

# Las lagunas urbanas y su papel en el balance hídrico de Cochabamba: *iniciativas académicas de restauración ecológica e iniciativas locales de participación ciudadana*

Mgr. Estela Herbas Baeny

Docente investigadora CICEI, Universidad Católica Boliviana-UCB

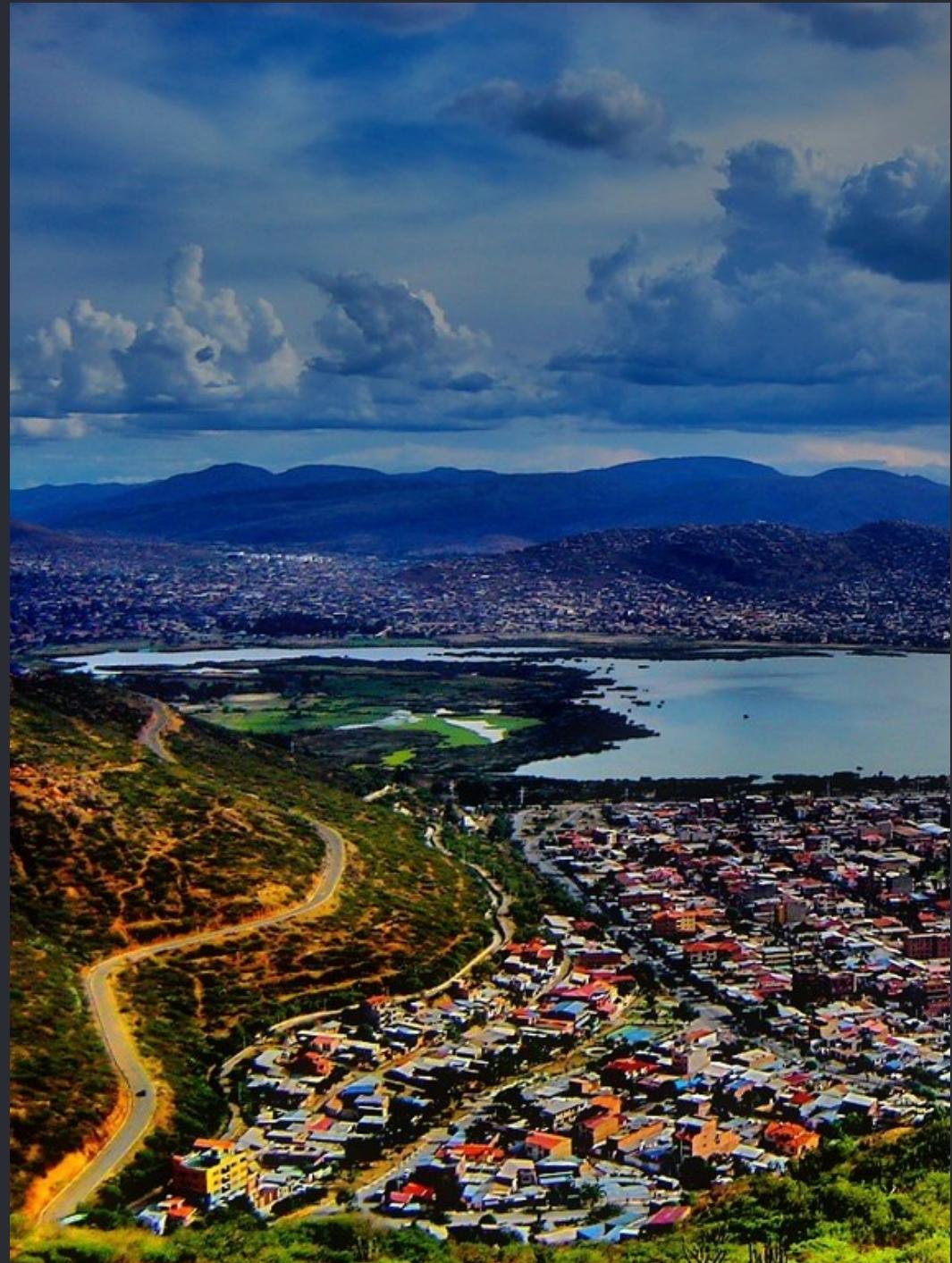
Mgr. Nelly de la Barra

investigadora adjunta al CICEI, UCB

10-102024



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA





# Funciones ecosistémicas de las lagunas urbanas

## Retención de agua

Almacenan agua de lluvia,  
previniendo escorrentías excesivas.

## Mitigación de inundaciones

Reducen el riesgo de inundaciones al  
retener grandes volúmenes de agua.

## Recarga de acuíferos

Contribuyen a la recarga de aguas  
subterráneas mediante infiltración.

# Regulación del microclima y biodiversidad

## Regulación del microclima

Regulan la temperatura local al enfriar el ambiente mediante evaporación.

## Soporte a la biodiversidad

Proporcionan hábitats para especies acuáticas y aves.

## Espacios recreativos

Ofrecen áreas verdes y espacios de recreación para la comunidad.



# Purificación del agua y secuestro de carbono

1

## Purificación del agua

Filtran contaminantes y mejoran la calidad del agua.

2

## Secuestro de carbono

Absorben y almacenan carbono, mitigando el cambio climático.

# Ejemplos en Latinoamérica



**Laguna de Chapala, México**

Vital para el suministro de agua de la región metropolitana.



**Humedales de Bogotá, Colombia**

Regulan el ciclo hídrico y el microclima urbano.

# La Laguna Alalay en Cochabamba, Bolivia

1

Historia y gestión

2

Contaminación y nutrientes

Altos niveles de fósforo  
y nitrógeno por aguas residuales.

3

Planes de recuperación

Esfuerzos limitados por falta de coordinación y  
mantenimiento.



# Beneficios de la restauración de la Laguna Alalay



## Retención hídrica

Mejora la capacidad de almacenamiento de agua.



## Mitigación de inundaciones

Reduce el riesgo de inundaciones en la ciudad.



## Recarga de acuíferos

Contribuye a la sostenibilidad del agua subterránea.

# Lecciones aprendidas y recomendaciones

Monitoreo constante

Tratamiento de aguas  
residuales

Participación comunitaria

Uso de humedales artificiales



# Propuesta de restauración de la Laguna Alalay

1

**Revegetación con especies nativas**

Mejora la infiltración y la calidad del agua.

2

**Participación comunitaria**

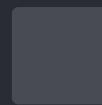
Asegura la sostenibilidad a largo plazo.

3

**Restauración de la cuenca**

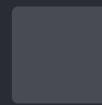
Recupera la funcionalidad ecológica de la laguna.

# Hacia la recuperación del rol de las lagunas urbanas



## Importancia de las lagunas urbanas 1

Elementos clave para garantizar la sostenibilidad hídrica.



## Restauración de la Laguna Alalay 2

Ejemplo de recuperación de funciones ecosistémicas.



## Modelo para otras ciudades 3

Cochabamba puede inspirar soluciones sostenibles en Latinoamérica.



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
COCHABAMBA

Centro de Investigación en  
Ciencias Exactas e  
Ingenierías  
Grupo de Investigación ESTUDIOS AMBIENTALES  
INGENIERÍA AMBIENTAL

## CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**“HACIA LA RESTAURACION ECOLOGICA DE LA MICROCUENCA  
LACUSTRE TERRESTRE DE LA LAGUNA ALALAY (COCHABAMBA,  
BOLIVIA)**



# PROBLEMATICA



# ÁREA DE ESTUDIO



**2560 m DE ALTITUD**

Bioclima de  
Cochabamba como:  
**mesotropical xérico  
seco inferior**

# OBJETIVOS

1. Actualizar la caracterización bio-geofísica
2. Diagnosticar el estado actual de degradación e impactos, de los sistemas ecológicos circundantes a la Laguna Alalay, dentro de su cubeta límnica terrestre de influencia directa.
3. Establecer las deficiencias y problemas ambientales derivados de la idoneidad y distribución espacial actual de los diferentes elementos estructurales y ecofuncionales del paisaje de la cubeta terrestre.
4. Zonificar la cuenca lacustre terrestre de Alalay en unidades de paisaje homogéneos respecto a sus características intrínsecas ecológicas, las problemáticas ambientales específicas que soportan y sus capacidades de respuesta respectivas frente a la gestión ambiental.
5. Diseño de estrategias adecuadas al paisaje y estado actual de las **UAIs (Navarro, 2019)**
6. Socialización con organizaciones sociales de base, académicos y gobierno municipal

# OBJETIVOS

No se refiere al cuerpo de agua de la Laguna Alalay, sino al entorno terrestre que la rodea y sobre la cual influye de forma directa o indirecta.



Con el propósito de coadyuvar desde una nueva perspectiva a la recuperación integral de la Laguna Alalay.

# METODOLOGÍA

Marco conceptual y operativo de la Ecología del Paisaje (“Landscape Ecology”), SER (Society for Ecological Restoration International)



Integración de variables geo-biofísicas, aspectos estructurales y funcionales de los sistemas seminaturales y antrópicos, trabajo de campo y empleo de SIG.



## Variables estructurales:

Litología  
Geomorfología  
Suelos  
Vegetación.

## Variables ecofuncionales

Dinámica sucesional de la vegetación  
(vegetación potencial y etapas seriales)

**Estado de idoneidad o conservación  
Conectividad ecológica**



Los tipos de vegetación potencial natural son una de las bases fundamentales para diferenciar **Unidades Ambientales Integradas.**

Marco ecosistémico y metas que guían propuestas de restauración.

# RESULTADOS

## **DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA LACUSTRE - TERRESTRE DE LA LAGUNA ALALAY**



# ÁREA DE TRABAJO



# ESTE



UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLOGICAS		UNIDADES DE VEGETACION
1. <u>SERRANÍA SAN PEDRO</u>	<b>Laderas montañosas</b> de los flancos occidentales	Relictos del bosque semiárido del Soto y la Gargatea ( <i>Vasconcellea quercifolia-Schinopsis haenkeana</i> )
		Arbustadas espinosas caracterizada por <i>Harrisia tetracantha</i> y <i>Prosopis andicola</i>
		Vegetación azonal saxícola de <i>Parodia schwebsiana</i> y <i>Puya glabrescens</i>
		Zona de quebradas amplias no urbanizadas con remanentes de la serie del Chillijchi ( <i>Erythrina falcata-Acacia visco</i> )
	<b>Piedemontes</b> de la Serranía de San Pedro	Zona de piedemonte no urbanizado, con la serie del Algarrobo no salino ( <i>Schinus fasciculatus-Prosopis alba</i> )
		Arbustadas espinosas caracterizada por la Serie de <i>Harrisia tetracantha</i> y <i>Prosopis laevigata</i> var. <i>andicola</i>
		Remanentes del bosque ripario del Sauce ( <i>Pissoniella arborescens-Salix humboldtiana</i> )



*Erythrina falcata*



*Senegalia visco*



*Harrisia tetracantha*

# OESTE



*Aspidosperma oreocarpon*



*Prosopis andicola*



## UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLOGICAS

2. SERRANÍA DEL  
CERRO VERDE

**Laderas de los flancos  
orientales del Cerro Verde.**

## UNIDADES DE VEGETACION

Potencialmente corresponden a la Zonas urbanas con áreas verdes

**Piedemonte del Cerro Verde**

Restos dispersos de la arbusteda espinosa caracterizada por *Harrisia tetracantha* y *Prosopis andicola*

# SUR

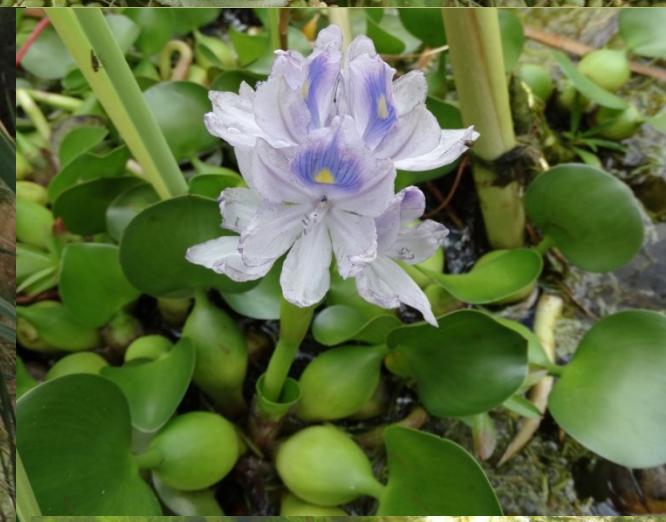


UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES DE VEGETACION
3. <u>SUPERFICIE FLUVIO-LACUSTRE ALALAY</u>	<p><b>Márgenes lacustres de Alalay</b></p> <p>Zona planicie lacustre alta, con la serie de Algarrobo salino (<i>Lycium americanum</i>-<i>Prosopis alba</i>)</p> <p>Zona planicie lacustre baja con vegetación acuática y palustre de borde de la laguna, canales y charcas</p>



# NORTE

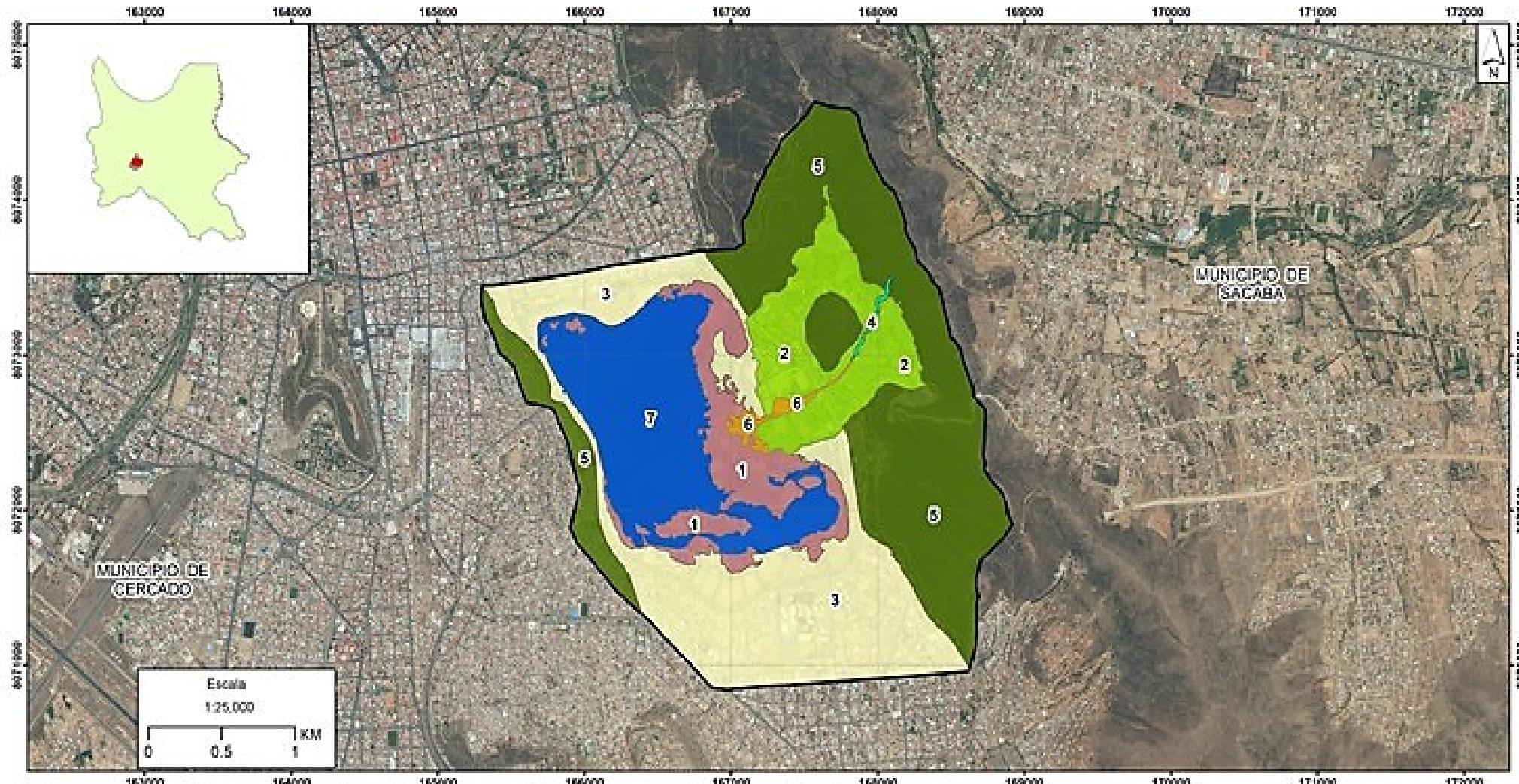






# Unidades geomorfológicas y sus correspondientes unidades de vegetación

UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES DE VEGETACION	
1. <u>SERRANÍA SAN PEDRO</u>	<b>Laderas montañosas</b> de los flancos occidentales	<p>Relictos del bosque semiárido del Soto y la Gargatea (<i>Vasconcellea quercifolia-Schinopsis haenkeana</i>)</p> <p>Arbustadas espinosas caracterizada por <i>Harrisia tetracantha</i> y <i>Prosopis andicola</i></p> <p>Vegetación azonal saxícola de <i>Parodia schwebsiana</i> y <i>Puya glabrescens</i></p> <p>Zona de quebradas amplias no urbanizadas con remanentes de la serie del Chillijchi (<i>Erythrina falcata-Acacia visco</i>)</p>
	<b>Piedemontes</b> de la Serranía de San Pedro	Zona de piedemonte no urbanizado, con la serie del Algarrobo no salino ( <i>Schinus fasciculatus-Prosopis alba</i> )
		Arbustadas espinosas caracterizada por la Serie de <i>Harrisia tetracantha</i> y <i>Prosopis laevigata</i> var. <i>andicola</i>
		Remanentes del bosque ripario del Sauce ( <i>Pissoniella arborescens-Salix humboldtiana</i> )
2. <u>SERRANÍA DEL CERRO VERDE</u>	<b>Laderas de los flancos orientales</b> del Cerro Verde.	Potencialmente corresponden a la Zonas urbanas con áreas verdes
	<b>Piedemonte</b> del Cerro Verde	Restos dispersos de la arbustada espinosa caracterizada por <i>Harrisia tetracantha</i> y <i>Prosopis andicola</i>
3. <u>SUPERFICIE FLUVIO-LACUSTRE ALALAY</u>	<b>Márgenes lacustres</b> de Alalay	<p>Zona planicie lacustre alta, con la serie de Algarrobo salino (<i>Lycium americanum-Prosopis alba</i>)</p> <p>Zona planicie lacustre baja con vegetación acuática y palustre de borde de la laguna, canales y charcas</p>



#### LEYENDA

- Área de estudio
- Vegetación potencial
  - 1. Totoral (Comunidad de *Schoenoplectus californicus* y *Typha domingensis*)
  - 2. Bosque de Algarrobo no salino (*Schinus fasciculatus*-*Prosopis alba*)

- 3. Bosque de Algarrobo salino (Serie *Elytium americanum*-*Prosopis alba*)
- 4. Bosque de Chilýchí (Serie *Erythrina falcata*-*Acacia visco*)
- 5. Bosque de Soto y Gargatea (Serie *Vasconcellea quercifolia*-*Schinopsis haematoxylon*)
- 6. Bosque ripario del Sauce (Serie *Poecilella arborensis*-*Salix humboldtianum*)
- 7. Laguna Alalay



#### MAPA DE VEGETACIÓN POTENCIAL DE LA CUENCA DE LA LAGUNA ALALAY

Elaborado por:  
Equipo técnico del Proyecto  
Edición: Blanca Vega  
Eliptóide: WGS84  
Proyección: UTM  
Zona: 20

# Unidades ambientales integradas

(Navarro, 2019)

Reúnen espacialmente el conjunto de:

Características  
bio-geofísicas



Características  
socioambientales

Distrito 6	Distrito 7
Barrio Jaime Zudañez	La Rinconada Country Club
Barrio Minero Alalay	Urbanización Exaltación
Villa Cactus	Magisterio
Barrio Libertador	Barrio Campo Ferial
Barrio La Esperanza	Barrio Minero Siglo XX
Barrio San Miguel Norte	Cerro Verde Central

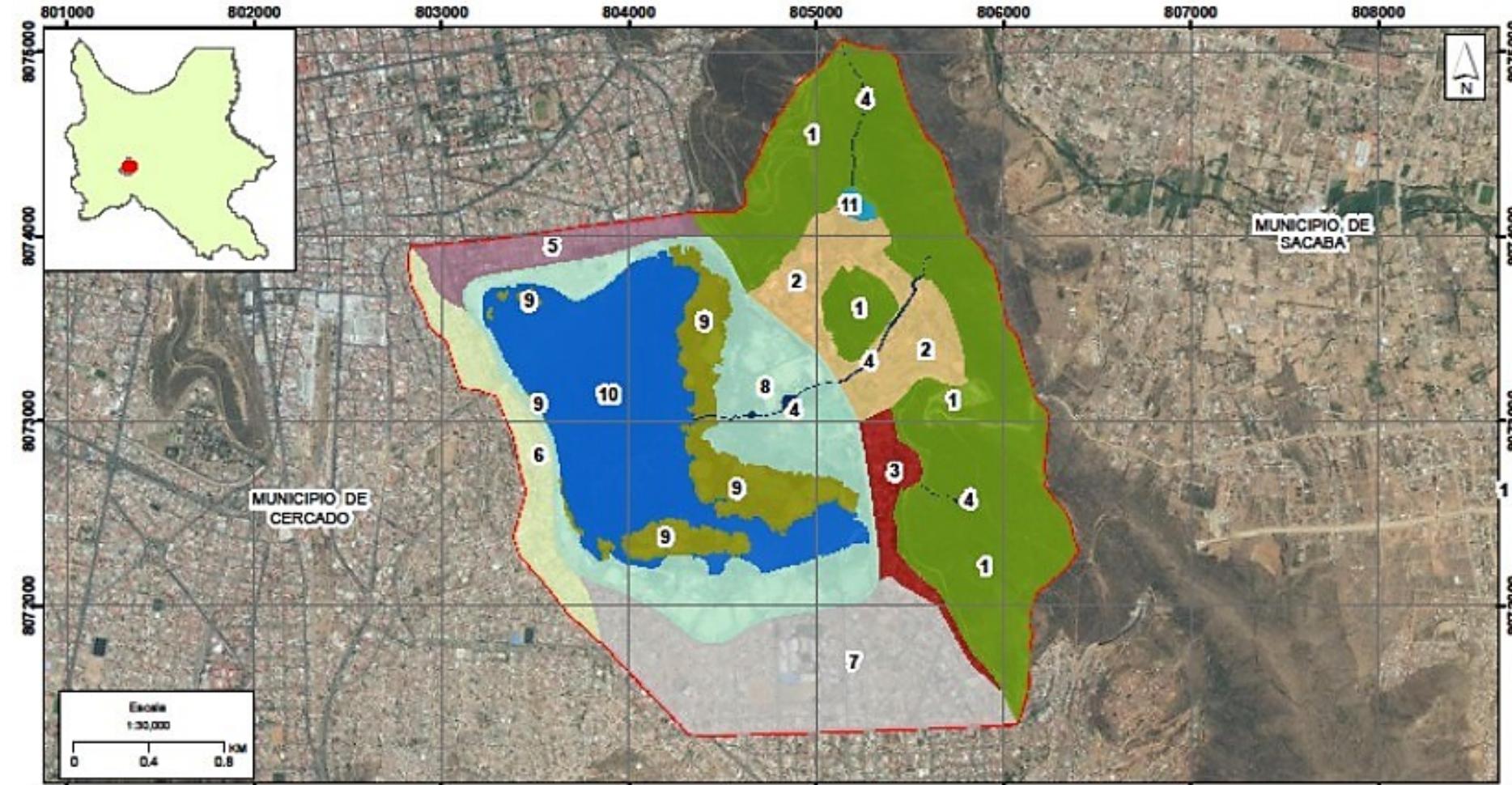


Unidades de zonificación para la  
restauración ecológica

UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA	Impacto ambiental o problemática detectada
1. Laderas de Serranía no urbanizadas	<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>
4. Quebradas y cauces no urbanizados	
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	<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>
3. Piedemonte de Serranía urbanizado	<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></ul>
5. Zona urbanizada de margen norte	<ul style="list-style-type: none"><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>
6. Laderas urbanizadas	
7. Zona urbana salina	
8. Zona lacustre salina	<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>
9. Zona litoral con totorales	<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>

## UNIDAD AMBIENTAL INTEGRADA (UAI)

1. Laderas de Serranía no urbanizadas
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado
3. Piedemonte de Serranía urbanizado
4. Quebradas y cauces no urbanizados
5. Zona urbanizada de margen norte
6. Laderas urbanizadas
7. Zona urbana salina
8. Zona lacustre salina
9. Zona litoral con totorales



### LEYENDA

1. Laderas de Serranía no urbanizadas	7. Zona urbana salina
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	8. Zona lacustre salina
3. Piedemonte de Serranía urbanizado	9. Zona litoral con totorales
4. Quebradas y cauces no urbanizados	10. Laguna Alalay
5. Zona urbanizada de margen norte	11. Represa artificial privada
6. Laderas urbanizadas	12. Área de estudio

MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES INTEGRADAS  
DE LA CUENCA DE LA LAGUNA ALALAY



Elaborado por:  
Equipo técnico del Proyecto  
Edición: Blanca Vega

Elipsode: WGS84  
Proyección: UTM  
Zona: 19

# PROPUESTAS TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



# ESTRATEGIAS PARA RESTAURACION ECOLOGICA

## 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 suavitamente 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.

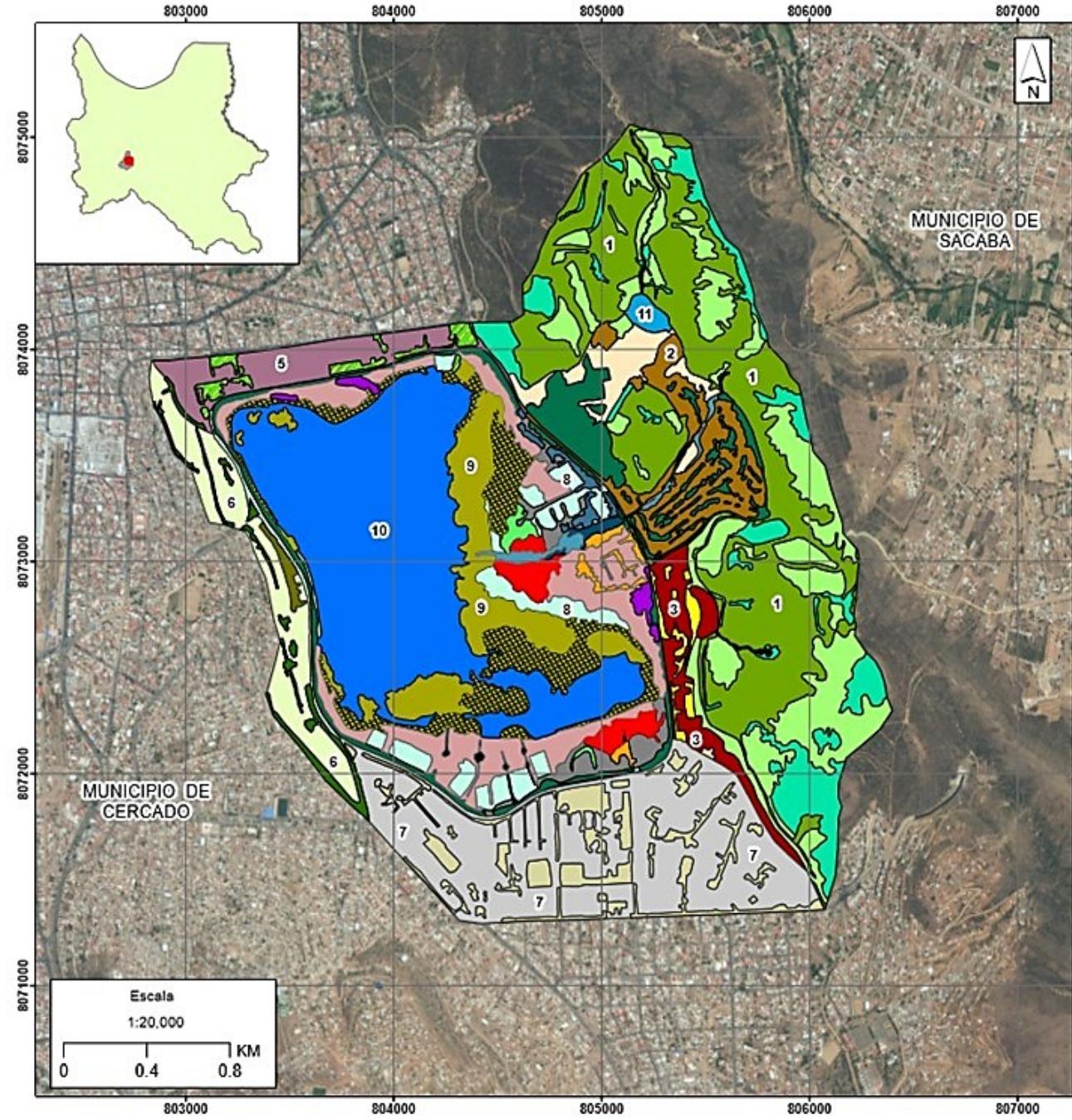
#### C. Protección efectiva (cercado) de zonas con estado sucesional más avanzado y/o de los remanentes boscosos.

\* 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:

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>1 a. Cercado de áreas sucesionales seleccionadas en zona 1.</p> <p>1 b. Delimitación de zonas de revegetación activa mediante plantación asistida en zona 1.</p> <p>1 c. Zanjas de infiltración y bancales en zonas erosionadas en zona 1.</p>	A, B, C	<p>Soto (<i>Schinopsis haenkeana</i>), Gargatea (<i>Vasconcellea quercifolia</i>), Kacha del Cerro (<i>Aspidosperma horkoquebracho</i>), Chiñi (<i>Acacia macracantha</i>), Algarrobo del cerro (<i>Prosopis andicola</i>), Lantana (<i>Lantana spp.</i>), Ulala (<i>Harrisia tetracantha</i>), Cardón (<i>Cereus haenkeanus</i>), Tunilla del cerro (<i>Opuntia sulphurea</i>)</p>
2. Piedemonte de Serranía no urbanizado	<p>Proporción adecuada de árboles y arbustos del ecosistema potencial del piedemonte y mejoramiento paisajístico (RA+RT).</p>	<p>2 a. Bosque urbano abierto reticular o en manchas, incorporando áreas deportivas en la matriz, en zona 2.</p> <p>2 b. Cercado de áreas sucesionales seleccionadas en zona 2.</p>	D, G	<p>Ceibo o Chilichi (<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>)</p>



**MAPA DE DISEÑOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA CUENCA DE LAGUNA ALALAY**



Elaborado por:  
Equipo técnico del Proyecto  
Edición: Blanca Vega

Elíptodo: WGS84  
Proyección: UTM  
Zona: 19

# PROCESO PARTICIPACION CIUDADANA y CONSTRUCCION DE LAS PROPUESTAS





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

### Parte 1 Caracterización y diagnóstico de la microcuenca terrestre de Alalay



1

### Parte 2 Diseños y estrategias de restauración



2

### Parte 3 Guía de las principales especies de plantas nativas para la restauración de la microcuenca terrestre Alalay

3

Parte 3

Toborochi

108

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  
Esquejo o gajo No se utiliza  
Trasplante del campo No se utiliza  
Compra de vivero No registrado

#### Ecología

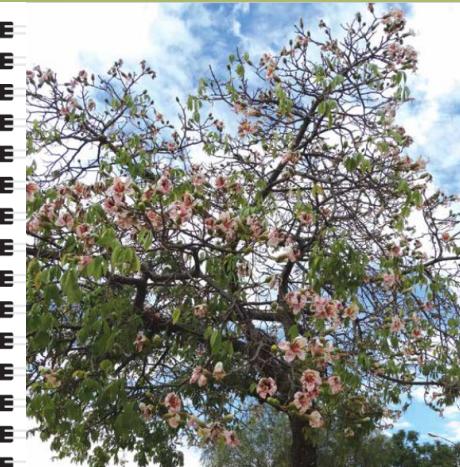
Unidades Ambientales Laderas urbanizadas, Pie de monte de serranías urbanizadas  
Tipo de suelo Bien drenados, profundos, húmedos estacionalmente, no tolera sequía prolongada ni salinidad  
Luz A pleno sol

#### Cultivo y manejo

Época de plantación Enero hasta marzo  
Riego Plantínes una vez por semana  
Poda Adultos no regar  
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 Jardinerías amplias de avenidas, parques y áreas verdes amplias en laderas



GUÍA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PLANTAS NATIVAS PARA LA RESTAURACIÓN DE LA MICROCUENCA TERRESTRE ALALAY Parte 3

107

# EXPERIENCIAS DE RESTAURACION CON PARTICIPACIÓN SOCIAL

**ECOSISTEMA TRANSFORMADO CULTURAL:  
PARQUES, JARDINES, ESPACIOS URBANOS, ETC.....**

Barrio Irlandés en Cochabamba



# EXPERIENCIAS DE RESTAURACION CON PARTICIPACIÓN SOCIAL

Laguna Patos  
(Santa Rosa, Colcapirhua)



## Área de Estudio

Ubicación: Municipio de Colcapirhua-Cochabamba  
OTB: Cucardas-Oasis



# EQUIPO TÉCNICO

**Equipo Técnico :**

Coordinador Científico: **Dr. Gonzalo Navarro**

**Sánchez**

Investigadora asociada: M. Sc. **Nelly De la Barra**

**Ricaldes**

SIG, edición de mapas: M. Sc. **Blanca Vega**

*Estudiantes auxiliares de investigación:*

Univ. **Luis Vildozo**

Univ. **Annelise Torrez**

Univ. **Anelise Pol**





UNIVERSIDAD CATÓLICA  
BOLIVIANA "SAN PABLO"  
UNIDAD ACADÉMICA COCHABAMBA



MUCHAS GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN