con alcantarillado, el 5% con energía eléctrica y el 86% tiene baño en el domicilio.
- **Distrito 7:**
  - Superficie de 48 km<sup>2</sup>.
  - Tiene mayor densidad poblacional.
  - Más de 14 000 habitantes.
  - Más del 40% son migrantes
  - Más del 50% son inquilinos en viviendas aceptables o deficientes, de las cuales el 22% tiene acceso al agua potable, el 4% alcantarillado, el 5% energía eléctrica y el 86% cuenta con baño.

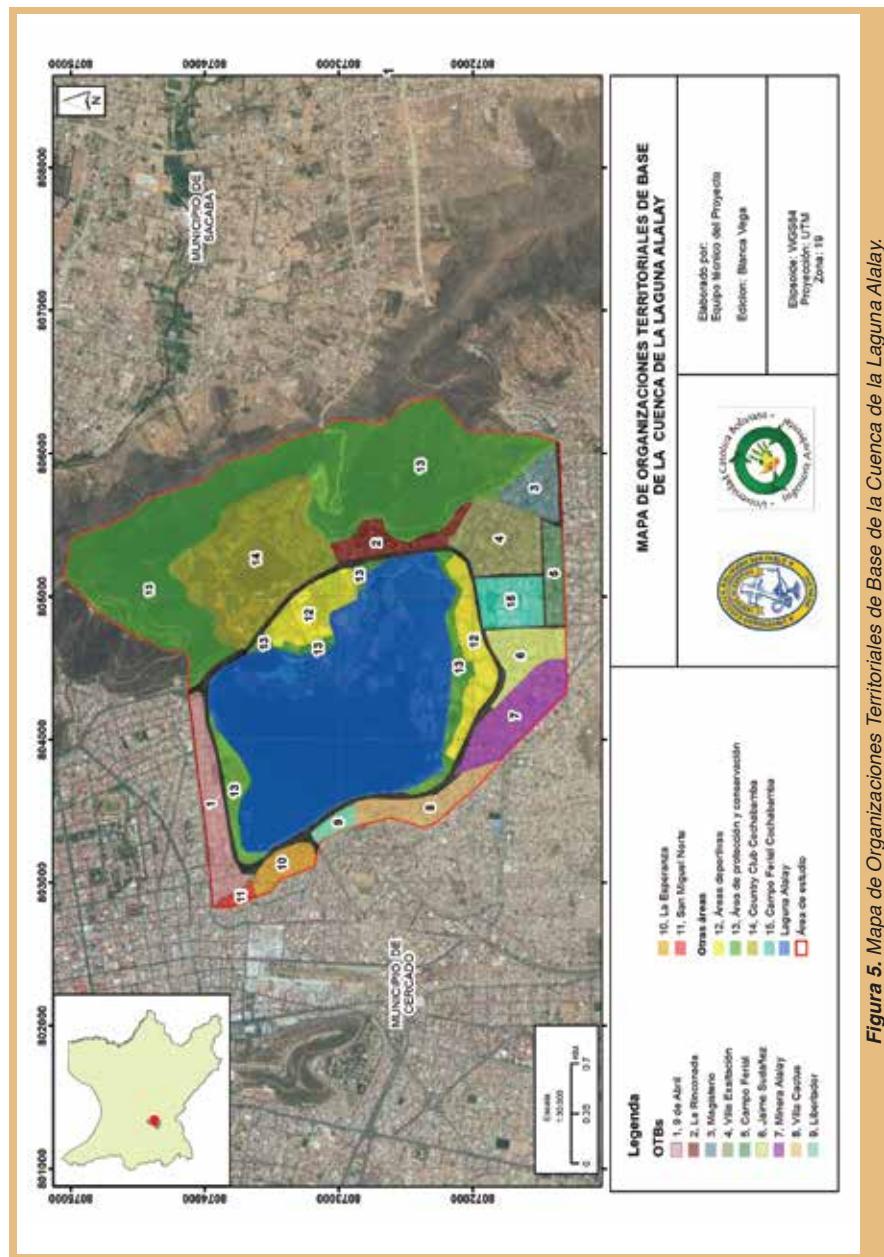


Figura 5. Mapa de Organizaciones Territoriales de Base de la Cuenca de la Laguna Alalay.

## ESTRUCTURA ESPACIAL: ZONIFICACIÓN DE COBERTURA Y USO DEL SUELO

De acuerdo con la Guía Técnica de Ordenamiento Urbano Territorial del Ministerio de Vivienda y Obras Públicas (2014) existen 15 tipologías de cobertura-uso del suelo identificadas dentro de los predios del área urbana, que son los siguientes:

- Residencial
- Comercial
- Terciaria o de servicios
- Industrial
- Agropecuario urbano
- Mixto
- Equipamiento social
- Culto y cultura
- Equipamiento y transporte
- Recreación
- Deportivo
- Gestión y administración
- Especial
- Forestal
- Productivo.

Anteriormente a esta tipología, está la propuesta por el Plan Municipal de Desarrollo Distrital (1998), expresada en el siguiente mapa (Figura 6) y sus categorías:



**Figura 6. Zonificación de acuerdo a la propuesta del plan municipal**

Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba s.f.

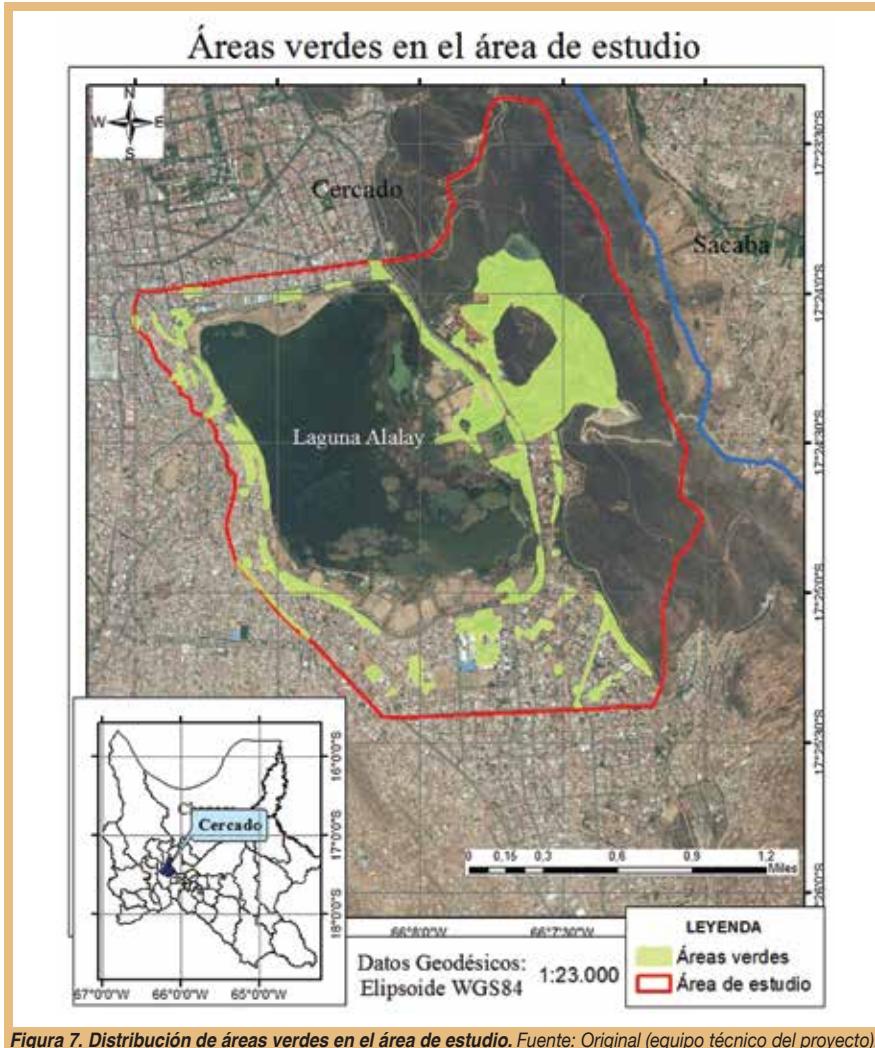
Las dos fuentes anteriores son la base de las categorías de cobertura y uso del suelo que consideramos para este trabajo; las cuales, adaptadas y simplificadas en función de las existentes en la Cuenca de Alalay y de las necesidades como insumo para la propuesta de restauración, son las siguientes:

- A. USO URBANO
  - 1. Urbano residencial
    - 1 a. Residencial nivel económico alto
    - 1b. Residencial nivel económico medio
    - 1 c. Residencial nivel económico bajo
  - 2. Urbano mixto
  - 3. Urbano recreativo
    - 3 a. Público
    - 3 b. Privado
  - 4. Desechos urbanos líquidos (desagües, alcantarillas)
- B. USO DE PROTECCIÓN y CONSERVACIÓN
  - 5. Protección y conservación terrestre
  - 6. Protección y conservación lacustre

Seguidamente, se caracteriza brevemente cada una de estas categorías:

1. Uso urbano Residencial (niveles económicos alto, medio y bajo). Predios urbanos con uso destinado a la vivienda, puede ser identificado como vivienda unifamiliar y multifamiliar. Asimismo, ser clasificado en: a) vivienda particular, cuya adquisición del suelo y construcción proviene del financiamiento particular; y b) vivienda de dotación estatal, corresponde al predio urbano con uso destinado a la vivienda cuya construcción proviene del financiamiento de alguna instancia gubernamental. En la zona sur de la Laguna Alalay por el sector de la FEICOBOL, la población y viviendas son de nivel económico medio en su mayoría. El uso urbano residencial del Cerro Verde corresponde a población que mayoritariamente es de nivel económico bajo. Por último el sector colindante al Country Club, en el barrio la Rinconada el nivel económico es alto.
2. Uso urbano mixto. Es la combinación de usos del suelo como: vivienda con uso comercial, productivo, terciario u otro, en el mismo predio. Es importante notar que por lo general existe un uso de suelo predominante en el predio y otros complementarios. Corresponde a la zona aledaña al mercado de frutas y a la unidad policial de la PTJ. Por tanto, debido a que en la zona norte de la Laguna Alalay existen varias instituciones como ser la Policía Nacional, Bomberos, dependencias de medio ambiente de la Gobernación, mercado, viviendas, la zona se clasificaría como de uso urbano mixto.
3. Uso urbano recreativo (público y privado). Corresponde al espacio público de recreación pasiva y activa, como: parques, plazas y áreas verdes, entre otros. También se incluyen los predios destinados a las

actividades de desarrollo deportivo, como: campos deportivos, polideportivos, coliseos, piscinas entre otros. En lo que corresponde a nuestra área de estudio, las áreas verdes están dispersas principalmente en avenidas amplias. Así mismo en los márgenes externos de la zona palustre de la Laguna Alalay, se encuentran las canchas de los dos equipos de fútbol más representativos de Cochabamba, Wilsterman y Aurora. Por el lado sur y sureste se encuentran canchas municipales de otros deportes. Por lo que respecta a un espacio privado de uso recreativo, el Country Club en la parte este del área de estudio ocupa una extensión considerable de áreas destinadas al golf, paseo y otros deportes.



**Figura 7. Distribución de áreas verdes en el área de estudio.** Fuente: Original (equipo técnico del proyecto)

La caracterización general de áreas verdes por cada Unidad Ambiental Integrada, se resume en la Tabla 8.

UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA (UAI)	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS ARTIFICIALES	SUPERFICIE TOTAL DE ÁREAS VERDES EN LA UAI (Ha)	SUPERFICIE TOTAL UAI (Ha)	SUP. ÁREAS VERDES / SUP. UAI (%)
1. Laderas de Serranía no urbanizadas	Presenta en su integridad áreas verdes naturales a seminaturales protegidas. Área de gran valor ecológico para la conservación.	No aplica al no constituir un área verde artificial.	2.269.814,1	No aplica al no constituir un área verde artificial.
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	Contiene el área verde de mayor extensión constituida por los espacios deportivos (golf y otros) del Country Club. Tiene una mayor proporción de praderas artificiales, árboles y arbustos ornamentales exóticos, con un pequeño porcentaje de árboles nativos remanentes o plantados	479.911,8	561.015,1	85,54
3. Piedemonte de Serranía urbanizado	Zona deficitaria en áreas verdes, tan solo un pequeño parque de aprox. 200 m x 50 m y pequeños grupos de árboles en calles o viviendas particulares.	24.887,0	196.182,8	12,69
4. Quebradas y cauces no urbanizados	Presenta en su integridad áreas verdes naturales a seminaturales protegidas. Áreas clave por su función ecológica reguladora y protectora.	No aplica al no constituir un área verde artificial.	52.203,1	No aplica al no constituir un área verde artificial.
5. Zona urbanizada de margen norte	Zona muy deficitaria en áreas verdes, tan solo un pequeño parque de aprox. 150 m x 35 m y pequeños grupos de árboles en calles o viviendas particulares.	27.920,3	268.743,5	10,39
6. Laderas urbanizadas	Zona muy deficitaria en áreas verdes, tan solo pequeños grupos de árboles (casi exclusivamente molles) en algunas calles, baldíos o viviendas particulares.	40.765,4	365.240,0	11,16

UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA (UAI)	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS ARTIFICIALES	SUPERFICIE TOTAL DE ÁREAS VERDES EN LA UAI (Ha)	SUPERFICIE TOTAL UAI (Ha)	SUP. ÁREAS VERDES / SUP. UAI (%)
7. Zona urbana salina	Zona muy deficitaria en áreas verdes, tan solo pequeños grupos de árboles en la zona de la FEICOBOL, y de forma muy escasa en algunas calles, baldíos o viviendas particulares.	85.400,6	1.192.185,6	7,16
8. Zona lacustre salina	Zona deficitaria en áreas verdes. Solo presenta un bosquecillo plantado de Casuarina y eucaliptos, pequeños grupos de árboles relacionados con las canchas de los equipos Aurora y Willsterman, y un corredor pobre y discontinuo perimetral a la Laguna siguiendo la ciclovía.	154.260,6	1.271.693,2	12,13
9. Zona litoral con totorales	Presenta en su integridad áreas verdes naturales a seminaturales protegidas. Área de gran valor para la conservación y protección de las aves acuáticas. Pero de difícil control en cuanto a su expansión.	No aplica al no constituir un área verde artificial.	437.725,0	No aplica al no constituir un área verde artificial.

Tabla 8. Caracterización general y superficies totales de áreas verdes en cada Unidad Ambiental Integrada. Fuente: Original.

Como puede observarse en la Tabla 8, aparte del Country Club que por su naturaleza es en su mayor parte área verde privada, el resto de las Unidades Ambientales Integradas son fuertemente deficitarias en áreas verdes. Todas tienen actualmente menos de un 15% de su superficie de áreas verdes, destacando con menos del 10% la Zona urbana salina al sur de la Laguna Alalay en torno al área de la FEICOBOL.

**4. Desechos urbanos líquidos.** Tienen una gran importancia en la cuenca lacustre representando el principal aporte y entrada de contaminantes a través de estructuras como canales de desagüe y alcantarillado (ver sección siguiente: Influencia de los sistemas urbanos en la Laguna).

**5. y 6. Áreas de protección y conservación (terrestre y lacustre).** Son áreas específicas que por sus características naturales, de biodiversidad, culturales u otras, presentan un valor patrimonial o constituyen riesgo manifiesto para el área urbana, por lo cual se establece protegerlas, conservarlas o restringirlas en cuanto a su uso. Por lo general, las áreas patrimoniales cuentan con instrumentos legales normativos de protección (declaratorias) ya sea del nivel municipal, departamental o nacional. Entre estas áreas están: las áreas forestales, centros históricos, áreas arqueológicas, áreas paisajísticas, conjuntos arquitectónicos, conjuntos urbanos, áreas de amenaza natural, entre otros. Dentro del área de estudio, la Serranía de San Pedro y la Laguna Alalay corresponden a estas áreas. En la actualidad, la Laguna Alalay es un Patrimonio Natural y Ecológico del Municipio de Cercado por la Ley 2867.

En el mapa siguiente (Figura 8), se recogen las clases de cobertura y uso del suelo anteriormente descritas, a excepción de las áreas verdes presentadas en la Figura 4.

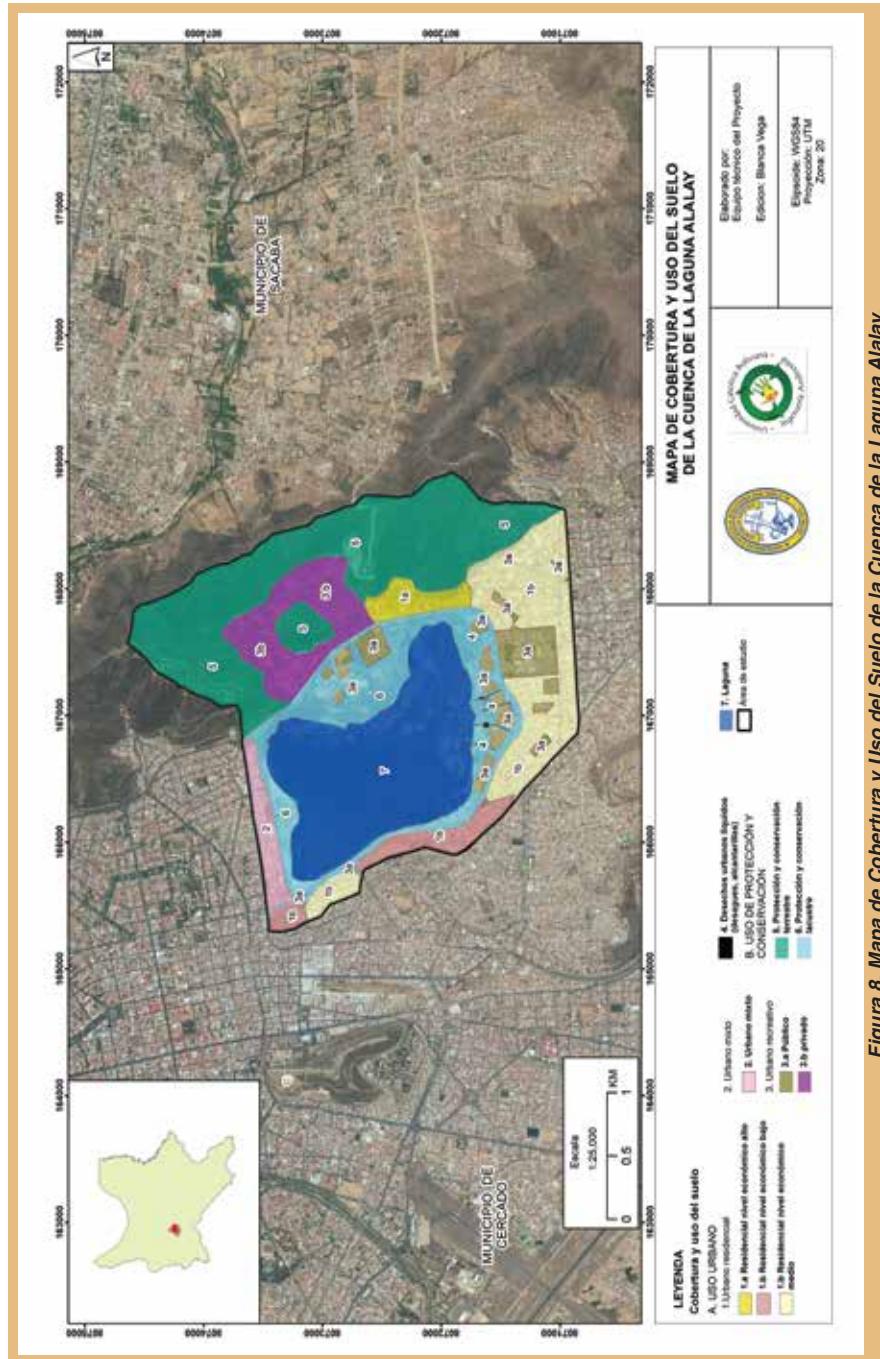


Figura 8. Mapa de Cobertura y Uso del Suelo de la Cuenca de la Laguna Alalay.

## 6. Influencia de los sistemas urbanos en la Laguna

La Laguna Alalay está siendo amenazada por dos tipos de contaminación: la orgánica y la industrial (Antezana, 2016). La contaminación orgánica e industrial se debe, principalmente, a las aguas residuales de la zona y a residuos industriales provenientes en su mayoría de las lavanderías de fábricas textiles (pantalones Jeans), pero también al ingreso de aguas provenientes del Río Rocha en época de lluvias, que a su vez constituyen una mezcla de aguas de los lavaderos de pantalones Jeans, curtiembres, restaurantes, fábricas e industrias (Antezana, 2016). A continuación, se describe y caracteriza con más detalle cada uno de los siguientes componentes que influyen en el aporte contaminante a la Laguna Alalay:

### REDES DE DRENAJE, ALCANTARILLADO Y RESIDUOS INDUSTRIALES

#### Alcantarillado

De acuerdo a la información de SEMAPA, en 2014, el 56% de las aguas residuales de Cochabamba son recolectadas por el sistema de alcantarillado de SEMAPA. De este porcentaje solo el 45% son conducidas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Alba Rancho. Actualmente la PTAR trabaja con una sobre carga de más del 30 % de su capacidad, porcentaje que se incrementa año tras año, conforme SEMAPA aumenta sus coberturas de alcantarillado sanitario.

El otro 55% que no es tratado en la PTAR son descargadas de forma directa a ríos, lagunas, quebradas y/o suelos (cielo abierto o por infiltración de los sistemas in situ) generando una situación de contaminación de los recursos hídricos, impactos en la salud pública y deterioro de la calidad ambiental de la ciudad (SWISSCONTACT).

Las aguas residuales colectadas por el alcantarillado de SEMAPA descargan en la Estación de Bomberos de la Laguna Alalay, de donde redirige a la PTAR de Alba Rancho. Además de la elevada carga orgánica contienen aporte de cloruros, sulfatos y metales pesados ( $Zn+2$ ,  $Fe+3$ ,  $Mn+2$ ,  $Pb+2$ ,  $Cu+2$  y  $Cr+3$ ) por industrias textiles de pantalones Jeans (UMSS 2016). Esta mezcla, genera problemas de taponamientos en las alcantarillas (por prendas de vestir desechadas, hilachas, arena, etc.), rebalses en la época de lluvias que descargaban en la Laguna Alalay (hasta el 2014) y corrosión de las tuberías. Es evidente que la calidad en el servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad de Cochabamba se ve afectada por diversos problemas: debido al mal uso que hace la población de este servicio, las conexiones del desagüe pluvial al sistema de alcantarillado y la descarga de aguas residuales no domésticas a este servicio. Además, la

capacidad del sistema de alcantarillado se encuentra rebasada por el crecimiento poblacional del área circundante a la Laguna Alalay

### **Residuos industriales**

En el área de estudio, las aguas residuales industriales representan un importante impacto, en particular las que son resultantes de lavanderías de pantalones Jeans. Según los Lineamientos para el Plan Estratégico de Gestión de Aguas Residuales en Lavanderías de textiles Jeans en Cochabamba, se estima que existen cerca de 100 instalaciones de estas lavanderías asentadas en el Municipio de Cochabamba, las cuales están ubicadas principalmente al Sur de la Laguna Alalay, algunas desde hace décadas.

La mayoría (más del 50%) de las lavanderías trabaja sin licencia ambiental, y solo una cuarta parte de ellas son controladas y reguladas por SEMAPA, que aplica un reglamento de control de vertidos, el resto desarrolla sus actividades en la clandestinidad, sin ningún tipo de control ni regulación.

### **Red de drenaje**

La Laguna Alalay cumple todavía la función de vaso regulador de caudales provenientes del Río Rocha, previniendo de esta manera posibles inundaciones en las zonas bajas de la ciudad. En la época de lluvias, las aguas del Río Rocha ingresan en la Laguna mediante un canal provisto de compuertas y renuevan sus aguas (CREMPLA, 2012). Los cursos hídricos superficiales que se conectan con este cuerpo de agua, están constituidos principalmente por el Río Rocha, que tiene una limitada regulación a través de la Laguna Alalay y el Río Sulti o Tamborada, el cual está regulado íntegramente por la Represa México. Dichos ríos tienen un caudal considerable solo en época de lluvias; pero existen otros cursos fluviales que son las torreneras, las cuales proveen caudales menores en la época seca y se utilizan para el riego restringido de algunas zonas. Las principales fuentes de agua de la Laguna Alalay son (i) el Río Rocha (65%) que es desviado por el túnel del Abra, (ii) la Represa de La Angostura y (iii) las aguas de escorrentía en la época de lluvia de las partes altas de la micro cuenca (CREMPLA, 2012).

De acuerdo a UMSS (2016), las áreas de mayor aporte de contaminantes al vaso o cubeta de la Laguna corresponden a los terrenos ubicados en el sur de la Av. Guayacán; áreas donde se encuentra el Mercado Campesino hasta llegar a los límites de Valle Hermoso. Es importante recordar que este sector, por tener un nivel económico más bajo que el resto de la ciudad, se convierte en un problema ya que genera un gran volumen de desechos

líquidos y sólidos, los cuales por gravedad terminarán en el vaso de agua de la Laguna Alalay. De acuerdo con un estudio de la cuenca del entorno de la laguna (Figura 7) existe una superficie importante de terrenos que no tienen sistemas o redes de alcantarillado que evacuen las aguas por gravedad y que se conecten al sistema de alcantarillado sanitario de SEMAPA.

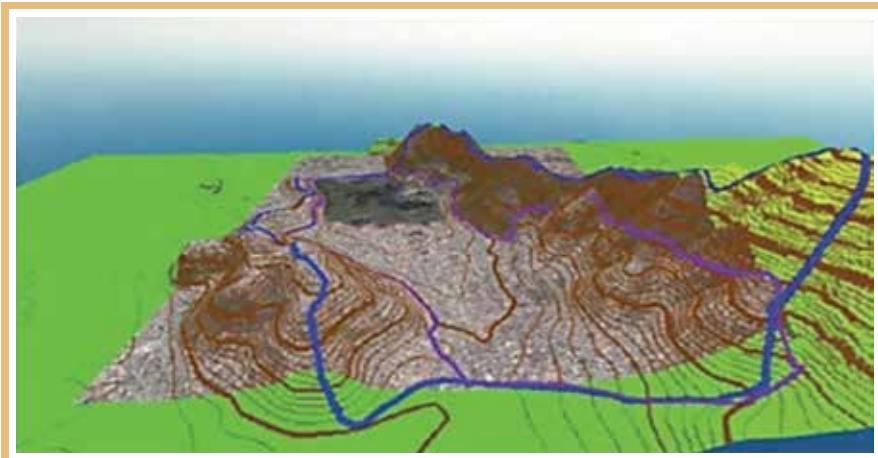


Figura 9. Cuenca y entorno de la Laguna Alalay. Fuente: UMSS (2016).

De acuerdo a la imagen superior (Figura 9), la superficie o área de aporte directo de aguas servidas y fluviales que no tienen pendiente para su desfogue al sistema de alcantarillado de la ciudad, es de 10, 541 km<sup>2</sup>. Las actividades diarias de esta zona aportan aguas servidas al tanque o cámara de bombeo (UMSS, 2016).

#### *Influencia de efluentes en la zona de estudio.*

Existe un descontrolado ingreso de sedimentos, aguas servidas, basura y otros residuos, provenientes tanto de sus márgenes como de sus principales tributarios (Río Rocha, Angostura), así como las actitudes desordenadas de la población, que están causando un desequilibrio en el ecosistema de la Laguna Alalay. Respecto a los efluentes domésticos la situación es compleja.

También se debe considerar que la Laguna no presenta un estado de contaminación uniforme, sino que está afectada diferencialmente por las características de la cuenca, y esto conlleva a un comportamiento diferente de los factores físicos, químicos y biológicos en el cuerpo de agua según las zonas Este, Sudoeste y Noroeste. Estas diferencias, se deben a los efectos del entorno de la laguna que son diferentes en la zona Este (Country club, comodatos, etc.), Sudoeste (plastiquerías, textiles de Jeans, reventones de alcantarillas en la zona sur, etc.), y Noroeste (escorrentías de las calles

aledañas al mercado de frutas, FELCC, etc., tráfico pesado y frecuente, etc.). Por tanto, el manejo de la restauración ecológica de la Laguna debe ser zonificado y se debe apuntar primero al manejo de la cuenca y luego a la columna de agua y sedimentos (MORALES, 2016; RIVERA, 2012).

De acuerdo a CREMPLA (2012) varios rebalses fueron detectados durante diferentes inspecciones en el año 2011, resaltando que los mismos tienen un ingreso directo hacia la laguna a través de los desagües pluviales adyacentes a la ciclovía.

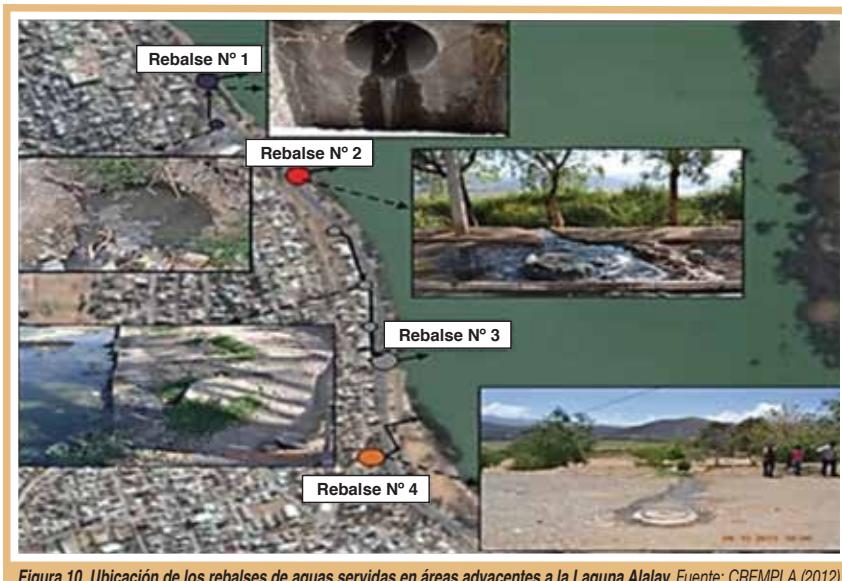


Figura 10. Ubicación de los rebalses de aguas servidas en áreas adyacentes a la Laguna Alalay. Fuente: CREMPLA (2012)

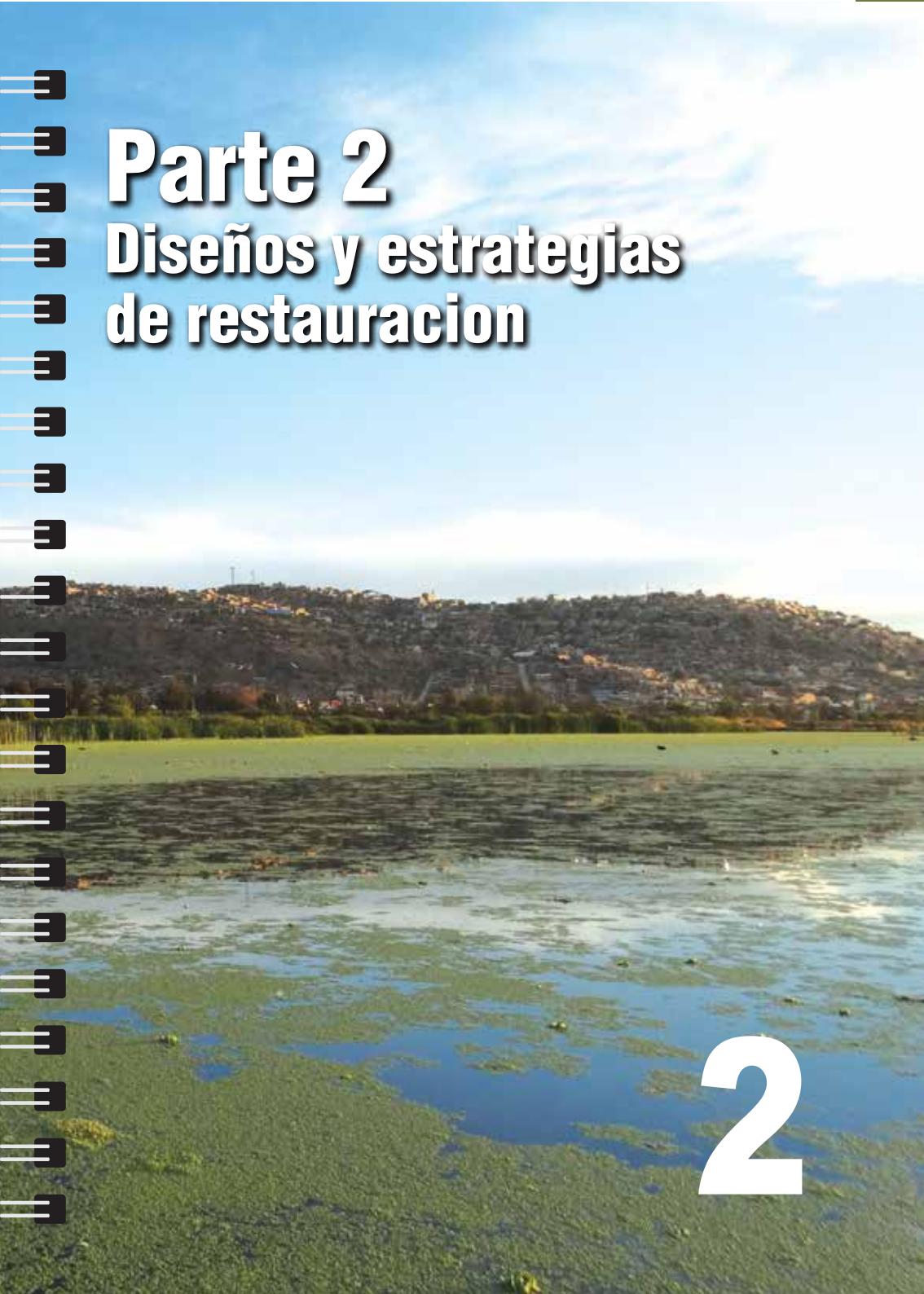
En la imagen precedente, se observa que las cámaras de alcantarillado que rebalsan se encuentran principalmente sobre el oeste de la Avenida Circuito Bolivia y la Av. 6 de Agosto.

## 7. Identificación de impactos, perturbaciones y fuentes contaminantes

Antes de establecer estrategias para restauración, es necesario diagnosticar los problemas, por lo tanto, es necesario una identificación de impactos y perturbaciones de la zona estudiada. Para este fin, en el presente trabajo se compiló, revisó y analizó en campo información pertinente a cada zona, resumiéndose en la tabla 8 los principales impactos existentes.

UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA	Impacto ambiental o problemática detectada
<b>1. Laderas de Serranía no urbanizadas</b> <b>4. Quebradas y cauces no urbanizados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Pérdida de biodiversidad</li> <li>* Degradación de la vegetación</li> <li>* Erosión de suelos</li> <li>* Microcuencas: erosión y contaminación</li> <li>* Escombrera del túnel del Abra</li> <li>* Extracción de piedra para construcción</li> <li>* Extracción de leña</li> <li>* Loteamiento e invasión de terrenos para urbanizaciones ilegales.</li> <li>* Refugio de antisociales y delincuentes</li> <li>* Construcción de caminos ilegalmente</li> <li>* Reforestación especies exóticas inadecuadas</li> </ul>
<b>2. Piedemonte de Serranía no urbanizado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Contaminación de suelos (residuos sólidos, líquidos, etc.)</li> <li>* Degradación de suelos</li> <li>* Pérdida de biodiversidad</li> <li>* Escasez y degradación de vegetación natural</li> <li>* Insuficiencia e inadecuación de zonas verdes</li> <li>* Perturbación de la infiltración natural para la recarga de acuíferos locales procedentes de la Serranía: área del Country Club y urbanizaciones del piedemonte.</li> <li>* Déficit de áreas verdes con equilibrio en el uso de las especies.</li> </ul>
<b>3. Piedemonte de Serranía urbanizado</b> <b>5. Zona urbanizada de margen norte</b> <b>6. Laderas urbanizadas</b> <b>7. Zona urbana salina</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Degradación de suelos y erosión.</li> <li>* Contaminación de suelos (basuras)</li> <li>* Degradación de la vegetación</li> <li>* Pérdida de biodiversidad</li> <li>* Falta de planificación territorial urbana</li> <li>* Insuficiencia, inadecuación o ausencia de zonas verdes: parques, aceras, rotondas.</li> <li>* Insuficiente o errónea utilización de especies vegetales nativas en áreas verdes.</li> <li>* Escorrentía en las calles</li> <li>* Vertido clandestino de desechos líquidos hacia la Laguna</li> <li>* Acumulación de nutrientes y toxinas</li> </ul>
<b>8. Zona lacustre salina</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Degradación de suelos: Contaminación, compactación.</li> <li>* Insuficiencia o ausencia de zonas verdes: parques, aceras, rotondas, etc.</li> <li>* Reforestación con especies erróneas.</li> <li>* Pérdida de la biodiversidad natural.</li> <li>* Colmatación de márgenes de laguna con sedimentos</li> <li>* Crecimiento incontrolado de la faja de vegetación palustre</li> </ul>
<b>9. Zona litoral con totorales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Expansión incontrolada de la superficie de los totorales.</li> <li>* Retención de sedimentos en los sistemas radiculares de los totorales con aceleración de la colmatación lacustre litoral.</li> </ul>

Tabla 9. Tipos de impactos generales identificados en la zona de estudio. Fuente: Original.



Parte 2  
Diseños y estrategias  
de restauración

2



# Diseños y estrategias de restauración

En esta sección, se presentan propuestas concretas susceptibles de ser aplicadas para la restauración ecológica de la microcuenca lacustre de Alalay.

► Es importante resaltar que estas propuestas fueron socializadas con una representación de las OTBs de los distritos urbanos implicados, pertenecientes a la zona de la Laguna Alalay. De manera que la propuesta se complementó con varios de los aspectos y sugerencias aportadas por los representantes de dichas OTBs.

## 1. Bases conceptuales y metodológicas de la propuesta de restauración

Desde el punto de vista conceptual, nuestra propuesta de restauración ecológica de la Cuenca de la Laguna Alalay se inscribe en el marco de los lineamientos actualizados de la SER: Sociedad Ecológica de Restauración (SER, 2004; MacDonald *et al.*, 2016).

Dentro de este enfoque general, los principios, directrices y conceptos fundamentales que adoptamos se resumen como sigue:

- **Reinstaurar un estado de auto-organización** de los sistemas seminaturales y urbanos de la microcuenca, que sea sostenible en el tiempo.
- Tomar como **Referencia general de Restauración** a los ecosistemas nativos locales. Es decir, a los diferentes tipos de ecosistemas potenciales originales de la región.
- Los tipos fundamentales de estrategias de restauración se refieren a tres posibilidades:
  - **Regeneración espontánea o natural** (RN): donde los daños son relativamente menores o subsisten suficientes remanentes para posibilitar la recolonización.
  - **Regeneración o recuperación asistida** (RA): recuperación de zonas con degradación media. Consiste en general en eliminar primero las causas de la degradación y posteriormente implementar intervenciones activas para corregir daños abióticos e incentivar la recuperación biótica natural.

- o **Reconstrucción** (RT): donde los daños y perturbaciones son elevados, con reversión o eliminación previas de daños abióticos.
- Sin embargo, las estrategias que no focalizan en la recuperación del ecosistema potencial nativo original deben ser consideradas como Rehabilitación (RH) y no restauración. En ellas, el objetivo es rehabilitar la idoneidad o condición sostenible del sistema existente, siendo especialmente útil este enfoque para su aplicación en zonas urbanas, periurbanas y ciertas áreas rurales. En todas ellas, la referencia y las metas de la acción de restauración no tienen sentido en dirección de la reconstrucción del ecosistema original, teniendo en cuenta, o bien el avanzado estado de degradación o los actuales planes de uso y ordenamiento territorial.
- **Zonificación:** cuando en el territorio a restaurar existen diferentes zonas con distintos grados de degradación o con diferentes planes de gestión territorial, lo apropiado es combinar algunas o todas de las aproximaciones de restauración o rehabilitación mencionadas en los puntos anteriores. Lo cual a su vez requiere una adecuada zonificación previa del área.
- **Establecimiento de las estrategias a implementar,** es necesario formular claramente y de forma jerárquica secuencial, de mayor a menor alcance:
  - o PROPOSITO DE RESTAURACION: ej. ecosistemas de referencia
  - o METAS DE RESTAURACION: ej. la condición o estado a conseguir del ecosistema, y los atributos concretos que se está apuntando a lograr.
  - o OBJETIVOS DE RESTAURACION: Cambios específicos y resultados inmediatos necesarios para alcanzar las metas y el propósito a conseguir para cada una de las zonas establecidas en la zonificación previa del área del proyecto. Tales objetivos se expresan en términos de indicadores medibles y cuantificables.
- **Carácter reiterativo o sinérgico de la restauración:** la recuperación completa de una zona determinada puede ser tan lenta, debido a causas diversas, que entonces es necesario adoptar estrategias de recuperación continuadas o sostenidas, mediante la aplicación sucesiva o periódica de nuevas intervenciones.
- Atributos de la restauración (cambios a conseguir):
  - o AUSENCIA DE AMENAZAS
    - Contaminación
    - Especies invasoras
    - Sobre-utilización
    - Amenazas de áreas adyacentes
  - o IDONEIDAD DE LAS CONDICIONES FISICO-QUÍMICAS
    - Sin contaminación química
    - Sin erosión de suelos

- Sin compactación de suelos
  - Idoneidad de los factores físicos y químicos del sustrato
  - Idoneidad de los factores físico-químicos del agua
- o COMPOSICIÓN IDÓNEA DE ESPECIES
    - Plantas deseables a instalar en las zonas sometidas a restauración
    - Animales deseables
    - Sin presencia de especies indeseables: exóticas, invasoras, plagas.
  - o DIVERSIDAD ESTRUCTURAL IDÓNEA
    - Todos o el mayor número posible de los estratos de vegetación
    - Todos o el mayor número posible de niveles tróficos (fitófagos, carnívoros, necrófagos, descomponedores)
    - Mosaico espacial heterogéneo y diverso
  - o FUNCIONALIDAD DEL ECOSISTEMA
    - Productividad y ciclos biogeoquímicos
    - Hábitats adecuados e interacciones suficientes
    - Resiliencia: capacidad de autorecuperación frente a presiones o impactos posteriores a la restauración.
  - o CAMBIOS EXTERNOS
    - Conectividad de los hábitats: implementar distintos niveles y tipos de conectividad ecológica (interna y externa al área).
    - Flujos en el paisaje.
    - Flujos genéticos.
    - Para estos atributos se define:
  - o El atributo o sub-atributo que se está manipulando o cambiando.
  - o El resultado deseado (por ejemplo: aumentar, disminuir, mantener).
  - o La magnitud del efecto (p. 40% de aumento en la cubierta de la planta).
  - o El marco de tiempo.

Es importante puntualizar que la propuesta presentada no incluye aún los necesarios e imprescindibles *lineamientos de monitoreo o seguimiento* del éxito, viabilidad y sostenibilidad de la restauración. Tarea clave que debe ser objeto de un trabajo específico posterior.

En función de los enfoques arriba descritos, planteamos el proceso metodológico concreto de restauración de la Cuenca de Alalay según los pasos o etapas siguientes:



A continuación se desarrollan y detallan de forma resumida estas etapas en las tablas siguientes (ver tablas 10 a 14):

## 2. Referencias, estrategias globales y metas a largo-medio plazo para la restauración ecológica de la cuenca lacustre de Alalay

Significado de las siglas en la Tabla 10: Regeneración espontánea o natural (RN). Regeneración o recuperación asistida (RA). Reconstrucción (RT). Rehabilitación (RH).

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Ecosistema potencial de referencia	Estrategias generales	Metas a largo-medio plazo (10-20 años)
1. Laderas de Serranía no urbanizadas	Bosque interandino de Soto con Gargatea: <i>Vasconcellea quercifolia-Schinopsis haenkeana</i>	Restauración espontánea natural (RN) Restauración/ recuperación asistida (RA)	Bosque interandino de Soto con Gargatea recuperado en un 60% - 70%
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	Algarrobal no salino: <i>Schinus fasciculatus-Prosopis alba</i>	Regeneración o recuperación asistida (RA)	Área verde deportiva combinando 60-70% de plantas nativas propias de la referencia potencial y 30%-40% de especies ornamentales exóticas.
3. Piedemonte de Serranía urbanizado			Parques urbanos combinando 60-70% de plantas nativas propias de la referencia potencial y 30%-40% de especies ornamentales exóticas.
4. Quebradas y cauces no urbanizados	Bosque ribereño-freatófilo interandino de Jarka con Chilijchi: <i>Erythrina falcata-Acacia visco</i> Bosque ribereño de Sauce: <i>Pisoniella arborescens-Salix humboldtianum</i>	Reconstrucción (RT) Rehabilitación (RH)	Bosque protector ribereño de quebradas establecido
5. Zona urbanizada de margen norte	Algarrobal salino: <i>Lycium americanum-Prosopis alba</i>		Parques urbanos combinando 60-70% de plantas nativas propias de la referencia potencial y 30%-40% de especies ornamentales exóticas.
6. Laderas urbanizadas	Bosque interandino de Soto con Gargatea: <i>Vasconcellea quercifolia-Schinopsis haenkeana</i>		
7. Zona urbana salina	Algarrobal salino: <i>Lycium americanum-Prosopis alba</i>		
8. Zona lacustre salina			
9. Laguna Alalay: Zona litoral con humedales	Totoral: <i>Comunidad de Typha domingensis-Schoenoplectus californicus</i>	Restauración/ recuperación asistida (RA)	Humedal de Totora controlado

Tabla 10 Establecimiento de referencias, estrategias globales y metas a largo-medio plazo para la restauración ecológica de la cuenca lacustre de Alalay. Fuente: Original.

### 3. Propuesta de objetivos, atributos de intervención, magnitudes y tiempos.

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo (< 10 años)	Atributos de intervención y resultado	Magnitud del efecto deseado	Tiempo (intervencion/estabilizacion)
1. Laderas de Serranía no urbanizadas	Estado idóneo de la vegetación sucesional capaz de progresar de forma natural hacia la vegetación potencial (RN).	Cobertura vegetal leñosa total (aumentar)	> 60%	5-10 años
	Proporción adecuada de árboles y arbustos del ecosistema potencial (RA).	Aumentar n° de árboles y arbustos de la clímax potencial	>50%	1-3 años
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	Proporción adecuada de árboles y arbustos del ecosistema potencial del piedemonte y mejoramiento paisajístico (RA+RT).	Aumentar n° de árboles y arbustos de la clímax potencial.	>30%-50%	1-3 años
3. Piedemonte de Serranía urbanizado	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RT).	Aumentar n° de árboles y arbustos de la clímax potencial.	>30%	1 – 3 años
		Disminuir y equilibrar n° de especies exóticas	< 100%	1 año
4. Quebradas y cauces no urbanizados	Control de efluentes urbanos a la Laguna (RT)	Disminuir contaminantes en efluentes urbanos	> 50%	1 – 3 años
	- Estabilización de cauce de quebradas de serranía/ arroyos del piedemonte y mejoramiento paisajístico de los mismos (RA+RT).	Aumentar n° de árboles y arbustos de la clímax potencial.	>100%	1 – 3 años
		Disminuir y equilibrar n° de especies exóticas	< 100%	1 año

Tabla 11. Zonas (unidades ambientales) de la Serranía de San Pedro: propuesta de objetivos, atributos de intervención, magnitudes y tiempos. Fuente: Original.

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo	Atributos de intervención y resultado	Magnitud del efecto deseado	Tiempo (intervencion/estabilizacion)
5. Zona urbanizada del margen norte	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RH).	Aumentar nº de árboles y arbustos de la clímax potencial.	>30%	1 – 3 años
		Disminuir y equilibrar nº de especies exóticas	<50%	1 año
	Control de efluentes urbanos a la Laguna (RH)	Disminuir contaminantes en efluentes urbanos	> 50%	1 – 3 años
6. Laderas urbanizadas	Control de erosión y mejoramiento paisajístico de zonas con alta pendiente (RH)	Aumentar nº de árboles y arbustos de la clímax potencial.	>50%	
	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RH).	Equilibrar nº de especies exóticas ornamentales	< 30% - 50%	1 – 3 años
	Control de efluentes urbanos a la Laguna (RH)	Disminuir contaminantes en efluentes urbanos	> 50%	
7. Zona urbana salina	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RH).	Aumentar nº de árboles y arbustos de la clímax potencial.	>30%	1 – 3 años
		Disminuir y equilibrar nº de especies exóticas	<50%	1 año
	Control de efluentes urbanos a la Laguna (RH)	Disminuir contaminantes en efluentes urbanos	> 50%	1 – 3 años
8. Zona lacustre salina o salinizada	Proporción adecuada de árboles y arbustos nativos del ecosistema potencial de la zona lacustre salina o salinizada (RA+RH).	Aumentar nº de árboles y arbustos de la clímax potencial.	> 70%	
	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas y de áreas verdes relacionadas con zonas deportivas (RH).	Disminuir y equilibrar nº de especies exóticas	< 30%	1 – 5 años
	Control y minimización del incremento de salinidad de los suelos	Detener y disminuir la salinización de los suelos	< 60%	
9. Laguna Alalay: Zona litoral con humedales	Control de la extensión y expansión de los totorales lacustres.	Totorales estabilizados y controlados en la zona litoral	<30% - 50%	1 – 5 años

Tabla 12. Zonas urbanas y lacustres: propuesta de objetivos, atributos de intervención, magnitudes y tiempos. Fuente: Original.

## 4. Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración

### 4.1. Descripción de tipos de estrategias específicas a utilizar

Las plantas nativas que se proponen para cada zona o unidad ambiental integrada pueden verse en las tablas 13 y 14 en la parte 3.

Las diversas estrategias a utilizar, se describen sucintamente a continuación:

#### A. Medidas de control de la erosión y de maximización de percolación frente a escorrentía.

Son las medidas clásicas para frenar la erosión en laderas montañosas, incluyendo:

- Zanjas de infiltración para captar los flujos hídricos de escorrentía.
- Bancales o terracillas de ladera (terraceado).
- Barreras vegetales (setos vivos) para frenado de la erosión.

#### B. Revegetación sucesional asistida con especies nativas

Utilización de especies nativas de distinta estructura y biotipo según el estado inicial de degradación del área a restaurar, siguiendo la sucesión ecológica:

- En áreas muy erosionadas y degradadas, es necesaria la aplicación previa de medidas correctoras del suelo: zanjas de infiltración, bancales, acolchado con materia orgánica.
- En áreas erosionadas degradadas comenzar por especies pioneras de herbáceas perennes o arbustivas con enraizamiento denso o fácil y rápida germinación/crecimiento.
- En áreas que cuentan con una cobertura vegetal herbácea o arbustiva introducir especies arbóreas juveniles obtenidas por semilla o plantines.

#### C. Protección efectiva (cercado) de zonas con estado sucesional más avanzado y/o de los remanentes boscosos.

- \* Utilización de alambrados o mallas para impedir el paso al ganado o a personas extractoras de leña o plantas y colonización ilegal.

#### D. Talado y supresión selectiva del exceso de plantas exóticas ornamentales.

Implica la eliminación de plantas exóticas u ornamentales inapropiadas que actualmente existen en número excesivo o han sido plantadas erróneamente. Ejemplos críticos de estas plantas en parques y avenidas de Cochabamba en general y del área de estudio en particular, son:

- Eucaliptos (*Eucaliptus spp.*)
- Casuarina (*Casuarina equisetifolia*).
- Melia (*Melia azederach*)
- Fresno americano (*Fraxinus ornus*)
- Gomero enano (*Ficus benjamina*)
- Gomero (*Ficus elastica*)
- Pinos mexicanos (*Pinus montezuma, Pinus radiata*)
- Álamos y chopos europeos (*Populus alba, Populus italicica*)
- Plátano de sombra norteamericano (*Platanus orientalis*)
- Sauce llorón de Mesopotamia (*Salix babylonica*)
- Brachichito australiano (*Brachychiton populneum*)
- Ciprés de Arizona (*Cupressus arizonica*)
- Falso ciprés norteamericano (*Chamaecyparis lawsoniana*)

#### **E. Implementación de humedales construidos con especies palustres nativas a la entrada de afluentes a la laguna.**

Humedales artificiales poco extensos, implementados con técnicas estándar de fitoremediación usando especies palustres nativas, con objeto de rizofiltrar contaminantes, absorber fosfatos y nitratos, acumular contaminantes y retener sedimentos que puedan contener los efluentes que llegan a la laguna procedentes de su microcuenca (ver especies recomendadas en tablas 13, 14 y en la parte 3).

#### **F. Construcción de terraplenes y camellones para minimizar salinización.**

Implementación de terraplenes bajos, con alturas óptimamente entre 0.5 y 1 m y geometría alargada en banda o faja, los cuales por capilaridad atraen el ascenso de sales solubles desde las zonas más bajas circundantes afectadas por salinización de los suelos. De forma que estas sales se concentran sólo o preferentemente en los terraplenes.

#### **G. Plantación directa de especies arbóreas y arbustivas nativas.**

Plantación de ejemplares jóvenes de las especies nativas seleccionadas, obtenidos por semilla, esqueje o trasplante y facilitados inicialmente con hidrogeles comerciales, así como protegidos por pequeño enmallado circundante a cada individuo o al conjunto de la plantación.

### **4.2. Tipos de diseños espaciales de restauración a utilizar**

#### **a. Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración: zonas de la Serranía de San Pedro.**

A. Medidas de control de la erosión y de maximización de

percolación frente a escorrentía.

- B. Revegetación sucesional asistida con especies nativas
- C. Protección efectiva (cercado) de zonas con estado sucesional más avanzado y/o de los remanentes boscosos.
- D. Talado y supresión selectiva del exceso de plantas exóticas ornamentales.
- E. Implementación de humedales construidos con especies palustres nativas a la entrada de afluentes a la laguna.
- F. Construcción de terraplenes y camellones para minimizar salinización
- G. Plantación directa de especies arbóreas y arbustivas nativas.

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo (< 10 años)	Diseños espaciales específicos (ver asimismo Mapa de Restauración Ecológica)	Estrategias propuestas	Plantas nativas recomendadas, propias de la vegetación potencial natural
1. Laderas de Serranía no urbanizadas	<p>Estado idóneo de la vegetación sucesional capaz de progresar de forma natural hacia la vegetación potencial (RN).</p> <p>Proporción adecuada de árboles y arbustos del ecosistema potencial (RA).</p>	<p><b>1 a.</b> Cercado de áreas sucesionales seleccionadas en zona 1.</p> <p><b>1 b.</b> Delimitación de zonas de revegetación activa mediante plantación asistida en zona 1.</p> <p><b>1 c.</b> Zanjas de infiltración y bancales en zonas erosionadas en zona 1.</p>	A, B, C	<b>Soto</b> ( <i>Schinopsis haenkeana</i> ), <b>Gargatea</b> ( <i>Vasconcellea quercifolia</i> ), <b>Kacha del Cerro</b> ( <i>Aspidosperma horkoquebracho</i> ), <b>Chiñi</b> ( <i>Acacia macracantha</i> ), <b>Algarrobo del cerro</b> ( <i>Prosopis andicola</i> ), <b>Lantana</b> ( <i>Lantana spp.</i> ), <b>Ulala</b> ( <i>Harrisia tetracantha</i> ), <b>Cardón</b> ( <i>Cereus haenkeanus</i> ), <b>Tunilla del cerro</b> ( <i>Opuntia sulphurea</i> )
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	Proporción adecuada de árboles y arbustos del ecosistema potencial del piedemonte y mejoramiento paisajístico (RA+RT).	<p><b>2 a.</b> Bosque urbano abierto reticular o en manchas, incorporando áreas deportivas en la matriz, en zona 2.</p> <p><b>2 b.</b> Cercado de áreas sucesionales seleccionadas en zona 2.</p>	D, G	<b>Ceibo o Chilijchi</b> ( <i>Erythrina falcata</i> ), <b>Jarka</b> ( <i>Acacia visco</i> ), <b>Tipa</b> ( <i>Tipuana tipu</i> ), <b>Jacarandá</b> ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> ), <b>Sauce</b> ( <i>Salix humboldtianum</i> ), <b>San Marcos</b> ( <i>Tessaria fastigiata</i> ), <b>Salankachi</b> ( <i>Acalypha plicata</i> ), <b>Chillka del río</b> ( <i>Baccharis salicifolia</i> )

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo (< 10 años)	Diseños espaciales específicos (ver asimismo Mapa de Restauración Ecológica)	Estrategias propuestas	Plantas nativas recomendadas, propias de la vegetación potencial natural
3. Piedemonte de Serranía urbanizado	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RT).	3 a. Parque y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 3.	D, G	Ceibo o Chilijchi ( <i>Erythrina falcata</i> ), Jarka ( <i>Acacia visco</i> ), Tipa ( <i>Tipuana tipu</i> ), Jacarandá ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> ), Sauce ( <i>Salix humboldtianum</i> ), San Marcos ( <i>Tessaria fastigiata</i> ), Salankachi ( <i>Acalypha plicata</i> ), Chillka del río ( <i>Baccharis salicifolia</i> )
	Control de efluentes urbanos a la Laguna (RT)	3 b. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 3.	E zona 3.	Totorá ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ), Matarao Piri ( <i>Typha dominguensis</i> ), Junquillo ( <i>Schoenoplectus americanus</i> ), Chillka blanca ( <i>Pluchea absinthioides</i> ), Lengua de buey ( <i>Rumex crispus</i> ), Paico ( <i>Dysphania ambrosioides</i> ), Berro ( <i>Nasturtium officinale</i> )
4. Quebradas y cauces no urbanizados	Estabilización de cauce de arroyos del piedemonte y mejoramiento paisajístico de los mismos (RA+RT).	4 a. Corredor fluvial poco denso a semidenso en zona 4.	B, G	Ceibo o Chilijchi ( <i>Erythrina falcata</i> ), Jarka ( <i>Acacia visco</i> ), Sauce ( <i>Salix humboldtianum</i> ), San Marcos ( <i>Tessaria fastigiata</i> ), Salankachi ( <i>Acalypha plicata</i> ), Chillka del río ( <i>Baccharis salicifolia</i> )

Tabla 13. Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración: zonas de la Serranía de San Pedro. Fuente: original. Ver asimismo Mapa de Restauración (Figura 9).

## DESCRIPCIÓN DE DISEÑOS ESPACIALES ESPECÍFICOS EN CADA UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA: ZONAS DE LA SERRANÍA DE SAN PEDRO. (Ver asimismo Mapa de Restauración, Figura 11)

### 1. Laderas de Serranía no urbanizadas

#### 1 a. Cercado de áreas sucesionales seleccionadas en zona 1.

Áreas con vegetación nativa original de las laderas de la Serranía en estado actual ralo, abierto o degradado por impactos antrópicos o naturales. La estrategia incluye un cercado mediante alambre o malla que impida la continuidad del impacto mediante ingreso al área.

Se espera de esta forma incentivar la sucesión natural y la recuperación de la vegetación contando con sus propios recursos biológicos.

#### **1 b. Delimitación de zonas de revegetación activa mediante plantación asistida en zona 1.**

Áreas claramente degradadas en su cobertura vegetal actual, aunque mantienen todavía un porcentaje mayoritario de especies de la flora nativa de etapas sucesionales degradadas. Causas de la degradación: incendios, caminos o asentamientos ilegales, extracción de leña o de piedra, erosión.

Aunque podrían recuperarse de forma autónoma, lo harían de forma lenta, necesitando por tanto de medidas activas mediante revegetación sucesional: plantación de especies nativas (herbáceas, arbustivas o arbóreas) de acuerdo al estado actual del suelo y al grado de sucesión en que se encuentra cada superficie.

#### **1 c. Zanjas de infiltración y bancales en zonas erosionadas en zona 1.**

Construcción de acuerdo a protocolos estándar de zanjas de infiltración para retención de aguas de escorrentía, así como de bancales para rotura de pendiente u otras medidas similares. Con objeto de facilitar una posterior revegetación sucesional asistida y recuperación de suelos.

En las zonas más degradadas y de mayor erosión de suelos de las laderas de la Serranía de San Pedro.

### **2. Piedemonte de Serranía no urbanizado**

#### **2 a. Bosque urbano abierto reticular o en manchas, incorporando áreas deportivas en la matriz, en zona 2.**

Estrategia dirigida específicamente al área deportiva privada del Country Club Cochabamba, donde se mejoraría la extensión, disposición espacial y la composición (aumento de especies nativas) de las áreas verdes que rodean o bordean las zonas deportivas o de recreación actualmente existentes. En varios casos, ello requeriría una re-adecuación de especies, con posible eliminación previa de algunas especies exóticas actualmente existentes.

Se propone un diseño en forma de manchas, corredores o retículos de bosque urbano abierto basado en especies nativas apropiadas a este hábitat, complementado con algunas especies exóticas ornamentales.

## **2 b.Cercado de áreas sucesionales seleccionadas en zona 2.**

En la parte alta del piedemonte del Country Club, cerca del contacto con las laderas de la Serranía de San Pedro, existen manchas de vegetación nativa más o menos aclarada degradada o raleada. Estas manchas serían recuperables de forma autónoma por sí mismas mediante sucesión ecológica natural, proveyendo protección permanente mediante el cercado de estas áreas.

## **3. Piedemonte de Serranía urbanizado**

### **3 a.Parque y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 3.**

Mejoramiento de la extensión, disposición y composición florística de las áreas verdes (plazas, jardines, calles y avenidas) de los barrios urbanizados existentes en el margen sureste de la Laguna Alalay, hacia el piedemonte de la Serranía de San Pedro.

Actualmente, estas áreas verdes son inadecuadas, con una mayoría de flora ornamental exótica y de extensiones muy pequeñas.

### **3 b.Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 3.**

Instalación de humedales fitoremediadores basados en rizo-filtración y rizo-retención en los puntos de ingreso de vertidos líquidos hacia la Laguna Alalay, procedentes de los barrios del piedemonte urbanizado.

## **4. Quebradas y cauces no urbanizados**

### **4 a.Corredor fluvial poco denso a semidenso en zona 4.**

El único cauce natural algo importante que desemboca en la Laguna Alalay, nace en la Serranía de San Pedro al este del Country Club, lo atraviesa aproximadamente por su zona media-inferior y va a desembocar a la laguna.

En su trayecto, y a pesar de su pequeño recorrido total (aproximadamente 2 Km desde su nacimiento), este cauce tiene dos zonas bien diferenciadas:

- Dentro del área del Country, este cauce presenta fragmentos y

remanentes aislados del bosque nativo ripario y freatófilo potencial de Jarka (*Acacia visco*) y Chiljchi (*Erythrina falcata*). Para este tramo del cauce, se requiere realizar sucesivamente:

- o Limpieza y eliminación de especies exóticas dañinas (pinos, eucaliptos, casuarinas, melias).
  - o Plantación y revegetación con Jarka (*Acacia visco*) y Chiljchi (*Erythrina falcata*). Y con algunos arbustos nativos propios de la serie de vegetación con valor ornamental: Luyo-Luyo (*Schinus fasciculatus*), San Marcos (*Tessaria fastigiata*) y Salankachi (*Acalypha plicata*); a fin de reconstruir un bosque ribereño protector que dada su ubicación y naturaleza tiene que ser de carácter abierto poco denso, en forma de parque o bosque lineal urbano a base de especies nativas.
- Al salir del Country, después de atravesar la carretera, el arroyo ha sido extensivamente alterado en sus márgenes y llanura de inundación por plantaciones de exóticas dañinas al ambiente, principalmente de Casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*). Además, se excavó un estanque circular de decantación de sedimentos, que corta el cauce entre la carretera y la orilla de la laguna. Mantiene sin embargo remanentes aislados del bosque ribereño nativo potencial de Sauce (*Salix humboldtianum*). Para este tramo del cauce, se requiere realizar sucesivamente:
    - o Limpieza y eliminación de las especies citadas de árboles exóticos.
    - o Limpieza y eliminación de malezas herbáceas nitrófilas que han invadido todos los márgenes y el mismo lecho fluvial.
    - o Acondicionamiento y reconstrucción de la geomorfología del cauce: excavación y dragado del cauce para asegurar su morfología y profundidad efectivas.
    - o Plantación y revegetación con Sauce (*Salix humboldtianum*) y algunos arbustos nativos propios de su serie de vegetación con valor ornamental: Luyo-Luyo (*Schinus fasciculatus*), San Marcos (*Tessaria fastigiata*) y Salankachi (*Acalypha plicata*); a fin de reconstruir un bosque ribereño protector que dada su ubicación y naturaleza tiene que ser de carácter abierto poco denso, en forma de parque o bosque lineal urbano a base de especies nativas.

**b. Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración: Zonas urbanas y lacustres.**

Leyenda de estrategias:

- A. Medidas de control de la erosión y de maximización de percolación frente a escorrentía.
- B. Revegetación sucesional asistida con especies nativas
- C. Protección efectiva (cercado) de zonas con estado sucesional más avanzado y/o de los remanentes boscosos.
- D. Talado y supresión selectiva del exceso de plantas exóticas ornamentales.
- E. Implementación de humedales construidos con especies palustres nativas a la entrada de afluentes a la laguna.
- F. Construcción de terraplenes y camellones para minimizar salinización
- G. Plantación directa de especies arbóreas y arbustivas nativas.
- H. Dragado de sedimentos y control de la propagación de la Totora en la zona litoral palustre.

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo (< 10 años)	Diseños espaciales específicos (ver asimismo Mapa)	Estrategias	Plantas nativas recomendadas, propias de la vegetación potencial natural
5. Zona urbanizada del margen norte	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RH).	5 a. Parques y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 5 .	D, G	<b>Algarrobo</b> ( <i>Prosopis alba</i> ), <b>Jacarandá</b> ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> ), <b>Sauce</b> ( <i>Salix humboldtianum</i> ), <b>Luyo-Luyo</b> ( <i>Schinus fasciculatus</i> ), <b>Churqui</b> ( <i>Acacia caven</i> ), <b>Salankachi</b> ( <i>Acalypha plicata</i> ), <b>Pasto salino</b> ( <i>Distichlis spicata</i> ), <b>San Marcos</b> ( <i>Tessaria fastigiata</i> )
	Control de efluentes urbanos a la Laguna (RH)	5 b. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 5.	E	<b>Totora</b> ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ), <b>Matarao Piri</b> ( <i>Typha domingensis</i> ), <b>Junquillo</b> ( <i>Schoenoplectus americanus</i> ), <b>Chillka blanca</b> ( <i>Pluchea absynthoides</i> ), <b>Lengua de buey</b> ( <i>Rumex crispus</i> ), <b>Paico</b> ( <i>Dysphania ambrosioides</i> ), <b>Berro</b> ( <i>Nasturtium officinale</i> )
6. Laderas urbanizadas				

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo (< 10 años)	Diseños espaciales específicos (ver asimismo Mapa)	Estrategias	Plantas nativas recomendadas, propias de la vegetación potencial natural
<b>6. Laderas urbanizadas</b>	Control de erosión y mejoramiento paisajístico de zonas con alta pendiente (RH)  Proporción adecuada de árboles y arbustos del ecosistema potencial (RA).  Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RH).  Control de efluentes urbanos a la Laguna (RH) en base de ladera	6 a. Zanjas de infiltración y bancales en zonas erosionadas de zona 6.  6 b. Mancha de Bosque urbano abierto mixto nativo-ornamental en zona 6.  6 c. Parque y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 6.  6 d. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 6.		<b>Soto</b> ( <i>Schinopsis haenkeana</i> ), <b>Gargatea</b> ( <i>Vasconcellea quercifolia</i> ), <b>Kacha del Cerro</b> ( <i>Aspidosperma horquebracho</i> ), <b>Chíñi</b> ( <i>Acacia macracantha</i> ), <b>Algarrobo del cerro</b> ( <i>Prosopis andicola</i> ), <b>Lantanas</b> ( <i>Lantana spp.</i> ), <b>Ulala</b> ( <i>Harrisia tetracantha</i> ), <b>Cardón</b> ( <i>Cereus haenkeanus</i> ), <b>Tunilla del cerro</b> ( <i>Opuntia sulphurea</i> )  <b>Totora</b> ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ), <b>Matara o Piri</b> ( <i>Typha dominguensis</i> ), <b>Junquillo</b> ( <i>Schoenoplectus americanus</i> ), <b>Chillka blanca</b> ( <i>Pluchea absynthioides</i> ), <b>Lengua de buey</b> ( <i>Rumex crispus</i> ), <b>Paico</b> ( <i>Dysphania ambrosioides</i> ), <b>Berro</b> ( <i>Nasturtium officinale</i> )
<b>7. Zona urbana salina</b>	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas (RH).  Control de efluentes urbanos a la Laguna (RH)	7 a. Parque y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 7.  7 b. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 7.	D, F, G  E	<b>Algarrobo</b> ( <i>Prosopis alba</i> ), <b>Jacarandá</b> ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> ), <b>Sauce</b> ( <i>Salix humboldtianum</i> ), <b>Luyo-Luyo</b> ( <i>Schinus fasciculatus</i> ), <b>Churqui</b> ( <i>Acacia caven</i> ), <b>Salankachi</b> ( <i>Acalypha plicata</i> ), <b>Grama salina</b> ( <i>Distichlis spicata</i> ), <b>San Marcos</b> ( <i>Tessaria fastigata</i> )  <b>Totora</b> ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ), <b>Matara o Piri</b> ( <i>Typha dominguensis</i> ), <b>Junquillo</b> ( <i>Schoenoplectus americanus</i> ), <b>Chillka blanca</b> ( <i>Pluchea absynthioides</i> ), <b>Lengua de buey</b> ( <i>Rumex crispus</i> ), <b>Paico</b> ( <i>Dysphania ambrosioides</i> ), <b>Berro</b> ( <i>Nasturtium officinale</i> )

UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS	Objetivos a corto o medio plazo (< 10 años)	Diseños espaciales específicos (ver asimismo Mapa)	Estrategias	Plantas nativas recomendadas, propias de la vegetación potencial natural
8. Zona lacustre salina o salinizada	Proporción adecuada de árboles y arbustos nativos del ecosistema potencial de la zona lacustre salina o salinizada (RA+RH).	<p><b>8 a.</b> Manchas y corredores de Bosque Urbano abierto nativo en zona 8.</p> <p><b>8 a'.</b> Eliminación específica de árboles ornamentales en zona 8.</p> <p><b>8 e.</b> Cercado de áreas sucesionales de vegetación nativa en zona 8.</p> <p><b>8 b.</b> Corredor perimetral de bosque urbano abierto con especies nativas en zona 8.</p>	B, D	<b>Algarrobo</b> ( <i>Prosopis alba</i> ), <b>Jacarandá</b> ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> ), <b>Sauce</b> ( <i>Salix humboldtianum</i> ), <b>Luyo-Luyo</b> ( <i>Schinus fasciculatus</i> ), <b>Chillka blanca</b> ( <i>Pluchea absinthioides</i> ), <b>Churqui</b> ( <i>Acacia caven</i> ), <b>Salankachi</b> ( <i>Acalypha plicata</i> ), <b>Grama salina</b> ( <i>Distichlis spicata</i> ), <b>Verdolago salino</b> ( <i>Sesuvium portulacastrum</i> ), <b>Heliotropo rastreiro</b> ( <i>Heliotropium curassavicum</i> )
	Optimización y equilibrio sostenible de las áreas verdes urbanas y de áreas verdes relacionadas con zonas deportivas (RH).	<p><b>8 c.</b> Corredores y retículos de bosque nativo abierto rodeando áreas deportivas en zona 8.</p> <p><b>8 d.</b> Terraplenes y camellones desalinizadores en zona 8.</p>	F	<b>Pasto salino</b> ( <i>Distichlis spicata</i> ), <b>Verdolago salino</b> ( <i>Sesuvium portulacastrum</i> ), <b>Heliotropo rastreiro</b> ( <i>Heliotropium curassavicum</i> )
9. Laguna Alalay: Zona litoral con humedales	Control de la extensión y expansión de los totorales lacustres.	<p><b>8 e.</b> Cercado de áreas sucesionales en zona 8.</p> <p><b>9 a.</b> Dragado y desbroce de zonas de expansión invasiva del totoral.</p>	H	

**Tabla 14. Estrategias específicas por zonas y diseños espaciales de la restauración: zonas urbanas y lacustres.**  
 Fuente: Original. Ver asimismo Mapa de restauración Ecológica (Figura 9).

## DESCRIPCIÓN DE DISEÑOS ESPACIALES ESPECÍFICOS EN CADA UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA: ZONAS URBANAS Y LACUSTRES. (Ver asimismo Mapa de Restauración, Figura 11)

### 5. Zona urbanizada del margen norte

#### 5 a. Parques y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 5.

Mejoramiento de la extensión, disposición y composición florística de las áreas verdes (plazas, rotondas, jardines, calles y avenidas) de los barrios urbanizados existentes rodeando el margen norte de la Laguna Alalay.

Previamente, es necesaria la eliminación de árboles inadecuados, dañinos o en cantidades excesivas ahora existentes. En particular: *Melia (Melia azederach)*, *Casuarina (Casuarina equisetifolia)* y *Eucalipto (Eucaliptus camaldulensis)*, principalmente. Además, el número excesivo de Molle (*Schinus molle*).

Actualmente, estas áreas verdes son inadecuadas, con una mayoría de flora ornamental exótica y de extensiones muy pequeñas en relación al conjunto del barrio.

#### 5 b. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 5.

Instalación de humedales fitoremediadores basados en rizo-filtración y rizo-retención en los puntos de ingreso de vertidos líquidos hacia la Laguna Alalay, procedentes de los barrios del margen norte de la misma.

### 6. Laderas urbanizadas

#### 6 a. Zanjas de infiltración y bancales en zonas erosionadas de zona 6.

Construcción de acuerdo a protocolos estándar de zanjas de infiltración para retención de aguas de escorrentía, así como de bancales para rotura de pendiente u otras medidas similares. Con objeto de facilitar una posterior revegetación sucesional asistida y recuperación de suelos.

A aplicar en la zona de mayor pendiente y más degradada, con mayor vulnerabilidad frente a la erosión de suelos en las laderas orientales del Cerro Verde.

#### 6 b. Mancha de Bosque urbano abierto mixto nativo-ornamental en zona 6.

En la misma zona en fuerte pendiente a la que alude el punto anterior, la propuesta de restauración implica una revegetación sucesional asistida y monitoreada. El objetivo, es crear una mancha de bosque urbano-parque, abierto y con senderos, priorizando especies nativas combinadas con algunas ornamentales vistosas o llamativas.

Presupone el terraceado previo de la ladera y medidas correctoras de la erosión.

#### **6 c. Parque y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 6.**

Aumento de la extensión y mejoramiento de la ubicación y composición florística de las áreas verdes (plazas, jardines, calles y avenidas) de los barrios urbanizados existentes en el Cerro Verde, en las laderas orientales del mismo que miran hacia la Laguna.

Actualmente, estas áreas verdes son inadecuadas, con una mayoría de flora ornamental exótica y de extensiones muy pequeñas.

#### **6 d. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 6.**

Instalación de humedales fitoremediadores basados en rizo-filtración y rizo-retención en los puntos de ingreso de vertidos líquidos hacia la Laguna Alalay, procedentes de los barrios del margen occidental de la misma.

Estos vertidos incluyen desechos líquidos procedentes de las fábricas de pantalones Jeans, los cuales afectan de forma grave a la Laguna.

### **7. Zona urbana salina**

#### **7 a. Parque y avenidas revegetadas ecológicamente en zona 7.**

Aumento de la extensión y mejoramiento de la ubicación y composición florística de las áreas verdes (plazas, jardines, calles y avenidas) de los barrios urbanizados existentes en el margen sur de la Laguna, fundamentalmente en torno al Campo Ferial.

Actualmente, estas áreas verdes son inadecuadas, con una mayoría de flora ornamental exótica y de extensiones claramente insuficientes.

Previamente, es necesaria la eliminación de árboles inadecuados,

dañinos o en cantidades excesivas ahora existentes. En particular: Melia (*Melia azederach*), Casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), principalmente. Además, el número excesivo de Molle (*Schinus molle*).

### 7 b. Humedales filtradores en ingreso a laguna en zona 7.

Instalación de humedales fitoremediadores basados en rizo-filtración y rizo-retención en los puntos de ingreso de vertidos líquidos hacia la Laguna Alalay, procedentes de los barrios del margen meridional de la misma. Fundamentalmente, vertidos y desechos líquidos domésticos o en menor medida industriales.

## 8. Zona lacustre salina o salinizada

### 8 a. Manchas y corredores de Bosque Urbano abierto nativo en zona 8.

Al constituir un área de protección, los márgenes inmediatos de la Laguna Alalay tienen una importancia especial de cara a la conservación y restauración de la biodiversidad.

La propuesta de restauración para esta zona, supondría la creación de manchas de pequeños bosques urbanos abiertos con predominio del Algarrobo o T'akho (*Prosopis alba*) como especie nativa del bosque potencial, acompañado en el sotobosque de arbustos propios de la serie de vegetación, como: Luyo-Luyo (*Schinus fasciculatus*), Chillka blanca (*Pluchea absinthioides*), Churqui (*Acacia caven*) y Salankachi (*Acalypha plicata*); así como varias herbáceas o semileñosas halófilas: Pasto salino (*Distichlis spicata*), *Sesuvium portulacastrum* y *Heliotropium curassavicum*.

Estas manchas deben conectarse con corredores angostos constituidos por las mismas especies.

### 8 a'. Eliminación específica de árboles ornamentales en zona 8.

Previamente a la aplicación de la estrategia anterior (8 a), es necesaria la eliminación de árboles inadecuados, dañinos o en cantidades excesivas ahora existentes. En particular: Fresno americano (*Fraxinus ornus*), Melia (*Melia azederach*), Casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), principalmente.

En particular, es apremiante la supresión de las densas manchas de bosque plantado constituidas por Casuarina o Eucalipto, que existen

en el margen oriental de la Laguna.

Asimismo, la corrección de errores de revegetación en las plantaciones recientemente efectuadas de árboles no nativos del valle de Cochabamba en el margen norte de la zona lacustre salina. Estas plantaciones incorporan plantas chaqueñas de tierras bajas como *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis chilensis* y *Geoffroea decorticans* que no son propias de los valles interandinos de Cochabamba.

#### **8 e. Cercado de áreas sucesionales de vegetación nativa en zona 8.**

Principalmente en el margen oriental y meridional de la zona lacustre salina o salinizada, existen varias manchas de extensión variable ocupadas por matorrales y herbazales halófilos o halo-tolerantes, dominados por especies como: Chillka negra (*Baccharis salicifolia*), Chillka blanca (*Pluchea absinthioides*), y Pasto salino (*Distichlis spicata*).

En el interior de estas manchas, especialmente en los márgenes surorientales de la Laguna, existen como remanentes individuos dispersos de *Prosopis alba*. El cercado y protección de estos parches de vegetación sucesional nativa facilitaría y posibilitaría su evolución hacia el bosque potencial de *Prosopis alba*, que puede manejarse para guiar su desarrollo de manera que no llegue a constituir masas densas sino abiertas y con posibilidad de tránsito por su interior.

#### **8 b. Corredor perimetral de bosque urbano abierto con especies nativas en zona 8.**

Esta directriz de restauración, supone completar y adecuar el corredor actualmente muy fragmentado y exiguo que contornea el perímetro de la Laguna, utilizando especies nativas de la serie del Algarrobo o T'akho y eliminando los árboles exóticos ahora existentes y ya citados en otros puntos.

El objetivo sería lograr una faja vegetal abierta pero conectada, que proteja al cuerpo de agua y las aves acuáticas, cumpliendo además otras funciones como sombrear la ciclo-vía, facilitar el paseo o conocimiento de plantas nativas y recuperar la biodiversidad en el área de protección Alalay.

#### **8 c. Corredores y retículos de bosque nativo abierto rodeando áreas deportivas en zona 8.**

Actualmente, los campos deportivos de fútbol y otros deportes carecen de setos o bordes de árboles que puedan sombrear aunque sea parcialmente a los espectadores. Los setos existentes en el margen oriental contienen una mezcla incoherente de especies no nativas como pinos, eucaliptos y casuarinas.

Se trata de reemplazar estas especies y crear setos o corredores angostos y abiertos constituidos por especies nativas de la serie de *Prosopis alba*, árbol que bien podado y mantenido es perfecto para sombra.

#### **8 d. Terraplenes y camellones desalinizadores en zona 8.**

La salinización en la zona lacustre litoral y sus márgenes cercanos, está en incremento debida a varios factores críticos, como la disminución constante de la profundidad del cuerpo de agua por colmatación con sedimentos y la fuerte evaporación producto del clima xérico semiárido con una muy intensa insolación en la época seca.

La construcción dispersa en la faja litoral lacustre de camellones o terraplenes bajos (altura < 1 m) con morfología lineal, formando bandas angostas, facilitaría el que la sal ascienda por capilaridad disuelta en el agua, fenómeno especialmente efectivo durante la época seca. Estos camellones, de forma espontánea se cubrirían en poco tiempo de herbazales de *Pasto salino* (*Distichlis spicata*).

### **9. Laguna Alalay: Zona litoral con humedales**

#### **9 a. Dragado y desbroce de zonas de expansión invasiva del totoral.**

El totoral de la Laguna Alalay está constituido por tres especies: dos de gran tamaño (superior a 1.5 m), la Totora (*Schoenoplectus californicus*) y la Matara o Piri (*Typha domingensis*); y una menor, generalmente hasta 1 m de alta, el Junquillo (*Schoenoplectus americanus*) predominando en general la Totora. Todas, pero especialmente las dos primeras, tienen un denso crecimiento en el sustrato mediante potentes rizomas que se propagan horizontalmente de forma rápida, dando lugar a una red de robustos tallos subterráneos de difícil extracción como no sea con maquinaria y dragado.

El carácter invasivo del totoral y su gran resistencia a la contaminación y a la salinidad, hace que si no se controla y

monitorea, tenga una expansión cada vez mayor, acelerando la colmatación de la laguna por su capacidad de retención de sedimentos.

Por ello, es necesaria una reducción periódica de las extensiones litorales del totoral, que requiere asimismo un dragado simultáneo de los sedimentos subyacentes a esta formación vegetal. A fin de lograr un equilibrio entre su valor clave como hábitat de refugio y cría para las aves acuáticas, frente a su poder invasivo y colmatante.

En el Mapa de Restauración, se han delimitado las principales zonas propuestas de dragado y desbroce, según criterios de conectividad ecológica de las manchas de este hábitat y su relación con la geomorfología del litoral de la Laguna. Tratando de eliminar o reducir:

- Manchas de totoral desconectadas, o muy fragmentadas, o de reciente expansión.
- Manchas de totoral que bloquean y colmatan rápidamente ensenadas de las orillas.
- Asimismo, manchas o fajas de totoral fácilmente accesibles desde las orillas (particularmente en época seca) por parte de personas o perros, por su potencial de constituirse en un peligro para las aves acuáticas o la seguridad de las personas.

Una vez extraído el totoral, la biomasa puede reciclarse como compostaje u otros propósitos, previo análisis de sus contenidos en metales pesados y otros contaminantes dado su posible carácter bioacumulador.

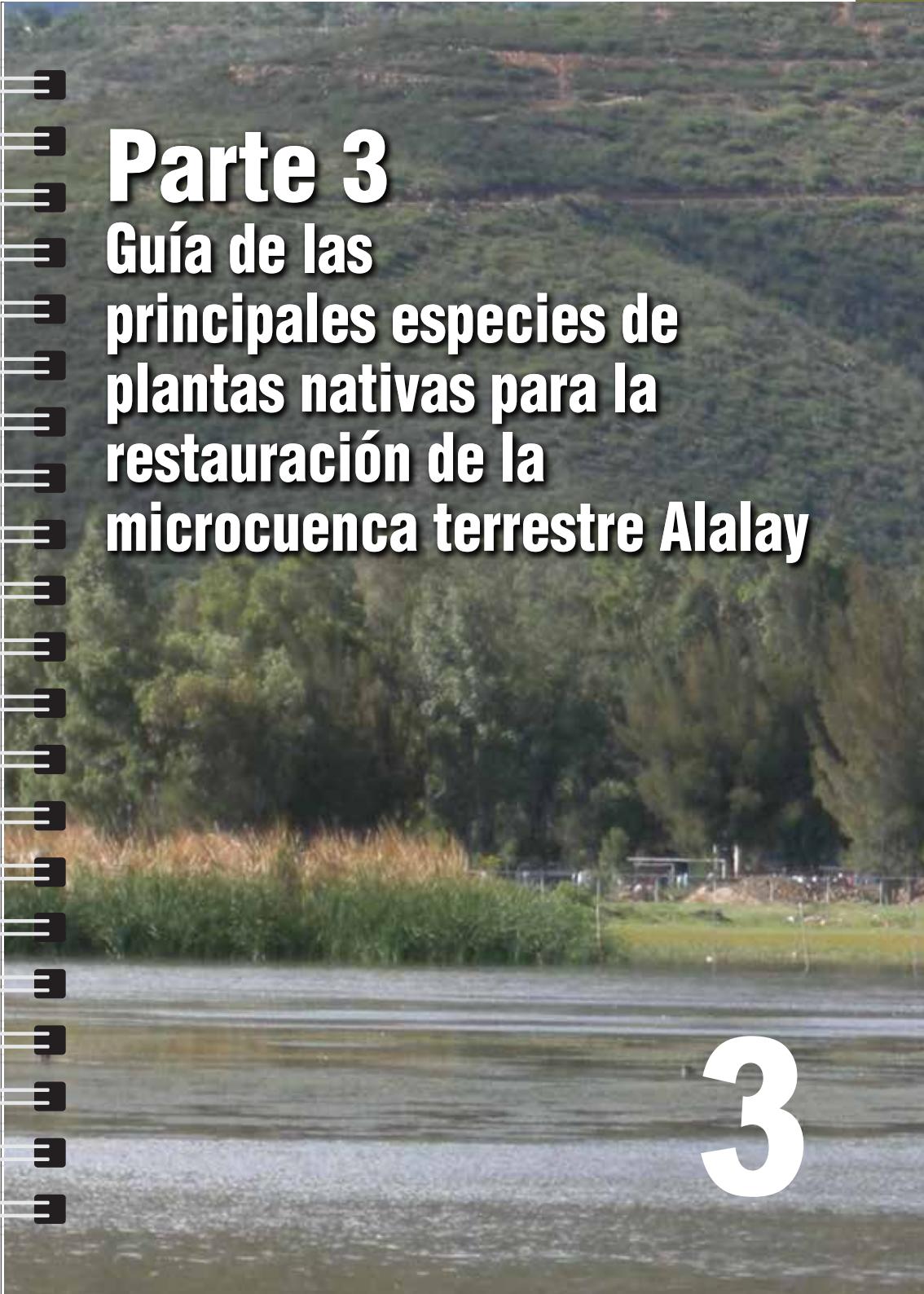


**Figura 11.** Mapa de diseños de restauración ecológica de la Cuenca Terrestre de la Laguna Alajay. Fuente: Original

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTEZANA, C. Y R. BARCO. 2015. Vegetación de malezas del Valle Central de Cochabamba. En: NAVARRO, G., L.F. AGUIRRE y M. MALDONADO (eds.) 2015. Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba, pp. 150-153. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba
- ANTEZANA, M. 2016. Las aguas residuales industriales y de los domicilios provocan daños en la Laguna Alalay porque lo llenan de nutrientes.
- BARCO, R. 2003. Estudio Fitosociológico y Ecológico de malezas ruderales en la Ciudad de Cochabamba, Prov. Cercado. Tesis de Grado para obtener el Diploma Académico de Licenciatura en Biología. Universidad Mayor de San Simón. Carrera de Biología. 92 p.
- CREMPLA. 2012. Plan a largo plazo e inmediato de recuperación de la Laguna Alalay.
- DE LA BARRA, N. 1998. Reconstrucción de la vegetación original de la ciudad de Cochabamba. Rev. Bol. de Ecol. 4: 3-37.
- DE LA BARRA, N., M. ATAHUACHI, C. ANTEZANA y G. NAVARRO. 1999. Vegetación acuática y palustre del Valle Central de Cochabamba. Rev. Bol. de Ecol. 6: 65-76.
- DE LA BARRA, N. 2003. Clasificación ecológica de la vegetación acuática en ambientes lacustres de Bolivia. Rev. Bol. de Ecol. 13: 65-93.
- GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE COHABAMBA. s.f. Mapa del Plan Municipal de Desarrollo Distrital de 1998.
- GOBIERNO DEPARTAMENTAL DE COCHABAMBA. s.f. Guía metodológica para la formulación de Planes de ordenamiento territorial en Municipios predominantemente urbanos.
- JOSSE C., F. CUESTA, G. NAVARRO, V. BARRENA , E. CABRERA , E. CHACÓN-MORENO, W. FERREIRA , M. PERALVO, J. SAITO y A. TOVAR 2009. Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. CAN, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. <http://www.infoandina.org/ecosistemasandinos>
- GEOBOL. 1994. Carta Geológica de Bolivia, escala 1:100 000. Hoja Cochabamba (6341).Publicacion SGB serie I-CGB-28.
- MCDONALD, T., G. D. GANN , J. JONSON & K. W. DIXON. 2016. International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, SERVICIOS Y VIVIENDA. 2014. Guía técnica para el ordenamiento de áreas urbanas.

- MORALES, E. 2016. Informe del seguimiento de la floración de cianobacterias en la laguna Alalay el periodo junio-octubre 2016. HCUCB (Herbario Criptogámico de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, Cochabamba, Bolivia).
- NAVARRO, G. 2002. Vegetación y Unidades Biogeográficas. En: G. Navarro y M. Maldonado, Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos, pp. 1-500. Editorial Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de Difusión. Cochabamba, Bolivia.
- NAVARRO, G. 2011. Clasificación de la Vegetación de Bolivia. Fundación Simón I. Patiño, Departamento de Difusión. Santa Cruz de la Sierra. 711p.
- NAVARRO, G., L.F. AGUIRRE y M. MALDONADO (eds.) 2015. Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. 300p.
- MARTÍNEZ, I., H. VIBRAN, L. LOZADA, A. ROMERO, AGUILERA & I. RIVAS. 2015. Plantas ruderales del Área urbana de Malinalco, Estado de México, México. *Botanical Sciences* 93 (4): 907-919.
- MMAyA (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA). 2012. Libro Rojo de la Flora amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina. La Paz, Bolivia. 600 p
- QUILLAGUAMÁN, L. y M. ARANCIBIA. Informe científico sobre el tratamiento del agua residual proveniente del lavado de Jeans. Programa en Tecnología Química, Alimentos y Bioprocessos. Facultad de Ciencias y Tecnología.UMSS (Universidad Mayor de San Simón).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1977. Datos sobre la Vegetación Nitrófila Española. *Acta Botanica Malacitana*, 3:159-167.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., S. RIVAS SÁENZ & A. PENAS 2011. Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany*, Vol. nº1. Pp1-364 + 4 Maps.
- RIVERA, S. F. 2012. Desarrollo de una herramienta de diagnóstico ambiental para ecosistemas acuáticos léticos: adecuación de índices diatomológicos para la determinación del estado trófico de la Laguna Alalay, Cochabamba-Bolivia. Tesis para la obtención del grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, Cochabamba, Bolivia.
- SWISSCONTACT. Lineamientos para el Plan Estratégico Sectorial de Gestión de aguas residuales en lavanderías de Jeans de Cochabamba.
- UMSS (UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN). 2016. Análisis de la problemática de la Laguna Alalay y el Río Rocha- protegiendo la biodiversidad.
- VARGAS, O., J. DÍAZ, S. REYES, & A. GÓMEZ, 2012. Guías Técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Grupo de Restauración Ecológica GREUNAL. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: S.E. 136p.



# **Parte 3**

## **Guía de las principales especies de plantas nativas para la restauración de la microcuenca terrestre Alalay**

**3**

# Guía de las principales especies de plantas nativas para la Restauración de la Microcuenca Terrestre Alalay

Se presenta en esta sección un conjunto seleccionado de especies nativas de los distintos tipos de ecosistemas de la microcuenca terrestre de Alalay. El objetivo es facilitar su reconocimiento e identificación para favorecer posibles programas de reforestación en el marco de las estrategias de restauración ecológica.

- Para un uso correcto de las especies recomendadas, es imprescindible la revisión atenta de los mapas de vegetación potencial y de unidades ambientales integradas.

Las especies recomendadas para restauración se han ordenado en grupos homogéneos según su forma de vida: árboles, arbustos y herbáceas.

## DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

### Grupo Arboles

**Soto** (*Schinopsis haenkeana*)

**Kacha del Cerro** (*Aspidosperma horcokebracho*)

**Tajibo rosado** (*Handroanthus impetiginosus*)

**Jacarandá, Tarko** (*Jacaranda mimosifolia*)

**Kellu tarko, Guaranguay** (*Tecoma stans*)

**Gargatea** (*Vasconcellea quercifolia*)

**Churqui, Espino** (*Vachellia (Acacia) caven*)

**Jarka** (*Senegalia (Acacia) visco*)

**Ceibo, Chilijchi** (*Erythrina falcata*)

**Algarrobo valluno** (*Prosopis alba*)

**Algarrobo del cerro** (*Prosopis laevigata var. andicola*)

**Tipa** (*Tipuana tipu*)

**Jorochi** (*Ceiba boliviiana*)

**Toborochi** (*Ceiba insignis*)

**Cedro** (*Cedrela angustifolia*)

**Sauce criollo** (*Salix humboldtiana*)

## Grupo Arbustos y palustres

- Luyo-Luyo** (*Schinus fasciculata*)
- Chillka** (*Baccharis salicifolia*)
- Chillka rosada, Chillka de río** (*Pluchea absinthioides*)
- San Marcos** (*Tessaria fastigiata*)
- Wuaranway, Guaranguayo** (*Tecoma fulva*)
- Junquillo** (*Schoenoplectus americanus*)
- Totora** (*Schoenoplectus californicus*)
- Matara o Piri piri** (*Typha dominguensis*)
- Pinchanilla** (*Acalypha lycioides*)
- Quiñi** (*Vachellia (Acacia) macracantha*)
- Alq'o huchu** (*Lycianthes lycioides*)
- Tankarar** (*Vassobia fasciculata*)
- Kutu kutu, Tururo huachana** (*Aloysia gratissima*)
- J'anka j'anka blanca** (*Lantana balansae*)
- J'anka j'anka rosada** (*Lantana micrantha*)
- Lipia** (*Lippia boliviana*)
- Cardón, Upacana** (*Cereus haenkeanus*)
- Kewayllu** (*Cleistocactus parviflorus*)
- Cactus** (*Echinopsis (cochabambensis) huotii*)
- Ulala, pasakana** (*Harrisia tetracantha*)
- Ayrampu, Tunilla del cerro** (*Opuntia sulphurea*)

## Grupo Herbáceas

- Heliotropo salino** (*Heliotropium curassavicum*)
- Pasto salino, Grama salina** (*Distichlis spicata*)
- Lengua de buey** (*Rumex crispus*)
- Verdolaga salina** (*Sesuvium portulacastrum*)
- Paico** (*Dysphania (Chenopodium) ambrosioides*)

## ÁRBOLES

**Nombre común:** Soto

**Nombre científico:** *Schinopsis haenkeana* Engl.

**Familia:** ANACARDIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Árbol pequeño a mediano
Altura (adulto)	5 a 10 m
Diámetro de la copa	6-8 m, extendida redondeada
Floración	Flores blanco-amarillentas, abundantes muy pequeñas. Desde octubre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Baja germinación, se colectan a partir de enero hasta mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	Plantines hasta 10 cm, requiere mucho cuidado antes de su trasplante definitivo. Difícil si se rompe la raíz principal.
Compra de vivero	Accesible en viveros BASFOR (Escuela Forestal - UMSS )

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas montañosas de serranías no urbanizadas (potencial), Laderas urbanizadas (potencial)
Tipo de suelo	Bien drenado, pedregosos poco a medianamente profundos. No tolera saturación de humedad prolongada. Puede crecer en grietas o fisuras de rocas.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero a mayo
Riego	Plantines una vez por semana abundante. Adultos poco frecuente, resistente a sequías.
Poda	Formativa de tronco principal y copa en invierno
Distancia entre plantas	8 a 10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares



**Nombre común:** Kacha del Cerro, Orko quebracho  
**Nombre científico:** *Aspidosperma horcokebracho* Spec.  
**Familia:** APOCYNACEAE

### Descripción

Forma de vida	Árbol pequeño
Altura (adulto)	Hasta 6 m
Diámetro de la copa	3 – 5 m, estrecha casi rectangular
Floración	Flores pequeñas amarillo pálido verdoso. Desde octubre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente, colecta a partir de marzo hasta mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	Plantines hasta 10 cm, baja supervivencia al romperse la raíz principal
Compra de vivero	Accesible en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

### Ecología

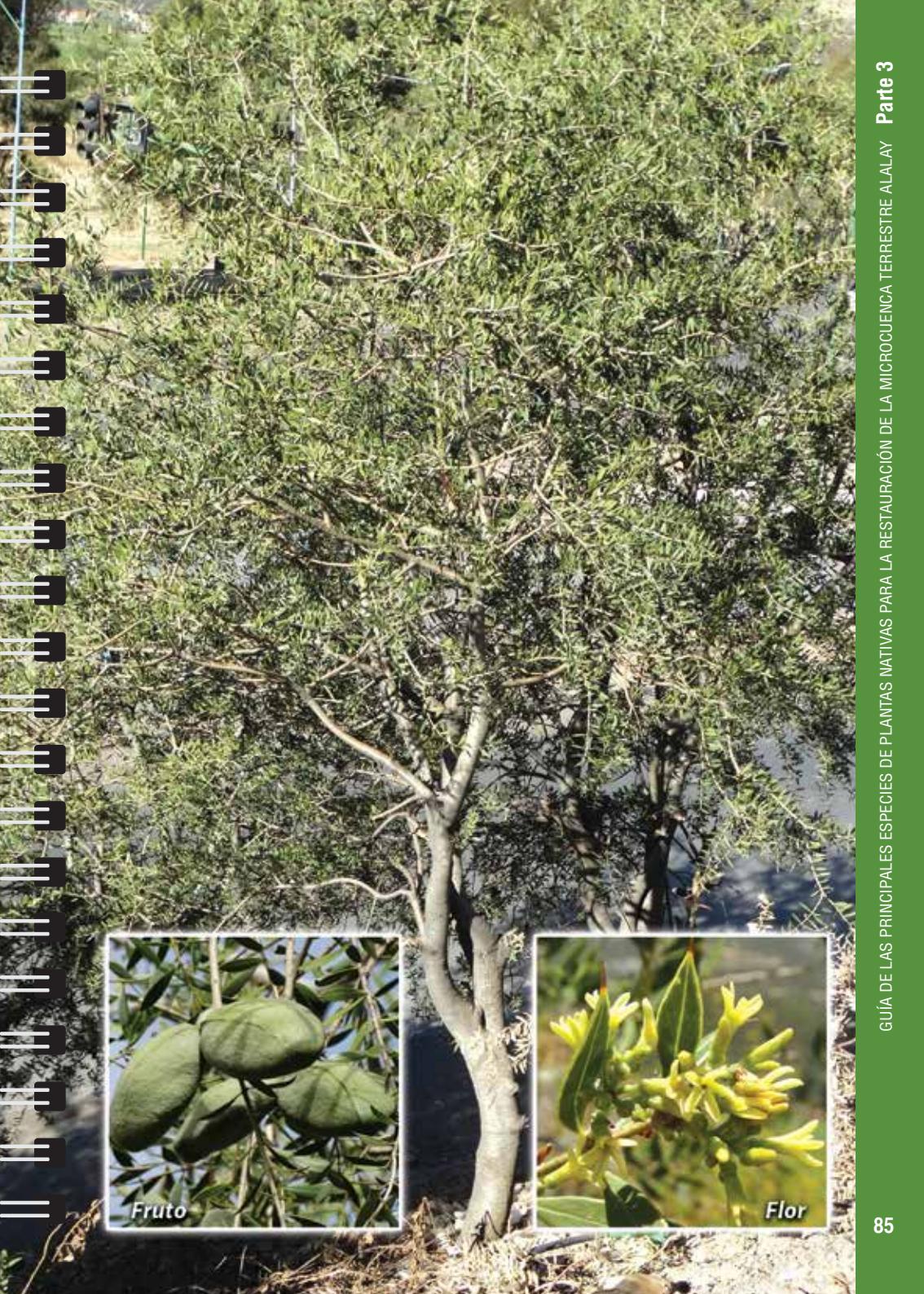
Unidades Ambientales	Laderas de alta pendiente no urbanizadas (potencial) , Laderas urbanizadas (potencial), Pie de monte escarpado de serranías urbanizadas (potencial) y no urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, pedregosos, poco profundos y poco húmicos. Puede crecer en grietas o fisuras de rocas.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una vez al mes, resistente a sequías
Poda	Ocasional, en juveniles solo para formar el tronco principal
Distancia entre plantas	5 - 6 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes en laderas escarpadas rocosas



Fruto



Flor

**Nombre común:** Tajibo rosado

**Nombre científico:** *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos

**Familia:** BIGNONIACEAE

## Descripción

Forma de vida	Árbol mediano
Altura (adulto)	10 – 12 m
Diámetro de la copa	8 - 10 m, extendida amplia redondeada
Floración	Flores rosadas vistosas abundantes, desde agosto a septiembre

## Forma de propagación

Semilla	Germinación alta, colecta a partir de enero
Esqueje o gajo	Rara vez a partir de ramas adultas, empleando hormonas
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	Accesible en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

## Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de serranías urbanizadas y pie de monte urbanizado no salino
Tipo de suelo	Bien drenados, arcillosos, profundos, húmedos estacionalmente
Luz	A pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una o dos veces al mes en época seca
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa en invierno
Distancia entre plantas	8 – 10 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares



**Nombre común:** Jacarandá, Tarko  
**Nombre científico:** *Jacaranda mimosifolia* D. Don  
**Familia:** BIGNONIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Árbol mediano a grande
Altura (adulto)	12 - 15 m
Diámetro de la copa	4 - 8 m, extendida amplia redondeada
Floración	Flores de color azul-violeta, abundantes en septiembre. El fruto es una capsula leñosa

### Forma de propagación

Semilla	Germina muy fácilmente, colecta a partir de enero
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	Rara vez plantines de 15 a 20 cm
Compra de vivero	Accesible en viveros de Cochabamba, también en viveros BASFOR (Escuela Forestal - UMSS)

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de serranías urbanizadas, Piedemonte de serranía no urbanizado y urbanizados (potencial), en margen sur urbanizado salino (potencial)
Tipo de suelo	Bien drenados, poco profundos, tolera suelos algo salinos
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana, juveniles cada dos semanas, adultos una vez al mes, tolera sequías cortas a medias
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa. En adultos entresacado de ramas secundarias para mantener el tamaño de la copa. En invierno
Distancia entre plantas	6 – 10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Jardineras de avenidas, parques y áreas verdes



**Nombre común:** Kellu tarko, Guaranguay, Pajarilla  
**Nombre científico:** *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth  
**Familia:** BIGNONIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbolito
Altura (adulto)	3 - 5 m
Diámetro de la copa	6 m, estrecha irregular redondeada
Floración	Flores amarillas, abundantes desde octubre a diciembre, ocasional el resto del año

### Forma de propagación

Semilla	Germina muy fácilmente, colecta a partir de marzo hasta junio
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	Accesible en viveros de Cochabamba, también en viveros BASFOR (Escuela Forestal - UMSS)

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de serranías urbanizadas, Piedemonte de serranía no salino urbanizado
Tipo de suelo	Pedregosos, arenosos, bien drenados y húmedos
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos rara vez, tolera sequías cortas
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa, en adultos entresacado de ramas secundarias para mantener el tamaño de la copa. En invierno
Distancia entre plantas	5 – 6 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Aceras, áreas verdes y jardines particulares



*Fruto*



*Flor*

**Nombre común:** Gargatea

**Nombre científico:** *Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hil.

**Familia:** CARICACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbolito pequeño con tronco grueso muy liso
Altura (adulto)	4 - 6 m
Diámetro de la copa	3 - 4 m piramidal
Floración	Flores pequeñas color amarillo verdosas, desde septiembre a octubre

### Forma de propagación

Semilla	Germina muy fácilmente, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	Rara vez plantines de 10 cm, baja supervivencia si se rompe la raíz principal
Compra de vivero	A pedido en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de serranía no urbanizadas (potencial) y urbanizadas (potencial)
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos profundos a poco profundos. No tolera humedad persistente en el suelo ni salinidad. Puede crecer en grietas o fisuras de rocas.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero a mayo
Riego	Plantines una vez cada dos semanas. Adultos no requieren, resistentes a sequías prolongadas
Poda	Formativa del tronco principal solo en juveniles
Distancia entre plantas	6 – 10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Parques y áreas verdes de alta pendiente



Fruto

Flor

**Nombre común:** Churqui, Espino

**Nombre científico:** *Vachellia (Acacia) caven* (Molina) Seigler & Ebinger

**Familia:** FABACEAE

## Descripción

Forma de vida	Arbolito
Altura (adulto)	4 - 5 m
Diámetro de la copa	8 m extendida ovoide, muy ramificada irregularmente
Floración	Flores amarillas, abundantes desde agosto a octubre

## Forma de propagación

Semilla	Germina previa escarificación en agua hirviendo, colecta a partir de enero a marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	Accesible en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

## Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de serranía urbanizada, Pie de monte no salino urbanizado
Tipo de suelo	Bien drenados, profundos, solo estacionalmente húmedos. Tolera salinidad moderada.
Luz	A pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una vez al mes en época seca
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa en invierno
Distancia entre plantas	4 - 6 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Parques, Áreas verdes y jardines particulares



Fruto

Flor

**Nombre común:** Jarka

**Nombre científico:** *Senegalia (Acacia) visco* (Lorentz ex Griseb.) Seigler & Ebinger

**Familia:** FABACEAE

### Descripción

Forma de vida	Árbol mediano a grande
Altura (adulto)	8 - 15 m
Diámetro de la copa	12 - 15 m extendida amplia y redondeada
Floración	Flores redondeadas de color crema a anaranjado cuando se secan, presentes de octubre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina previa escarificación en agua hirviendo por varios segundos, colecta a partir de enero
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	Accesible en viveros de Cochabamba, también en viveros BASFOR (Escuela Forestal - UMSS)

### Ecología

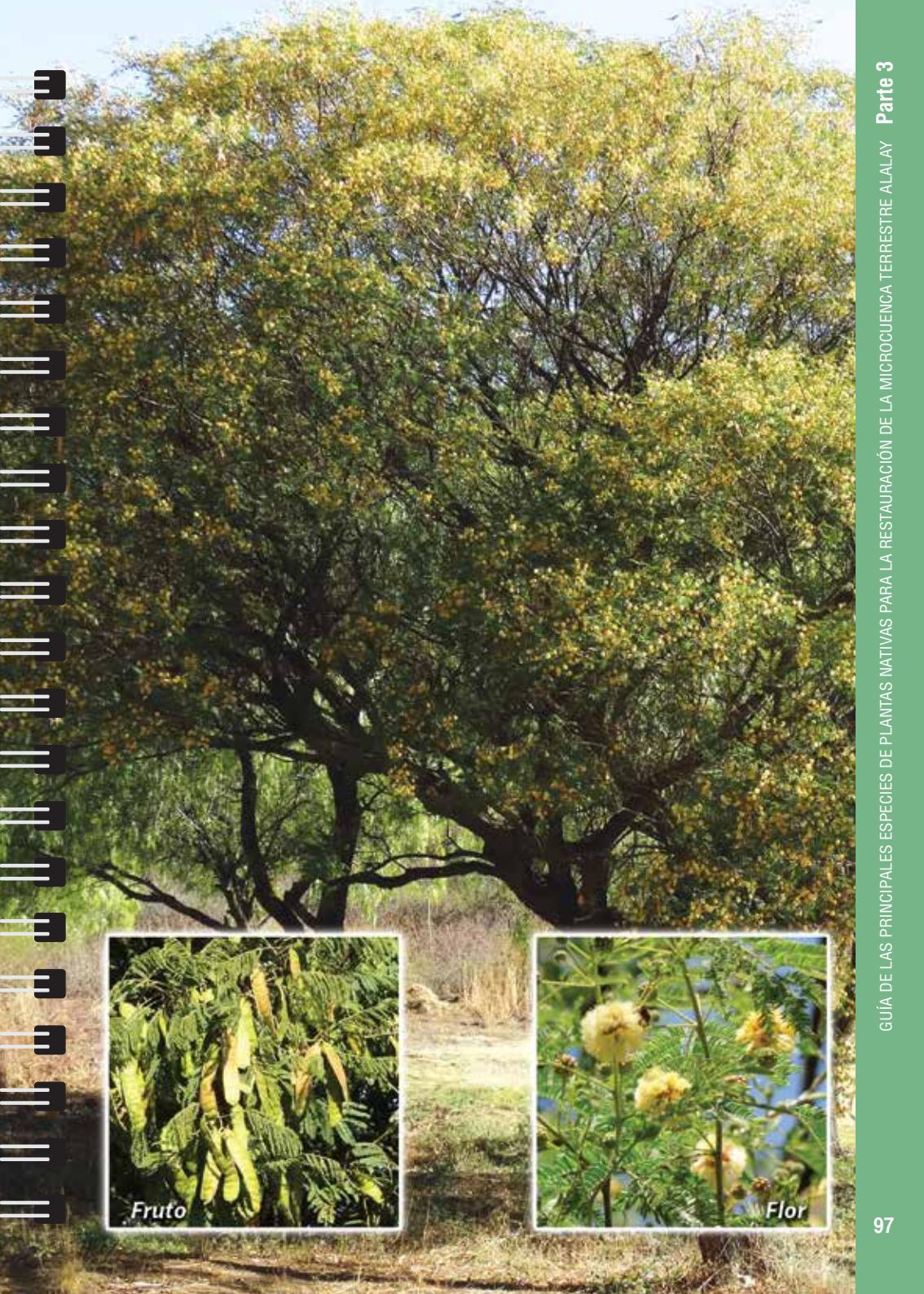
Unidades Ambientales	Quebradas y cauces no urbanizados (potencial). Piedemonte de serranía no urbanizados (potencial) y urbanizados (potencial)
Tipo de suelo	Mas o menos bien drenados, pedregosos arcillosos profundos y húmedos al menos estacionalmente, o bien con acuíferos poco profundos. No tolera salinidad.
Luz	A pleno sol o media sombra

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero a mayo
Riego	Plantines una vez por semana, menos frecuente en invierno. Adultos una vez al mes
Poda	Formativa del tronco principal y entresacado de ramas de la copa, en invierno
Distancia entre plantas	5 – 8 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Magisterio, Villa Exaltación, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Aceras, jardineras de avenidas, parques áreas verdes y jardines particulares



*Fruto*

*Flor*

**Nombre común:** Chilijchi o Ceibo

**Nombre científico:** *Erythrina falcata* Benth.

**Familia:** FABACEAE

### Descripción

Forma de vida	Árbol grande y majestuoso
Altura (adulto)	10 – 25 m
Diámetro de la copa	6 – 15 m, extendida amplia redondeada
Floración	Flores rojas abundantes en racimos, desde septiembre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina previa escarificación, colecta en otoño después de maduración del fruto
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	Sin registro
Compra de vivero	Accesible en viveros de Cochabamba, también en viveros BASFOR (Escuela Forestal - UMSS)

### Ecología

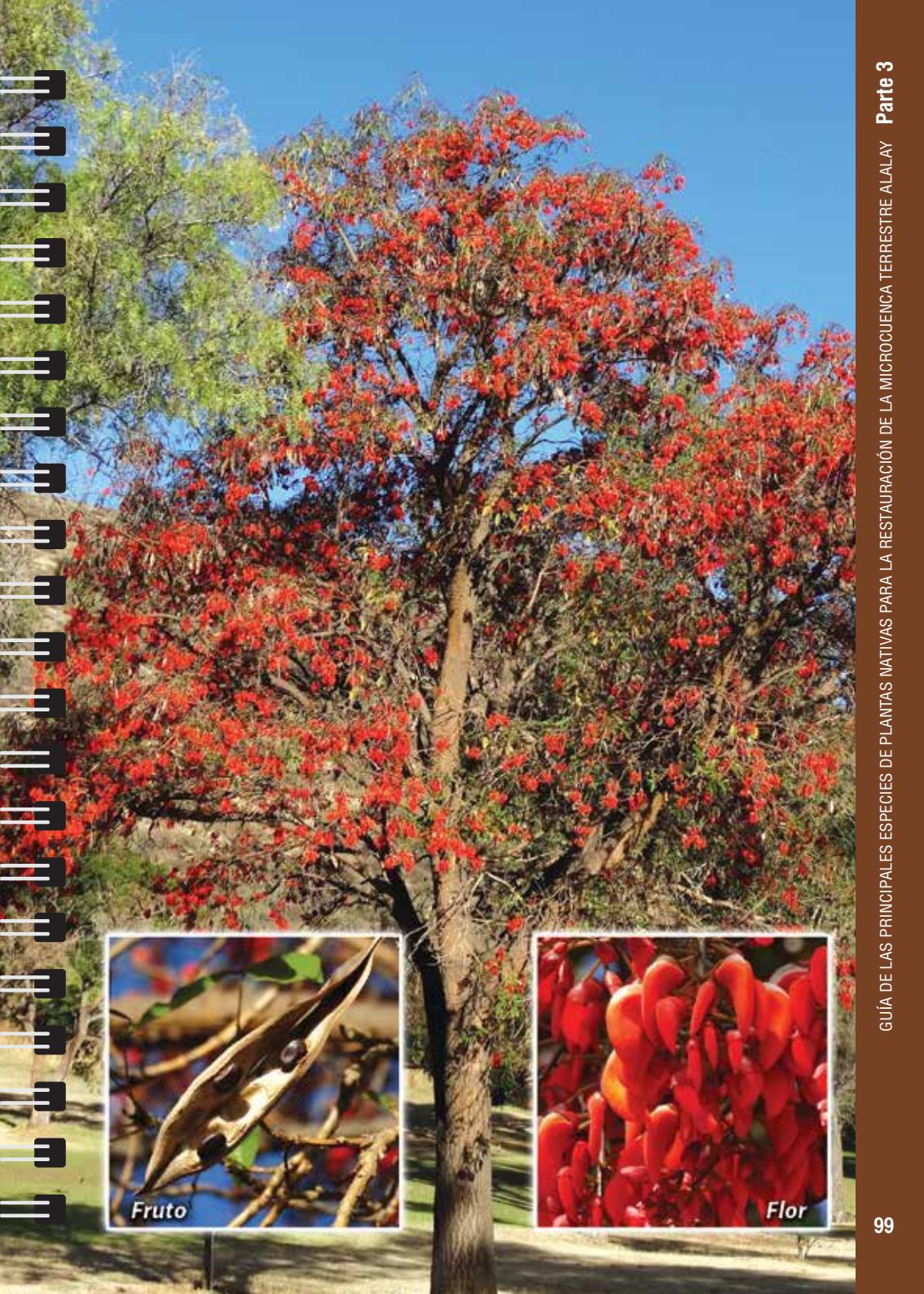
Unidades Ambientales	Quebradas y cauces no urbanizados (potencial). Piedemonte de serranía urbanizados no salino (potencial)
Tipo de suelo	Preferentemente pedregosos y algo arcillosos, húmedos pero bien drenados, o con acuíferos poco profundos, no salinos
Luz	A pleno sol y semisombra

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una vez al mes en época seca
Poda	Formativa del tallo y de la copa, en invierno
Distancia entre plantas	6 a 10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Este del Barrio Magisterio y de Villa Exaltación, áreas deportivas del margen este de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Jardineras amplias de avenidas, parques áreas verdes y jardines particulares amplios



Fruto



Flor

**Nombre común:** Algarrobo valluno

**Nombre científico:** *Prosopis alba* Griseb.

**Familia:** FABACEAE

## Descripción

Forma de vida	Árbol mediano
Altura (adulto)	8 – 10 m
Diámetro de la copa	6 m extendida amplia irregular
Floración	Flores pequeñas amarillentas en racimos colgantes, desde octubre a diciembre

## Forma de propagación

Semilla	Germina previo tratamiento de escarificación. Colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	Accesible en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

## Ecología

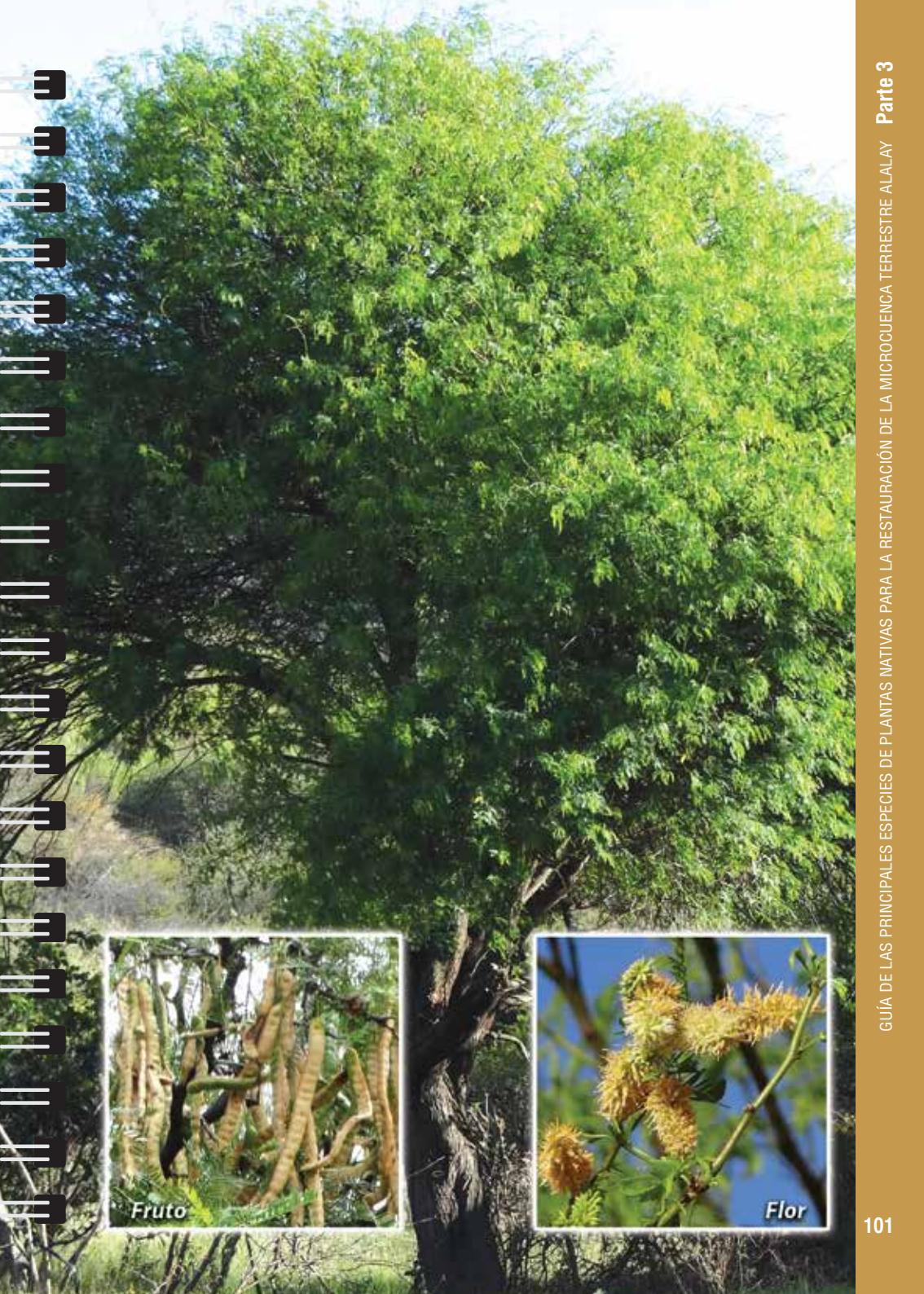
Unidades Ambientales	Zona urbana salina (potencial), Pie de monte no urbanizado no salino (potencial) Bordeando la Laguna Alalay (potencial)
Tipo de suelo	Salinos arcillosos profundos, saturados de humedad hasta levemente inundados en época de lluvias, o bien con niveles de acuíferos poco profundos. Tolera salinidad.
Luz	A pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una vez al mes en época seca
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	6 - 8 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Magisterio, Villa Exaltación, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, 9 de Abril, bordeando la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Áreas verdes con suelos arcillosos salinos y jardines particulares



Fruto

Flor

**Nombre común:** Algarrobo del cerro

**Nombre científico:** *Prosopis laevigata* var. *andicola* Burkart.

Observación: su clasificación botánica es dudosa y varía según los diferentes especialistas.

**Familia:** FABACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbolito a arbusto grande
Altura (adulto)	3 - 4 m
Diámetro de la copa	4 - 6 m extendida irregularmente, muy ramificada
Floración	Flores amarillas, pequeñas en racimos colgantes, desde octubre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina previo tratamiento de escarificación, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No registrado

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de serranías (potencial) y Piedemonte escarpado (potencial) circundantes a la Laguna Alalay
Tipo de suelo	Bien drenados, pedregosos, más o menos profundos. No tolera humedad permanente. Puede crecer en grietas o fisuras de rocas.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una vez al mes en época seca, muy resistente a sequías prolongadas
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa en invierno
Distancia entre plantas	10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Parques y áreas verdes en laderas escarpadas



**Nombre común:** Tipa

**Nombre científico:** *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze

**Familia:** FABACEAE

#### Descripción

Forma de vida	Árbol mediano a grande
Altura (adulto)	10 – 15 m
Diámetro de la copa	10 m amplia extendida redondeada
Floración	Flores amarillas, abundantes desde septiembre a octubre

#### Forma de propagación

Semilla	Germina muy fácilmente, colecta a partir de enero
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	Accesible en algunos viveros de Cochabamba, también en viveros BASFOR (Escuela Forestal - UMSS)

#### Ecología

Unidades Ambientales	Quebradas y cauces no urbanizados (potencial) y pie de monte de serranías (potencial)
Tipo de suelo	Bien drenados, profundos y húmedos estacionalmente. No tolera salinidad.
Luz	A pleno sol

#### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos una vez al mes en época seca
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	6 a 10 m

#### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Este del Barrio Magisterio y de Villa Exaltación, áreas deportivas del margen este de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Jardineras amplias de avenidas, parques áreas verdes y jardines particulares amplios



**Nombre común:** Jorochi  
**Nombre científico:** *Ceiba boliviana* Britten & Baker f.  
**Familia:** MALVACEAE (ex Bombacaceae)

### Descripción

Forma de vida	Arbolito de tronco grueso e hinchado en su zona media, con espinas cónicas dispersas
Altura (adulto)	5 – 8 m
Diámetro de la copa	12 m extendida amplia ovoidal
Floración	Flores grandes y muy vistosas amarillentas con rayas rojas, abundantes desde septiembre a octubre

### Forma de propagación

Semilla	Germina a los 10 días en zonas sombreadas, colecta de marzo a mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No registrado

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas urbanizadas, Pie de monte de serranías urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, profundos, no soporta la humedad prolongada en el suelo ni la salinidad
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos no regar
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Jardineras amplias de avenidas, parques y áreas verdes amplias en laderas



**Nombre común:** Toborochi**Nombre científico:** *Ceiba insignis* (Kunth) P.E. Gibbs & Semir**Familia:** MALVACEAE**Descripción**

Forma de vida	Árbol mediano de tronco grueso e hinchado en su zona media, con espinas cónicas
Altura (adulto)	7 – 10 m
Diámetro de la copa	10 - 12 m amplia extendida ovoidal
Floración	Flores grandes rosadas vistosas, abundantes, en julio hasta agosto

**Forma de propagación**

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No registrado

**Ecología**

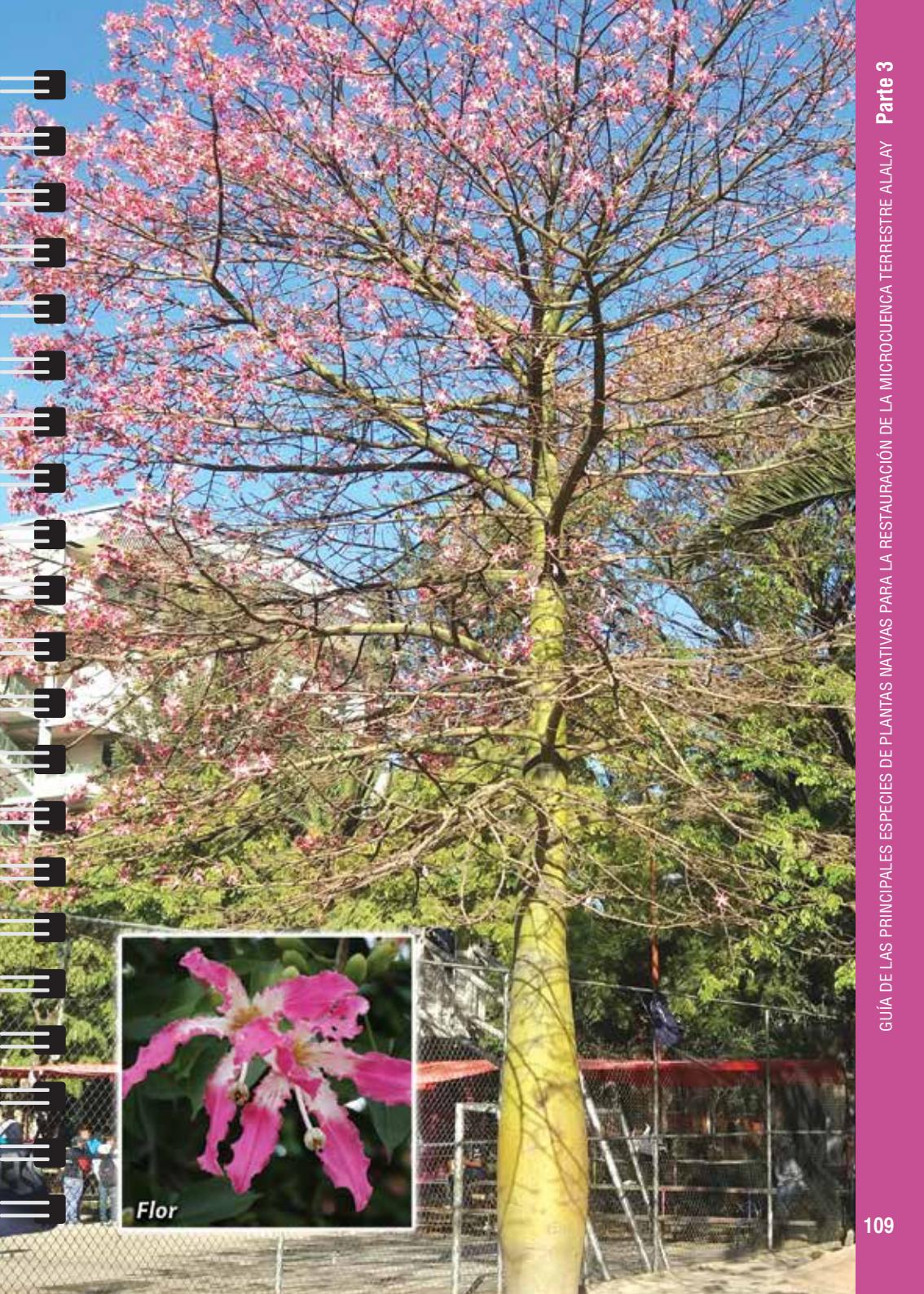
Unidades Ambientales	Laderas urbanizadas, Pie de monte de serranías urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, profundos, húmedos estacionalmente, no tolera sequía prolongada ni salinidad
Luz	A pleno sol

**Cultivo y manejo**

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos no regar
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	10 – 12 m

**Sitios recomendables para su plantación**

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, 9 de Abril, este de los Barrios Magisterio y Villa Exaltación
Lugares sugeridos	Jardineras amplias de avenidas, parques y áreas verdes amplias en laderas



**Nombre común:** Cedro

**Nombre científico:** *Cedrela angustifolia* Sessé & Moc. ex DC. (*Cedrela lilloi* C. DC.)

**Familia:** MELIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Árbol majestuoso, mediano a grande
Altura (adulto)	Hasta 20 m
Diámetro de la copa	8 - 10 m amplia irregular muy frondosa
Floración	Flores pequeñas crema o verde amarillentas, dispuestas en racimos densos, octubre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente, colecta desde enero a marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza.
Trasplante del campo	Ocasional de plantines de 15 a 20 cm
Compra de vivero	Accesible a pedido en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

### Ecología

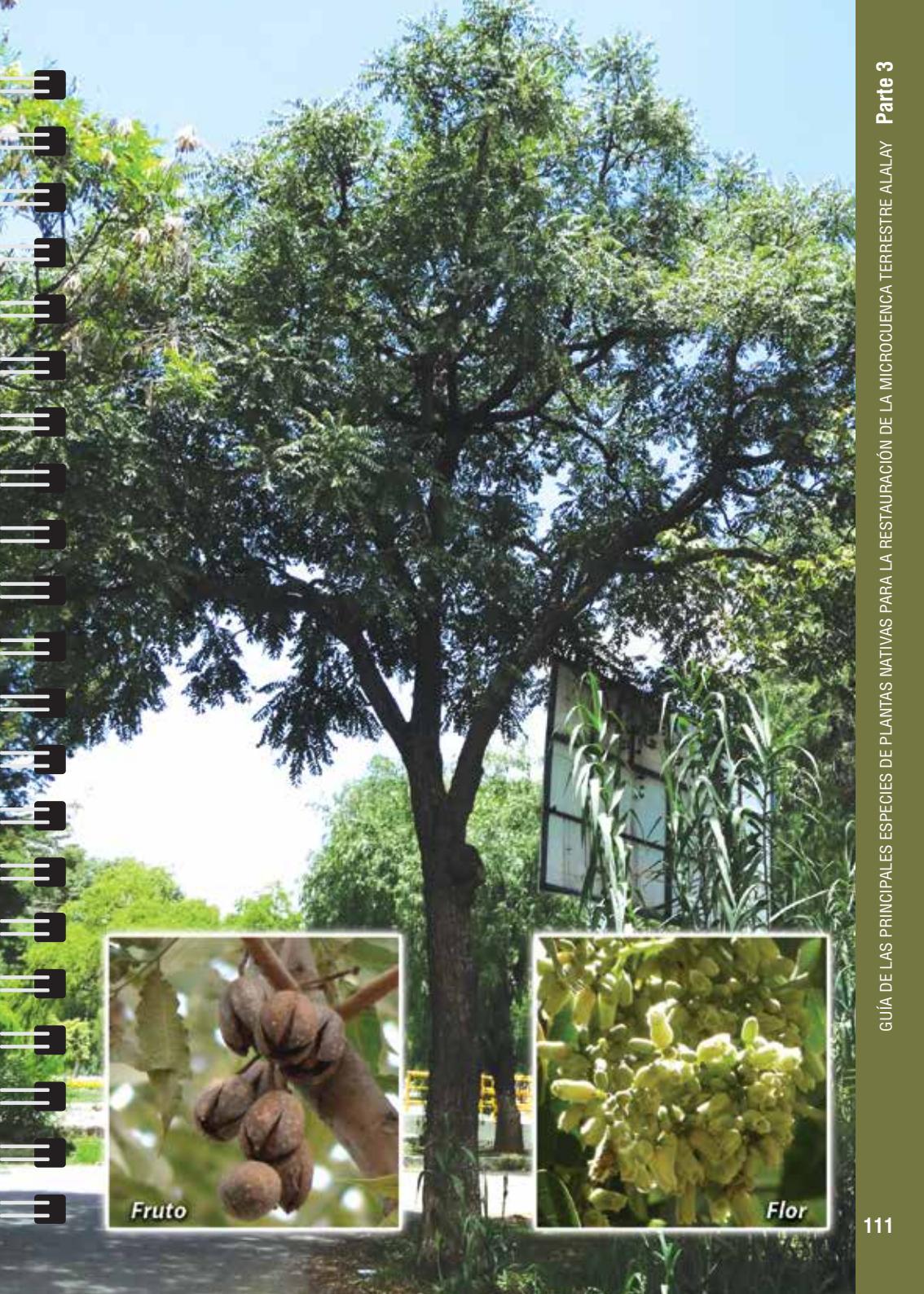
Unidades Ambientales	Quebradas, cauces no urbanizados y piedemonte del margen este de la laguna (potencial)
Tipo de suelo	Profundos húmedos, saturados de humedad la mayor parte del año, o con acuíferos poco profundos. No tolera la salinidad.
Luz	A pleno sol o semisombra

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Juveniles constante por necesidad de humedad, adultos una vez cada semana
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa, adultos entresacado de ramas secundarias. En invierno
Distancia entre plantas	8 – 10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cochabamba, Áreas deportivas del margen este
Lugares sugeridos	Áreas verdes con mucha disponibilidad de agua, al este de la Laguna Alalay



**Nombre común:** Sauce criollo  
**Nombre científico:** *Salix humboldtiana* Willd.  
**Familia:** SALICACEAE

## Descripción

Forma de vida	Árbol mediano a grande
Altura (adulto)	Hasta 18 m
Diámetro de la copa	7 - 8 m amplia irregular alargada vertical
Floración	Flores pequeñas verde amarillentas, octubre a diciembre

## Forma de propagación

Semilla	Germina muy fácilmente y de forma abundante, colecta desde enero a marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza mucho. Sin embargo es muy fácil y rápido su enraizamiento a partir de esquejes de ramas jóvenes.
Trasplante del campo	Ocasional de plantines de 15 a 20 cm
Compra de vivero	Accesible a pedido en viveros BASFOR (Escuela Forestal – UMSS)

## Ecología

Unidades Ambientales	Quebradas y cauces no urbanizados del margen este de la laguna (potencial)
Tipo de suelo	Profundos húmedos, arenoso arcillosos, inundados estacionalmente o saturados de humedad la mayor parte del año, o con acuíferos poco profundos. Tolera la salinidad moderada.
Luz	A pleno sol requieren alta luminosidad

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Juveniles constante por necesidad de humedad, adultos una vez cada semana
Poda	Formativa del tronco principal y de la copa, adultos entresacado de ramas secundarias. En invierno
Distancia entre plantas	3 – 5 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cochabamba, Áreas deportivas del margen este
Lugares sugeridos	Áreas verdes con mucha disponibilidad de agua, al este de la Laguna Alalay



## ARBUSTOS Y PALUSTRES

**Nombre común:** Luyo-Luyo

**Nombre científico:** *Schinus fasciculata* (Griseb.) I.M. Johnst.

**Familia:** ANACARDIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto muy ramificado
Altura (adulto)	2 m - 3 m
Diámetro de la copa	3 m amplia, irregular desordenada
Floración	Flores amarillas muy pequeñas, desde noviembre hasta enero

### Forma de propagación

Semilla	Baja germinación, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

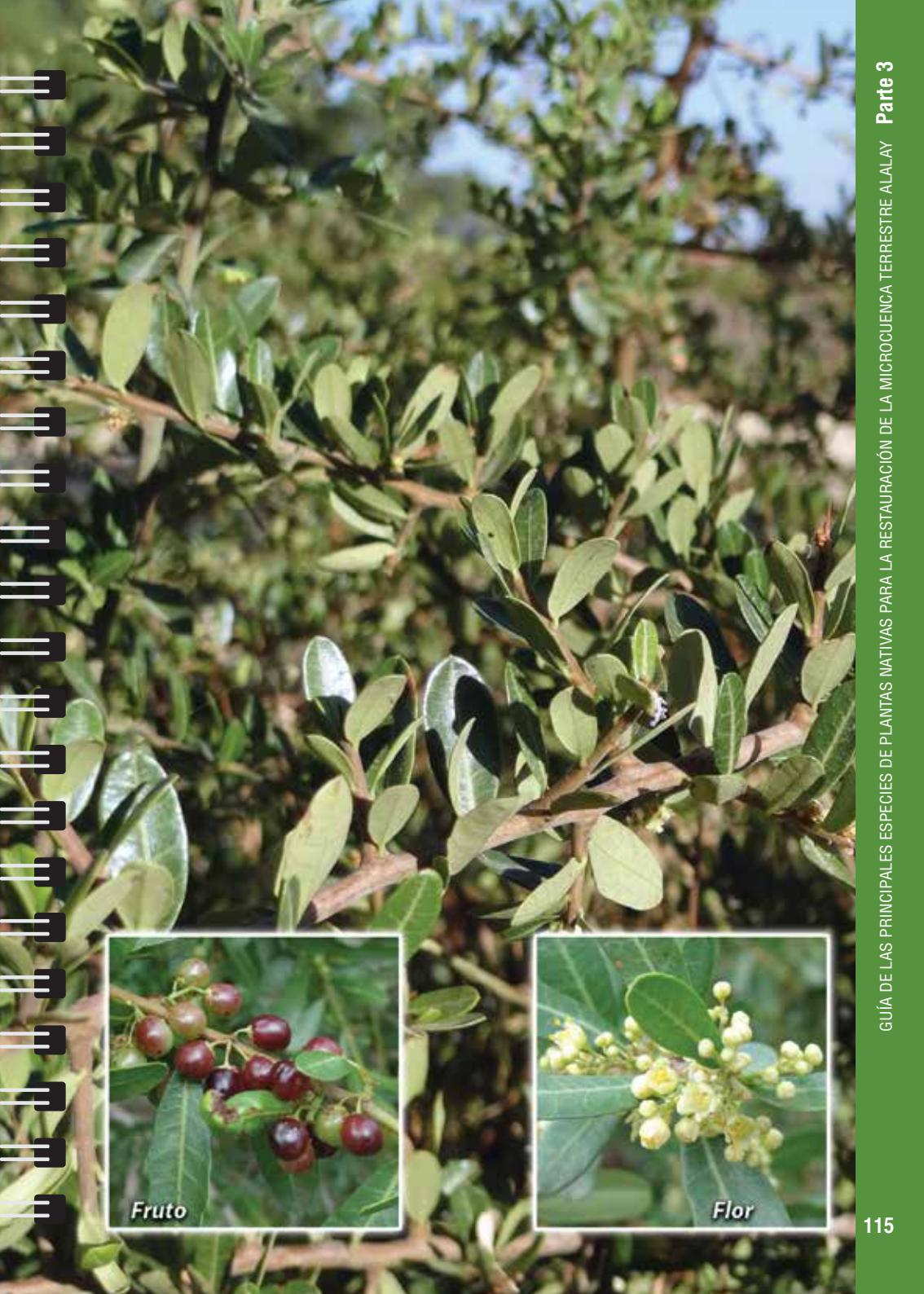
Unidades Ambientales	Pie de monte de Serranía no urbanizado y urbanizado, Quebradas y cauces no urbanizados, Zona urbanizada del margen norte, Zona urbana salina y Zona lacustre salina. Especie propia del sotobosque de los algarrobales potenciales.
Tipo de suelo	Suelos mal drenados, arcilloso-pedregosos no salinos y salinos eutrofizados
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta mayo
Riego	Plantines juveniles una vez cada semana
Poda	Formativa de la planta, sobre todo en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.
Distancia entre plantas	1 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Para formar setos de protección en jardinerías, parques y áreas verdes. Para reforestación con especies nativas del bosque potencial de Algarrobo.



*Fruto*

*Flor*

**Nombre común:** Chillka

**Nombre científico:** *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.

**Familia:** ASTERACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto
Altura (adulto)	1 - 2 m
Diámetro de la copa	Hasta 2 m
Floración	Flores blancas amarillentas abundantes, desde septiembre a marzo

### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente, colecta a partir de abril
Esqueje o gajo	No se utiliza, pero sería fácil teniendo en cuenta sus raíces que forman estolones gemíferos.
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Quebradas y arroyos no urbanizados, Piedemonte de la Serranía no urbanizado, Pie de monte urbanizado, Zonas lacustre salina y no salina de la laguna
Tipo de suelo	Mal drenados, arcillosos pedregosos húmedos a estacionalmente inundados. Especie robusta que tolera la salinidad, eutrofización y contaminación del suelo siempre que tenga suficiente humedad.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta mayo
Riego	Plantines juveniles una vez cada semana, adultos una vez al mes en época seca
Poda	Formativa de la copa
Distancia entre plantas	1 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, Country Club Cbba. Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Para formar setos de protección en jardineras, parques y áreas verdes. En reforestación sucesional de márgenes erosivos de quebradas y arroyos.



**Nombre común:** Chillka rosada, Chillka de río  
**Nombre científico:** *Pluchea absinthioides* (Hook. & Arn.) H. Rob.  
**Familia:** ASTERACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto
Altura (adulto)	1 - 1,5 m
Diámetro de la copa	Hasta 0,5 m
Floración	Flores rosadas abundantes vistosas, levemente fraganciosas, desde octubre hasta enero

### Forma de propagación

Semilla	Germinan fácilmente, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza, pero sería muy fácil teniendo en cuenta sus raíces que forman estolones gemíferos.
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Quebradas y arroyos no urbanizados. Zona lacustre salina y no salina
Tipo de suelo	Mal drenados, pedregosos arcillosos estacionalmente inundados. Especie pionera robusta que tolera la salinidad, eutrofización y contaminación del suelo y el agua.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta mayo
Riego	Plantines una vez por semana, adultos una vez por semana
Poda	No se utiliza
Distancia entre plantas	Cada 0,5 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Country Club Cbba. La Rinconada, Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, 9 de Abril
Lugares sugeridos	Especie nativa muy interesante por su abundante, llamativa y fraganciosa floración. Para formar setos de protección en jardineras, parques y áreas verdes, bordes de canales, zonas con disponibilidad de agua constante. En reforestación sucesional de la zona litoral de la laguna y especialmente en márgenes erosivos de quebradas y arroyos.



**Nombre común:** San Marcos

**Nombre científico:** *Tessaria fastigiata* (Griseb.) Cabrera

**Familia:** ASTERACEAE

#### Descripción

Forma de vida	Arbusto
Altura (adulto)	2 – 3 m
Diámetro de la copa	5 m
Floración	Flores rosadas vistosas, abundantes, desde agosto hasta noviembre

#### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente sin tratamientos previos colecta a partir de enero
Esqueje o gajo	No se utiliza, pero sería fácil por emitir raíces como estolones gemíferos.
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

#### Ecología

Unidades Ambientales	Pie de monte de Serranía no urbanizado, Quebradas y cauces no urbanizados, Zona lacustre salina y no salina
Tipo de suelo	Arcillosos, pedregosos, profundos, tolera inundación ocasional, suelos removidos eutrofizados. Especie pionera robusta que tolera la salinidad, eutrofización y contaminación del suelo y el agua.
Luz	A pleno sol

#### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana
	Adultos no regar
Poda	Formativa de la planta en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.
Distancia entre plantas	Cada 0,5 m

#### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Country Club Cbba. La Rinconada, Magisterio, Villa Exaltación, Campo Ferial, Jaime Zudañez, Minero Alalay, 9 de Abril. Todo el margen sur de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Especie nativa muy interesante por su abundante, llamativa y fraganciosa floración. Para formar setos de protección en jardinerías, parques y áreas verdes. También en bordes de canales, zonas con disponibilidad de agua constante. En reforestación sucesional de la zona litoral de la laguna y especialmente en márgenes erosivos de quebradas y arroyos.



**Nombre común:** Wuaranway, Guaranguayo  
**Nombre científico:** *Tecoma fulva* (Cav.) G. Don  
**Familia:** BIGNONIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto o matorral mediano, muy ramificado de forma laxa y sin espinas
Altura (adulto)	1 – 1,5 m
Diámetro de la copa	2 m irregular amplia
Floración	Flores tubulares rojas medianas abundantes, desde enero hasta mayo

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

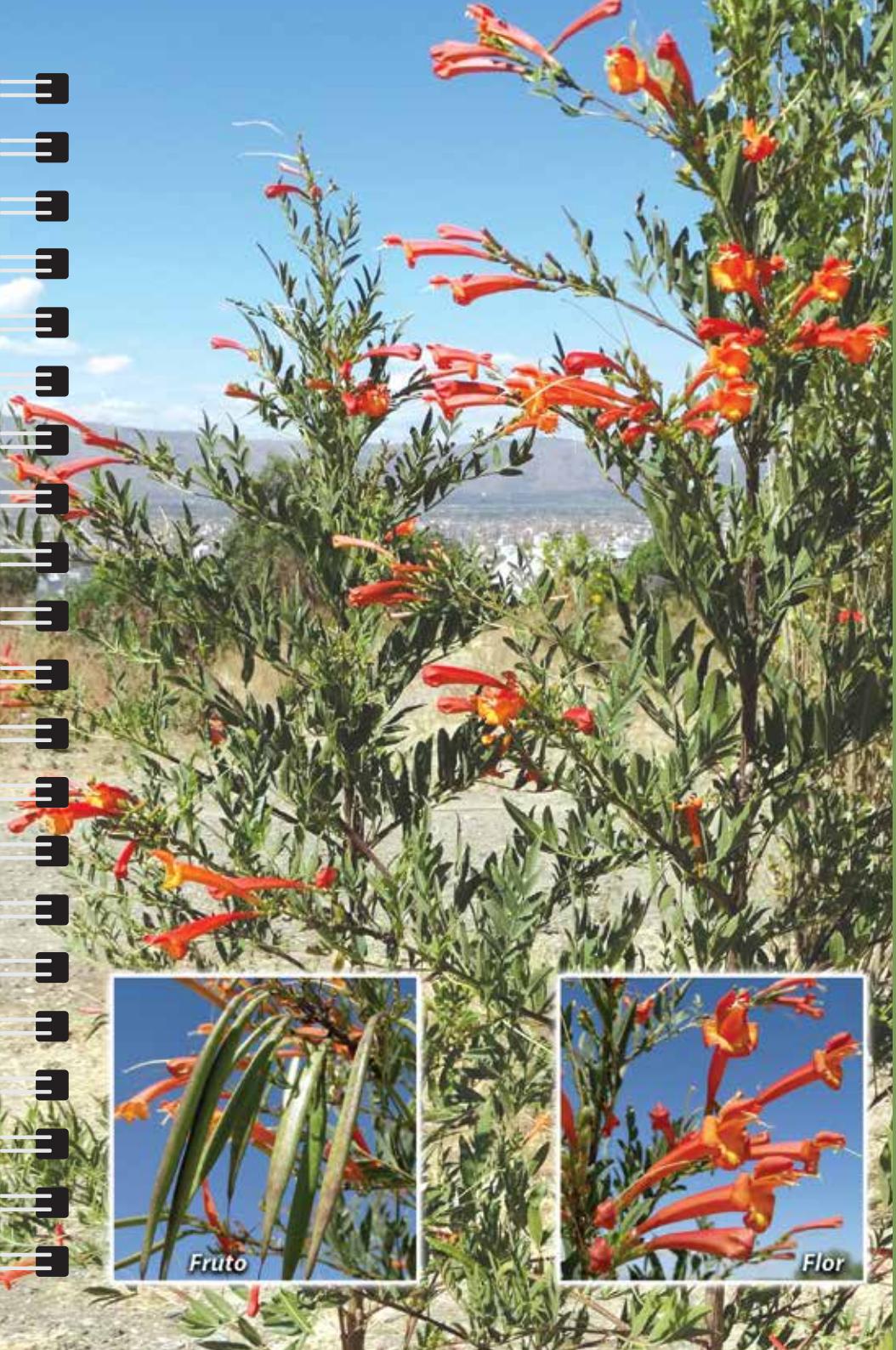
Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía urbanizado y no urbanizado, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, más o menos pedregosos, someros a profundos. Tolerante a la sequía.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos regar una vez cada dos-tres semanas
Poda	Formativa de la planta sobre todo en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración. Aplicando poda regular puede llegar a formar setos floridos.
Distancia entre plantas	1 – 2 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Especie nativa resistente y atractiva por sus flores vistosas y abundantes. Para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares.



**Nombre común:** Junquillo

**Nombre científico:** *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller

**Familia:** CYPERACEAE

## Descripción

Forma de vida	Junco perenne palustre emergente, con raíces estoloníferas dando lugar a colonias densas
Altura (adulto)	0,5 – 1 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores pequeñas en espigas poco vistosas, abundantes en enero

## Forma de propagación

Semilla	Germina de forma natural sin tratamientos previos, colecta a partir de mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	A partir de rizomas
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

## Ecología

Unidades Ambientales	Zona lacustre salina, Zona litoral con totorales
Tipo de suelo	Mal drenados, inundados todo el año, arcillosos limosos eutrofizados
Luz	A pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Cualquier época del año
Riego	Requiere abundante agua, inundación casi permanente
Poda	Para retirar exceso de plantas, con dragado de los sistemas de raíces estoloníferas.
Distancia entre plantas	Cada 0,5 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todo el margen este y sur de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Para formar setos de protección y zonas para nidificación de aves nativas, fitoremediación de aguas, estabilización de suelos



**Nombre común:** Totora

**Nombre científico:** *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják

**Familia:** CYPERACEAE

### Descripción

Forma de vida	Junco perenne palustre acuático emergente, con raíces estoloníferas dando lugar a colonias densas
Altura (adulto)	1 – 3 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores en espigas café rojizas abundantes poco vistosas, a partir de agosto

### Forma de propagación

Semilla	Germina de forma natural sin tratamientos previos, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	A partir de rizomas
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

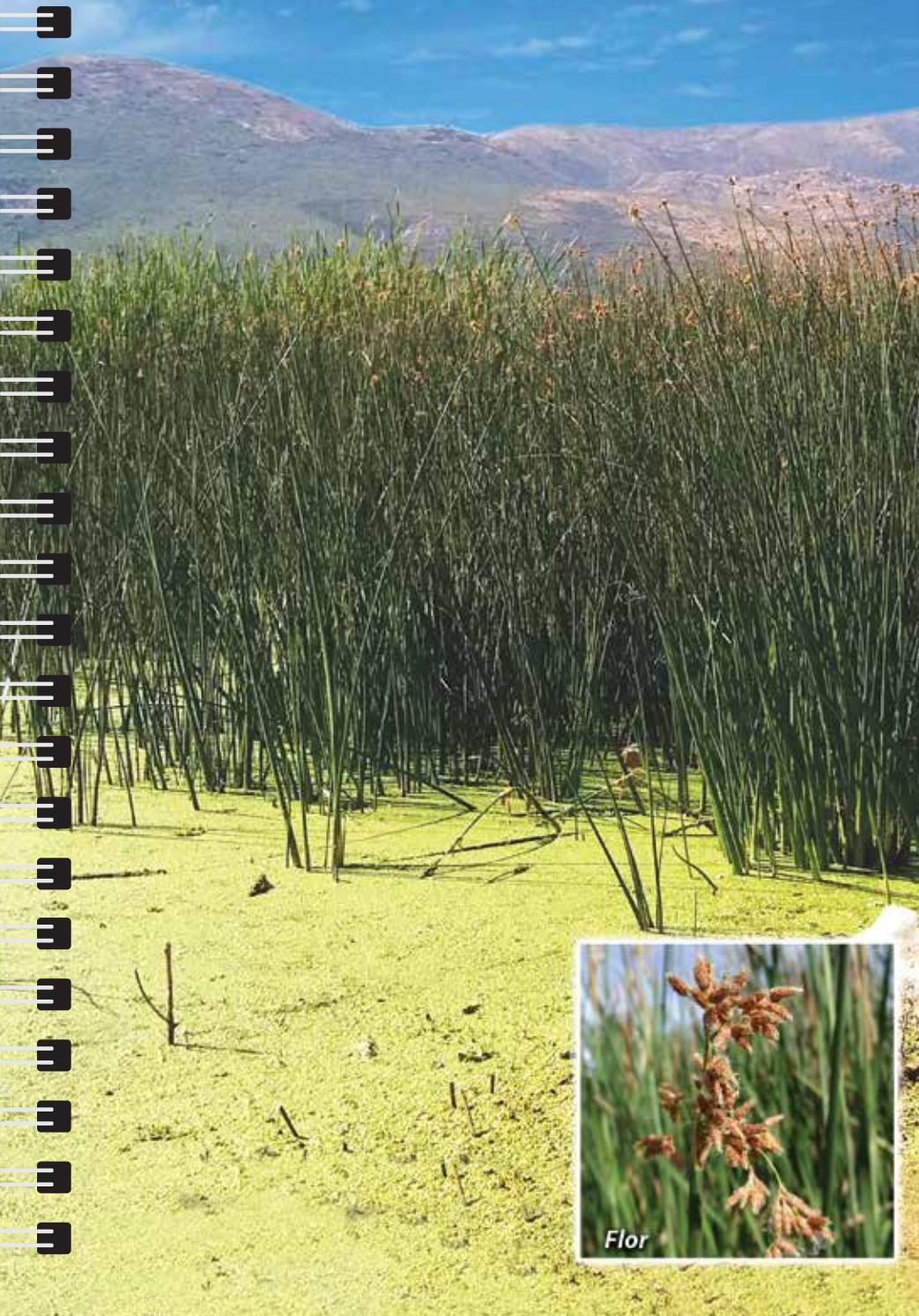
Unidades Ambientales	Zona lacustre salina, Zona litoral con totorales
Tipo de suelo	Mal drenados, inundados todo el año, arcillosos limosos eutrofizados
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Cualquier época del año
Riego	Requiere abundante agua, inundación permanente. Puede tolerar sequías cortas
Poda	Para retirar exceso de plantas, con dragado de los sistemas de raíces estoloníferas. Puede llegar a ser una especie invasora debido a su potencial rápido de crecimiento y propagación.
Distancia entre plantas	0,5 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todo el margen este, oeste y sur de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Para formar setos de protección y zonas para nidificación de aves nativas, fitoremediación de aguas contaminadas, estabilización de suelos del borde de la laguna.



**Nombre común:** Piri piri

**Nombre científico:** *Typha domingensis* Pers.

**Familia:** TYPHACEAE

### Descripción

Forma de vida	Herbácea perenne palustre acuática emergente, con grandes hojas planas en forma de cinta. Raíces estoloníferas que dan lugar a colonias densas intercaladas con las dos especies anteriores
Altura (adulto)	1 - 2,5 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores muy pequeñas numerosas apretadas en espigas cilíndricas de color café rojizo, desde octubre a diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente, colecta a partir de enero hasta abril
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	A partir de rizomas
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

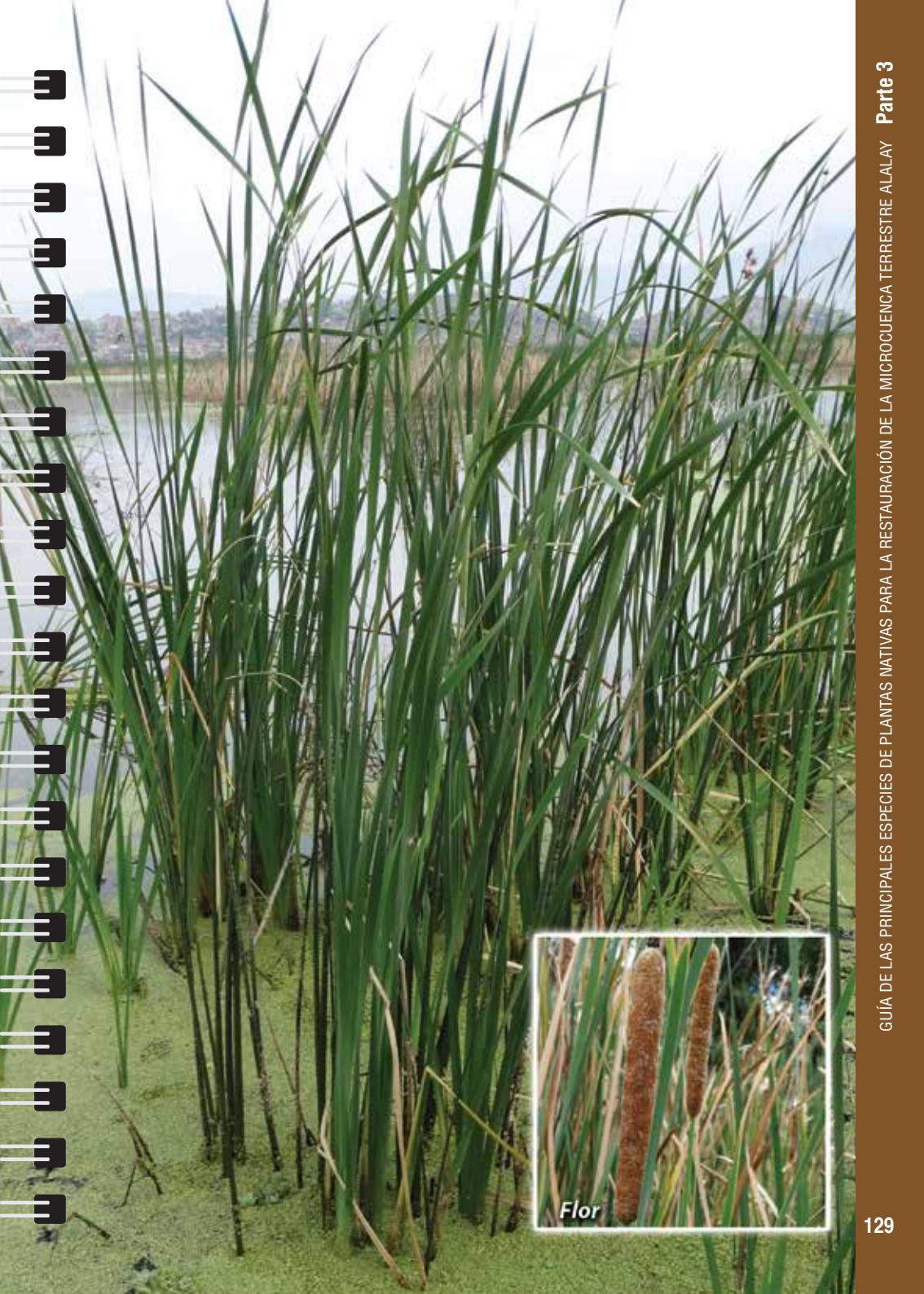
Unidades Ambientales	Zona lacustre salina, Zona litoral con totorales
Tipo de suelo	Mal drenados, inundados todo el año, arcillosos limosos eutrofizados
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Cualquier época del año
Riego	Requiere abundante agua, inundación permanente. Puede tolerar sequías cortas
Poda	Para retirar exceso de plantas
Distancia entre plantas	0,5 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todo el margen este, oeste y sur de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Para formar setos de protección y zonas para nidificación de aves nativas, fitoremediación de aguas contaminadas, estabilización de suelos del borde de la laguna.



**Nombre común:** Pinchanilla

**Nombre científico:** *Acalypha lycioides* Pax & K. Hoffm.

**Familia:** EUPHORBIACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto sin espinas muy ramificado, si se poda forma matas redondeadas
Altura (adulto)	0,5 – 1 m
Diámetro de la copa	1 m redondeada, densa
Floración	Flores pequeñas poco notorias, pero dispuestas en inflorescencias, desde enero hasta abril

### Forma de propagación

Semilla	Germina naturalmente sin tratamientos previos, colecta a partir de marzo hasta mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte no urbanizado
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos medianamente profundos
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana
	Adultos no regar
Poda	Formativa de la planta en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.

Distancia entre plantas 0,5 - 1 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Para formar setos ornamentales nativos en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Reforestación sucesional de laderas erosionadas de los cerros que rodean la Laguna.



Flor

**Nombre común:** Quiñi

**Nombre científico:** *Vachellia (Acacia) macracantha*

(Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger

**Familia:** FABACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto espinoso muy ramificado de forma irregular, si se poda forma arbolitos con tronco grueso
Altura (adulto)	1 - 3 m
Diámetro de la copa	1 - 2 m, extendida redondeada densa
Floración	Flores amarillo intenso, abundantes, aromáticas y dispersas. Florece en temporada de lluvias

### Forma de propagación

Semilla	Germina previo tratamiento de escarificación, colecta a partir de mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

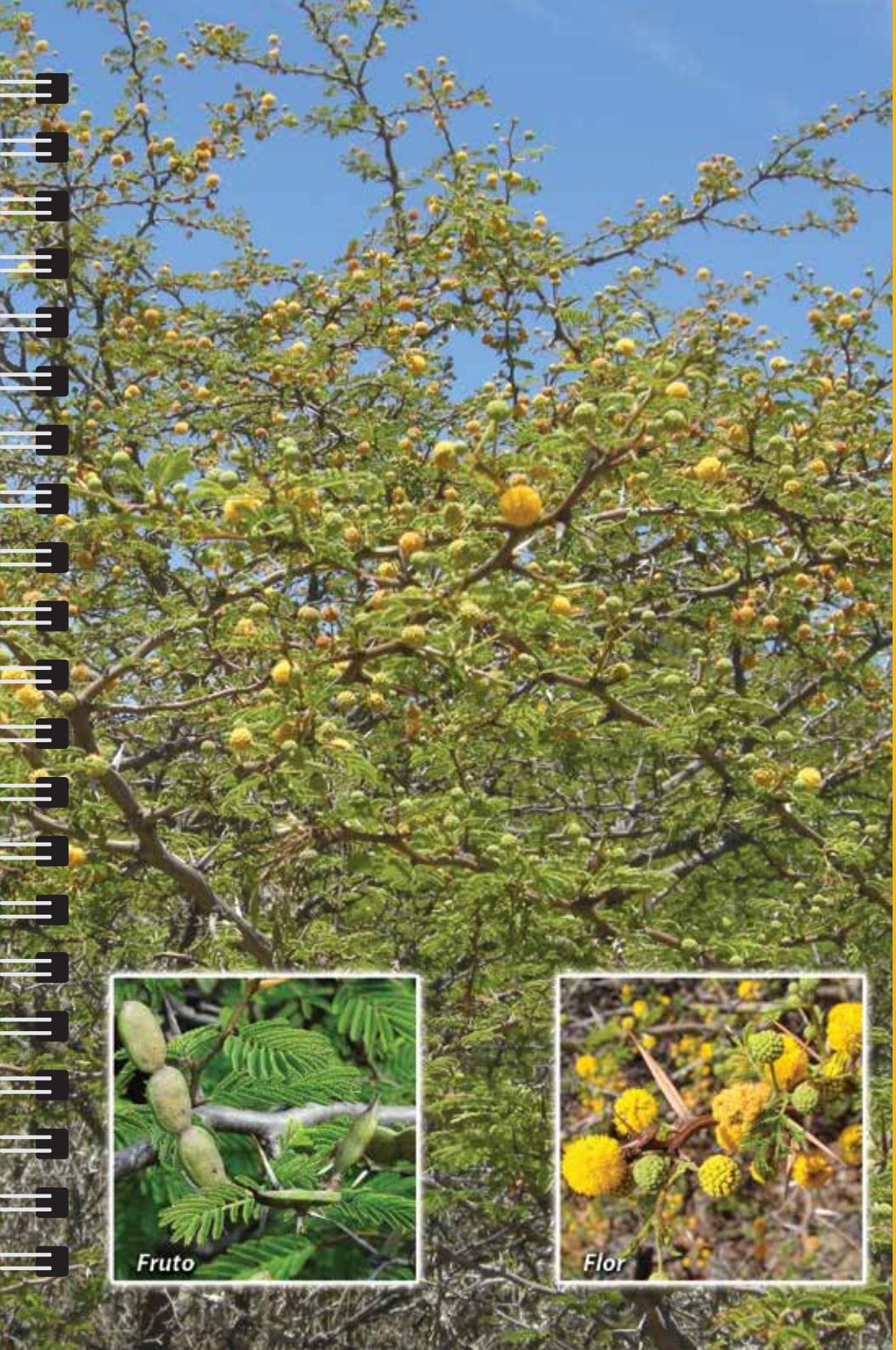
Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, arcillosos a muy pedregosos. Especie robusta y resistente, que tolera algo de salinidad, saturación temporal de agua en el suelo y residuos sólidos orgánicos.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana, adultos no regar, tolerante a sequías
Poda	Formativa para redondear copa, en invierno
Distancia entre plantas	2 – 4 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Especie nativa pionera, muy resistente a la sequía, útil por su abundante floración fraganciosa para formar setos de protección en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Coloniza áreas de suelos degradados, siendo muy útil en la reforestación sucesional de zonas erosionadas de los cerros que circundan a la Laguna.



Fruto



Flor

**Nombre común:** Alq'o huchu

**Nombre científico:** *Lycianthes lycioides* (L.) Hassl.

**Familia:** SOLANACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto pequeño espinoso muy ramificado
Altura (adulto)	0,5 – 1 m
Diámetro de la copa	1 m abierta redondeada
Floración	Flores blancas vistosas abundantes, desde octubre hasta diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, arcillosos a pedregosos profundos. Tolera sequías largas.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana, adultos cada dos semanas
Poda	Formativa de la planta en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.
Distancia entre plantas	1 – 1,5 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Especie nativa atractiva y resistente, para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Para reforestación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna



**Nombre común:** Tankarar

**Nombre científico:** *Vassobia fasciculata* (Miers) Hunz.

**Familia:** SOLANACEAE

#### Descripción

Forma de vida	Arbusto sin espinas muy ramificado
Altura (adulto)	1 – 2 m
Diámetro de la copa	1 - 2 m extendida redondeada
Floración	Flores blanco-liláceas vistosas abundantes, fraganciosas, desde noviembre hasta febrero

#### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

#### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, arcillosos a pedregosos profundos. Requiere cierta humedad en el suelo la mayor parte del año, intolerante a sequías largas.
Luz	A pleno sol

#### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos cada dos semanas
Poda	Formativa de la planta en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.
Distancia entre plantas	1 – 1,5 m

#### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Especie nativa atractiva por su abundante floración, para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares.



**Nombre común:** Kutu kutu, Tururo huachana  
**Nombre científico:** *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc.  
**Familia:** VERBENACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto mediano con ramificación laxa y abierta
Altura (adulto)	1 – 3 m
Diámetro de la copa	2 m extendida irregular abierta
Floración	Flores blancas en racimos llamativos, numerosos muy aromáticos, desde noviembre a febrero

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos arcillosos profundos. Tolera sequías moderadas a largas.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos regar una vez por semana
Poda	Formativa de la planta en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.
Distancia entre plantas	1 – 2 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Especie nativa medicinal, muy útil como ornamental por su abundante y fraganciosa floración. Para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares



**Nombre común:** J'anka j'anka blanca  
**Nombre científico:** *Lantana balansae* Briq.  
**Familia:** VERBENACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto o matorral pequeño, muy ramificado, sin espinas
Altura (adulto)	1 – 1,5 m
Diámetro de la copa	1 m irregular estrecha
Floración	Flores blancas pequeñas abundantes, desde enero hasta marzo

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos, colecta a partir de abril
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos profundos. Tolerante a la sequía.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos regar una vez cada dos semanas
Poda	Formativa de la planta sobre todo en invierno. Requiere recortes periódicos de mantenimiento y para mejorar la floración.
Distancia entre plantas	1 – 1,5 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs sugeridos	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central Lugares
	Especie nativa resistente y atractiva por sus hojas aromáticas y vistosa floración. Para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Para reforestación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna



Fruto

Flor

**Nombre común:** J'anka j'anka rosada  
**Nombre científico:** *Lantana micrantha* Briq.  
**Familia:** VERBENACEAE

## Descripción

Forma de vida	Arbusto pequeño poco ramificado
Altura (adulto)	1 – 2 m
Diámetro de la copa	0,5 m estrecha irregular abierta
Floración	Flores pequeñas rosadas vistosas, desde enero hasta marzo

## Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de abril
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

## Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos arcillosos profundos
Luz	A pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos regar una vez cada dos semanas
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	1 – 1,5 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares



**Nombre común:** Lipia

**Nombre científico:** *Lippia boliviensis* Rusby

**Familia:** VERBENACEAE

### Descripción

Forma de vida	Arbusto mediano muy ramificado
Altura (adulto)	1 – 1,5 m
Diámetro de la copa	1 m irregular estrecha
Floración	Flores blancas en espigas cortas numerosas muy aromáticas, desde noviembre a febrero

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos arcillosos profundos
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta marzo
Riego	Plantines una vez por semana Adultos regar cada dos semanas
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	1 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central
Lugares sugeridos	Para formar setos ornamentales en aceras, jardineras de avenidas, áreas verdes y jardines particulares



**Nombre común:** Cardón, Upacana

**Nombre científico:** *Cereus haenkeanus* F.A.C. Weber ex K. Schum.

**Familia:** CACTACEAE

### Descripción

Altura (adulto)	2 – 6 m
Diámetro de la copa	5 - 8 m
Floración	Flores grandes blancas vistosas, en septiembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza mucho, pero es muy fácil como en la mayoría de los cactus, dejando secar el corte enraíza con facilidad.
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos o pedregosos, arcillosos profundos. Muy tolerante a la sequía.
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Preferentemente a comienzos de la época de lluvias, pero puede hacerse cualquier mes.
Riego	Plantines una vez al mes Adultos no regar, especialmente en invierno porque impide la floración. Muy tolerante a sequías. Poco tolerante a la salinidad.
Poda	Formativa de la planta en invierno. Las ramas cortadas pueden utilizarse en su propagación fácilmente.
Distancia entre plantas	10 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, Jaime Sudañez, Campo Ferial, Barrio Magisterio, Villa Exaltación
Lugares sugeridos	avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Especialmente en zonas con terreno muy seco, donde no se dispone de agua de riego. Para revegetación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna



**Nombre común:** Kewayllu

**Nombre científico:** *Cleistocactus parviflorus* (K. Schum.) Rol.-Goss.

**Familia:** CACTACEAE

### Descripción

Forma de vida	Cactus columnar de porte mediano
Altura (adulto)	2 – 3 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores rojas tubulares pequeñas, desde septiembre hasta diciembre

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	Esquejes cortados en invierno, es muy fácil como en la mayoría de los cactus, dejando secar el corte enraiza con facilidad.
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos arcillosos profundos
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	En septiembre
Riego	Plantines una vez al mes Adultos no regar, especialmente en invierno porque impide la floración. Muy tolerante a sequías. Poco tolerante a la salinidad.
Poda	Formativa de la copa en invierno
Distancia entre plantas	2 - 3 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, Jaime Sudañez, Campo Ferial, Barrio Magisterio, Villa Exaltación
Lugares sugeridos	Cactus nativo endémico, útil como ornamental en aceras, jardineras amplias de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Especialmente en zonas con terreno muy seco, donde no se dispone de agua de riego. Para revegetación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna.



**Nombre común:** Cactus

**Nombre científico:** *Echinopsis (cochabambensis) huotii* (F. Cels) Labour.

**Familia:** : CACTACEAE

#### Descripción

Forma de vida	Cactus globular que prolifera desde la base formando pequeñas colonias
Altura (adulto)	20 cm
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores grandes blancas vistosas, desde septiembre hasta octubre

#### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	Hijuelos cortados en invierno, es muy fácil como en la mayoría de los cactus, dejando secar el corte enraíza con facilidad.
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

#### Ecología

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos arcillosos profundos
Luz	A pleno sol

#### Cultivo y manejo

Época de plantación	Septiembre hasta noviembre
Riego	Plantines una vez al mes Adultos no regar, especialmente en invierno porque impide la floración. Muy tolerante a sequías. Poco tolerante a la salinidad.
Poda	No podar
Distancia entre plantas	10 – 12 m

#### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, Jaime Sudañez, Campo Ferial, Barrio Magisterio, Villa Exaltación
Lugares sugeridos	Cactus nativo endémico, útil como ornamental en aceras, jardineras amplias de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Especialmente en zonas con terreno muy seco, donde no se dispone de agua de riego. Para revegetación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna



**Nombre común:** Ulala, Pasakana**Nombre científico:** *Harrisia tetracantha* (Labour.) D.R. Hunt**Familia:** CACTACEAE**Descripción**

Forma de vida	Cactus columnar arbustivo, muy ramificado, de porte medio a grande
Altura (adulto)	1 - 3 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores blancas vistosas y perfumadas, desde octubre hasta diciembre

**Forma de propagación**

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de enero
Esqueje o gajo	Esquejes cortados en invierno
Trasplante del campo	No registrado
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

**Ecología**

Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos arcillosos profundos
Luz	A pleno sol

**Cultivo y manejo**

Época de plantación	Septiembre hasta noviembre
Riego	Plantines una vez al mes Adultos no regar, especialmente en invierno porque impide la floración. Muy tolerante a sequías. Poco tolerante a la salinidad.
Poda	Formativa en invierno
Distancia entre plantas	1 - 2 m

**Sitios recomendables para su plantación**

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, Jaime Sudañez, Campo Ferial, Barrio Magisterio, Villa Exaltación
Lugares sugeridos	Cactus nativo endémico, útil como ornamental en aceras, jardineras amplias de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Especialmente en zonas con terreno muy seco, donde no se dispone de agua de riego. Para revegetación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna



*Fruto*



**Nombre común:** Ayrampu, Tunilla del cerro,  
**Nombre científico:** *Opuntia sulphurea* Gillies ex Salm-Dyck  
**Familia:** CACTACEAE

### Descripción

Forma de vida	Cactus arbustivo de porte bajo a semi-postrado
Altura (adulto)	0,3 – 0,5 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores amarillas vistosas abundantes, desde diciembre hasta febrero

### Forma de propagación

Semilla	Germina sin tratamientos previos colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	Esquejes cortados en invierno
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

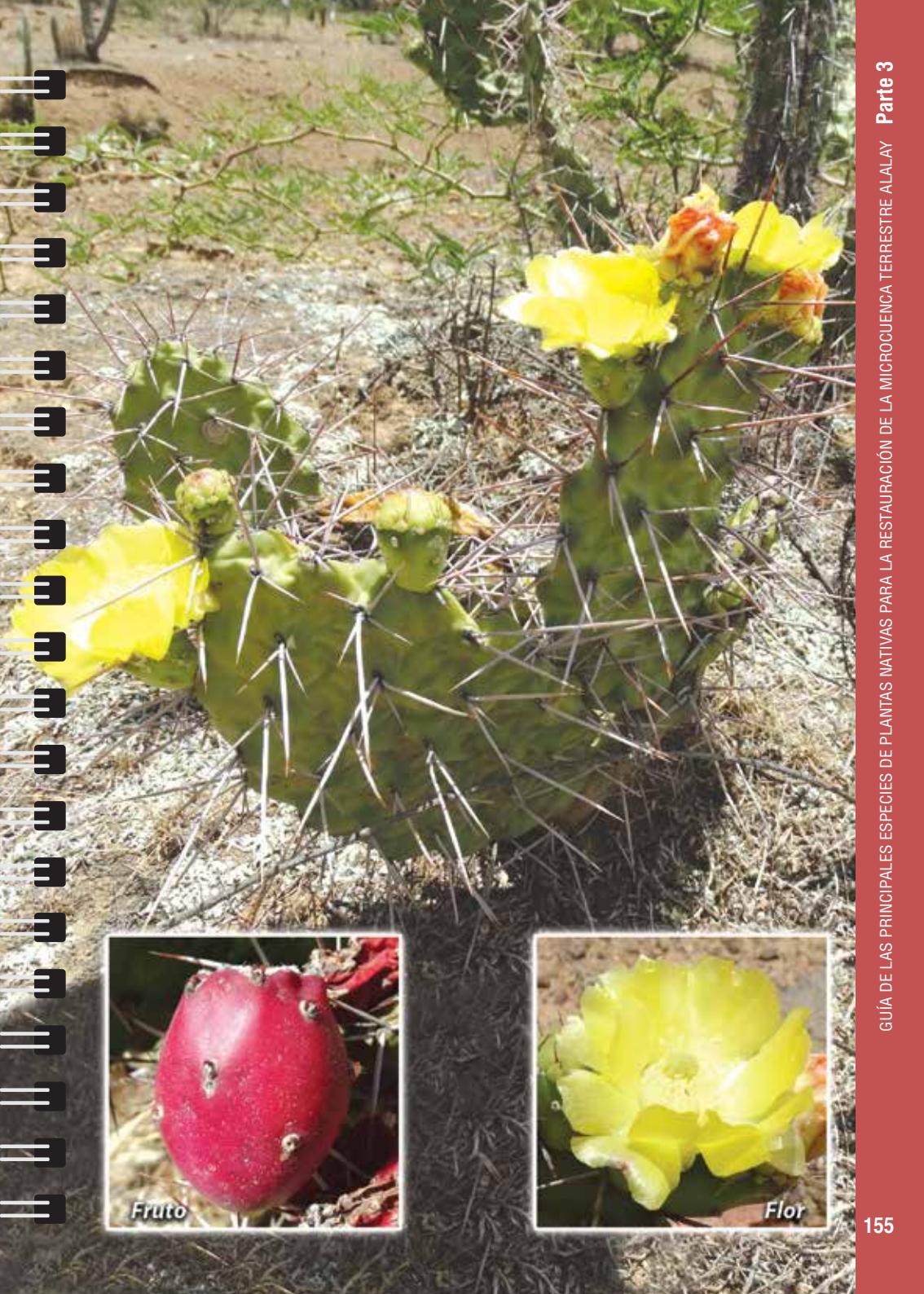
Unidades Ambientales	Laderas de Serranía no urbanizadas, Pie de monte de Serranía no urbanizados y urbanizados, Laderas urbanizadas
Tipo de suelo	Bien drenados, rocosos a arcillosos, incluso en suelos secos erosionados. Muy tolerante a la sequía
Luz	A pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Septiembre hasta noviembre
Riego	Plantines una vez al mes Adultos no regar, especialmente en invierno porque impide la floración. Muy tolerante a sequías. Poco tolerante a la salinidad.
Poda	Formativa en invierno
Distancia entre plantas	1 m

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	La Rinconada, San Miguel Norte, La Esperanza, Libertad, Villa Cactus, Cerro Verde Central, Jaime Sudañez, Campo Ferial, Barrio Magisterio, Villa Exaltación
Lugares sugeridos	Cactus nativo endémico, útil como ornamental en aceras, jardineras amplias de avenidas, áreas verdes y jardines particulares. Especialmente en zonas con terreno muy seco, donde no se dispone de agua de riego. Para revegetación sucesional en zonas medianamente degradadas de las laderas de los cerros que circundan la Laguna



Fruto



Flor

## HERBÁCEAS

**Nombre común:** Heliotropo salino

**Nombre científico:** *Heliotropium curassavicum* L.

**Familia:** BORAGINACEAE

### Descripción

Forma de vida	Herbácea con base de tallos semileñosa, perenne, postrada, suculenta
Altura (adulto)	Rastrera hasta 10 – 15 cm
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores blancas, pequeñas y abundantes, desde octubre hasta marzo

### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente de forma abundante, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

### Ecología

Unidades Ambientales	Zona lacustre salina
Tipo de suelo	Inundados estacionalmente, arcillosos arenosos, salinos y alcalinos, eutrofizados. Especie halófita, que vive preferentemente en suelos salinos. Soporta los suelos con basura o residuos nitrogenados
Luz	Pleno sol

### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta mayo
Riego	No registrado
Poda	No registrado
Distancia entre plantas	No registrado, aproximadamente 20 – 40 cm

### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todos los márgenes de la laguna Alalay
Lugares sugeridos	Espacios abiertos con suelos salinos. Especie nativa, útil en la revegetación de suelos con salinidad



**Nombre común:** Pasto salino, Grama salina

**Nombre científico:** *Distichlis spicata* (L.) Greene

**Familia:** POACEAE

## Descripción

Forma de vida	Herbácea cespitosa-estolonífera con denso crecimiento formando céspedes o pastizales
Altura (adulto)	10 - 30 cm
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores inconspicuas, en espigas verdosas, desde enero hasta marzo

## Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente, colecta en marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza, pero es fácil como tepes
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

## Ecología

Unidades Ambientales	Zona lacustre salina
Tipo de suelo	Mal drenados a saturados de humedad la mayor parte del año, arcillosos arenosos, salinos y alcalinos, eutrofizados
Luz	Pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Semillas y tepes mejor desde enero hasta mayo
Riego	No requiere
Poda	No requiere, pero se mantiene mejor como pradera si se corta periódicamente con corta-césped
Distancia entre plantas	No registrado

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todos los márgenes de la laguna Alalay
Lugares sugeridos	Gramínea nativa muy útil para revegetación de suelos suelos salinos húmedos, creando céspedes resistentes. Útil como fitoremediadora de suelos con salinidad en camellones construidos.



**Nombre común:** Lengua de buey  
**Nombre científico:** *Rumex crispus* L.  
**Familia:** POLYGONACEAE

## Descripción

Forma de vida	Herbácea semiacuática emergente perenne
Altura (adulto)	0,5 - 1 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores verdes pequeñas, muy poco notorias, abundantes, dispuestas en espigas terminales largas, desde enero hasta abril

## Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente de forma natural, colecta a partir de marzo hasta mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

## Ecología

Unidades Ambientales	Zona lacustre salina
Tipo de suelo	Inundados estacionalmente, arcillosos a arenosos, salinos, eutrofizados y contaminados
Luz	A pleno sol

## Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta mayo
Riego	No requiere si se planta adecuadamente en suelos anegados
Poda	No requiere
Distancia entre plantas	No registrado, pero aproximadamente 0.5 – 1 m

## Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todos los márgenes de la laguna Alalay
Lugares sugeridos	Espacios abiertos con disponibilidad de agua, como ornamental y para restaurar suelos salinos de canales, bordes de caminos y zonas húmedas contaminadas poco vegetadas. Útil potencialmente en humedales artificiales para fitoremediación.



Fruto

**Nombre común:** Verdolaga salina**Nombre científico:** *Sesuvium portulacastrum* (L.) L.**Familia:** AIZOACEAE**Descripción**

Forma de vida	Herbácea suculenta perenne, base de tallitos semi-leñosa
Altura (adulto)	Rastrera o apoyante, 10 – 20 cm
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores rosadas pequeñas vistosas abundantes, desde enero hasta marzo

**Forma de propagación**

Semilla	Baja germinación, colecta a partir de marzo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

**Ecología**

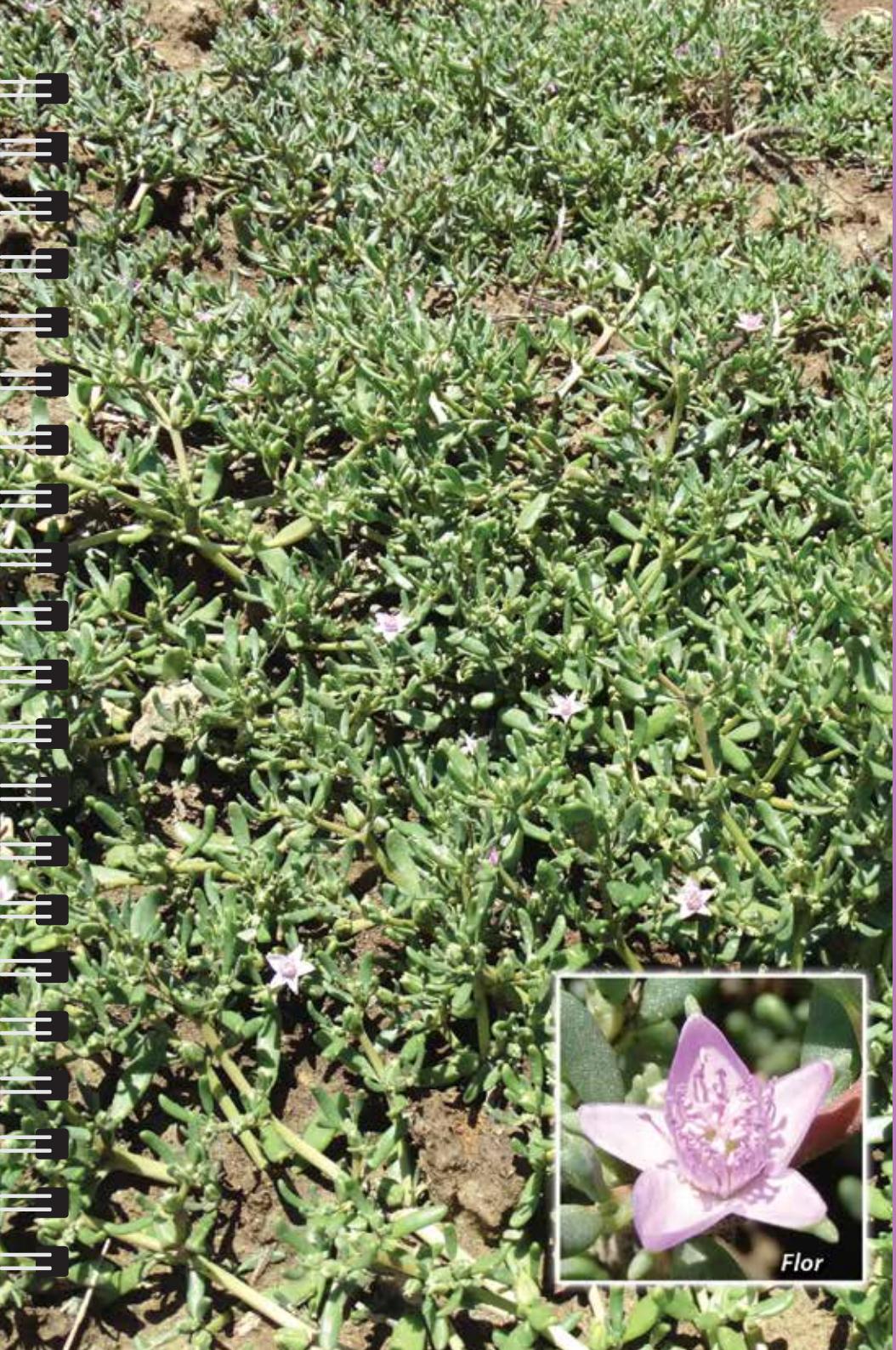
Unidades Ambientales	Zona lacustre salina
Tipo de suelo	Inundados estacionalmente, húmedos todo el año, arcillosos a arenosos, salinos, eutrofizados. Es una planta halófila, adaptada a vivir en zonas salinas
Luz	A pleno sol

**Cultivo y manejo**

Época de plantación	Enero hasta mayo
Riego	No requiere si se planta en el tipo de suelo adecuado
Poda	No requiere
Distancia entre plantas	No registrado

**Sitios recomendables para su plantación**

Nombres de las OTBs	Todos los márgenes de la laguna Alalay
Lugares sugeridos	Espacios abiertos con salinidad, como ornamental y para revegetar suelos salinos, bordes de caminos y zonas húmedas eutrofizadas poco vegetadas



**Nombre común:** Paico

**Nombre científico:** *Dysphania (Chenopodium) ambrosioides* (L.)  
Mosyakin & Clements

**Familia:** POLYGONACEAE

#### Descripción

Forma de vida	Herbácea palustre, anual o bi-anual a semi-perenne, con hojas algo carnosas
Altura (adulto)	0,3 – 0.8 m
Diámetro de la copa	No forma copa
Floración	Flores pequeñas poco notorias, abundantes en espigas terminales largas, desde enero hasta abril

#### Forma de propagación

Semilla	Germina fácilmente de forma natural, colecta a partir de marzo hasta mayo
Esqueje o gajo	No se utiliza
Trasplante del campo	No se utiliza
Compra de vivero	No disponible en viveros de Cochabamba

#### Ecología

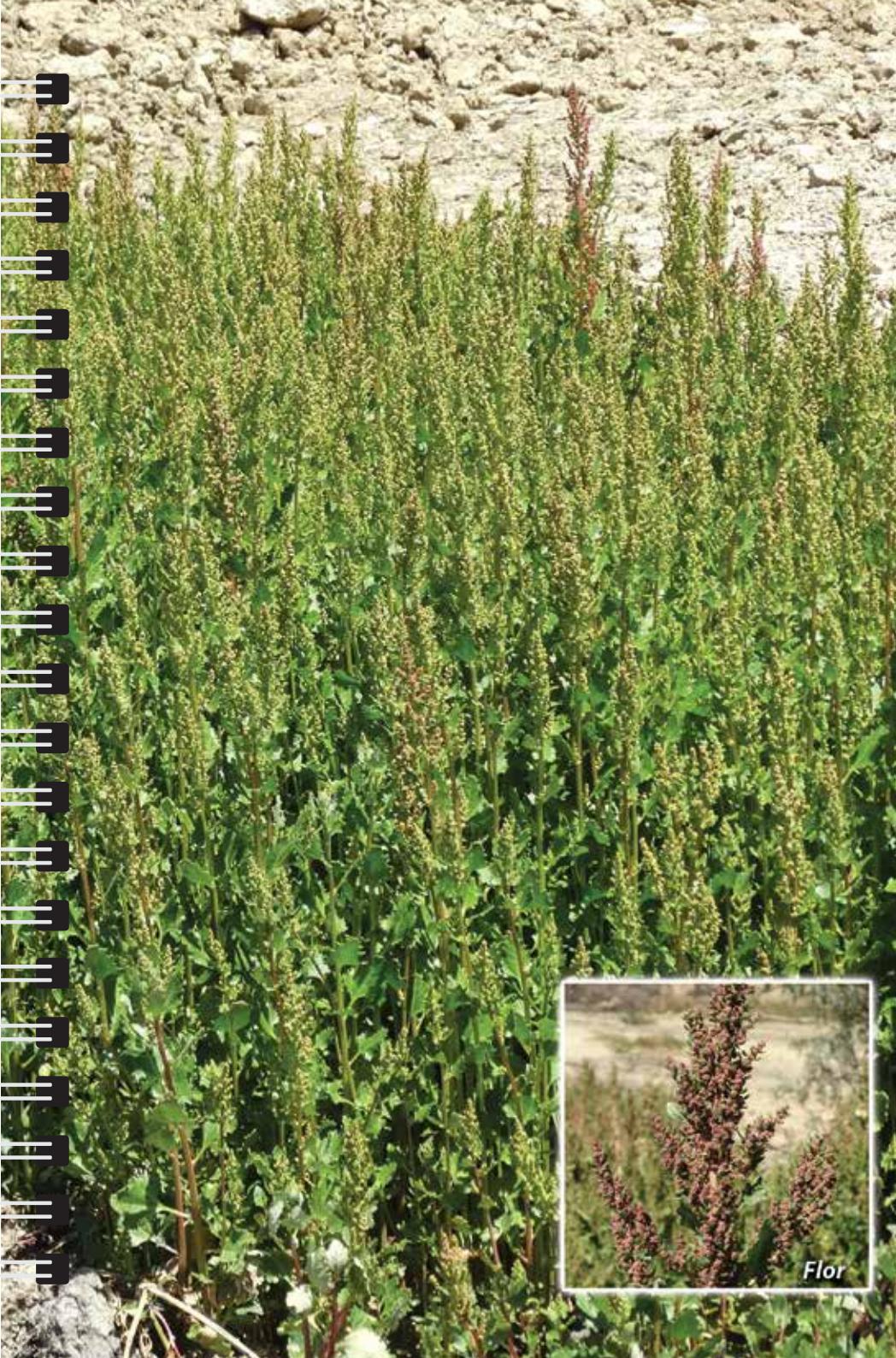
Unidades Ambientales	Zona lacustre salina
Tipo de suelo	Muy húmedos hasta inundados estacionalmente, arcillosos a arenosos. Tolerá salinidad, basura y contaminación en suelo y agua
Luz	A pleno sol

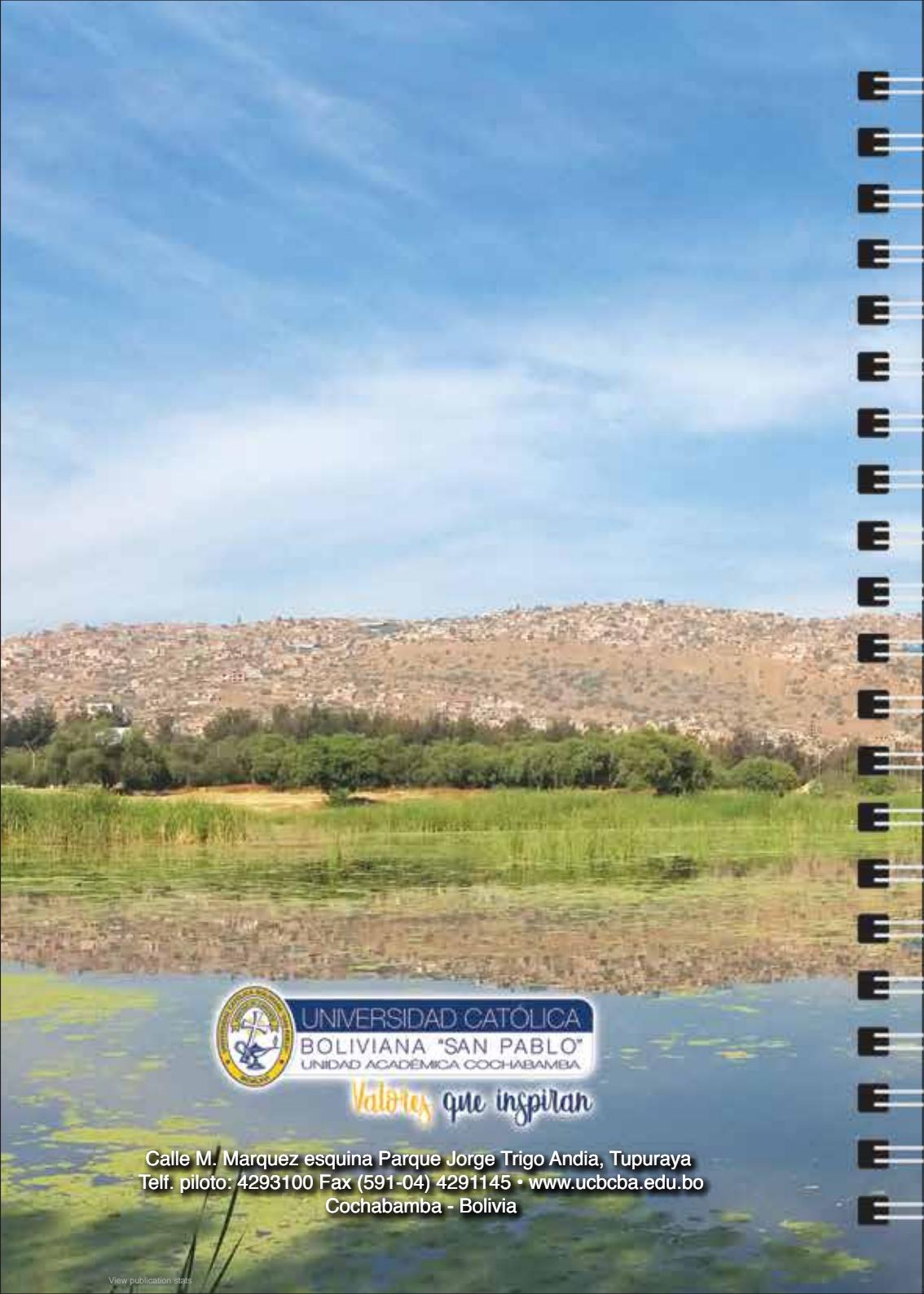
#### Cultivo y manejo

Época de plantación	Enero hasta mayo, aunque puede ser en cualquier mes
Riego	No requiere
Poda	No requiere
Distancia entre plantas	No registrado, pero óptimamente 0.3 – 0.5 m

#### Sitios recomendables para su plantación

Nombres de las OTBs	Todos los márgenes de la Laguna Alalay
Lugares sugeridos	Para revegetar y recuperar suelos salinos contaminados de canales, bordes de caminos y zonas húmedas poco vegetadas de los márgenes de la Laguna Alalay. Tiene potencial en humedales fitoremediadores.





UNIVERSIDAD CATÓLICA  
BOLIVIANA "SAN PABLO"  
UNIDAD ACADÉMICA COCHABAMBA

*Valores que inspiran*

Calle M. Marquez esquina Parque Jorge Trigo Andia, Tupuraya  
Telf. piloto: 4293100 Fax (591-04) 4291145 • [www.ucbcba.edu.bo](http://www.ucbcba.edu.bo)  
Cochabamba - Bolivia