



# CARRETERAS Y COMUNIDADES RESILIENTES: PRESENTACIÓN DE SOLUCIONES

Marta Agujetas Perez  
MetaMeta



**META  
META**



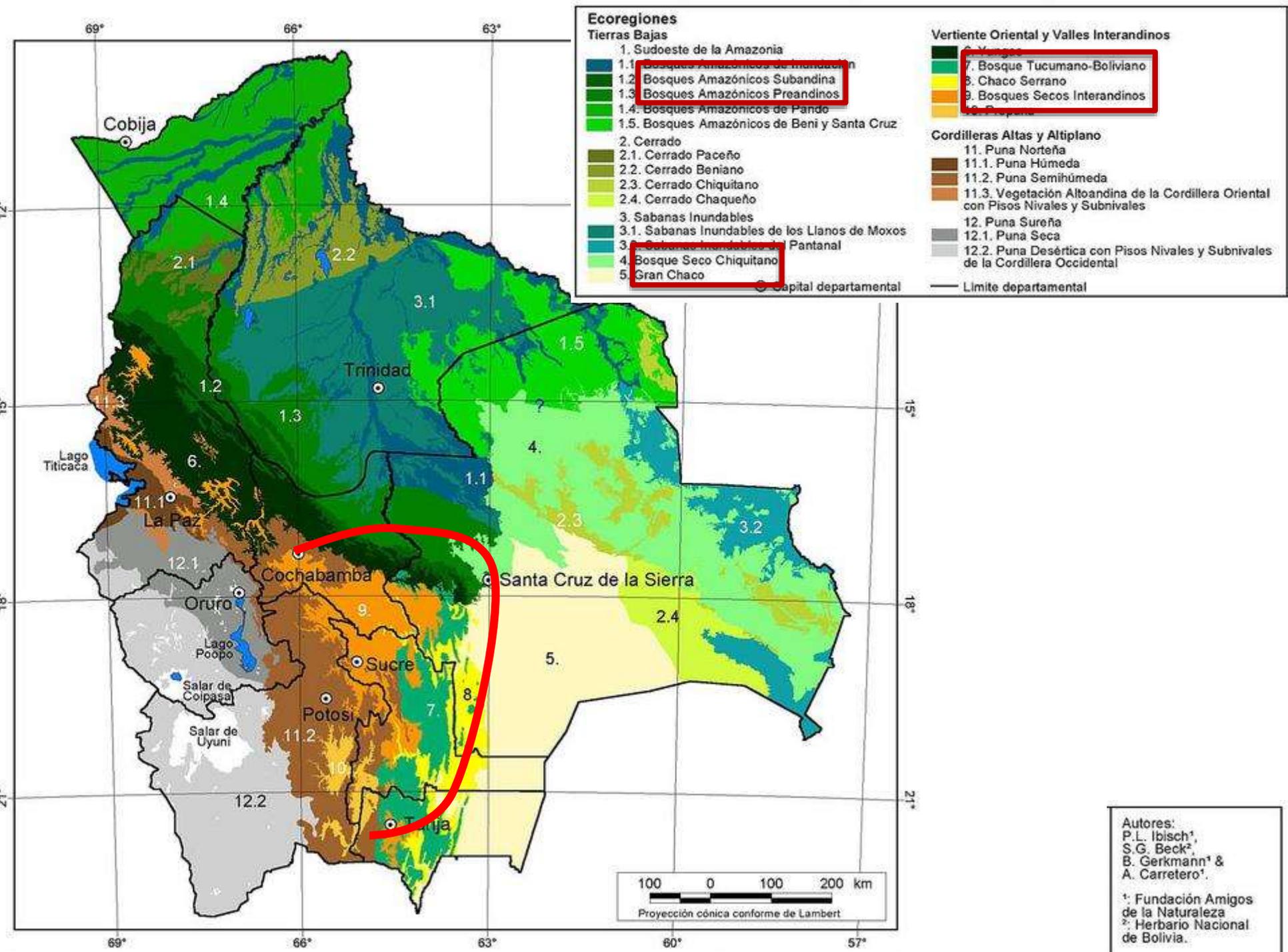
**BANCO MUNDIAL**  
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL



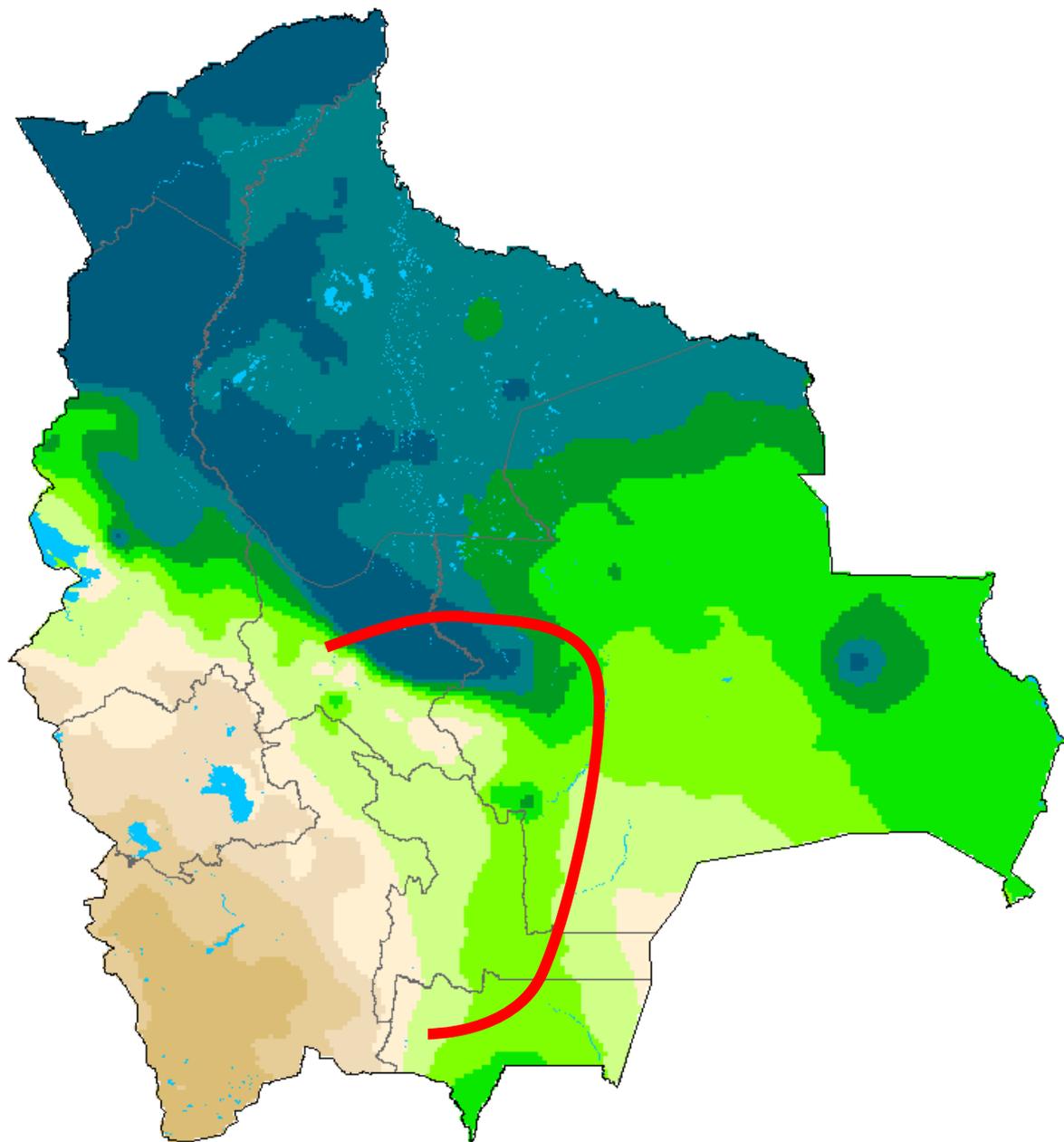
# Presentación



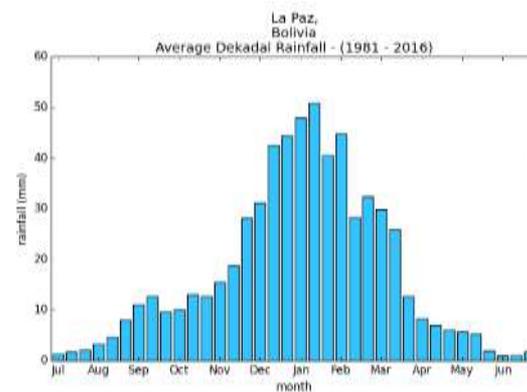
1. Explicación de la visita de campo
2. Presentación de problemas y soluciones por tramos
3. Conclusiones
4. Recomendaciones



# Bolivia Historical Average Rainfall



## Rainfall (mm)



Jul - Jun, 2001 - 2014

0 90 180 360 Kilometers



Map Produced by: USGS/EROS  
Data Source: Climate Hazards Group InfraRed  
Precipitation with Station (CHIRPS-2.0) (USGS/UCSB)





1

2

3

1 Area con altas precipitaciones



## 2.1 Area de altas precipitaciones: Yungas, Bosques Amazonicos subandinos/preandinos

Zona visitada	El Sillar hasta Santa Cruz
Problemas para las carreteras	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exposición a inundaciones debido a las altas precipitaciones y altos picos fluviales</li><li>• Inestabilidad en las pendientes y taludes</li><li>• Colapso de puentes</li></ul>
Problemas ambientales relacionados con las carreteras	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incremento del riesgo de deslizamientos</li><li>• Desvio del curso natural de las aguas superficiales</li></ul>
Carreteras resilientes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tuneles y galerías de protección</li><li>• Fundaciones profundas en los puentes</li><li>• Disipadores de energia</li><li>• Protección contra el socavacion en los puentes</li><li>• Bioingenieria para estabilizar los taludes</li></ul>
Resiliencia ambiental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Protección del margen del río con espigones</li><li>• Extracción controlada de arena y sedimentos</li><li>• Protección de cuencas para retener más agua en las partes altas</li></ul>

**Puente Espiritu Santo**



# Causa alarma el deterioro de puente

## Espíritu Santo II (Los Tiempos – 11/10/2017)



Carreteras resilientes

Galerías para avalanchas

Protección con gaviones





# Disipadores de energía



Espigones protegiendo  
el curso del rio y a su  
vez a la carretera



Retención de agua en la parte  
alta de las cuencas



# 2 El Chaco

Yacuiba

St Cruz

Santa Cruz de la Sierra

Tarija Dept

Chuquisaca Dept

Tarija

Graph: Min, Avg, Max Elevation: 384, 630, 913 m

Range Totals: Distance: 566 km Elev Gain/Loss: 2505 m, -2295 m Max Slope: 2.9%, -3.0% Avg Slope: 0.7%, -0.6%



## 2.2 El Chaco: control de la erosión y cosecha del agua

Áreas visitadas	Desde Santa Cruz a Yacuiba
Problemas para las carreteras	<ul style="list-style-type: none"><li>• Muchos cruces con pequeños ríos estacionales</li><li>• El agua de cunetas y alcantarillas causa gran erosión que pone en peligro a la carretera</li><li>• Suelos débiles con alto riesgo de erosión</li></ul>
Problemas ambientales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta erosión en la salida de cunetas y alcantarillas causando sedimentación</li><li>• Baja disponibilidad de agua para ganado y cultivos</li><li>• El agua disponible para pavimentar la carretera es escasa (posible conflicto con comunidades locales)</li></ul>
Carreteras resilientes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistema de drenaje adecuado</li><li>• Protección en las salidas de drenaje</li><li>• Evitar construir carreteras en zonas susceptibles a alta erosión (Charagua)</li></ul>
Resiliencia social y ambiental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Atajados, represas, reutilización de bancos de préstamo y esparcimiento del agua de alcantarilla para mejorar los pastos</li><li>• Protección de pendientes con medidas de bioingeniería (barreras vivas, vetiver...)</li><li>• Presas de arena (sand dams)</li></ul>



Google Earth

© 2017 Google  
Image © 2017 DigitalGlobe



A photograph showing a dirt road on the left side of a steep, eroded red soil bank. The bank has distinct vertical erosion marks. The sky is overcast with grey clouds. There are some green trees and bushes on the top of the bank and in the background. A text box with a red border is overlaid on the right side of the image.

Pendientes  
descubiertas:  
fuente de erosión  
y sedimentos



Zanja de desviación desde la cuneta

Zanjas de desviación del agua de alcantarilla a campos de cultivo



Agua de cunetas desviada  
a una zona de recarga

Badén construido para retener agua y recargar agua subterránea





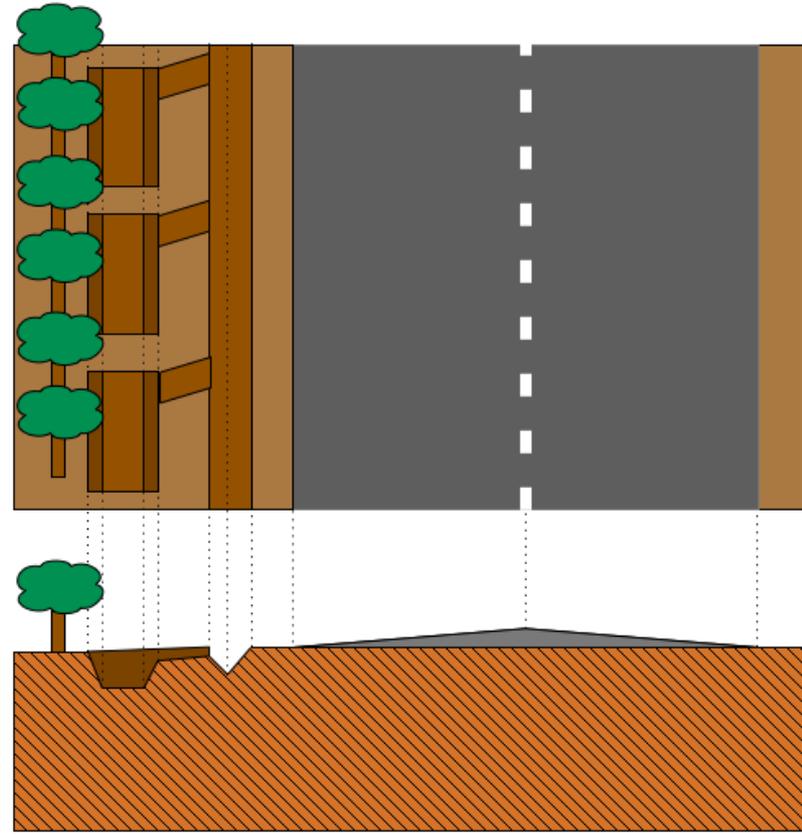
Atajado

Carretera



Atajado

Alcantarilla



Agua de las carreteras  
a zanjas de infiltración

Hierba  
vetiver (o  
especies  
nativas)



# 3. Zona semiárida



Google Earth

© 2017 Google  
Image © 2017 DigitalGlobe  
US Dept. of State Geographer  
Image © 2017 CNES / Airbus

10 km

## 2.3 Area semi-árida: control de la erosión y cosecha del agua

Áreas visitadas	Tarija, Padcaya, Uriondo, Valle de Concepción
Problemas para las carreteras	<ul style="list-style-type: none"><li>• Daños en las carreteras debido a erosión, suelos muy susceptibles a la erosión y falta de medidas</li></ul>
Problemas ambientales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Irregularidad de las lluvias</li><li>• Erosión</li></ul>
Carreteras resilientes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bio-ingeniería</li><li>• Ubicación estratégica de sistema de drenaje</li></ul>
Resiliencia social y ambiental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Represas multifuncionales para la cosecha y manejo del agua de riego</li><li>• Cosecha de agua para ganado y agricultura</li><li>• Esparcimiento del agua de escorrentía en los campos</li></ul>

Erosión pone en  
peligro la  
carretera





Erosión alta– Alta  
cantidad de  
sedimentos





Represa



Alcantarilla



© 2017 Google

Image © 2017 DigitalGlobe

Google

Riego por goteo desde atajado (producción de tomates). Agua de alcantarilla y de la presa de San Jacinto





Agua de una zanja  
de desviación  
desde la cuneta  
para árboles  
frutales

# 3. Conclusiones

- Enorme potencial (y necesidad) en Bolivia
- Prácticas existentes pero no de forma sistemática y a gran escala
- Falta de trabajo coordinado entre las instituciones
- Grandes problemas de erosión e inundación, lo que conlleva grandes costos de mantenimiento
- Falta de expertos a nivel de municipios con recursos limitados

# 4. Recomendaciones



- Posicionamiento estratégico de las obras de drenaje
- Crear una normativa para implementar obras complementarias de captación de agua de carretera
- Guía de pre-inversión para incorporar el cambio climático y el manejo y cosecha del agua
- Utilizar las empresas contratadas para realizar el mantenimiento para realizar estos trabajos

Muchas gracias!!

