

# “EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD Y AMENAZAS EN LOS MUNICIPIOS DE CHIPAYA Y ESMERALDA DEL DEPARTAMENTO DE ORURO”



Proyecto: “La ayuda humanitaria y apoyo nutricional a comunidades vulnerables afectadas por las inundaciones en la zona altiplánica de Bolivia”

Financiado por el Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea - ECHO/-SM/BUD/2012/91005



Juntos mejoramos el mundo



Ayuda Humanitaria  
y Protección Civil



un mondo di solidarietà



# “Evaluación de la Vulnerabilidad y Amenazas en los Municipios de Chipaya y Esmeralda del Departamento de Oruro”

## **AUTORIDADES LOCALES**

### **H. Alcalde Municipal de Chipaya**

Federico Mamani López

### **Técnico Apoyo Municipal**

Clemente Mollo Condori

### **Ayllu Manasaya**

Genaro Mollo Condori - Hilacata mayor

Fidel Flores M. - Hilacata 2do mayor

### **Ayllu Wistrullani**

Santiago López Lázaro - Hilacata mayor

Santos López Condori - Hilacata 2do mayor

### **Ayllu Aranzaya**

Mario Felipe Huarachi - Hilacata mayor

Francisco Felipe Huarachi - Hilacata 2do mayor

Cilda Condori Quispe - Hilacata Anexo 1ro Mayo

Santiago Flores L. - Hilacata Anexo Machacota

Santos Felipe L. - Camayo Anexo Machacota

### **Ayllu Ayparavi**

Epifanio Mamani Loza - Hilacata mayor

Toribio Mamani Loza - Hilacata 2do mayor

Alberto Lázaro V. - Agente Municipal

© Grupo di Volontariato Civile (GVC)  
Comisión Europea Ayuda Humanitaria  
2013

### **Elaboración:**

Grupo di Volontariato Civile (GVC)

### **Representante GVC en Bolivia**

Alberto Schiappapietra

### **Equipo Técnico:**

Julio Cortez Alvarez - Responsable

Javier Chura Cruz- Apoyo

### **Tapa:**

Foto: Trabajo en campo, Cortez, J. 12/2012

### **Fecha de Elaboración:**

Septiembre 2012 a Enero 2013

### **Financiada por:**

Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea

Oruro - Bolivia

2013

## INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes	
1.2. Objetivos	
1.3. Alcances del Estudio	
1.4. Marco Conceptual	
1.5. Marco Normativo	
<b>2. METODOLOGIA GENERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>3. CONTEXTO DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>10</b>
3.1. Ubicación Geográfica	
3.2. División Política y Administrativa	
3.3. Fisiografía	
3.4. Geología	
3.5. Hidrología	
3.6. Suelo	
3.7. Vegetación	
3.8. Clima	
3.7.1. Precipitación	
3.7.2. Temperatura media mensual	
3.7.3. Temperatura mínima mensual	
3.7.4. Déficit hídrico	
3.9. Modelo Digital de Elevación	
3.10. Conocimientos locales para el manejo de riesgos	

<b>4. ESCENARIO DE RIESGO .....</b>	<b>45</b>
4.1. Amenaza de Inundación	
4.1.1. Estimaciones hidrológicas	
4.2. Amenaza de Helada	
4.3. Amenaza de Sequía	
4.4. Vulnerabilidades	
4.4.1. Exposición de viviendas	
4.4.2. Exposición de zonas de producción agrícola	
4.4.3. Exposición de zonas de producción pecuaria	
4.4.4. Exposición de Infraestructura básica	
4.4.5. Servicios Básicos	
<b>5. PROPUESTA DE MITIGACION DE INUNDACION EN ZONAS PRODUCTIVAS ....</b>	<b>72</b>
5.1. Análisis del problema	
5.2. Consideraciones para la selección de obras de mitigación	
5.3. Acciones identificadas y priorizadas	
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>77</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>78</b>
Perfil de Proyecto 1: Construcción de defensivos y diques para la protección de áreas de producción 2012 - 2013, ayllus: Manasaya, Aransaya, Wistrullani	
Perfil de Proyecto 2: Construcción de defensivos de gavión para la protección de áreas de producción en el ayllu de Ayparavi	
Perfil de Proyecto 3: Obras de protección y encauzamiento para épocas de crecida	

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

El Delta del río Lauca, constituye una llanura con inundaciones estacionales, aspecto que la población de Chipaya, ha venido utilizando como un sistema agropecuario muy particular, demostrando un dominio ancestral del ecosistema, en la región recurrentemente ocurren inundaciones que rebasan las capacidades de respuesta, el presente estudio surge como una necesidad de respuesta ante los daños producidos al sistema productivo en el mes de enero del año 2012.

Como efecto del fenómeno de La Niña 2011-2012, considerando la magnitud de los daños sufridos en el sector agropecuario a nivel nacional, el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, el 22 de enero del 2012, declara Situación de Emergencia Nacional<sup>1</sup> por la ocurrencia de numerosas inundaciones, granizadas, deslizamientos y heladas, provocadas por variaciones climáticas del fenómeno de La Niña.

De acuerdo a la evaluación de daños efectuada por la Dirección de Defensa Civil de Oruro, UGR del Gobierno Autónomo del Departamento de Oruro, PMA, la Comisión Intersectorial y mediante el diagnóstico rápido del impacto COOPI-GVC en coordinación con autoridades locales, y autoridades municipales de la zona, se demanda la atención de la emergencia.

Los Municipios afectados se encuentran dentro de los más vulnerables en Bolivia, de acuerdo a la pobreza, vulnerabilidad nutricional, seguridad alimentaria, vulnerabilidad física, climática y socioeconómica, aspectos que ha generado una migración temporal y definitiva de la población.

Dentro el enfoque de la Gestión de Riesgos, el presente estudio hace énfasis en la mitigación, estudiando los aspectos físicos y antrópicos, esto a su vez se fortalece al

---

<sup>1</sup> Decreto Supremo N° 1145, declara Emergencia Nacional por la presencia de inundaciones, riadas, granizada, desbordes de ríos, deslizamientos y heladas, provocadas por variaciones climáticas del Fenómeno de La Niña 2011-2012

combinar la participación de la comunidad y el uso de los conocimientos ancestrales al planificar de manera participativa con las autoridades locales (Hilacatas) la reducción de la vulnerabilidad existente.

## 1.2. Objetivos

Realizar un estudio de las vulnerabilidades y amenazas socioeconómicas y biofísicas, y los riesgos por inundación, helada, sequía en los Municipios de Chipaya y Esmeralda del Departamento de Oruro, con la participación de los actores locales comunales e instancias administrativas municipales y departamentales, así como la capacitación del uso de la información generada a instancias claves.

Identificar las acciones orientadas a promover la seguridad alimentaria de mediano plazo y la implementación de medidas de contención del cauce del río Lauca, para la protección de zonas productivas.

## 1.3. Alcances del estudio

Considerando los conceptos de gestión de riesgo, se asume como base fundamental para un diagnóstico adecuado de riesgo al conocimiento ancestral y al conocimiento científico del medio, que se complementan para confrontar a los fenómenos (peligros o amenazas) que dañen recurrentemente la zona de estudio.

Las principales variables utilizadas para determinación de la vulnerabilidad y amenazas son las características físicas de la región y las características socio-económicas de la población y de su sistema productivo, las variables socioeconómicas presentan limitaciones por la información disponible a nivel de viviendas o familias, los datos del censo nacional de población y vivienda 2001, son utilizadas con prudencia, por el sesgo temporal propio de la dinámica de poblaciones.

Espacialmente el presente estudio tiene un carácter exploratorio, considerando una mayor resolución para los aspectos que requieran una lectura más precisa, como por ejemplo una mayor precisión para determinar los aspectos relacionados a las inundaciones, causa principal para la realización del presente estudio.

Los resultados tangibles y urgentes del estudio tuvieron como plazo principal la proximidad de la época de lluvias y las inundaciones (tres meses antes), este plazo incluía el diseño y construcción de las medidas de mitigación adecuadas y acordes al manejo tradicional de las zonas de riego y cultivo.

## 1.4. Marco Conceptual

En el contexto Chipaya, el concepto de gestión de riesgo se ha venido manejando ancestralmente, no sería posible comprender la adaptación y manejo del medio físico sin el

manejo de estos conceptos, probablemente el abandono de prácticas y visiones de manejo espacial nos distancian de la actual realidad.

La Gestión del Riesgo es una propuesta para analizar los desastres y diseñar programas y proyectos de prevención, mitigación y manejo del desastre (lo cual comprende acciones de preparación, atención de la emergencia, rehabilitación y reconstrucción), todas estas fases y momentos han estado presentes en la configuración del sistema productivo y social Chipaya, ello se evidencia al determinar que culturalmente han coexistido con el medio natural por al menos varios siglos en la región actual en una total simbiosis de la comunidad con el medio. Este equilibrio ha sido obviamente alterado al incrementarse la recurrencia de "desastres".

La aparición de los desastres como fenómenos naturales peligrosos, difíciles de prevenir y controlar, han sido la concepción que la mayor parte de los bolivianos tenemos, los intentos por generar políticas preventivas están plasmadas en nuestro marco legal, pero es insuficientemente comprendida como para evitar desastres, es decir, trabajar con un enfoque de GESTIÓN DE RIESGO.

Considerando que la normativa en gestión de riesgos, propone la conceptualización temática en la materia, la misma se utiliza para el análisis en el presente documento, resaltando principalmente las siguientes:

según la Ley N° 2140<sup>2</sup>

*Evaluación de Riesgo.* Es el proceso a través del cual se identifican las amenazas y vulnerabilidades existentes en la zona donde se van a realizar determinadas actividades humanas, proponiéndose las medidas de reducción de riesgos.

*Riesgo.* Es la magnitud estimada de pérdida (de vidas, personas heridas, propiedades afectadas, medio ambiente destruido y actividad económica detenida) en un lugar dado y durante un período de exposición determinado para una amenaza en particular. Riesgo es el *producto de la amenaza y la vulnerabilidad.*

*Amenaza.* Es el factor externo de riesgo representado por la potencial acaecencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas.

*Vulnerabilidad.* Es el factor interno de riesgo, de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser afectado.

Según el Decreto Supremo N° 26739<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Ley N° 2140, Ley para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres, 25 de Octubre del 2000

<sup>3</sup> Decreto Supremo N° 26739, Reglamento General de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias, 4 de Agosto del 2002

*Análisis de Vulnerabilidad.*, es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición al daño de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica.

*Escenario de Riesgo.*- Representación de las amenazas, vulnerabilidades, su interacción, posibles daños, procesos sociales en un espacio social y geográfico determinado.

*Evaluación de Riesgo.*- En su forma más simple es el postulado de que el riesgo es un resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, o sea el total de pérdidas en un área dada por un evento particular.

*Mapa de riesgos.*- Representación gráfica de la distribución espacial de los tipos y efectos que puede causar un riesgo, de una intensidad definida, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto.

*Vulnerabilidad.*- Factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño. Corresponde a la predisposición a susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste. La diferencia de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de dicho fenómeno.

*Mitigación.*- Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible reducir el riesgo totalmente.

### **1.5. Marco Normativo**

La normativa en la que se sustenta el presente estudio de apoyo al gobierno municipal, están basados principalmente en los siguientes documentos:

- Constitución política del estado plurinacional de Bolivia, Octubre 2008
- Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez”, Ley N°031
- Ley Para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres, Ley N° 2140
- Reglamento General de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias, D.S. N° 26739

Según la CPE Constitución política del estado plurinacional de Bolivia 2008:

El Artículo N° 407, indica que son objetivos de la política de desarrollo rural integral del Estado, en coordinación con las entidades territoriales autónomas y descentralizadas (Gobiernos Municipales, Departamentales, Defensa Civil y otros), así mismo en los

numerales 2 y 4, señala que se debe establecer mecanismos de protección a la producción agropecuaria boliviana, y proteger la producción agropecuaria y agroindustrial ante desastres naturales e inclemencias climáticas, geológicas y siniestros.

Según la Ley N°031, Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez”:

En el Artículo N° 100, al tratar las competencias municipales en Gestión de Riesgo, en el numeral 7, se indica la competencia de generar e integrar la información sobre amenazas de orden meteorológico, geológico, geofísico y ambiental, en el numeral 10, indica la necesidad de aplicar el análisis de los factores de riesgo de desastre en la planificación del desarrollo municipal, la programación operativa, el ordenamiento territorial y la inversión pública municipal en coordinación con los planes de desarrollo del nivel central y departamental del Estado.

En el mismo artículo N° 100, IV. indica que los gobiernos de las autonomías indígena originaria campesinas desarrollarán y ejecutarán sus sistemas de prevención y gestión de riesgos en el ámbito de su jurisdicción acorde al manejo integral que históricamente tienen de sus territorios y los conocimientos ancestrales sobre el hábitat que ocupan.

Según la Ley N° 2140, Para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres:

En el artículo N° 12º, indica que en el ámbito Municipal, el Alcalde es la máxima autoridad ejecutiva en materia de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias...

Según el Decreto Supremo N° 26739, Reglamento General de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias:

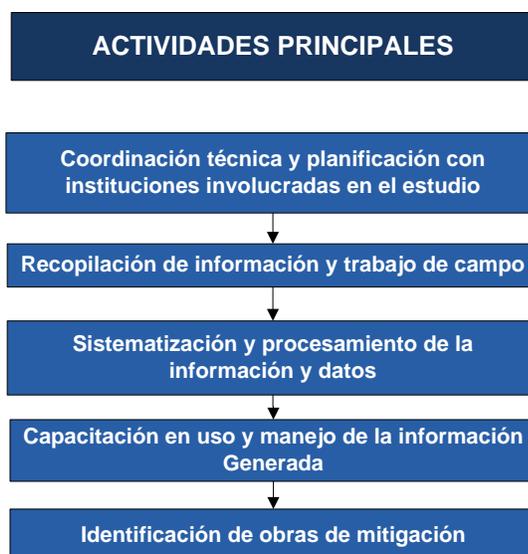
En el artículo N°46, inciso b) se indica que el Alcalde debe designar la Unidad Funcional responsable de la dirección y coordinación técnica del Gobierno Municipal en Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias.

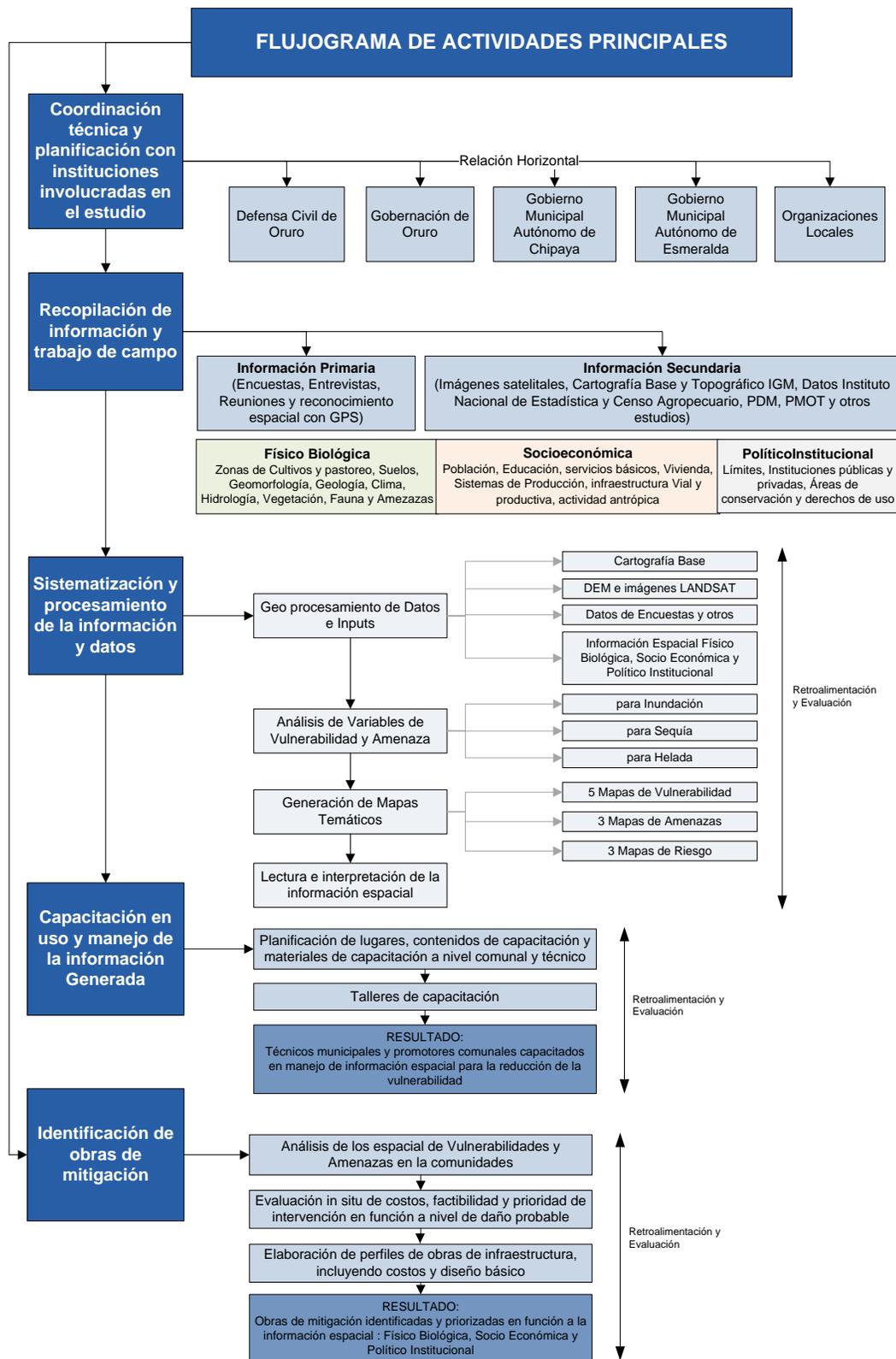
La normativa destacada hace énfasis en las responsabilidades y gestión municipal para la reducción de desastres, considerando que ello implica procesos desde la planificación, hasta la implementación de estrategias y proyectos.

## 2. METODOLOGIA GENERAL

Para la consecución del objetivo planteado se utilizó diferentes procedimientos descritos a continuación:

El procedimiento metodológico comprende las siguientes actividades principales, indicadas en los flujogramas siguientes:





La intervención en la zona, el recorrido y las acciones a realizarse se realizó en coordinación con las instancias de Gestión de Riesgos de la Gobernación Departamental de Oruro, del Gobierno Autónomo Municipal de Chipaya y Esmeralda y con las autoridades originarias de los Ayllus y otros.

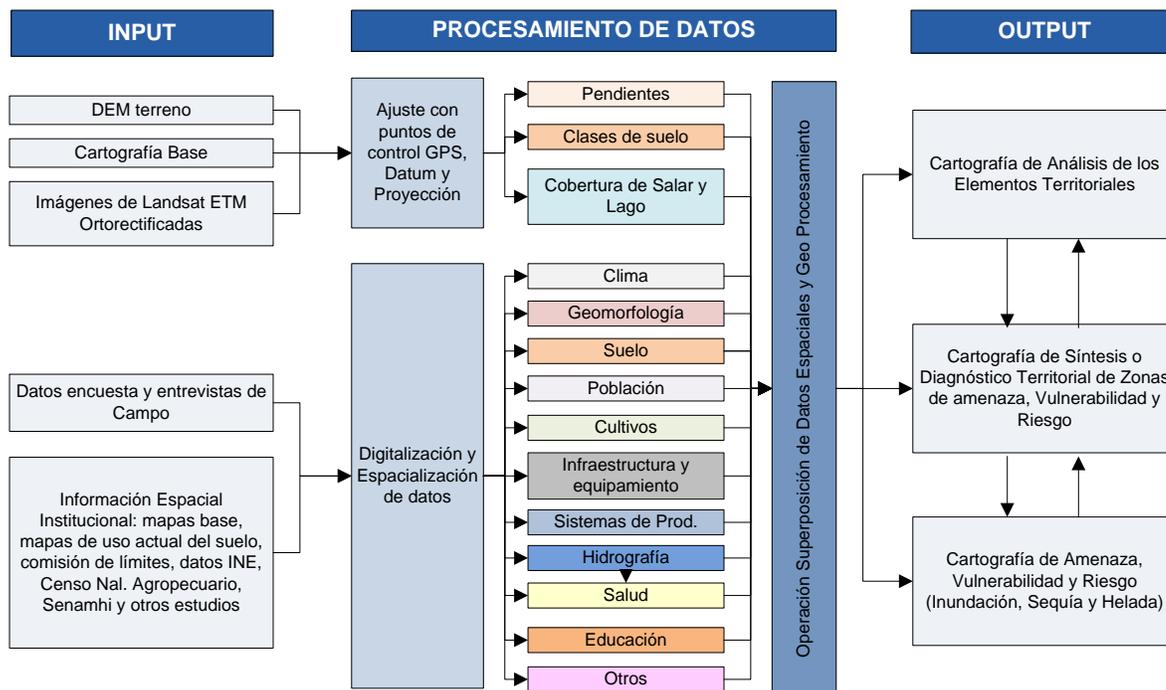
La recopilación de información secundaria se realizó ante las oficinas estatales, la misma fue validada en campo, y actualizada y corregidas en su defecto, utilizando el Sistema de Georeferencia Espacial y Navegador GPS con una precisión de cinco metros, aspecto aceptable para la escala de trabajo.

El trabajo de campo para relevamiento de información primaria, fue considerado como la actividad más importante, por que recopila información clave, con validación objetiva y de percepción de la realidad en relación a las variables sociales, económicas, biofísicas (clima, suelo, etc), variables político-institucionales que determinan los escenarios de riesgo presentes.

El Geoprocesamiento de datos e información espacial fueron procesados en gabinete, espacializando inicialmente la información para luego recurrir a procesos de análisis combinado raster-vector, en imágenes satelitales Landsat ETM de varios periodos.

Para el tamaño de cobertura territorial se utilizó la proyección Única Transversa de Mercator UTM utilizando el Sistema de Posicionamiento Global GPS, que se considera adecuado para el presente estudio. Se exportó a un sistema de información geográfica SIG para procesar la información.

Para el geoprocesamiento se utilizó el siguiente modelo básico representado en un esquema o flujograma, el cual será ajustado según la variable de análisis, se representa el ingreso de información o inputs, la etapa de procesamiento donde se combinan los datos de campo y de información secundaria, para luego de un Geoprocesamiento en sistema SIG se obtenga los productos de análisis y presentación de escenarios de riesgo:



La identificación de obras de mitigación se realizó mediante el análisis espacial de las Vulnerabilidades y Amenazas en la comunidades, aspecto que permitió al especialista en Obras Civiles de Riesgo dimensionar y especificar el tipo de infraestructura en un perfil de proyecto que contenga: evaluación in situ de factibilidad, prioridad de intervención en función a nivel de daño probable, diseño básico y costos.

### Materiales y Equipo a ser Utilizado

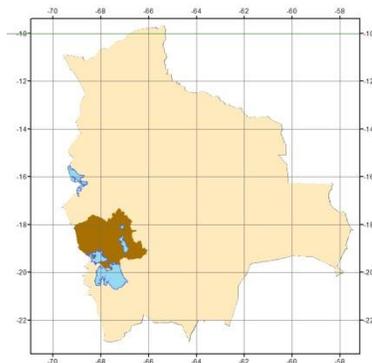
Los materiales utilizados para la realización de la consultoría fueron:

- Equipo GPS
- Base de datos espacial: Imágenes satelitales, Cartografía Base y Topográfico IGM, Datos Instituto Nacional de Estadística y Censo Agropecuario, PDM, PMOT, Modelo Digital de Elevación DEM. Datos Climáticos e Hidrológicos SENAMHI, Mapa Geológico SERGEOTECMIN.
- Instrumentos de registro de información de campo
- Mapas de Riesgos, escala nacional

### 3. CONTEXTO DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio está ubicada en el departamento de Oruro, en la región Central Oeste de la República de Bolivia.



Mapa de Ubicación del Depto. de Oruro

Los Municipios de Chipaya y Esmeralda, se hallan ubicadas entre las coordenadas  $67^{\circ}17'$  a  $67^{\circ}49'$  de Longitud Occidental del Meridiano de Greenwich y  $18^{\circ}47'$  a  $19^{\circ}09'$  de Latitud Sur.

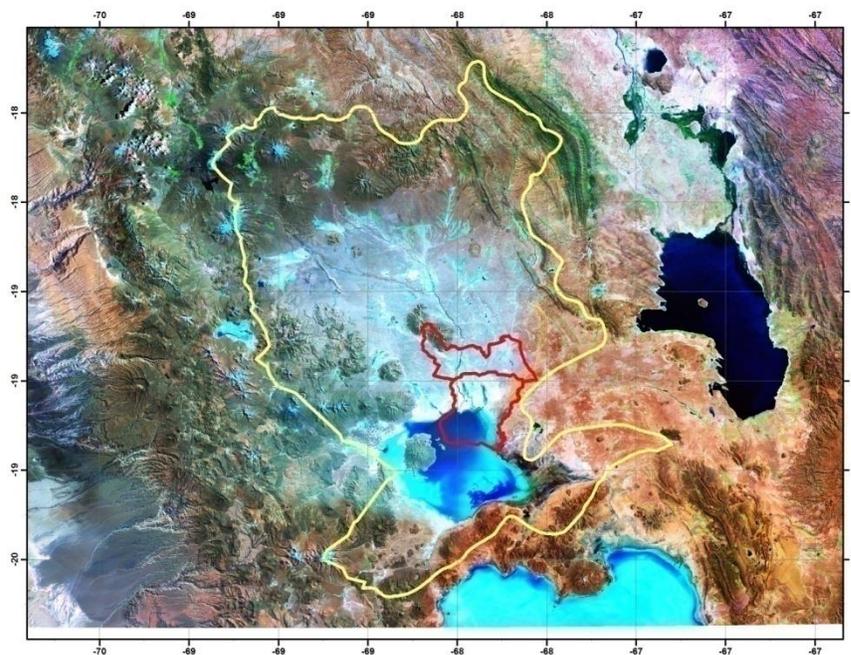


Mapa de Ubicación del Área de Estudio en el Depto. de Oruro

La región de estudio se halla al sur de la cuenca del río Lauca, conformando el delta del río del mismo nombre, su extensión es de aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup>, la cuenca está delimitada por una cadena de cerros y colinas de origen volcánico, la cuenca es endorreica, donde la desembocadura es el salar de Coipasa (lago estacional).

Al este se encuentra la sub cuenca del lago Poopo y la cuenca del Río desaguadero y al sur la cuenca del salar de Uyuni, la cuenca de estudio cuenta con información limitada para los fines del estudio, las estaciones hidrológicas y climáticas no disponen una serie de datos continuos y prolongados, aspectos que dificultan su análisis y estudio.

En referencia a estudios anteriores, se tiene información de la región intersalar, aunque las características de la región son radicalmente diferentes, los suelos, la hidrología, el clima y la topografía muestran contrastes particulares para la zona.

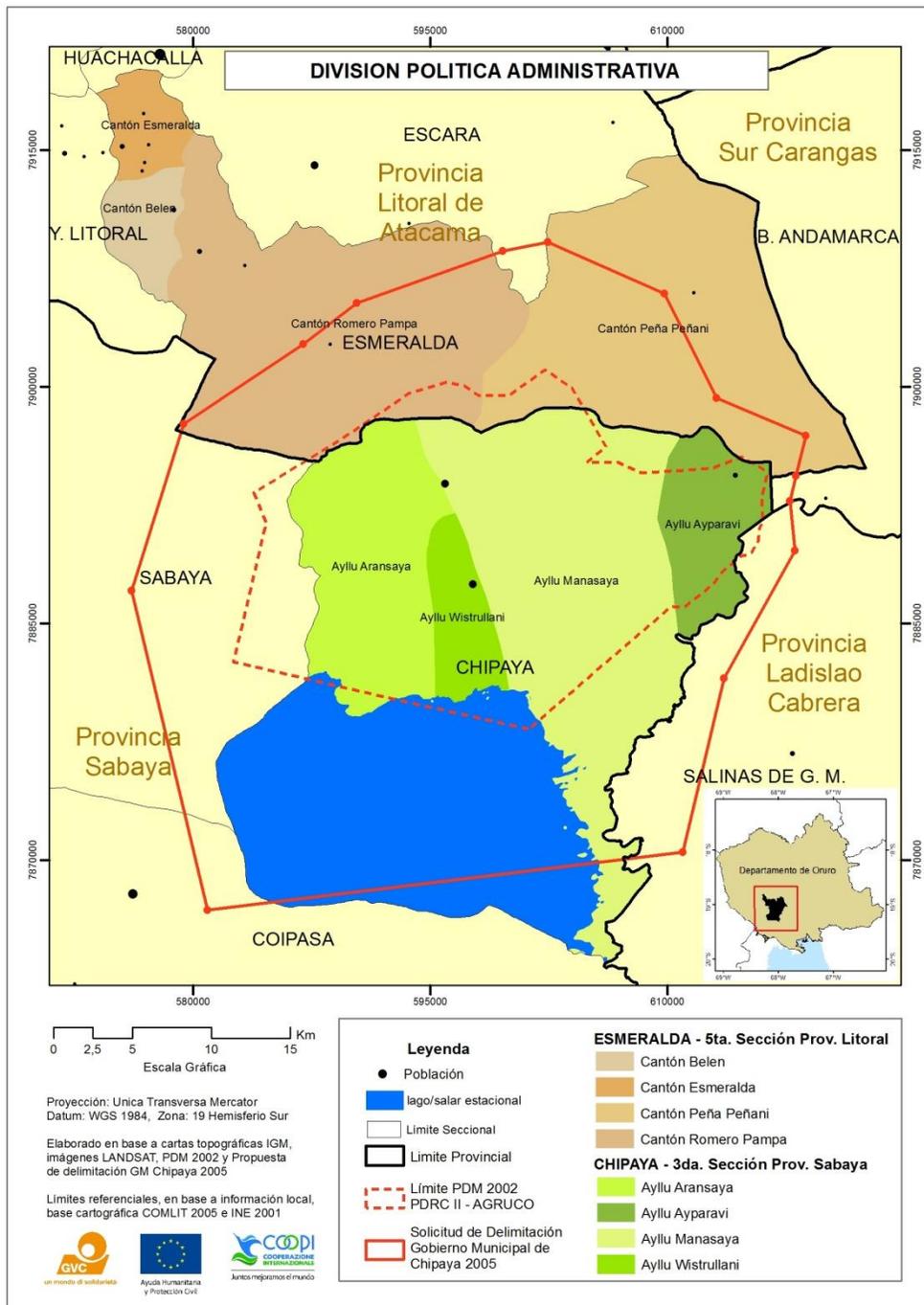


Vista satelital de la cuenca del río Lauca y la zona de estudio

### 3.2. División Política y Administrativa

La zona de estudio está ubicada en 2 municipios de las provincias Sabaya y Litoral de Atacama del Departamento de Oruro:

- Chipaya 3ra sección municipal de la provincia Sabaya
- Esmeralda 5ta sección municipal de la Provincia Litoral de Atacama



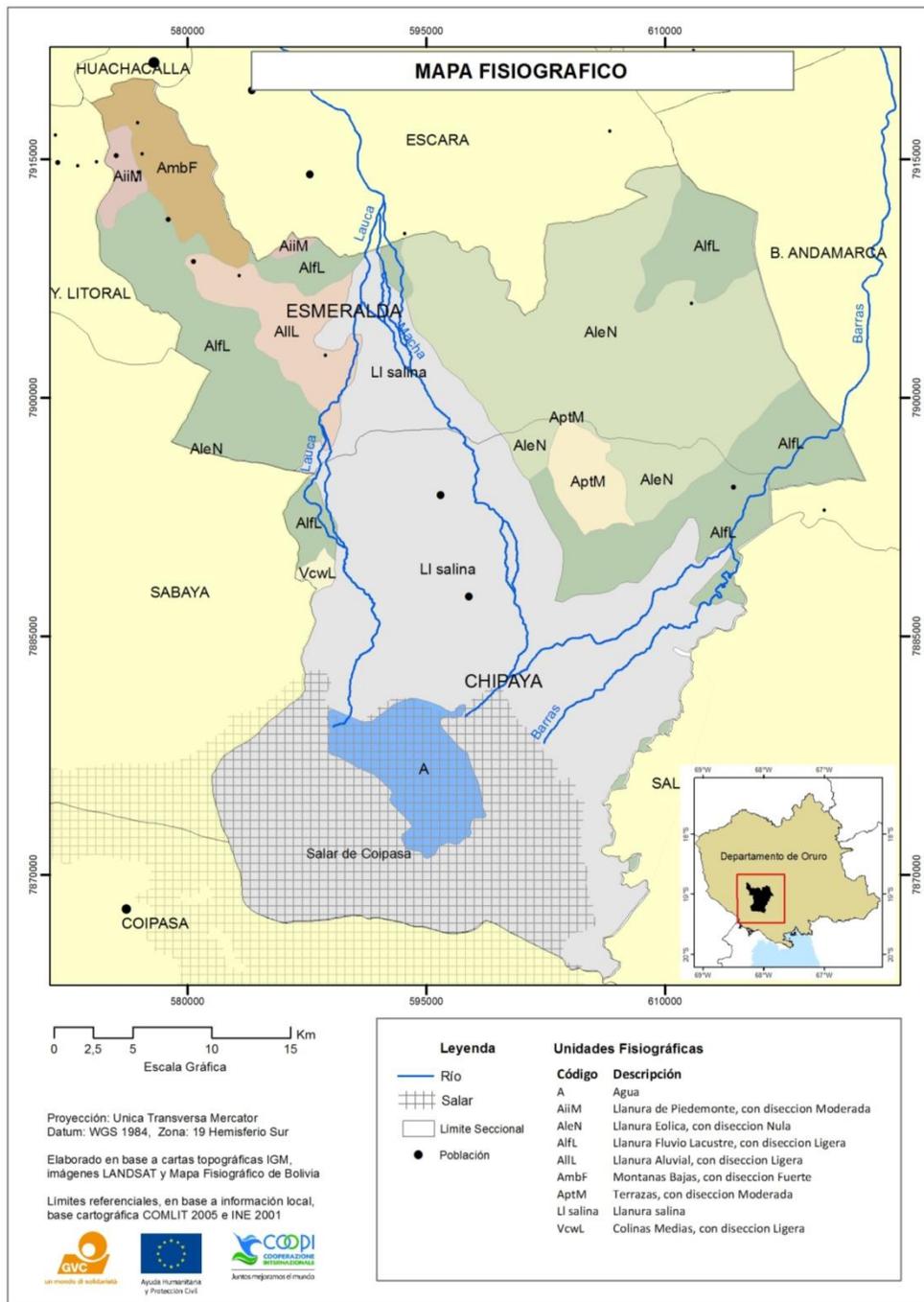
Los límites utilizados para el presente estudio son referenciales y no determinan definiciones territoriales oficiales, considerando que la finalidad del estudio dimensiona las amenazas como la inundación obedecen a parámetros biofísicos.

### 3.3. Fisiografía

Las formas fisiográficas se hallan bien marcadas.

Al norte en el municipio de Esmeralda se halla conformadas por conos, domos, flujos y mesetas de lava tienen suelos muy poco profundos, pardo a pardorrojizos, y de textura liviana entre franco arenosos a franco arcillosos, generalmente con grava y piedra, muy susceptibles a la erosión y con limitaciones muy marcadas en su uso agropecuario.

Al Sur las llanuras aluviales, se caracterizan por constituir suelos de poco a moderadamente profundos; pardos, pardo rojizos a grisverduscos; franco arenosos, franco limosos y francoarcillo-arenosos con fuerte influencia salina cuya reacción varía de neutra a fuertemente alcalina; sus principales limitaciones en el uso agropecuario están relacionadas a la alta salinidad y al clima frío con heladas muy severas.



### 3.4. Geología

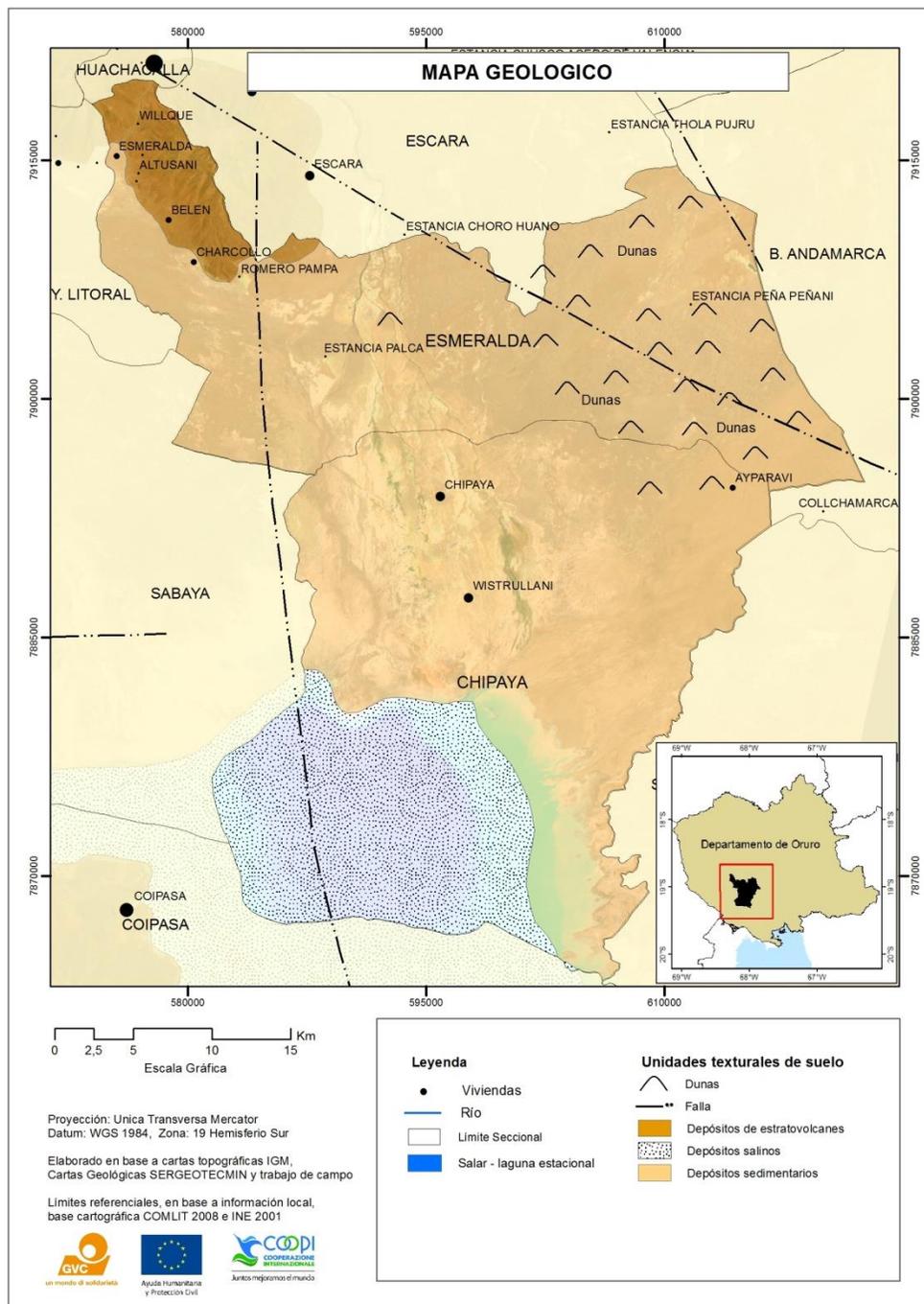
La zona de estudio está geológicamente compuesta por depósitos sedimentarios, depósitos salinos, depósitos lacustres y depósitos de origen volcánico.

Depósitos superficiales (Holoceno y Pleistoceno)—Incluye depósitos no consolidados de origen aluvial, eólico, coluvial y glacial. Puede incluir localmente depósitos lacustres y salinos que no se muestran separadamente de los depósitos salinos y depósitos lacustres, la mayor parte del territorio de estudio tiene esta conformación.

Depósitos salinos (Holoceno y Pleistoceno)— Euaporitas de playa y lago. Puede incluir intercalaciones de depósitos lacustres de grano fino. Generalmente están cubiertos con aguas estacionales, que está constituido por el salar de Coipasa.

Depósitos lacustres (Holoceno y Pleistoceno)—Principalmente tufa calcárea en antiguas costas lacustres y depósitos de lodo y silt lacustre, que se hallan en zonas intercaladas con los depósitos superficiales con áreas mínimas ubicadas al este de la población de Chipaya y al norte de la población de Ayparavi, estos no se representan por la escala del mapa del presente documento.

Depósitos de estratovolcanes (Holoceno a Mioceno)—Flujos de lava, brechas de flujo, lahares, y depósitos piroclásticos menores de composición esencialmente andesítica a dacítica. Incluye domos y cuerpos intrusivos superficiales mayormente en complejos de conducto, estos se hallan ubicados al norte del área de estudio, constituidos por el cerro Inca Camacho o Churunazo encima la población de Escara y el cerro Huayna Cosilave próximo a la población de Esmeralda.

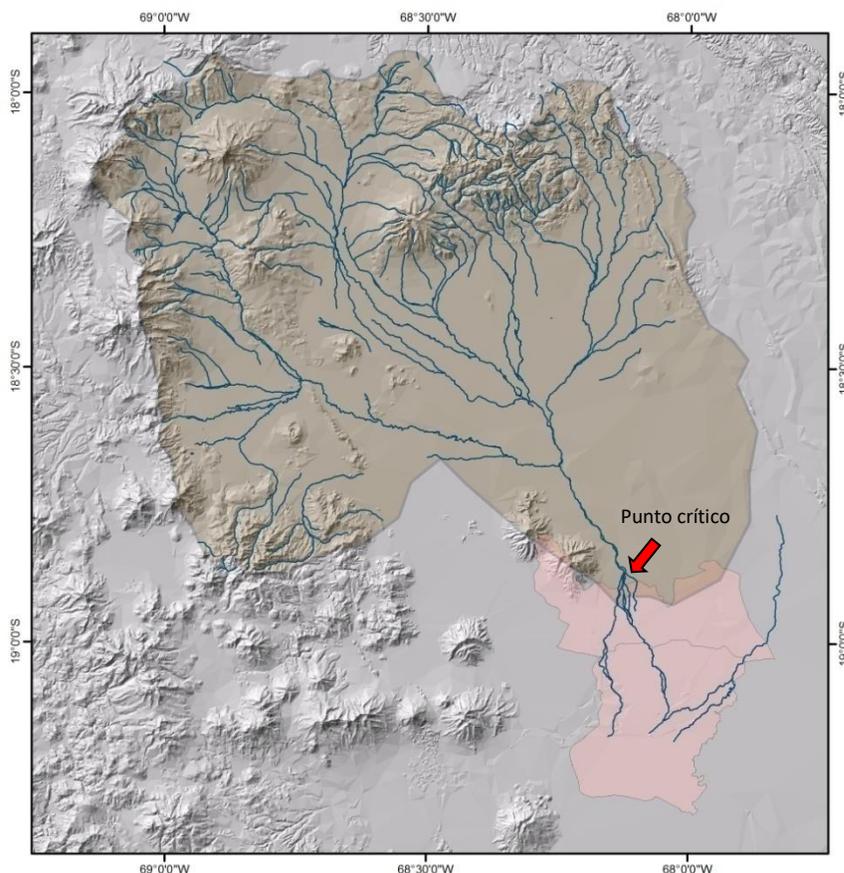


### 3.5. Hidrografía

La mayor parte del agua que produce inundaciones se genera en la cuenca del río Lauca, este red se inicia desde el nevado del Sajama, región que constituye la parte alta de la

cuenca, toda esa red hidrológica de la cuenca desemboca en el delta de la zona de estudio, constituyendo puntos críticos durante las máximas crecidas.

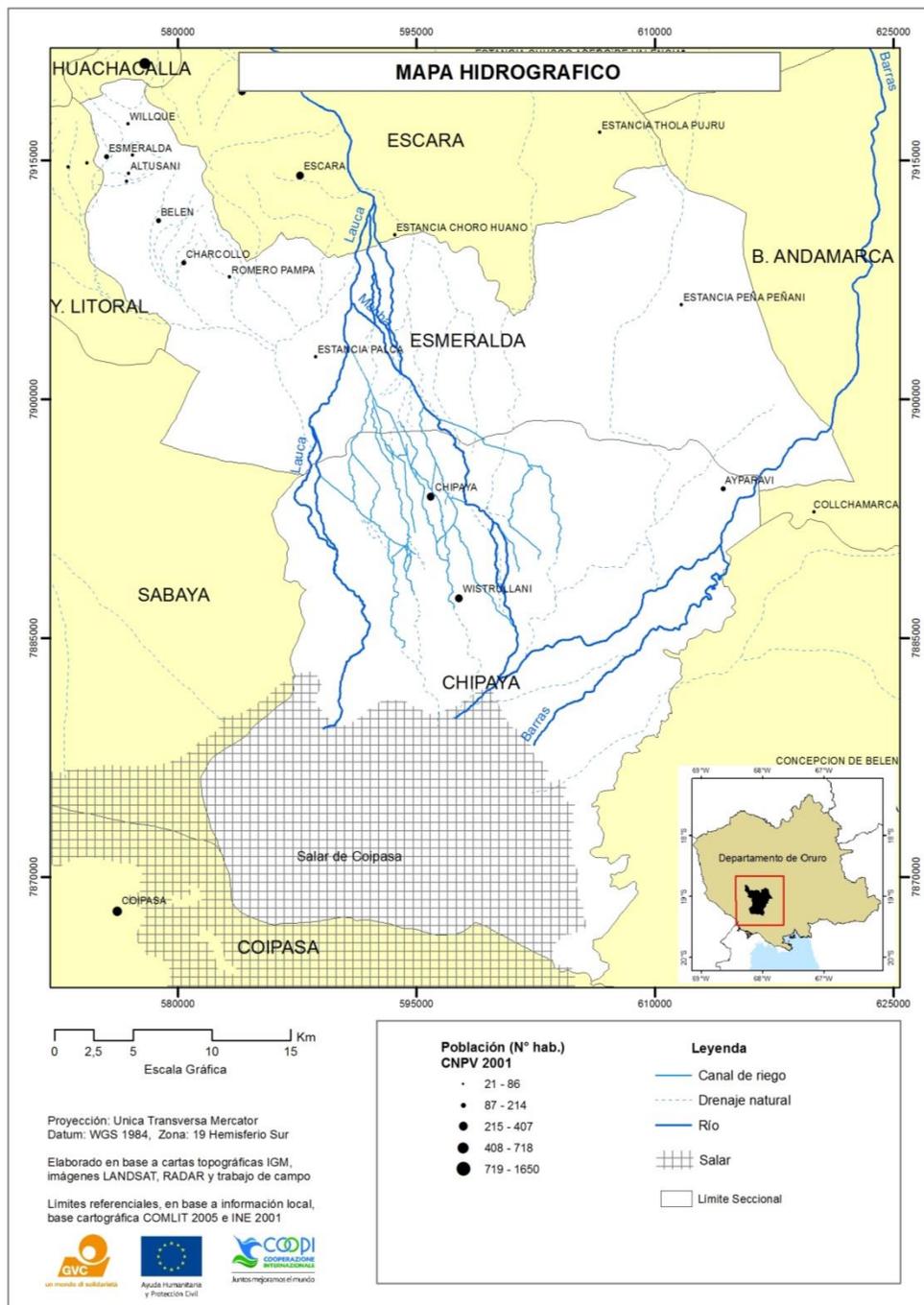
El agua que transcurre durante todo el año, tiene su origen en el deshielo de los nevados y el aporte de las vertientes de acuíferos generosos.



Cuenca del río Lauca, hasta la zona de estudio y punto crítico

La hidrografía de la zona de estudio se constituye principalmente por el delta que transcurre la llanura inundable, el agua es conducida por cauces de origen natural y canales realizados por la comunidad desde tiempos indeterminados, caudal en época de estiaje es de 5 a 5.5 m<sup>3</sup>/s y durante las crecidas es de 47,3 a 55 m<sup>3</sup>/s, donde los cauces desbordan y generan daños a la producción.

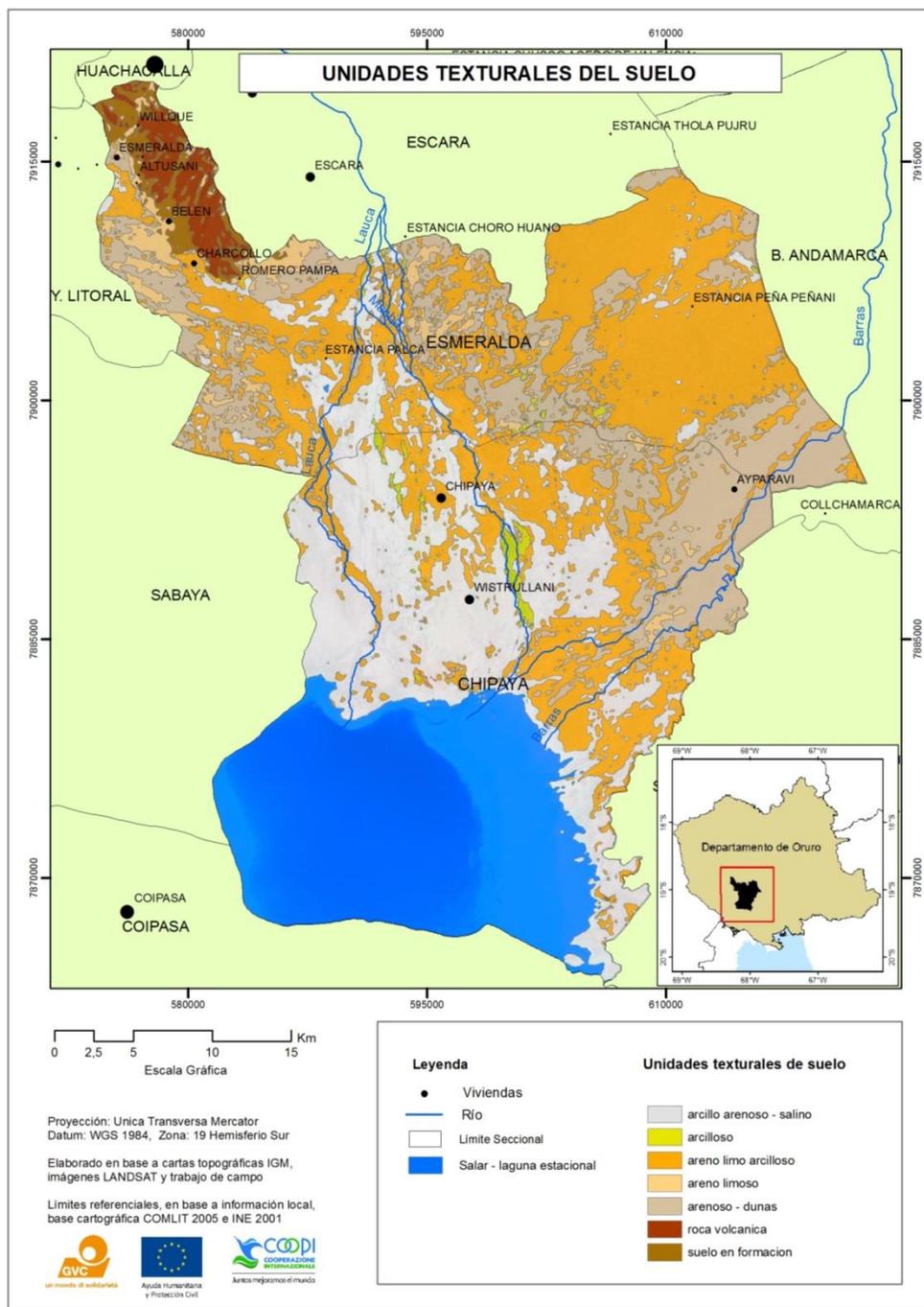
El sistema de riego Chipaya durante siglos ha desarrollado canales, aprovechando la leve pendiente del suelo (aprox. de 0.1%, es decir 1m en 1 kilómetro), existe en la actualidad 140 kilómetros de canales de diferente capacidad, estos irrigan gran parte de la llanura utilizada para el pastoreo y agricultura.



### 3.6. Suelo

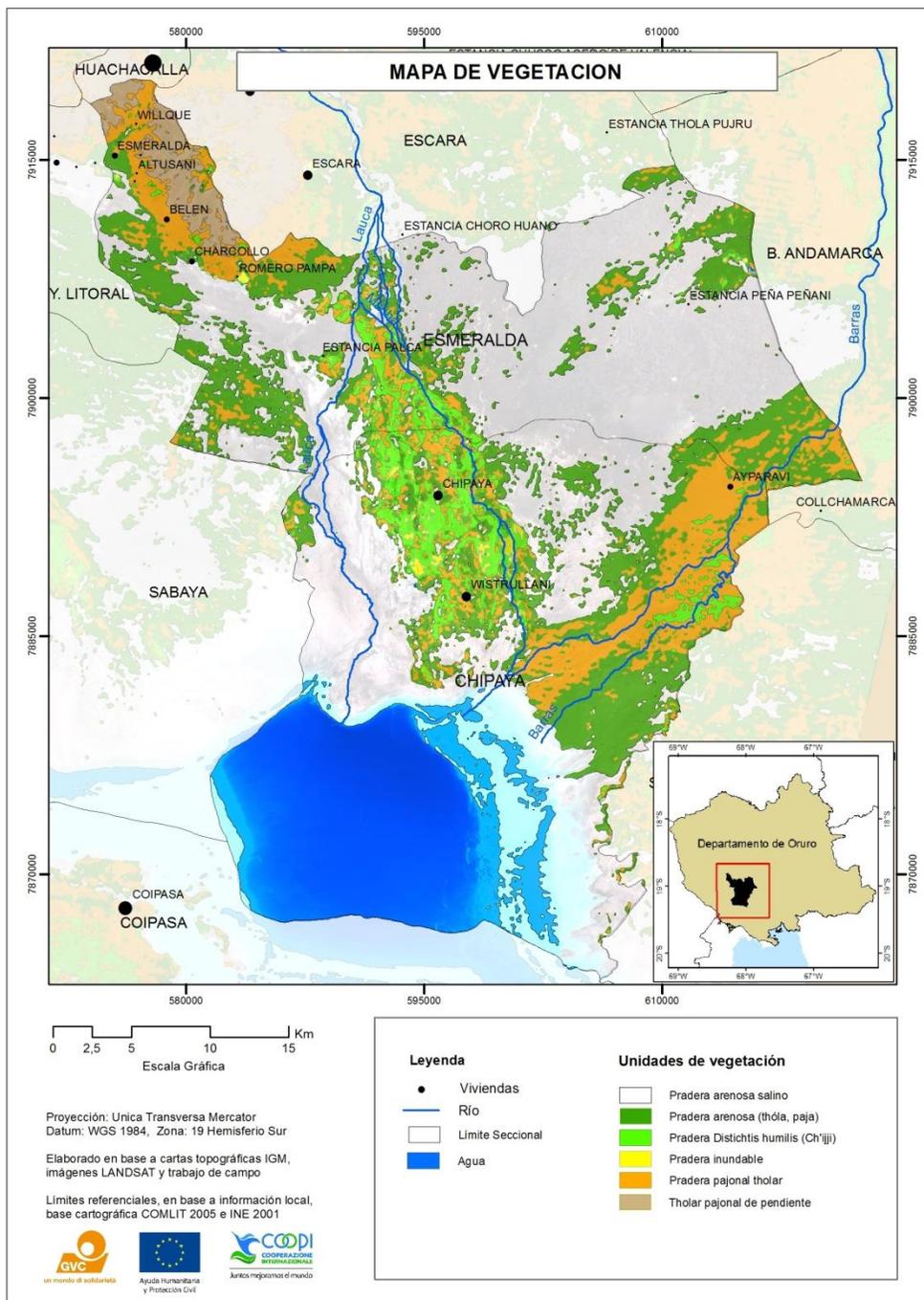
Las características edafológicas presentan variación entre las diferentes áreas de suelo, las que están relacionadas básicamente con la fisiografía, material parental y cobertura vegetal, que son los responsables de los procesos pedogenéticos.

La llanura aluvial, presenta un estrato base arcilloso profundo y superficialmente presenta variaciones arenosas y limosas, estas zonas están destinadas a zonas de producción agropecuaria. La región ubicada al Este, tiene suelos predominantemente arenosos con formación de dunas. Los suelos destinados a la agricultura son mejorados mediante el lameo, incrementando la fertilidad y lavando las sales por inundación.



### 3.7. Vegetación

Optimizando la banda infrarroja de la imagen Landsat, se determinó 6 unidades de vegetación, lo que permite determinar las zonas de pastoreo y las zonas agrícolas, determinando así mismo las zonas con limitaciones para el desarrollo de especies forrajeras y agrícolas.

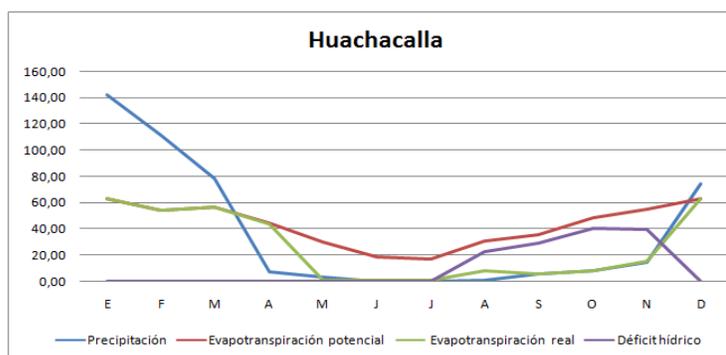
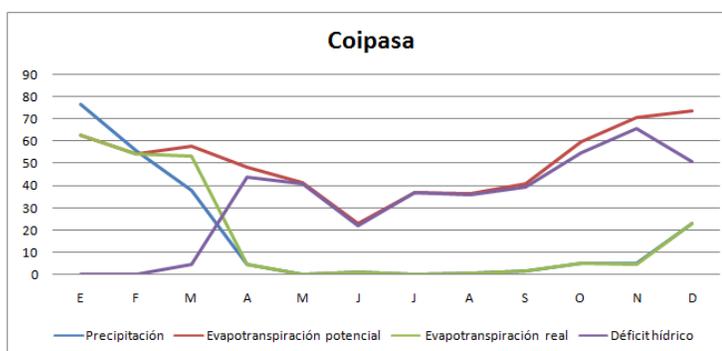


### 3.8. Clima

Según la clasificación de climas de Bolivia de W. Köppen, la región corresponde a estepa con invierno seco y frío a desértico (Montes de Oca, 1989)<sup>4</sup>

Se han identificado estaciones climáticas en las región, pero las series de datos son discontinuas, en relación a las variables existentes las mismas son termo pluviométricas. Debido a su ubicación latitudinal, la alta influencia de un salar con albedo alto, la presencia de un lago estacional que actúa de regulador hídrico, se optó conveniente utilizar los datos existentes utilizando series ajustadas y rellenadas de 1975 a 1998, para las estaciones de Huachacalla, Coipasa y Salinas de Garci Mendoza.

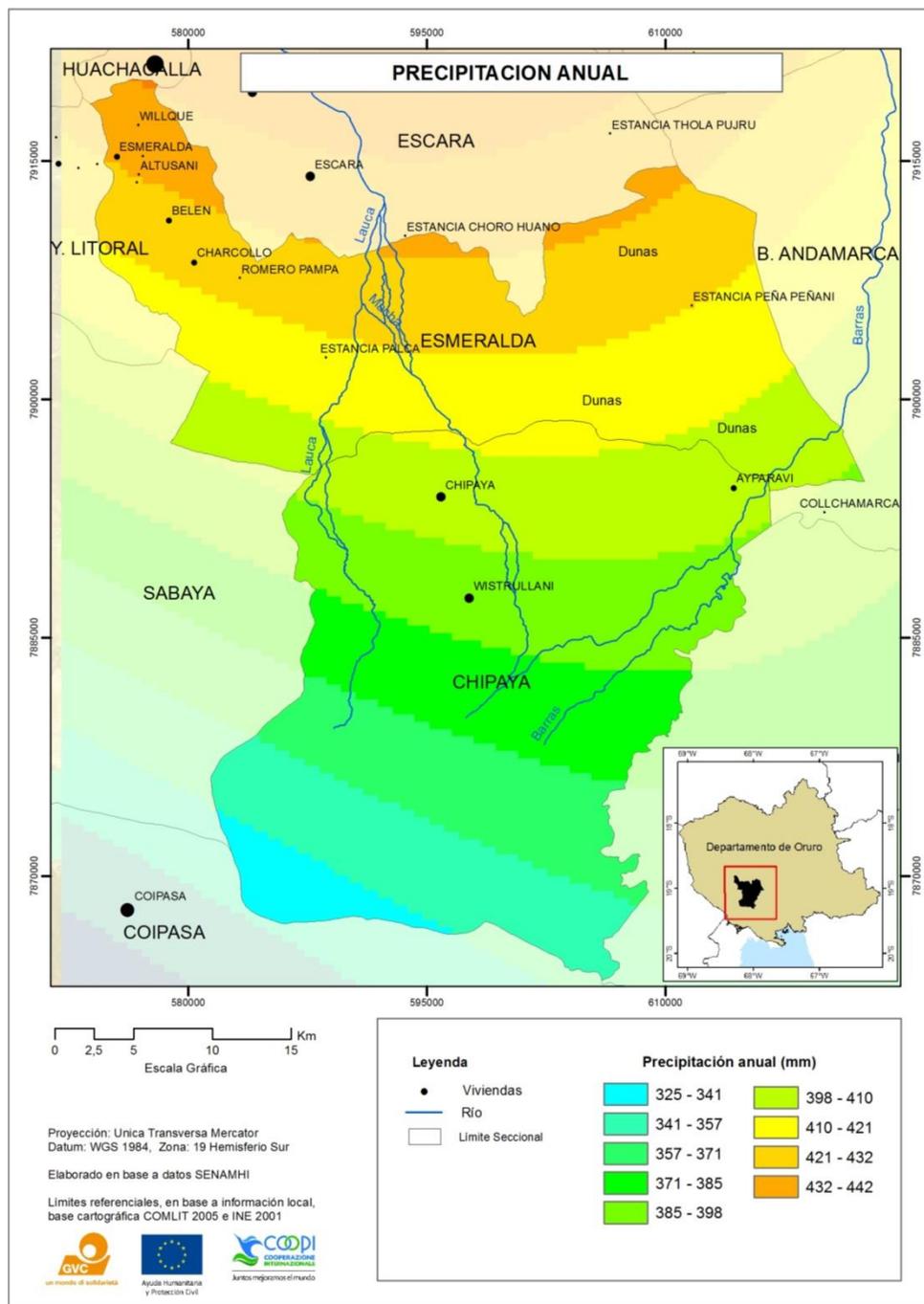
El balance hídrico, muestra un déficit hídrico marcado, es mayor en proximidades al salar entre los meses de abril a diciembre y menor en zonas alejadas del salar como Huachacalla, esto indica el efecto del salar en la humedad atmosférica.



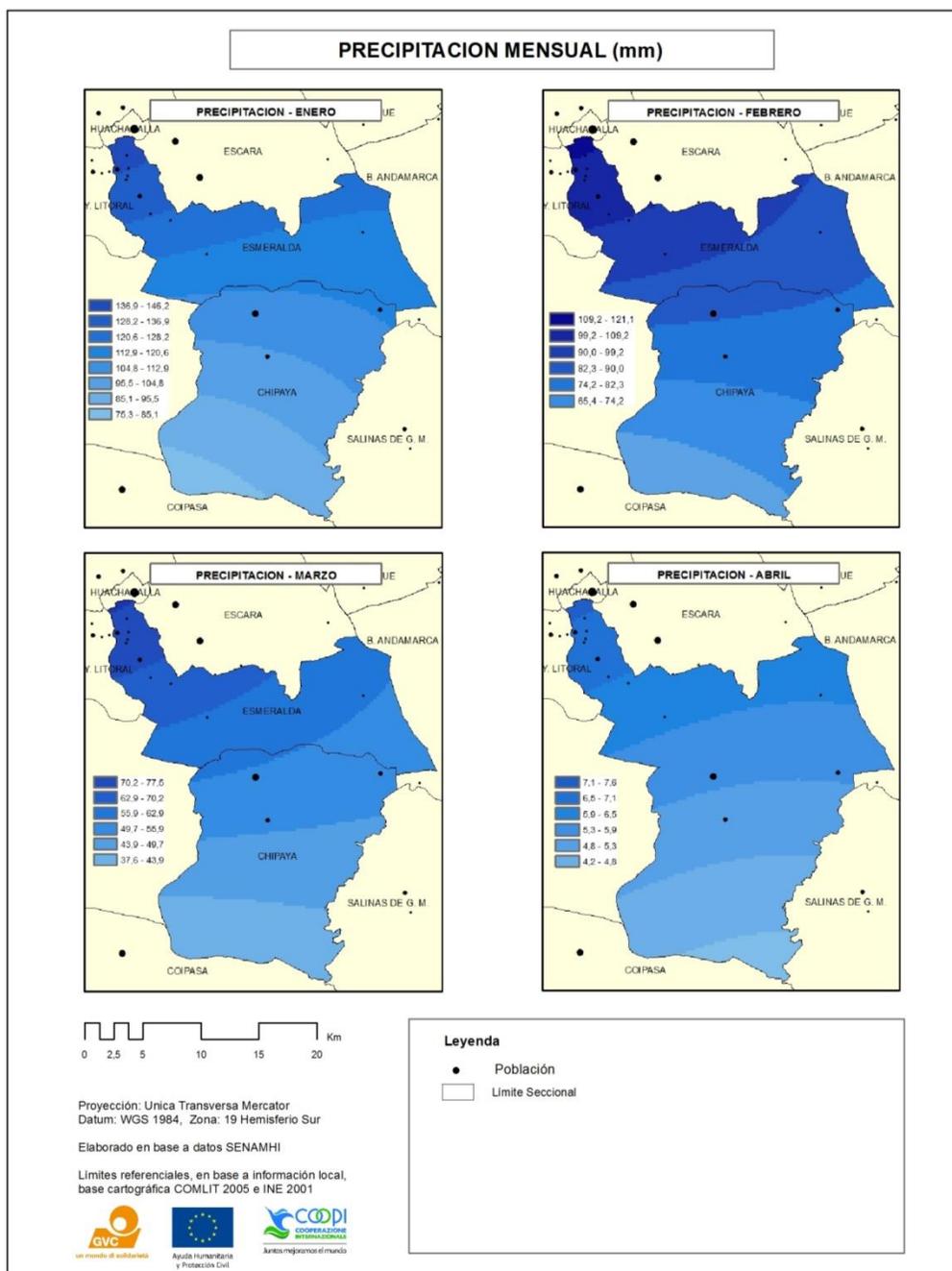
Espacializando los datos climáticos se observa las tendencias durante los meses del año y su comportamiento para las variables de precipitación, temperatura media mensual y anual, así como de la temperatura mínima mensual y anual.

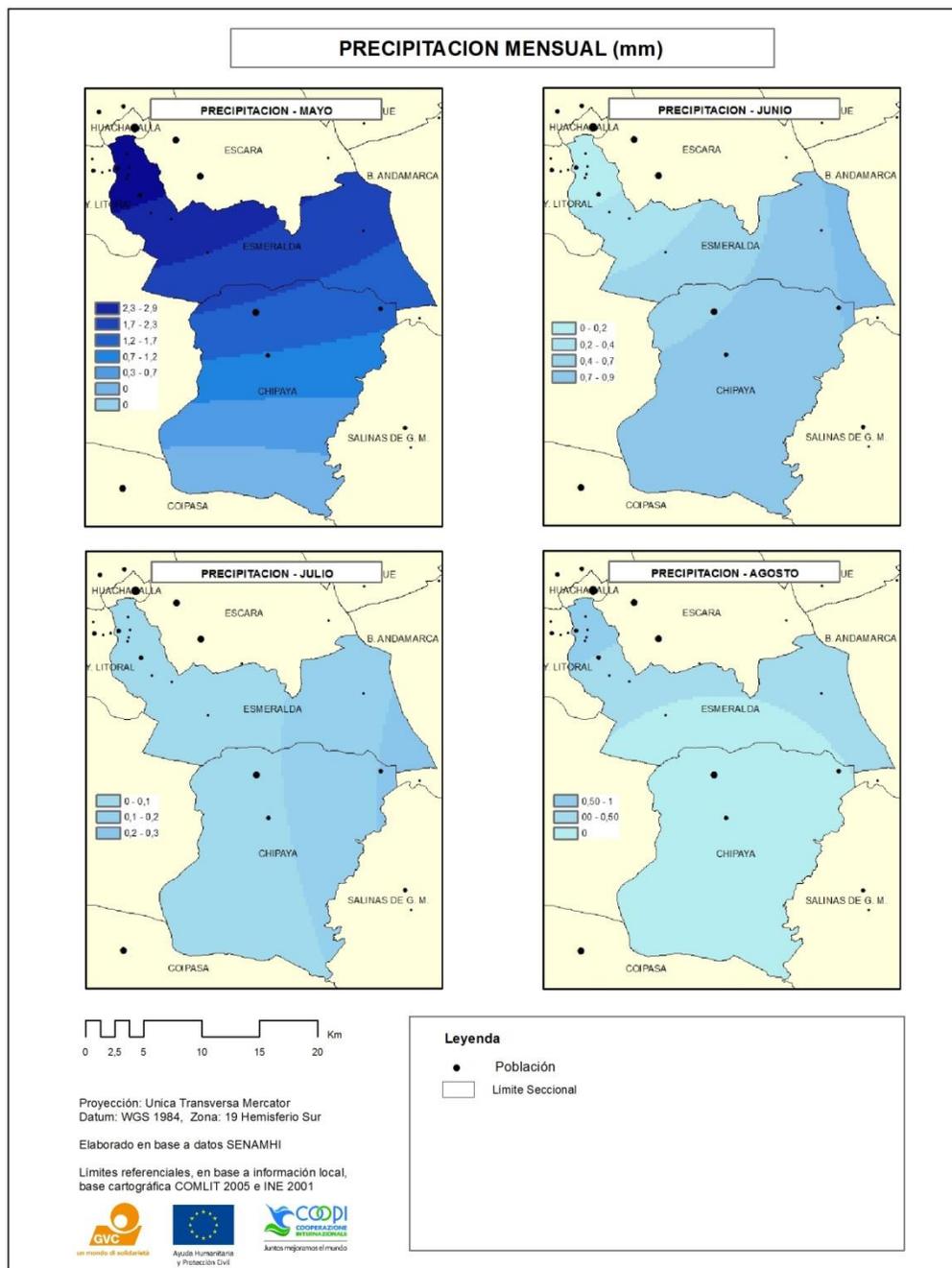
<sup>4</sup> Montes de Oca, Ismael, Geografía y Recursos Naturales de Bolivia, 1989, 341p.

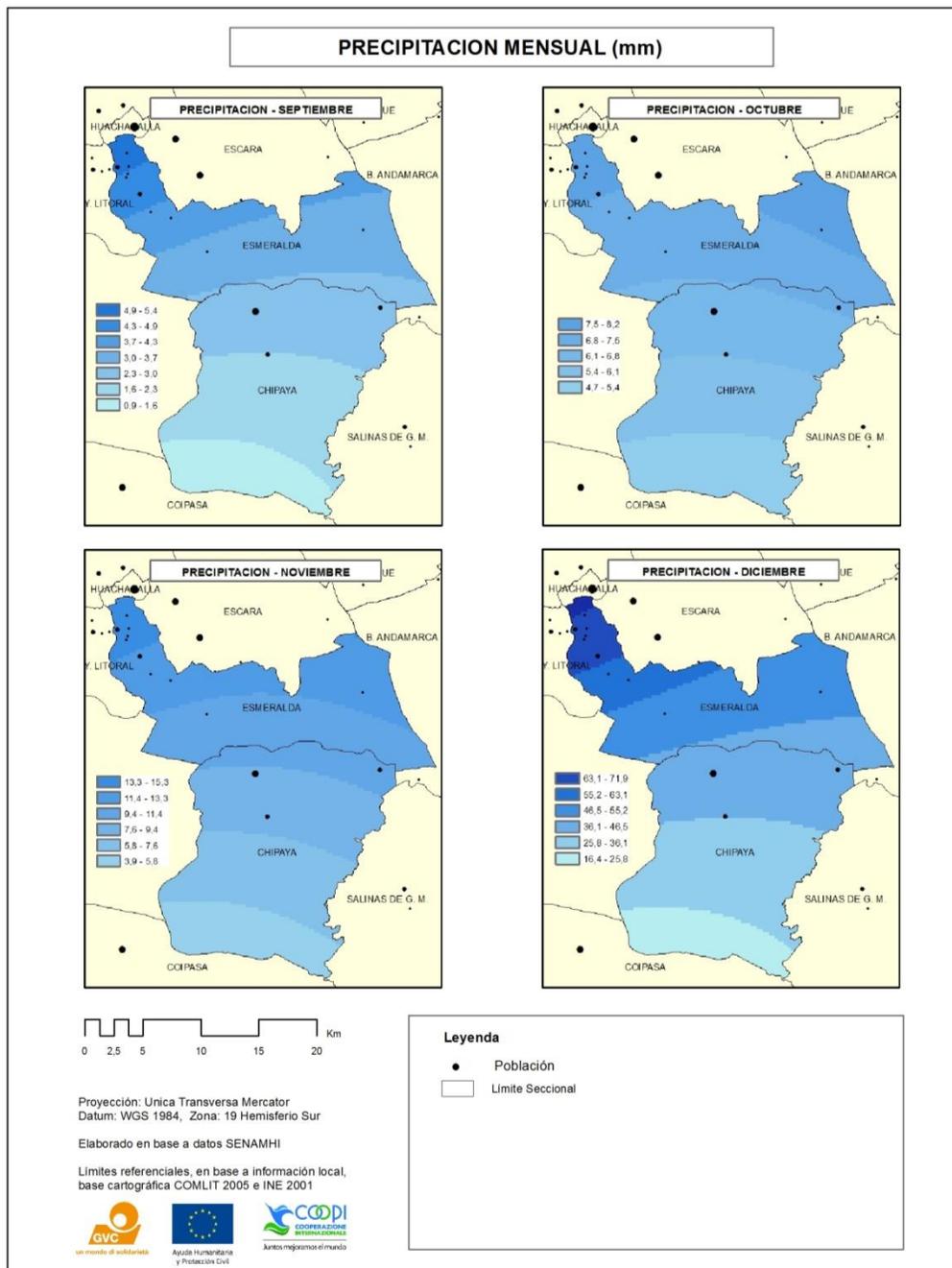
### 3.7.1. La Precipitación



El rango de precipitación en la zona de estudio es de 325 a 442 mm/año, humedad que como se vio, es evaporada a la atmósfera en su mayor parte.



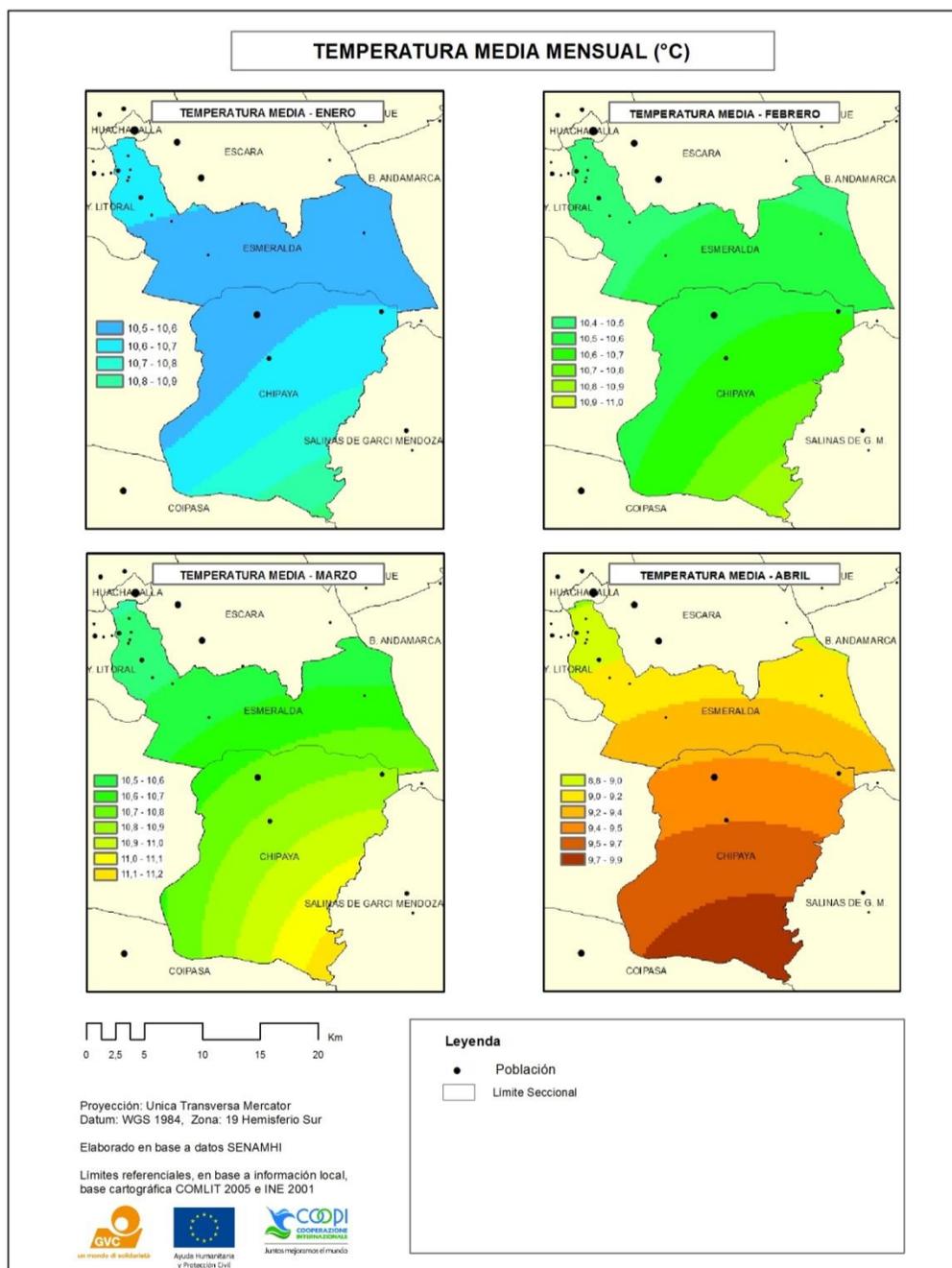


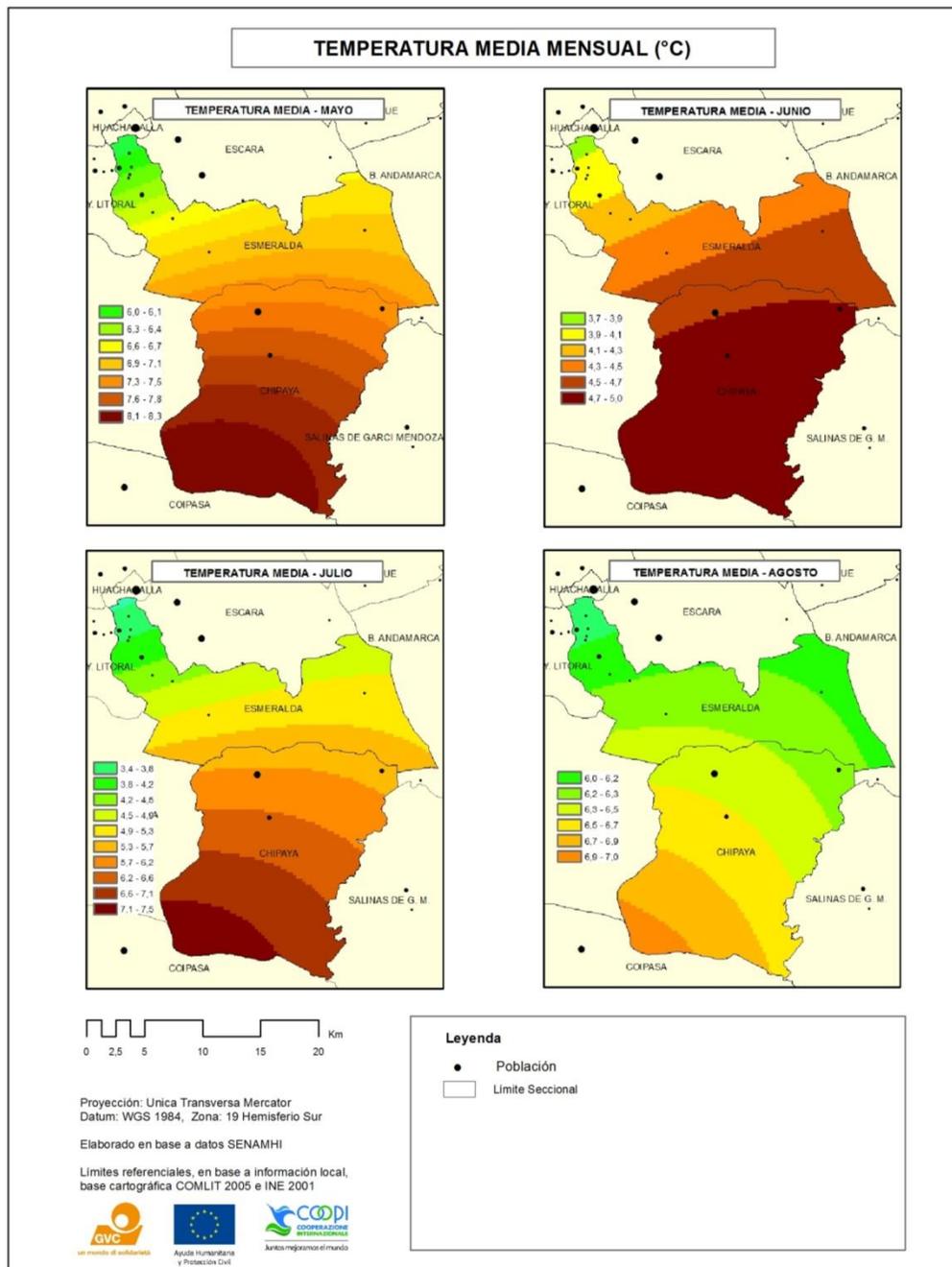


Se tiene una tendencia, donde la precipitación es mayor al norte de la zona y una menor al sur, por la presencia del salar, con su efecto disipador de humedad atmosférica, las precipitaciones durante el año, se concentran en los meses de diciembre a marzo, de mayo a octubre las lluvias son prácticamente insignificantes.

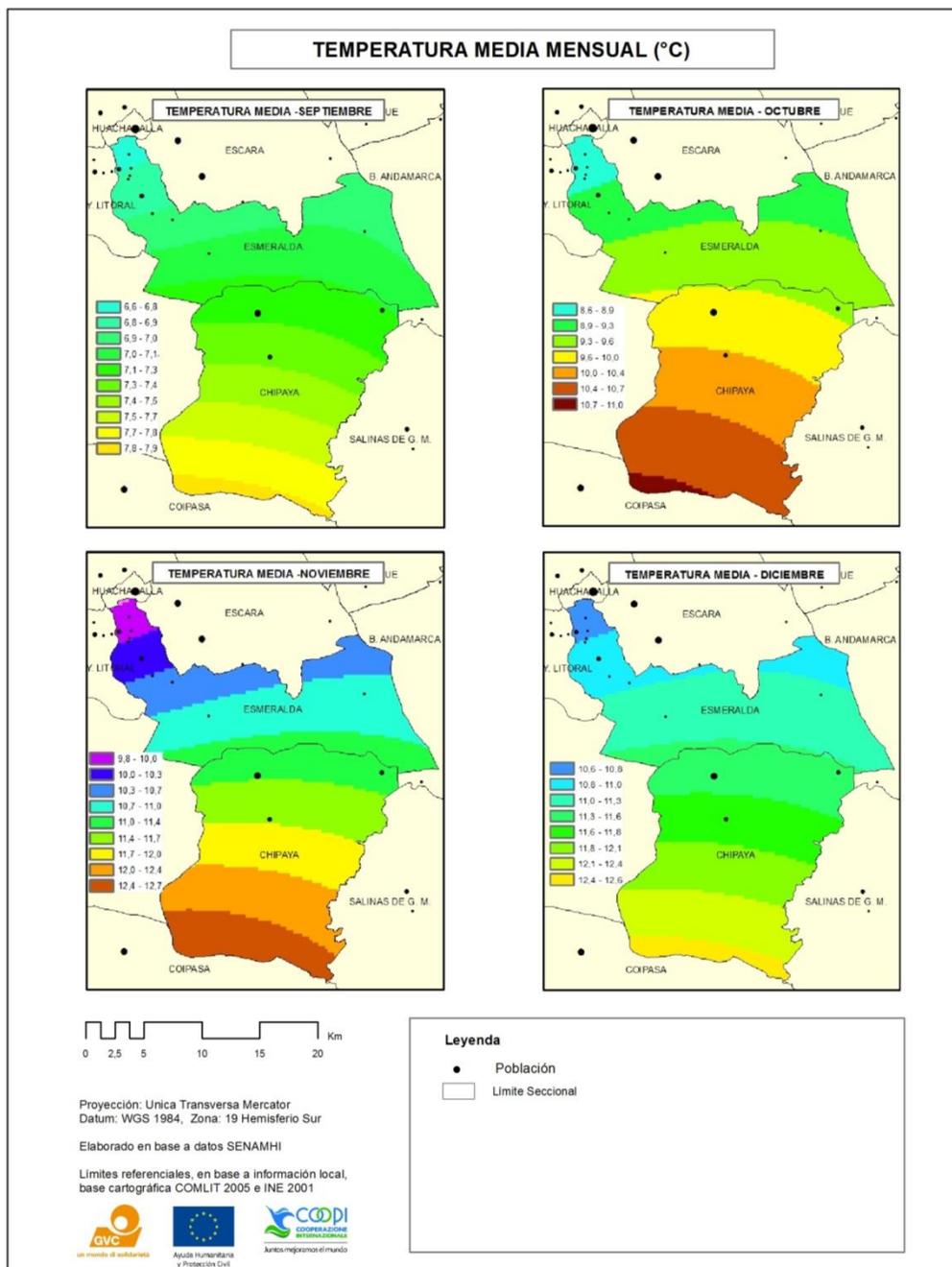
### 3.7.2. La temperatura media mensual

Muestra un comportamiento inverso a la precipitación, es decir la temperatura muestra una tendencia levemente mayor hacia el sur, en proximidades al salar, esto se explica por el efecto termoregulador del salar cuando se convierte en lago en la época de lluvia.



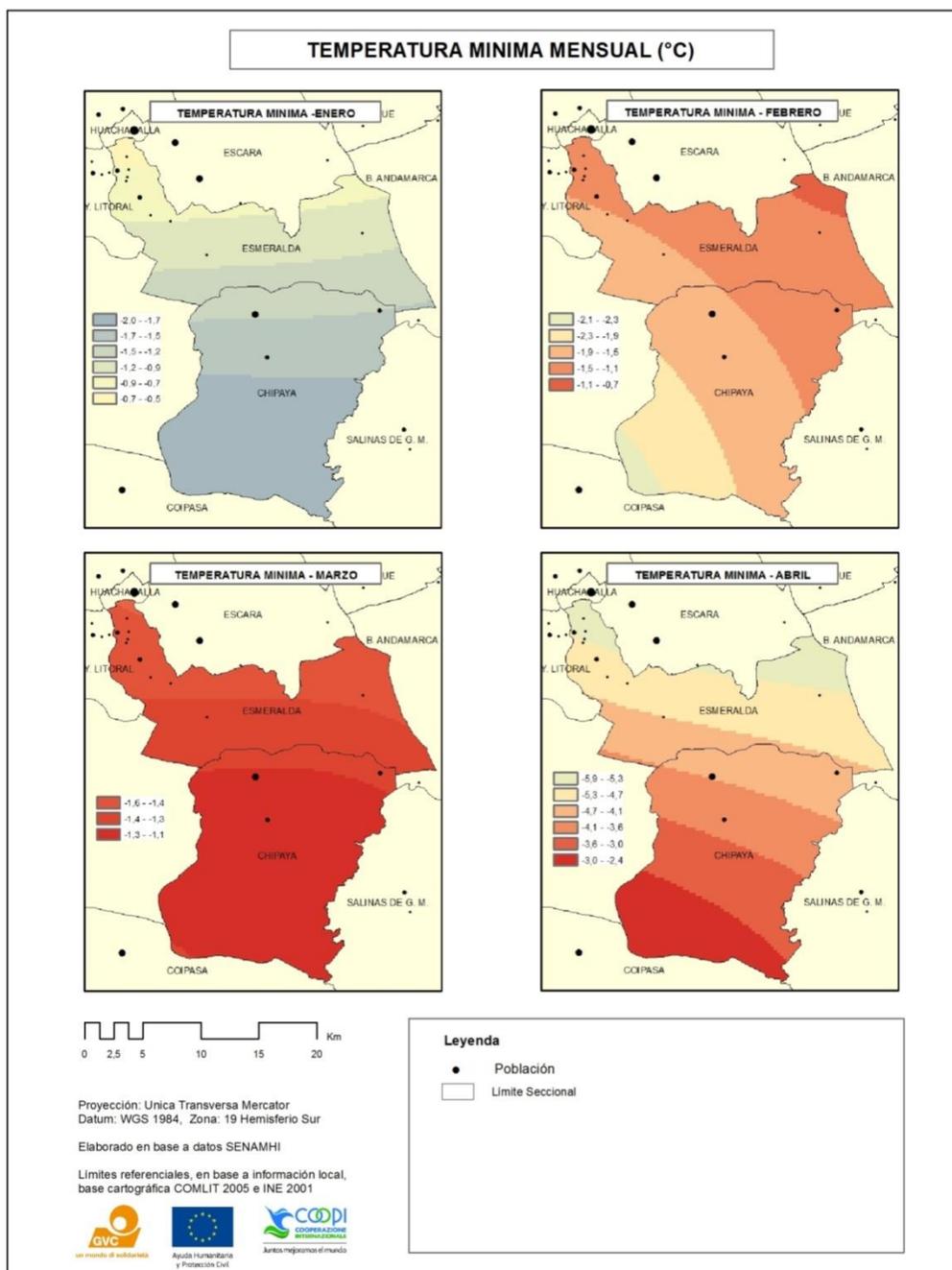


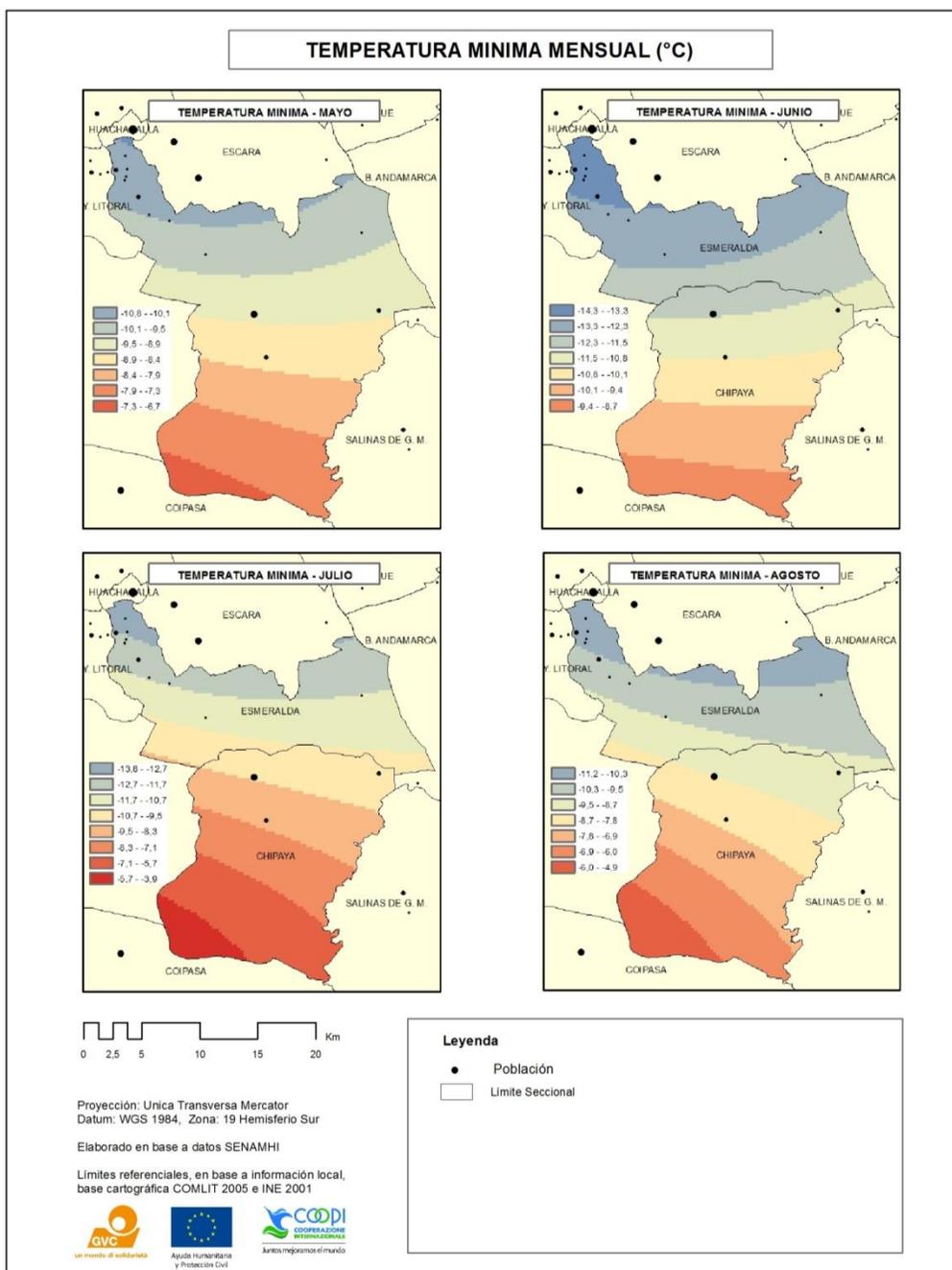
En la medida que las temperaturas descienden, y la laguna estacional reduce su superficie y se convierte en salar, se reduce la propiedad termoregulador del lago.

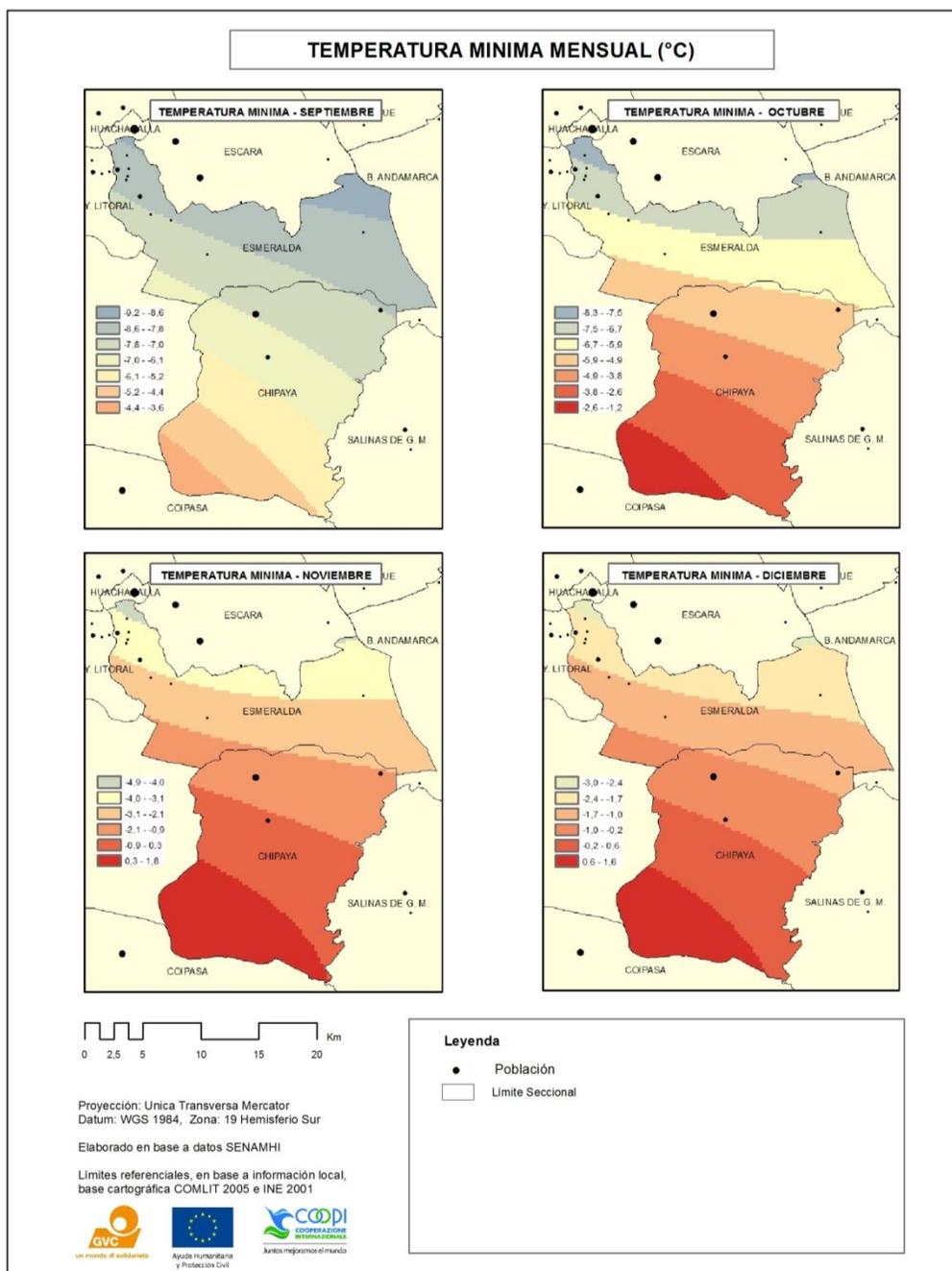


### 3.7.3. La temperatura mínima mensual

Las temperaturas mínimas muestran la dureza invernal durante todo el año, que registra helada meteorológica (menor a 0°C), esto es una limitante para introducir especies forrajes u otros cultivos a la zona.

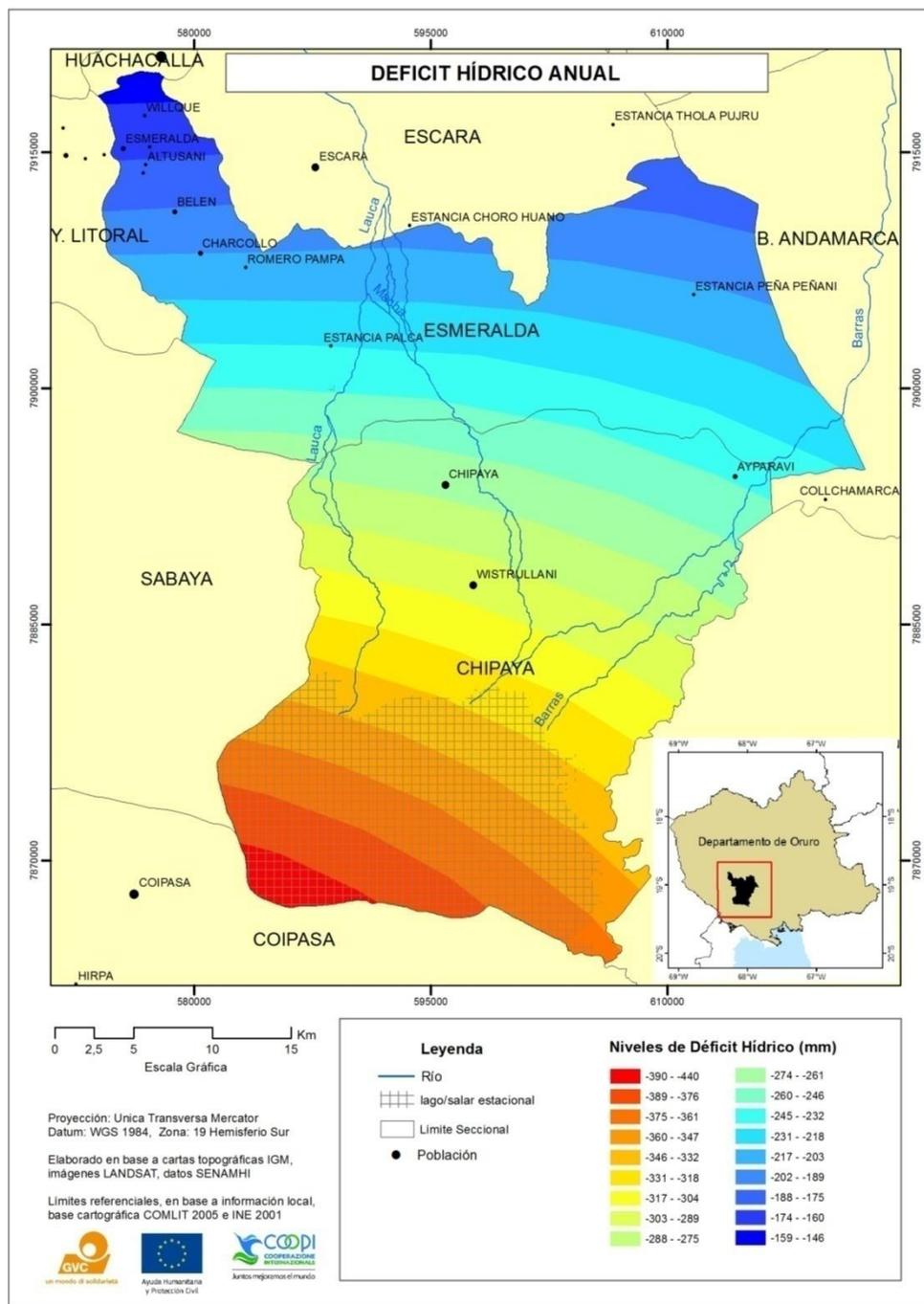




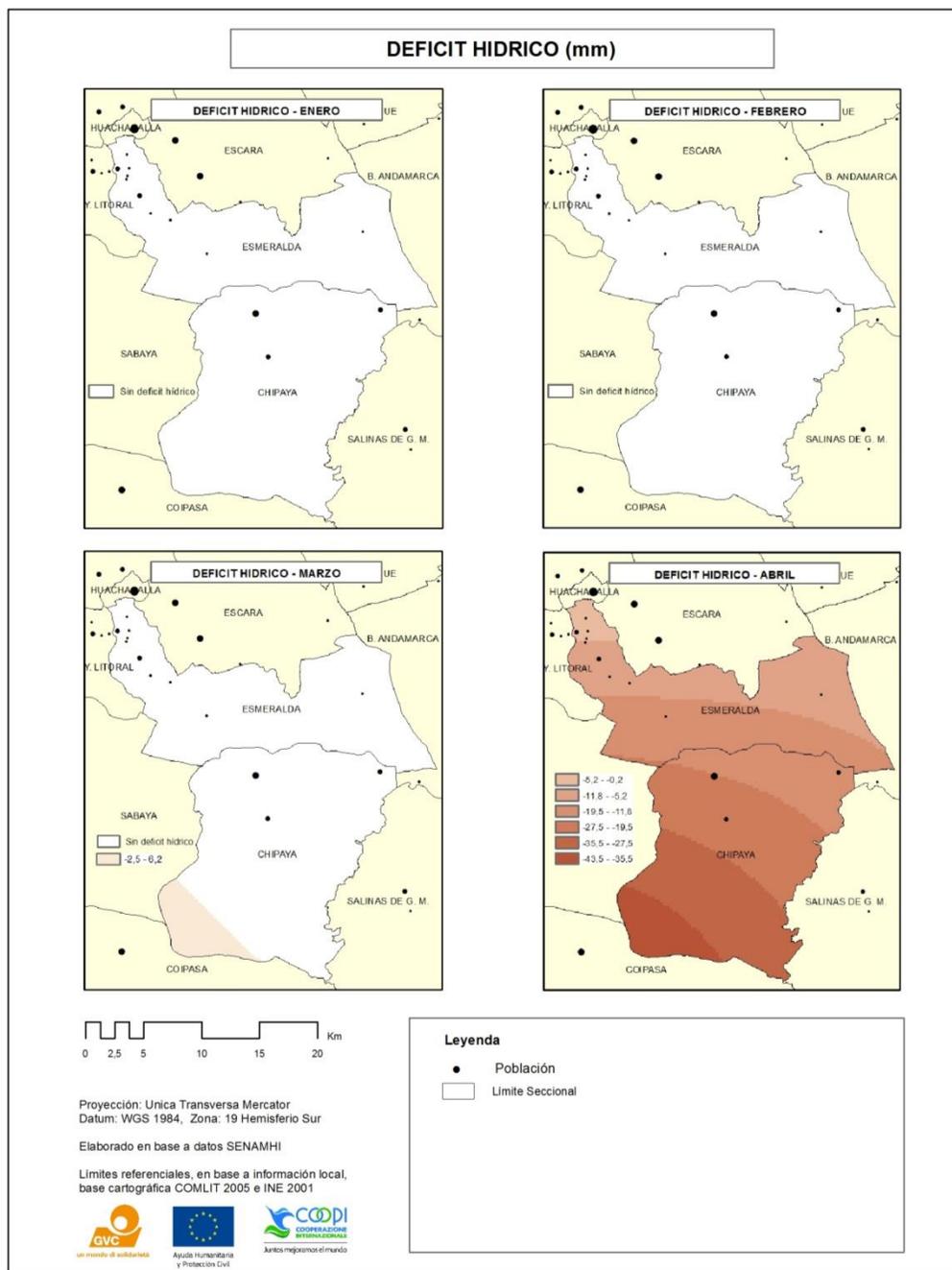


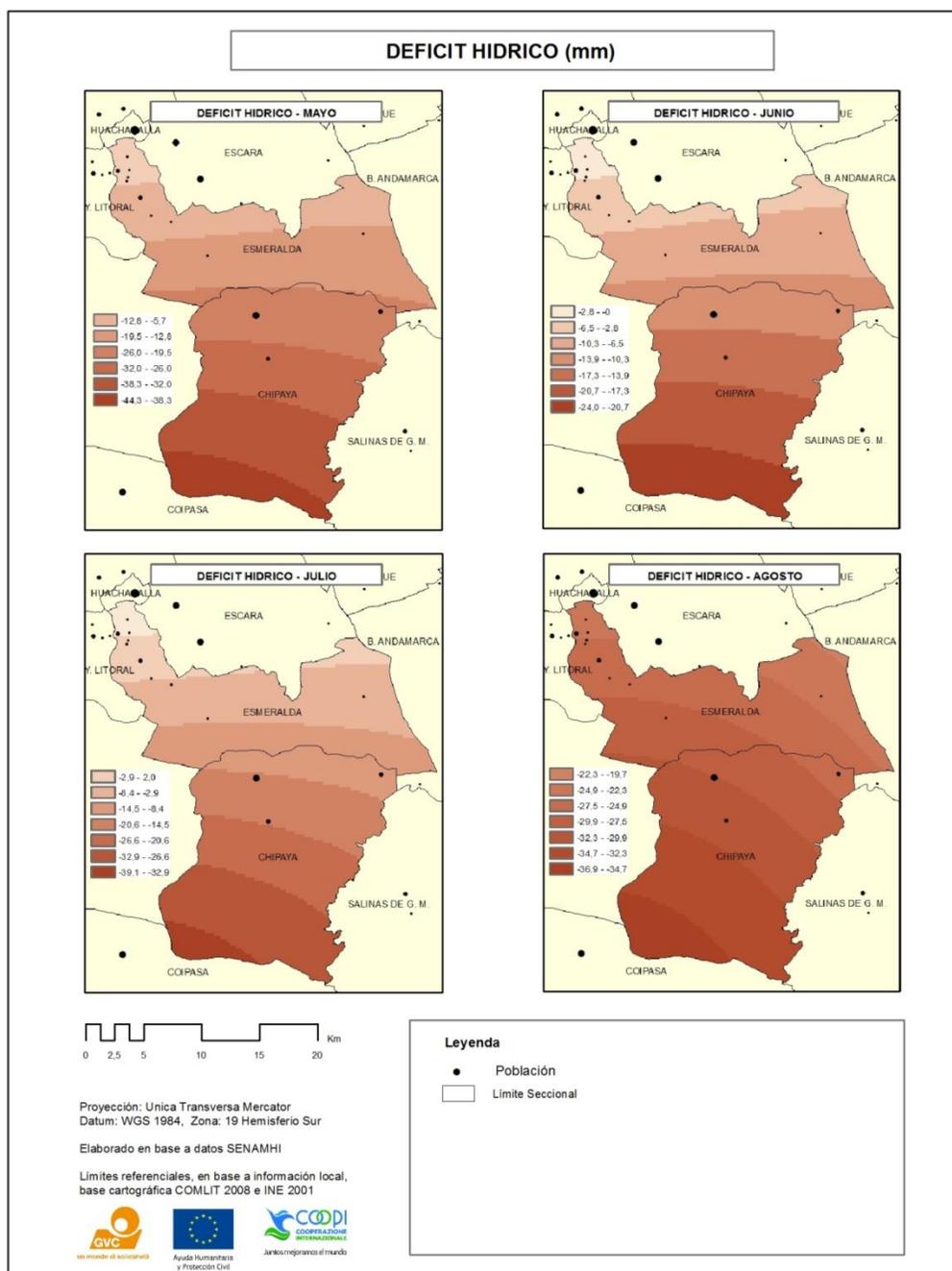
### 3.7.4. El déficit hídrico

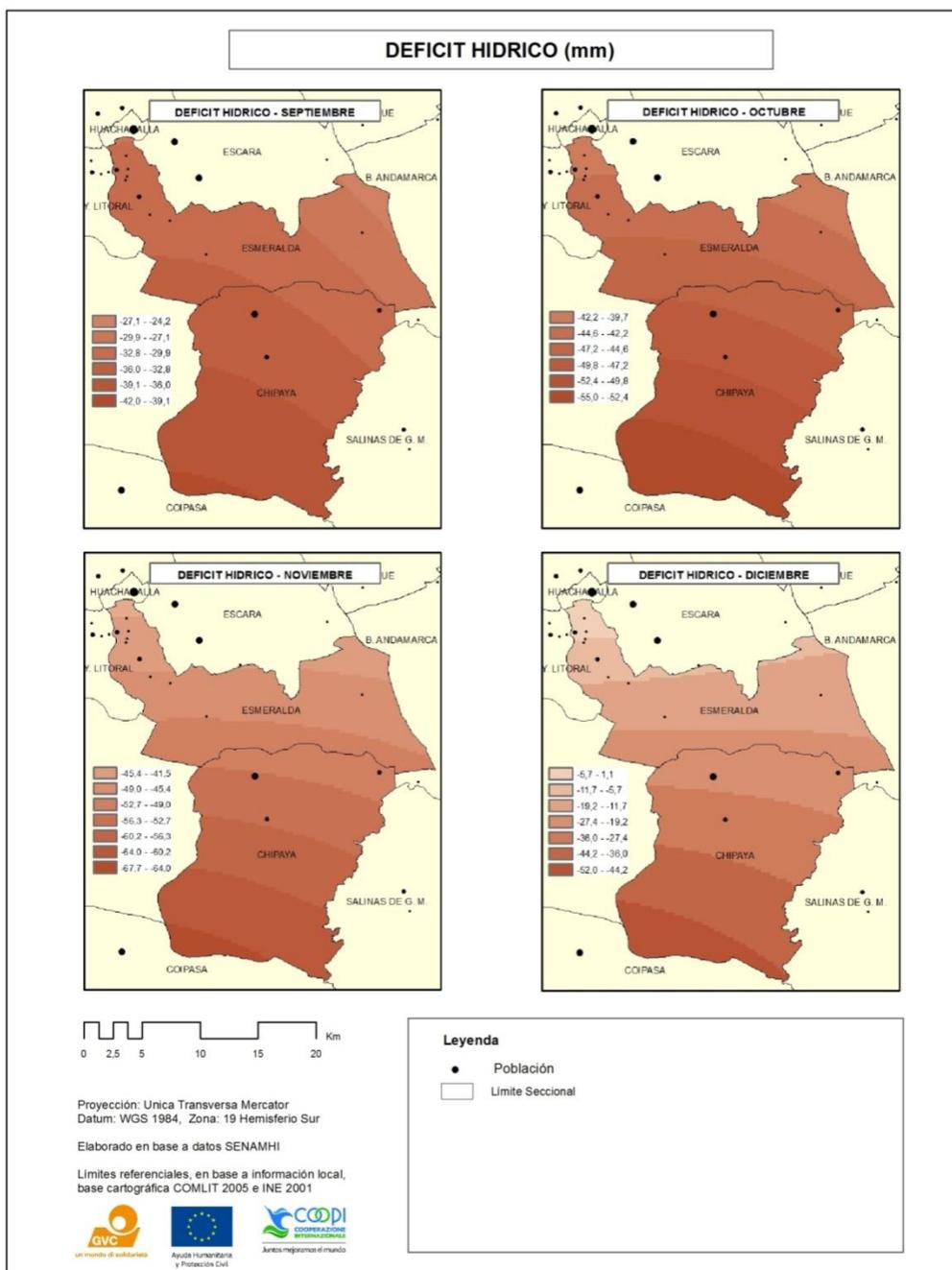
El Déficit hídrico anual es mayor en la región sur del área de estudio, donde la precipitación es menor y la temperatura es mayor. Esta condición corrobora la alta incidencia del salar en el clima local.



Los meses de enero a marzo, no muestran un déficit hídrico, pero si el resto del año, mostrando las limitantes para las actividades productivas.

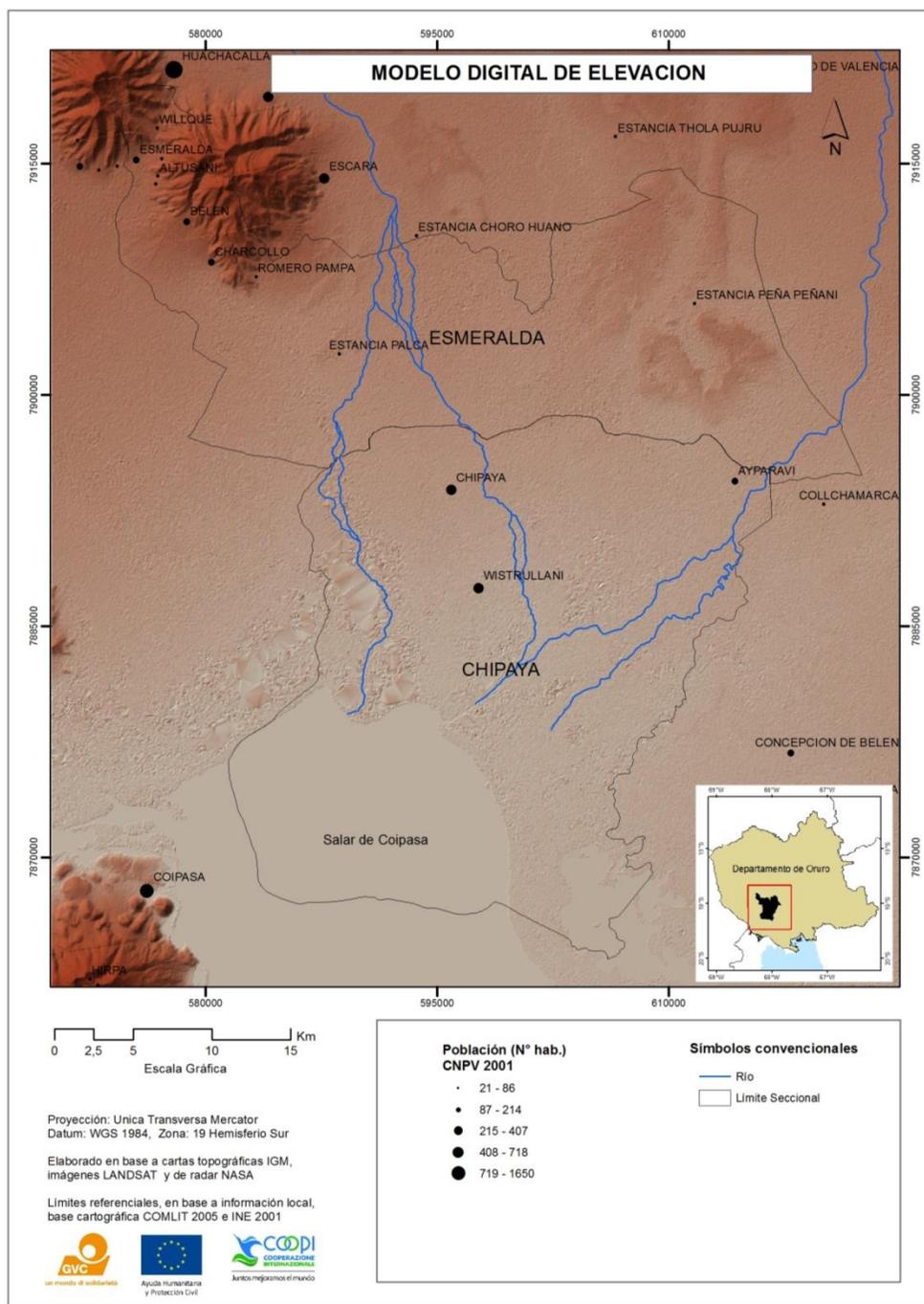




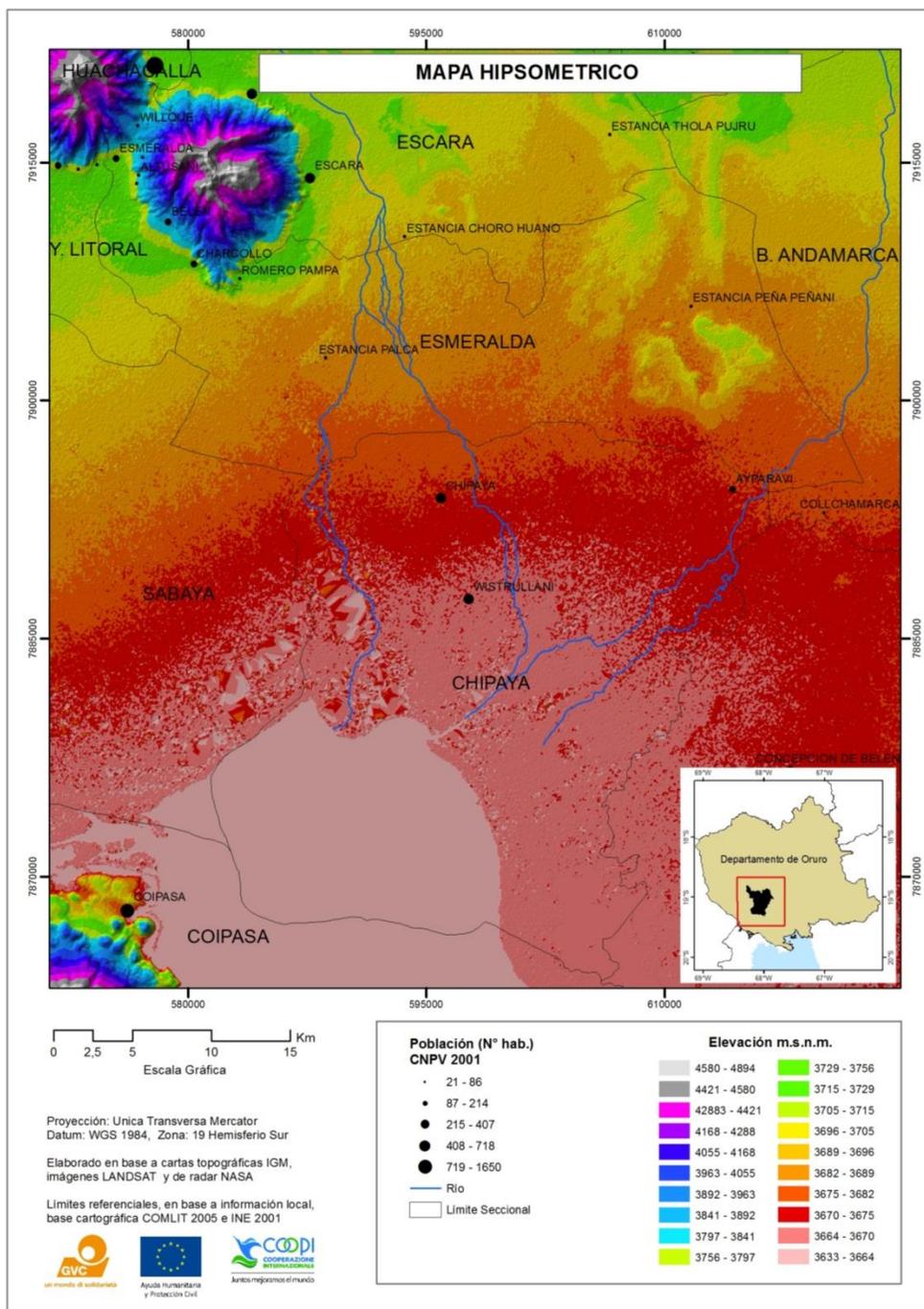


### 3.9. Modelo Digital de Elevación

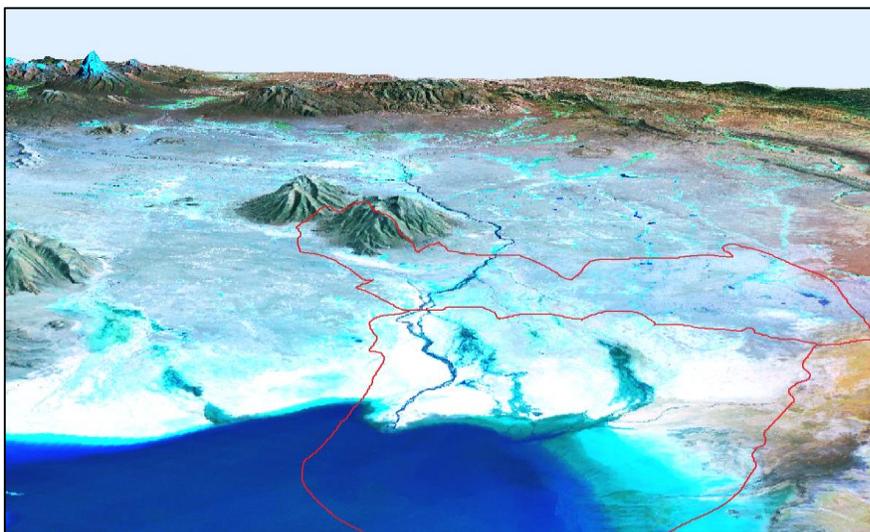
En base a las imágenes de radar de la NASA, se realizó una aproximación de la topografía de la zona de estudio, lo que permitió determinar las pendientes y las tendencias de drenaje, esta información mostró alta correlación con las observaciones de campo.



Al estudiar las zonas de producción amenazadas por la inundación, se determinó que la pendiente es de 1% (1 m por km) y que si bien la región es una llanura uniforme, presenta depósitos sedimentarios algo elevadas, esto permite planificar la conducción de aguas de riesgo y zonas de cobijo de ganado durante la inundación.



La vista 3D, de la imagen satelital, permite apreciar la geoforma de la zona de estudio, destacando los volcanes inactivos, en medio de la llanura uniforme, así mismo muestra la conformación de la cuenca del río Lauca.



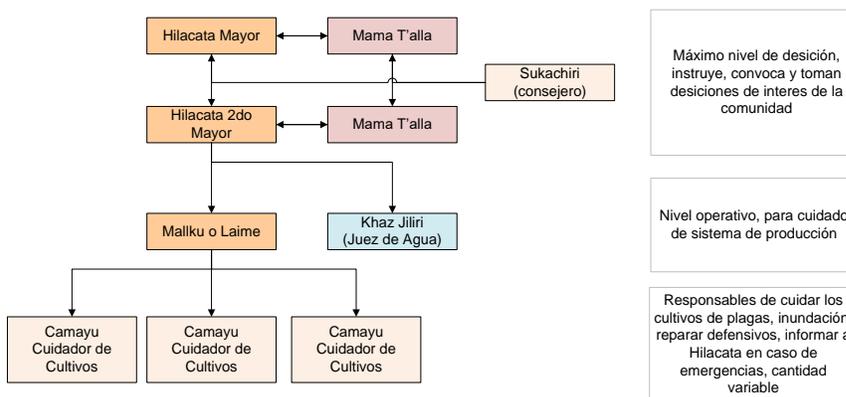
Vista 3D de la zona de estudio

### 3.10. Capacidades locales para el manejo de riesgos

El manejo del ecosistema local a pesar del tiempo continua aplicándose, con un conjunto de estrategias y conocimientos ancestrales, que muestran aun eficiencia, debido al cambio de cultural que se viene dando, algunas de estas están siendo relegadas.

#### 3.10.1. La organización con visión productiva

La estructura organizativa se ve fortalecida al configurar las líneas de autoridad alrededor del sistema productivo, existen instancias especializadas para el manejo del territorio, actualmente la coordinación con el nivel Municipal es horizontal.



Estructura de cada Ayllu

### 3.10.2. Defensivos Ancestrales

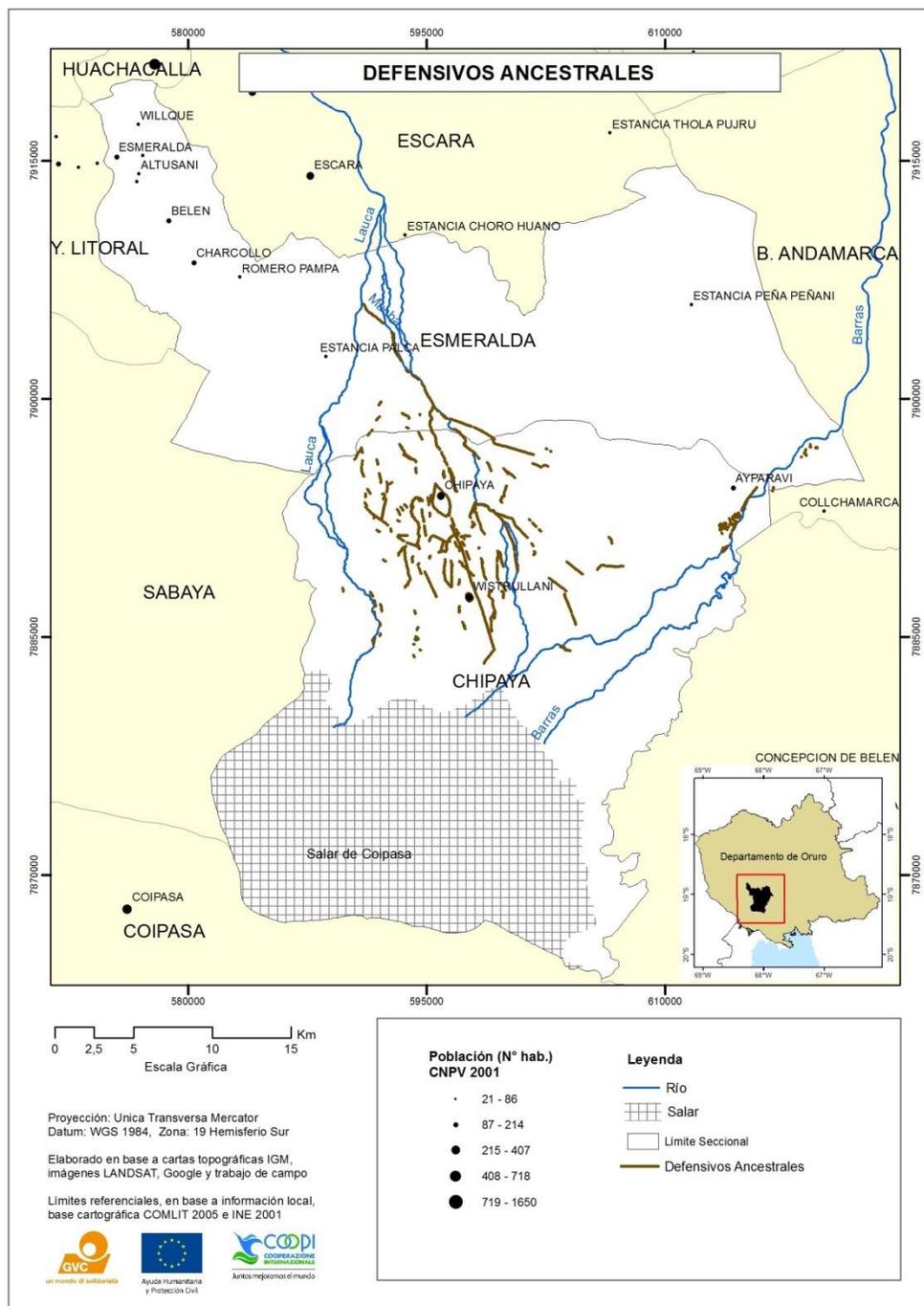
La construcción de defensivos (Piks), es una tarea comunal, los hilacatas deciden cuando y donde construirlos. Estas estructuras cumplen dos funciones: la de conducir el agua para la habilitación de suelos, y para proteger las zonas de producción. Se construyen generalmente con tepes que contiene raíces de pastos (ch'ijis) que le da resistencia a arosión, en zonas donde sólo se cuenta con arena, se realiza trenzados de paja (Stipa ichu) para dar resistencia a la estructura llamados (tajamaris).

Se han cuantificado 111 km de defensivos de diferentes antigüedades, debido a la necesidad de habilitar mayor superficie productiva, el municipio durante la gestión 2012 adquirió una retroexcavadora lo que facilita el trabajo. Las generaciones pasadas realizaban esta actividad a mano, y era transferido de generación en generación como herencia a los hijos.

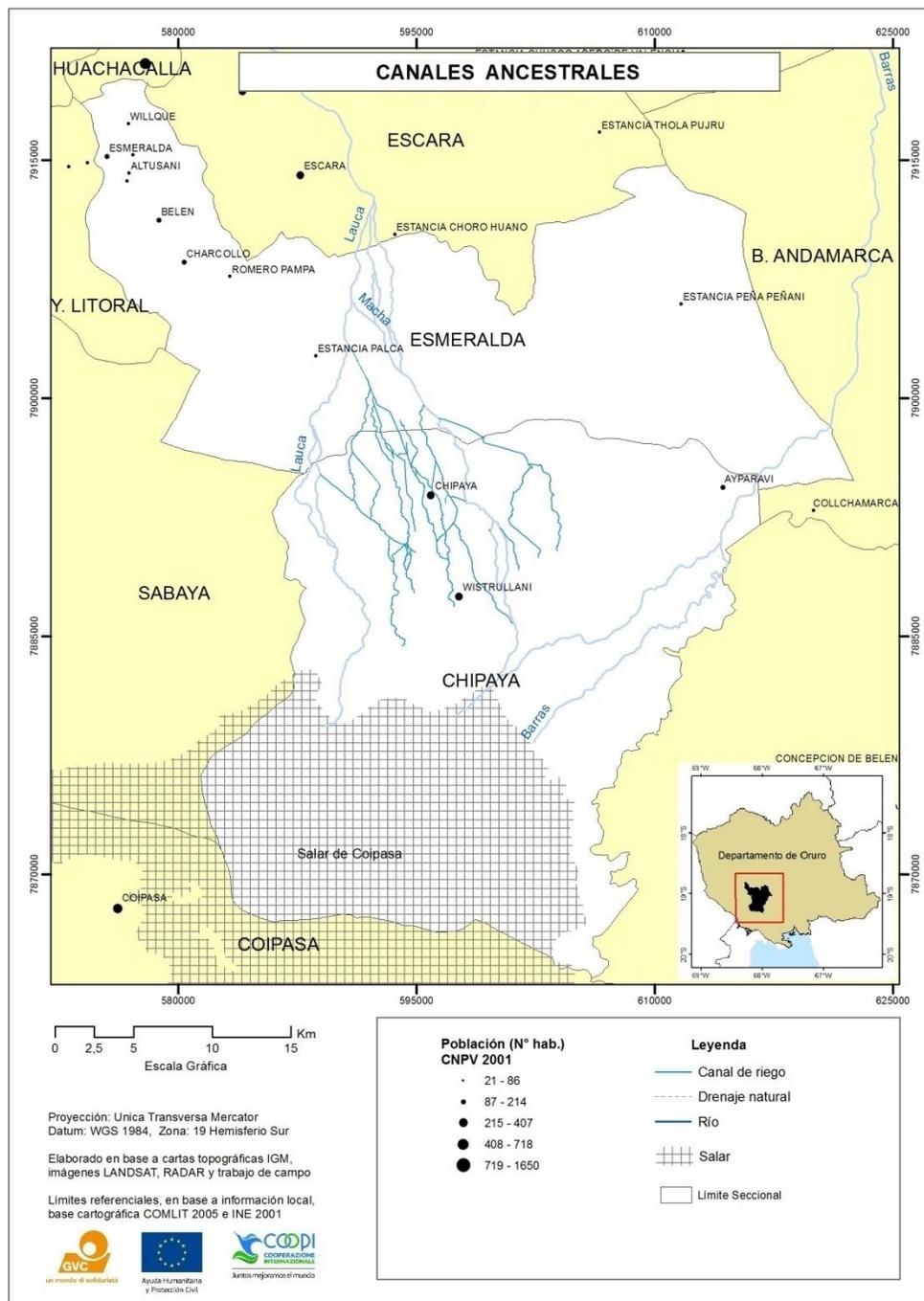


En las zonas donde los canales confluyen, se genera represamiento y turbulencia, lo que hace que los diques sean construidos con el mejor material disponible, cuando los caudales rebasan estas estructuras, se ven desprotegidos y quedan a merced de las inundaciones. Durante la inundación producida en enero 2012, la Gobernación del Departamento de Oruro ha distribuido bolsas de yute para rellenar de arena y actuar de defensivo, dando consistencia a estas estructuras, aunque la resistencia a la abrasión y a la radiación solar de este material disminuye en el tiempo.

La ubicación de defensivos se concentra en la parte central, que es el curso de la inundación. Bajo el mismo principio las poblaciones de Chipaya y Wistrullani, tienen un anillo de protección contra inundaciones, los cuales requieren mantenimiento en las zonas de impacto con las inundaciones.



Los defensivos van acompañados de los canales que trasportan el agua de riego, conduciendo caudales menores de 3 a 5 m<sup>3</sup>/s, varios de estos canales son antiguos y tienen cursos consolidados, se han cuantificado una longitud de 140 km de canales en uso.



### 3.10.3. El lameo y lavado de sales

Durante la época de lluvias y crecida del río Lauca se conduce agua hacia zonas predeterminadas, estas están configuradas con defensivos, de manera tal que el agua quede embalsada, en algunos sectores se utilizan las melgas, en las cuales se depositan los sedimentos ricos en nutrientes y materia orgánica, en este proceso el agua detenida disuelve las sales y las evacúa hacia estratos inferiores o caso contrario el agua es soltada llevándose consigo las sales disueltas.

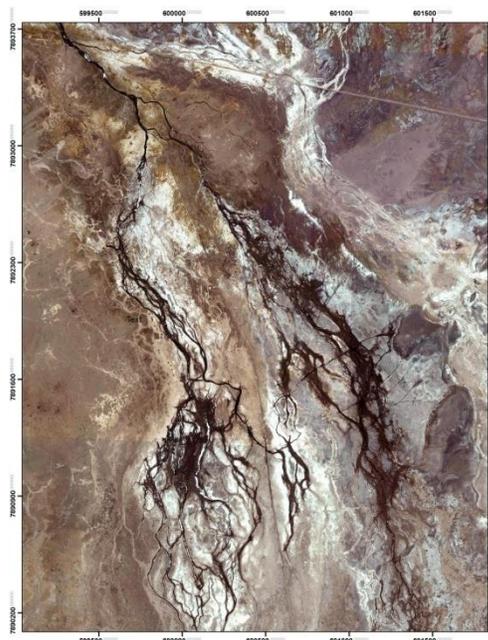
El lavado de sales, también se realiza durante la época de estiaje, inundando las praderas y liberando de sal acumulada en la superficie, en época seca, por el déficit hídrico en la atmósfera, la sal de horizontes inferiores asciende a la superficie por ascenso capilar.



Fotografías de Mamañica en Ayllu Manasaya y Machacota en Ayllu Aransaya

En la vista satelital (Google Earth 2012), se observa Mamañica del Ayllu Manasaya, ubicada al este, donde se observa que está haciendo inundada para mejorar la fertilidad del suelo. La zona ubicada al oeste está en proceso de secado para la siembra 2012-2013.

Esta práctica requiere gran cantidad de mano de obra, de manera que el mantenimiento de canales y defensivos se realiza manualmente, en la actualidad gran parte de la población migra a otras regiones para mejorar sus ingresos, por lo que esta actividad se ve en serio riesgo de ser abandonada y generar inseguridad alimentaria.



### 3.10.4. Manejo espacial del territorio

Considerando que el uso de suelos es comunal, y a fin de conservar la calidad de los suelos y aprovechar los sedimentos que trae la inundación, cada Ayllu realiza un ciclo de rotación de suelos, los responsables de seleccionar son los Hilacatas, en consulta con el resto de las autoridades.

El suelo para la siembra se administra en partes iguales para todos los de la comunidad, en función a la superficie disponible para la siembra, el Hilacata utiliza la unidad de medida extendiendo sus brazos, dos o tres de estas medidas conforman una "Chia", este proceso se realiza reiteradamente hasta que se agote la superficie disponible, esto permite distribuir el factor de riesgo ante pérdidas por inundaciones, heladas, granizo, sequía o plagas.

El uso de las praderas de igual manera se distribuye en función a la disponibilidad de forraje, su uso es comunal y de rotación estacional o periódica, de igual manera se realiza el riego de estas praderas en época de estiaje, se considera que este manejo ha sido modificado con la introducción del ganado ovino, que tiende a depredar las plantas tiernas al extraer de raíz con su dentadura, o aplastar con las pezuñas eliminando esas plantas, para un ecosistema frágil este aspecto tiene un impacto significativo en la sostenibilidad del mismo.

### 3.10.5. Manejo de dunas

El Ayllu Ayparavi tiene un extenso territorio arenoso, producto de las extensas playas de río, la región cuenta con dunas de arena que son utilizadas para la producción, la población tiene desarrollado conocimientos para el manejo, creación, movimiento y control sobre las dunas, en la zona la presencia de dunas es considerada benéfica.

Las dunas tienen la forma de media luna, de una longitud de de 10 a 300 metros en promedio, pueden moverse con el viento aproximadamente 10 a 15 m hacia el noreste, el espacio que deja la duna tiene una mayor fertilidad y humedad adecuadas para la producción agrícola, el movimiento de la duna es controlada con la paja, para evitar la desaparición por los fuertes vientos de la región, se conforma un defensivo de paja y arena en la región convexa, y otros defensivos en ambos extremos de la media luna.

En el Ayllu cada familia tiene una o más dunas, y durante todo el ciclo de vida de la duna, la persona o familia es responsable de su cuidado; también las dunas próximas al río, deben ser protegidas de la inundación y riadas que hacen desaparecer en poco tiempo a las dunas.

Imagen Google, mostrando las dunas próximas a la población de Ayparavi.





Fotografías de dunas en el Ayllu Ayparvi

El manejo de dunas en la región es una estrategia frente a la sequía y falta de agua de riego, por información de los pobladores el rendimiento del cultivo de quinua en estas zonas es bueno, en comparación a las de zonas de inundación del mismo Ayllu.

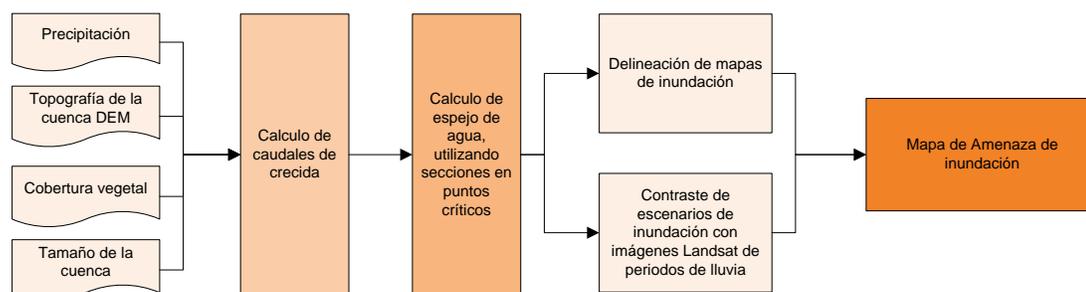
## 4. ESCENARIO DE RIESGO

La inundación, la helada y la sequía, entre otras, componen las amenazas que dañan los sistemas productivos y socio económicos de la región, estos escenarios han sido manejados ancestralmente por la población Chipaya, la convivencia con ellos ha desarrollado conocimientos y capacidades que están siendo dejados de lado, ante oportunidades que requieren menos sacrificio, la población joven tiene expectativas diferentes a las generaciones precedentes.

El incremento de la presión sobre el suelo, es un factor que se ha agudizado los últimos años, al ampliar las zonas de cultivo de quinua principalmente, esto ha reducido las zonas de pastoreo y ha generado una mayor carga animal en las pasturas nativas de lenta regeneración, además este equilibrio se ha alterado por la construcción de infraestructura caminera, que desvía el curso de crecida del río hacia otras zonas generando inundaciones que no están previstas, ni manejadas, aunque se pretende destinar estas zonas para expansión agrícola.

### 4.1. Amenaza de Inundación

El modelo utilizado para determinar los niveles de inundación, recurre a variables hidrológicas e hidroclimáticas, se elaboró bajo el siguiente modelo:



Modelo metodológico

#### 4.1.1. Estimaciones hidrológicas

La información de precipitación necesaria para la obtención de caudales de diseño, corresponden a las estaciones pluviométricas de Cosapa, Sacabaya, Huachacalla, Huayllamarca, Corque y Todos Santos. Las tres primeras estaciones Pluviométricas se encuentran dentro de la cuenca y las otras estaciones son las más cercanas a la cuenca que se tomó en cuenta para el estudio Hidrológico<sup>5</sup>.

Estación	Sub-Zona	Río Cercano	Latitud	Longitud	Altitud
<b>COSAPA</b>	Sajama	Cosapa	18°10'27,01"	68°42'15,01"	3906
<b>SACABAYA</b>	Atahualpa	Lauca	18°34'04,01"	68°47'13,99"	3845
<b>HUACHACALLA</b>	Litoral	Lauca	18°47'13,99"	68°15'19,98"	3746
<b>HUAYLLAMARCA</b>	Nor Carangas	Juchuy Jahuira	17°49'55,99"	67°56'15,97"	3873
<b>CORQUE</b>	Carangas	Corque	18°20'38"	67°40'42,02"	3758
<b>TODOS SANTOS</b>	Atahualpa	Todos Santos	19°00'28,01"	68°42'55,01"	3805

T [años]	COSAPA		
	P <sub>24</sub> [mm]		
	Xmin	X	Xmax
1,1	19,47	22,92	26,99
2	26,27	29,19	32,45
5	29,97	33,48	37,40
10	31,56	35,72	40,42
25	33,08	38,09	43,85
50	33,99	39,61	46,17
100	34,77	40,98	48,29

T [años]	SACABAYA		
	P <sub>24</sub> [mm]		
	Xmin	X	Xmax
1,1	17,73	20,01	22,57
2	23,92	26,16	28,61
5	28,11	31,20	34,62
10	30,32	34,21	38,30
25	32,73	37,74	43,52
50	34,34	40,21	47,09
100	35,83	42,57	50,58

T [años]	HUACHACALLA		
	P <sub>24</sub> [mm]		
	Xmin	X	Xmax
1,1	8,21	13,77	19,33
2	17,81	22,86	27,90
5	23,32	30,17	37,02
10	25,93	34,22	42,50
25	28,61	38,64	48,67
50	30,31	41,54	52,77
100	31,83	44,47	56,50

<sup>5</sup> Lady Cruz Alí, Gabriela Sossa, Edgar Titirico, CONSTRUCCION DE RELACIONES IDF PARA LAS ESTACIONES PLUVIOGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE ORURO A PARTIR DEL MÉTODO DE LAS CURVAS TIPO, Cuadro 4.1, Cuadros 10.43 al 10.61, Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH), 2011

T [años]	TODOS SANTOS		
	P24 [mm]		
	Xmin	X	Xmax
1,1	18,78	21,38	23,98
2	25,58	28,01	30,45
5	30,21	33,66	37,11
10	32,62	36,87	41,13
25	35,22	40,44	45,66
50	36,91	42,80	48,69
100	38,45	44,96	51,47

T [años]	HUAYLLAMARCA		
	P24 [mm]		
	Xmin	X	Xmax
1,1	17,54	21,34	25,15
2	26,12	28,94	31,76
5	30,65	33,93	37,21
10	32,74	36,54	40,35
25	34,84	39,33	43,81
50	36,15	41,12	46,09
100	37,31	42,74	48,17

T [años]	CORQUE		
	P24 [mm]		
	Xmin	X	Xmax
1,1	15,20	18,99	22,78
2	21,25	23,87	26,49
5	23,94	26,78	29,62
10	25,00	28,79	31,37
25	25,96	29,60	33,25
50	26,51	30,48	34,44
100	26,98	31,24	35,49

Para el análisis se tomaron los datos de P24 Max [mm], y un periodo de retorno de 25 años, para las estructuras de control como ser: Estructuras de regulación de caudales y defensivos.

Se obtuvo la precipitación de la cuenca, utilizando el método Raster – Modificado, que toma en cuenta la ponderación mediante el cuadrado del inverso de las distancias de cada una de las estaciones Pluviométricas, referidas al centróide de la cuenca.

Cálculo de la Pmax para un periodo de retorno T=25 años.

Método Raster – Modificado:

$$P = \frac{\sum \frac{1}{d_i^2} \cdot P_i}{\sum \frac{1}{d_i^2}}$$

Estación	Precipitacion Pi	Distancia di [Km]	di^2	P/di^2	1/di^2
CORQUE	33,2487	81,3374	81,3374	0,4088	0,0123
COSAPA	43,8548	36,3651	36,3651	1,2060	0,0275
HUACHACALLA	48,6688	48,3165	48,3165	1,0073	0,0207
HUAYLLAMARCA	43,8126	82,3000	82,3	0,5324	0,0122
SACABAYA	43,5187	41,0131	41,0131	1,0611	0,0244
TODOS SANTOS	45,6582	73,7246	73,7246	0,6193	0,0136
SUMA				4,8348	0,1106

$$P = \frac{\sum \frac{1}{d_i^2} \cdot P_i}{\sum \frac{1}{d_i^2}} = 43,7191 \quad (\text{mm})$$

Para la determinación del caudal a la salida de la cuenca, se ha subdividido la misma en 9 sub cuencas ya que se presentan varios tributarios a los cauces principales.

Sub Cuenca	Area [km2]	Longitud	Pendiente	Tc [min]	LAG	CN
1	2991,00	56307,44	2,14	1589,45	953,67	75
2	1769,00	55222,43	1,01	2091,87	1255,12	75
3	3135,00	80689,819	1,54	2376,00	1425,60	75
4	313,00	31668,454	2,19	1009,96	605,98	75
5	247,00	30487,45	0,28	2170,60	1302,36	85
6	137,00	30458,658	0,24	2311,31	1386,79	85
7	183,00	27643,678	0,18	2396,42	1437,85	85
8	321,00	29174,438	0,23	2260,92	1356,55	85
9	1449,00	54150,364	0,20	3802,82	2281,69	85
$\Sigma$	10545,00					

La compatibilización de los tipos de suelo geológico - grupo de suelo Hidrológico, se determinan mediante las características del suelo presente en el área de cada sub cuenca y el grupo de suelo Hidrológico, obteniéndose los valores que se muestran en el cuadro. También se requiere determinar los tiempos de concentración por cada sub cuenca, "El tiempo de concentración tc de una determinada cuenca hidrográfica es el tiempo necesario para que el caudal saliente se estabilice, cuando la ocurrencia de una precipitación con intensidad constante sobre toda la cuenca".

El tiempo de concentración se lo determino mediante la fórmula propuesta por KIRPICH (1940).

$$tc = 0.0078 \cdot L^{0.77} S^{-0.385}$$

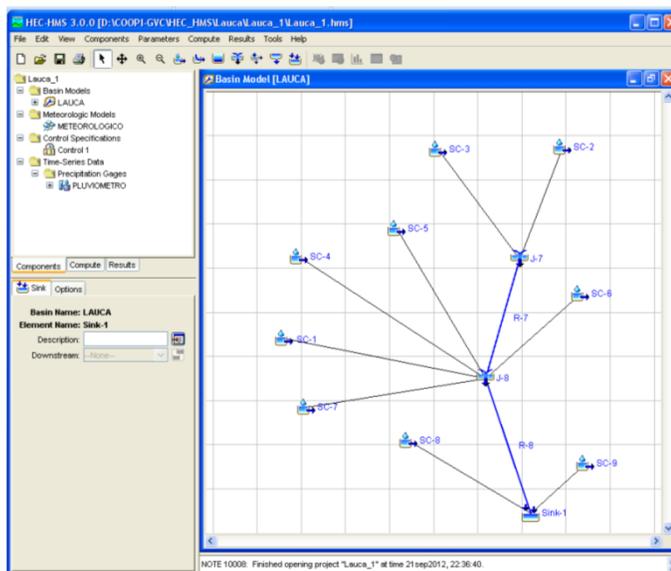
L : Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida [m].

S : Pendiente promedio de la sub cuenca.

Con el tiempo de concentración se procederá a determinar el valor del "Lag" que esta dado por :

$$\text{Lag} = 0.6 \cdot tc$$

Con estos datos se procede a la modelación de la cuenca mediante el método SCS, el cual nos permitirá determinar el caudal con el cual aporta cada sub cuenca y de la misma manera el caudal de diseño a la salida de la cuenca.



Para el presente estudio se ha modelado el proceso precipitación – escurrimiento del método del USSCS por medio del MODELO HEC – HMS.

Los caudales pico de cada sub cuenca fueron obtenidos con la modelación del HEC – HMS se presentan en la siguiente Tabla.

Sub Cuenca	Q [m3/s]
1	249,43
2	77,78
3	97,29
4	48,73
5	15,21
6	7,1
7	8,57
8	17,68
9	19,45

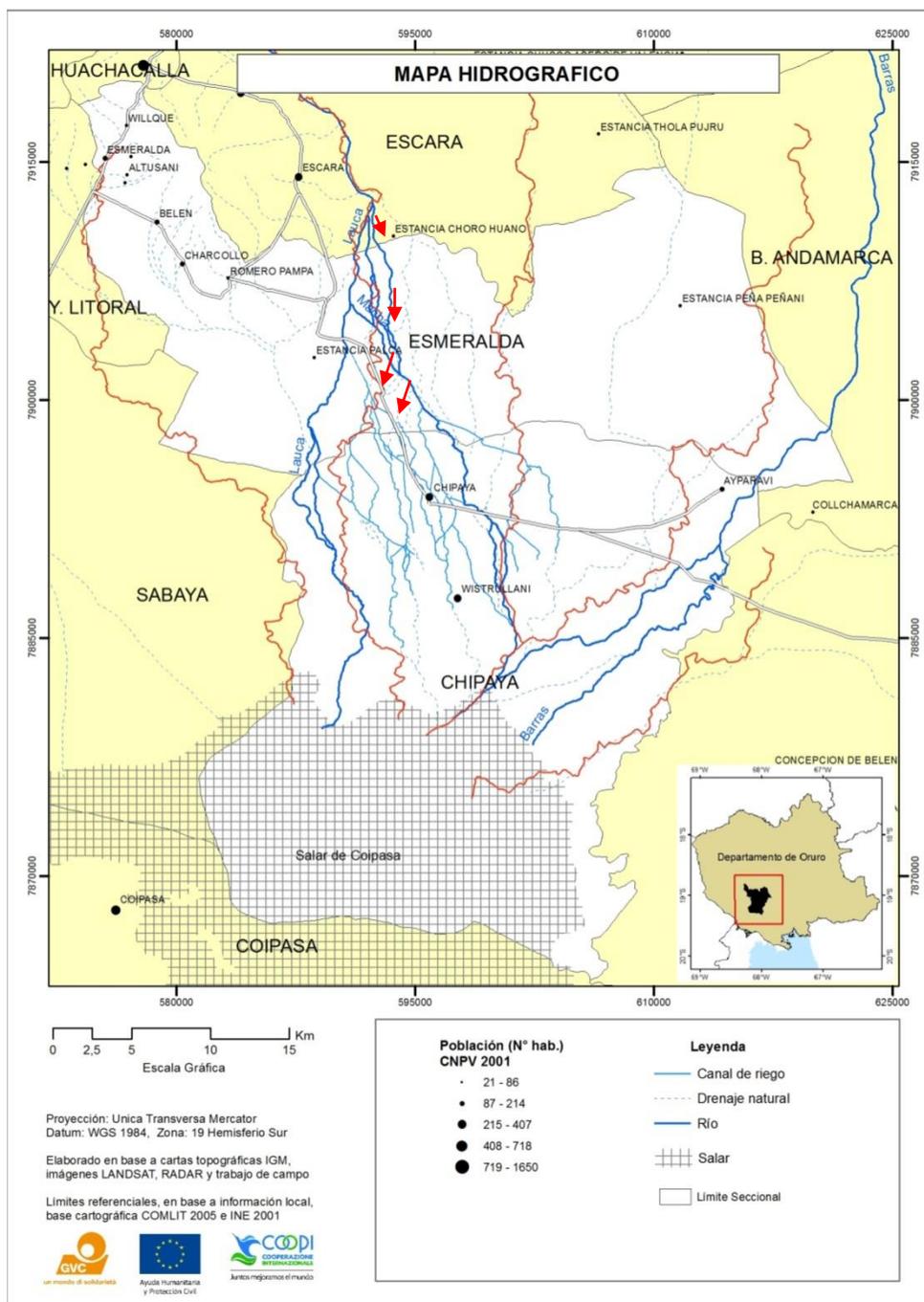
El caudal a la salida de la cuenca, el cual representa nuestro punto de control es de:

Caudal a la Salida de la Cuenca = 47.30 [m3/seg]

El caudal indicado, será el input para el diseño de obras de contención o defensivos.



el sector de las dunas tiene el rumbo suroeste, el camino hace la vez de dique que encausa el agua hacia la población de Chipaya, y el agua en varios sectores corta el camino siguiendo la pendiente del terreno.



Esta inundación generada tiene efectos benéficos para el sector este de la población de Chipaya, por que permite habilitar mayor superficie de suelo para la agricultura y mejora la producción de forraje.

Así mismo se observa que existe canales que conducen el agua hacia el sector este, próximo a la estancia Katawi, los cuales no utilizan favorablemente la pendiente del terreno, con el riesgo de sedimentarse y pone en riesgo la inversión que realiza la comunidad.

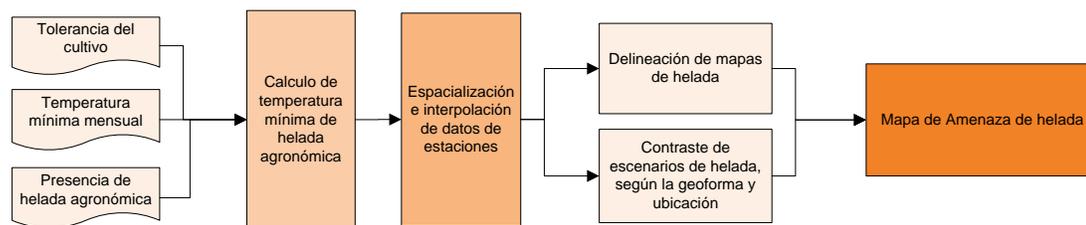
Ante ello se recomienda realizar canales utilizando la pendiente del terreno para evitar sedimentación y colmatación de los mismos, en relación a obras de infraestructura para el control de crecidas, se debe tomar en cuenta que los cambios de curso generados pueden ocasionar disputas entre los ayllus, por las ventajas y desventajas que esto implica.

En relación al camino de acceso vehicular a la población de Chipaya, se recomienda mejorar los drenajes que la atraviesan y elevar el terraplén del mismo, el drenaje debe respetar el curso natural del agua, delineada en los mapas con línea roja.

Considerando los objetivos del presente estudio, se concluye que la protección de zonas de producción, deben ir acompañadas de defensivos respetando los usos y costumbres de la población en relación al manejo de agua.

#### 4.1. Amenaza de Helada

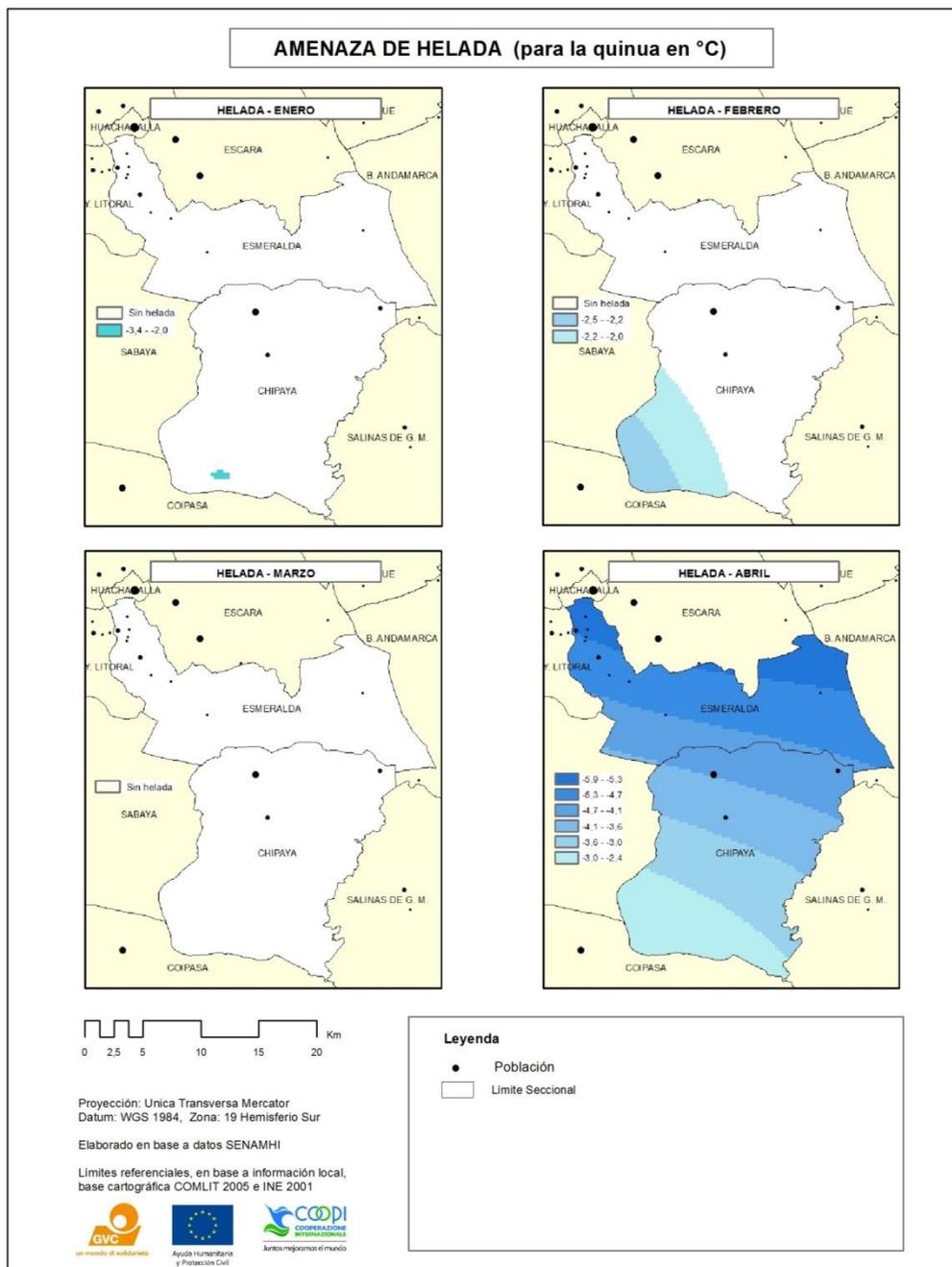
La Helada es un fenómeno atmosférico que se presenta cuando la temperatura del aire, desciende por debajo de cero grados<sup>6</sup>. El presente estudio conceptualiza la helada agronómica como el descenso de la temperatura del aire a niveles críticos para los cultivos, (el nivel crítico para la quinua está por debajo de los -2 a -4°C, según la variedad o ecotipo).

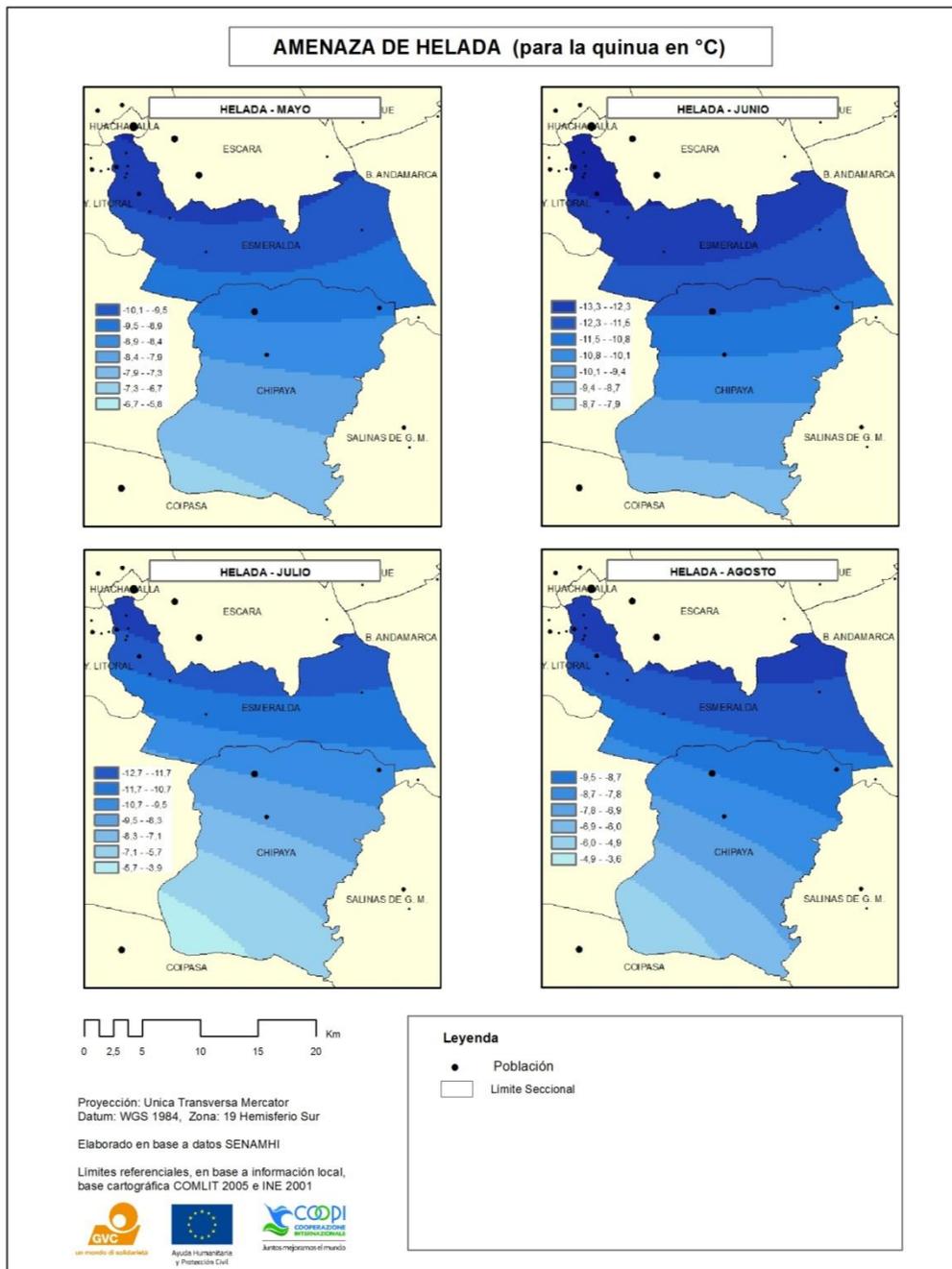


Modelo de Amenaza de Helada

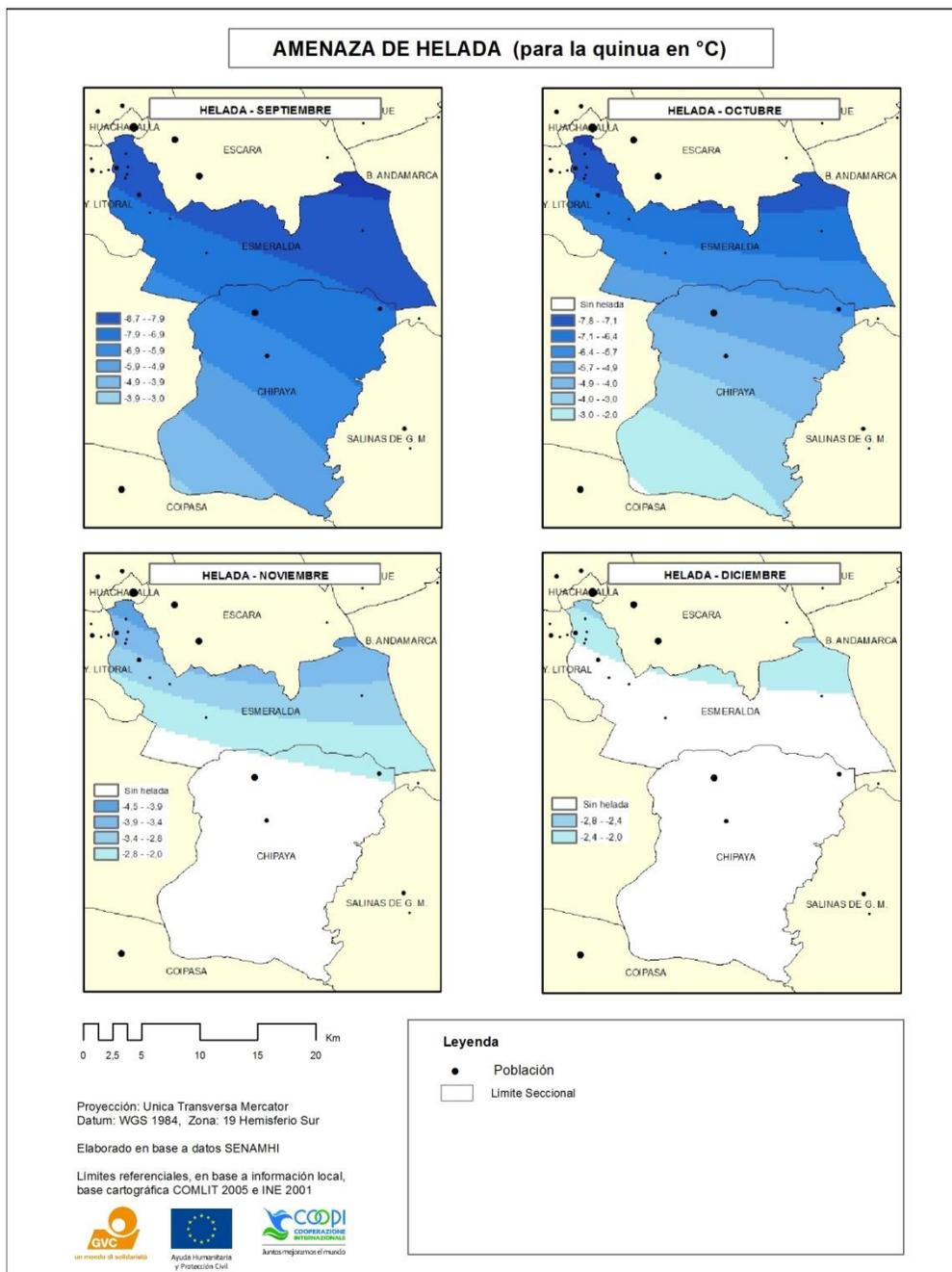
<sup>6</sup> Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Atlas de Heladas, Perú, 2005, 34p.

Se muestra que los meses de diciembre a marzo la quinua en la variedad real, se hallan sin amenaza de helada, lo que discrepa ligeramente con las entrevistas de campo, que indican que en marzo se han presentado heladas ocasionales, dañando el cultivo de la quinua que está en su fase de llenado de grano o grano lechoso.





Los meses de septiembre a noviembre, que son meses de siembra de la quinua, presentan niveles de helada, este fenómeno usualmente es muy ocasional, puesto que la plántula tarda aproximadamente un mes para la germinación con 2 o tres hojas por las condiciones de humedad del suelo y recién a los 2 meses inicia su carrera de desarrollo vegetativo.

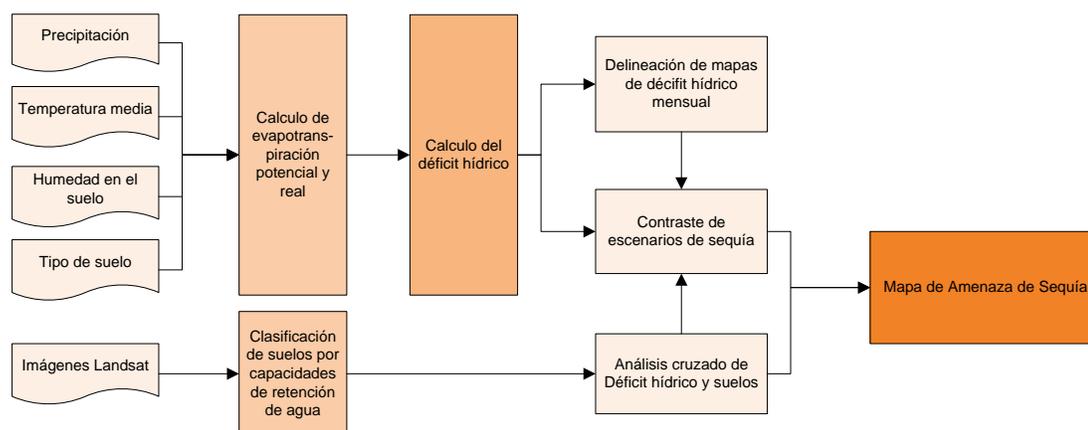
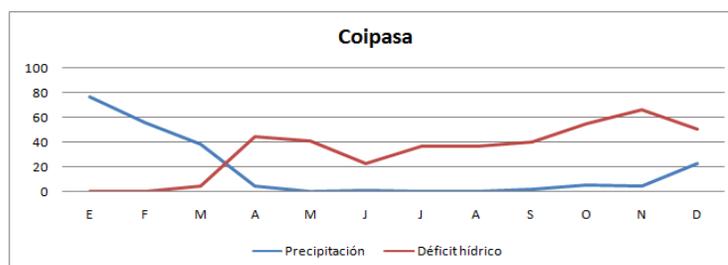


### 4.3. Amenaza de Sequía

Según la cartilla sequía (Encinas, S. 2008)<sup>7</sup> indica que sequía es cuando permanece sin llover mas tiempo del habitual y comienza a notarse la escasez del agua, originando hambruna, pérdidas económicas en la agricultura y grandes daños a los ecosistemas.

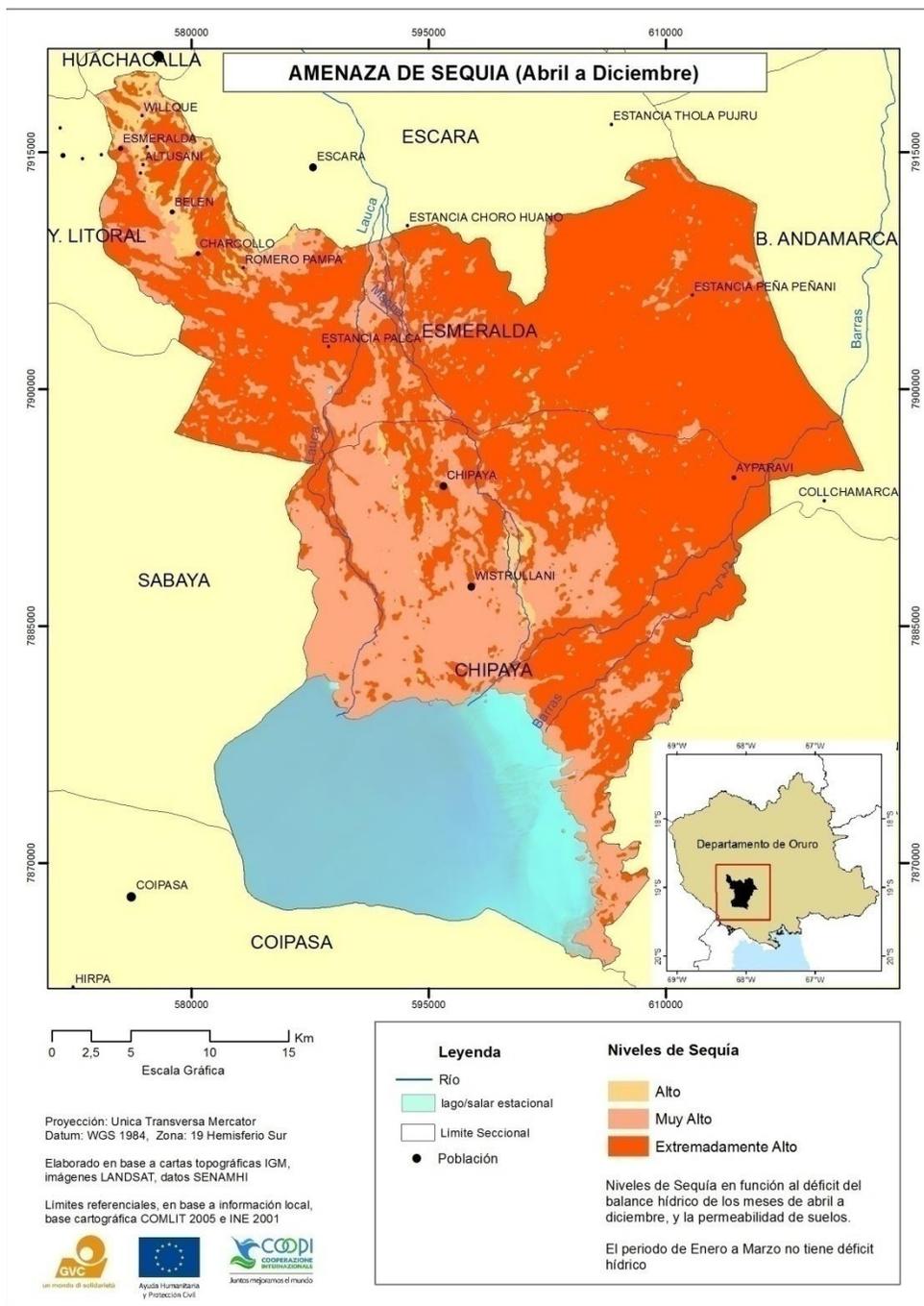
Sequía meteorológica y sequía agrícola, discutidos en la reunión de expertos de la OMM en Octubre de 1983 en Ginebra, apuntan hacia enfoques particulares (UNESCO, 1984). Herbst (1966) plantea que la sequía es definida por el uso que se le dá a la precipitación y generalmente es denominada "sequía meteorológica". Otros puntos de vista son tan generales que no dejan claro cuando estamos y cuando no, en presencia de una sequía.

Para fines de aproximación a la medición de la sequía agrícola, por convención en fisiología vegetal, cuando la planta no puede absorber la humedad del suelo, ingresa a un estado de stress hídrico y posteriormente inicia la marchitez, aunque la región de estudio alberga especies de alta tolerancia a este fenómeno, en la agricultura es determinante por que produce pérdida de rendimiento de la planta. El balance Precipitación-Déficit hídrico producto de la evapotranspiración, delinea el presente análisis.



Modelo de aproximación para amenaza de sequía

<sup>7</sup> Encinas Muninagic, Zdenka, Cartilla N°2 Sequía, Programa de Emergencia Bolivia 2008 AID 8896, Apoyo Integrado al Departamento de Oruro Afectado por el Fenómeno de la Niña GVC, 2008, 12p.



El escenario resultante muestra una alta correlación a los tipos de suelo, donde los meses de enero, febrero y marzo no presentan déficit hídrico y consiguiente sequía, por la ocurrencia de lluvias y almacenamiento en el suelo. Los meses de abril a diciembre como es

comprensible los suelos arenosos muestran un alto déficit hídrico extremadamente alto y no muestran condiciones adecuadas para el desarrollo de cultivos y forrajes.

Sin embargo en suelos contextura predominantemente arcillosa, por sus capacidades de retención de humedad y la proximidad a fuentes de riesgo promueven las posibilidades de producción agrícola y pecuaria, manteniendo latente una posibilidad muy alta de déficit de agua, que sin el manejo ancestral que realiza en pueblo Chipaya, no sería posible una agricultura, ni producción pecuaria.

El lameo nuevamente mejora las condiciones texturales y de fertilidad del suelo, junto al intrincado sistema de canales de riego, con usos y manejo ancestrales, haciendo que el sistema productivo tenga capacidades de resiliencia ante esta amenaza latente.

#### 4.4. Vulnerabilidades

La determinación de los niveles de exposición y la predisposición al daño de las amenazas presentes en la zona de estudio, ha sido realizada rescatando los elementos esenciales de susceptibilidad física o social para fines del presente estudio.

##### 4.4.1. Exposición de viviendas

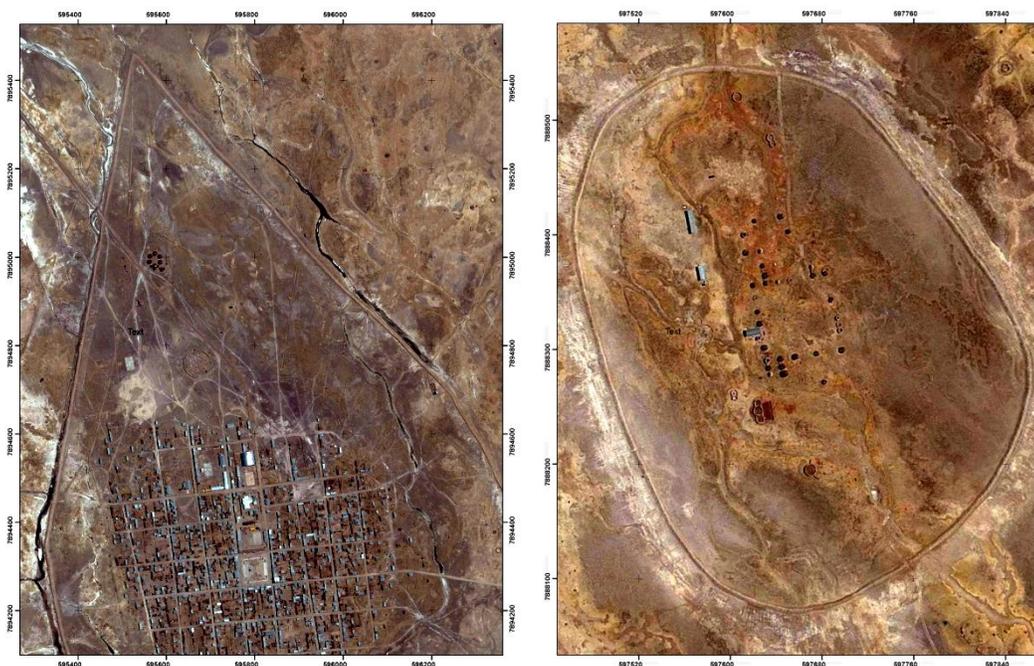
Las viviendas en la región se hallan dispersas en todo el territorio, existen diferentes tipos de construcciones, pero en su generalidad tienen características de alta fragilidad a la humedad.



Putucus (almacén), Wayllichas (vivienda), viviendas rectangulares y corrales

En el área rural de la región están emplazadas en su mayoría en zonas planas e inudables, aunque la elección del terreno de vivienda tiene una leve elevación, lo que permite su tolerancia, aunque estas quedan totalmente aisladas, están dispuestas en agrupaciones familiares (llamadas estancias) o de forma individual, estas tienen condiciones térmicas favorables para la época de invierno.

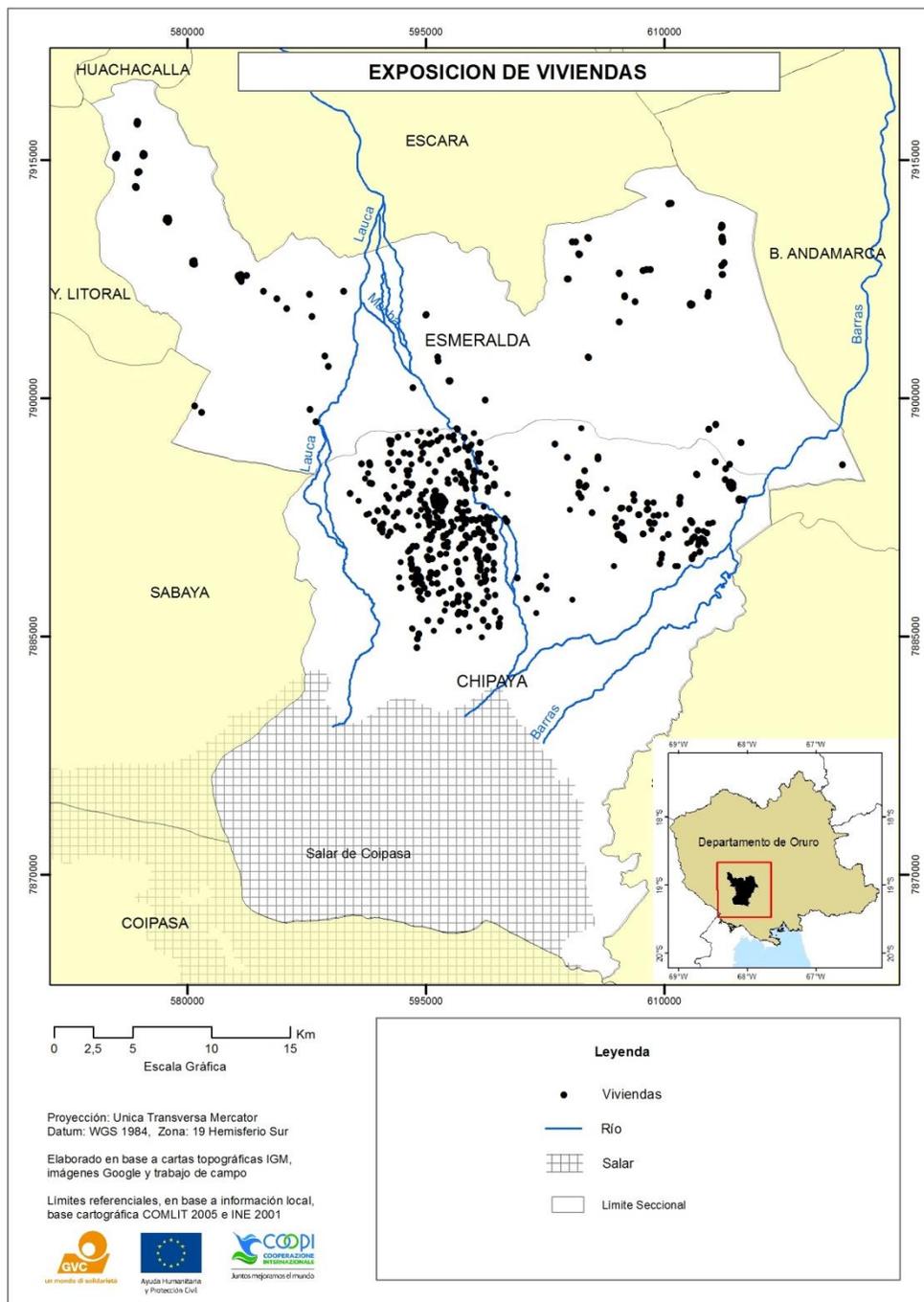
Las zonas urbanas de Chipaya y Wistrullani, tienen protección contra las inundaciones, con defensivos de tierra, reforzados con paja en los sectores de impacto con el agua, estos requieren mantenimiento.



Anillos de protección de las poblaciones urbanas de Chipaya y Wistrullani



Población urbana de Chipaya



Por la configuración de los sistemas productivos, se concluye que la posibilidad de trasladar las viviendas expuestas no es posible, la mayor parte de las viviendas del área dispersa son utilizadas para las épocas de pastoreo o cuidado del cultivo. La zona urbana debe constituirse en una zona segura, mejorando los defensivos, los drenajes, servicios básicos y los accesos vehiculares.

#### 4.4.2. Exposición de zonas de producción agrícola

Los cultivos en la región son predominantemente la quinua, la kañahua y la papa en sus variedades y ecotipos locales e introducidos. La actividad agrícola se desarrolla en suelos que requieren un manejo para mejorar la fertilidad, un 90% de la superficie es de quinua.

Los cultivos son los que presentan una alta vulnerabilidad a las amenazas locales como la inundación, estos tienen periodos fenológicos que son los que se exponen en magnitud y temporalidad.

#### Fenología de la quinua

ETAPA FENOLÓGICA	Días	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Siembra	0												
Emergencia	10												
Etapas cotiledonar	35												
Ramificación	58												
Inicio Panojamiento	68												
Panojamiento	78												
Inicio Floración	88												
Floración	103												
Madurez	105												
Madurez Fisiologica	190												
Cosecha	210												
<b>AMENAZAS</b>													
Inundación													
Helada													
Sequía													

Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y evaluación de amenazas

#### Etapas de mayor vulnerabilidad en la quinua, para la sequía

##### Ramificación<sup>8</sup>

Ocurre normalmente en Noviembre, cuando la siembra se realiza en Septiembre. Se observa hojas verdaderas extendidas y se nota la inflorescencia.

##### Panojamiento

En el mes de Diciembre, ya se forman los glomérulos de la inflorescencia y se forma la panoja como tal, es susceptible a la helada y sequía, además de plagas (gusano Q'ona q'ona). En la zona se inician las inundaciones que también



<sup>8</sup> SEPHU, Cultivo de la Quínu, grano dorado tesoro de los quechuas y aymaras, REvista informativa, Zaragoza, 2010.

pueden eliminar al cultivo por la debilidad del tallo se puede producir el acame y pudrimiento de raíces por la alta humedad.

### **Etapas de mayor vulnerabilidad en la quinua, para la inundación**

#### *Inicio de la floración*

En esta etapa el cultivo presenta la flor que se abre mostrando los estambres separados, ocurre entre diciembre y enero, en esta fase es sensible a la sequía y helada meteorológica.



#### *Floración*

En esta etapa, más de la mitad de las flores se encuentran abiertas y en plena polinización, es vital para que luego se formen los granos, esta etapa también es sensible a la helada meteorológica y sequía.

#### *Madurez y Madurez Fisiológica*

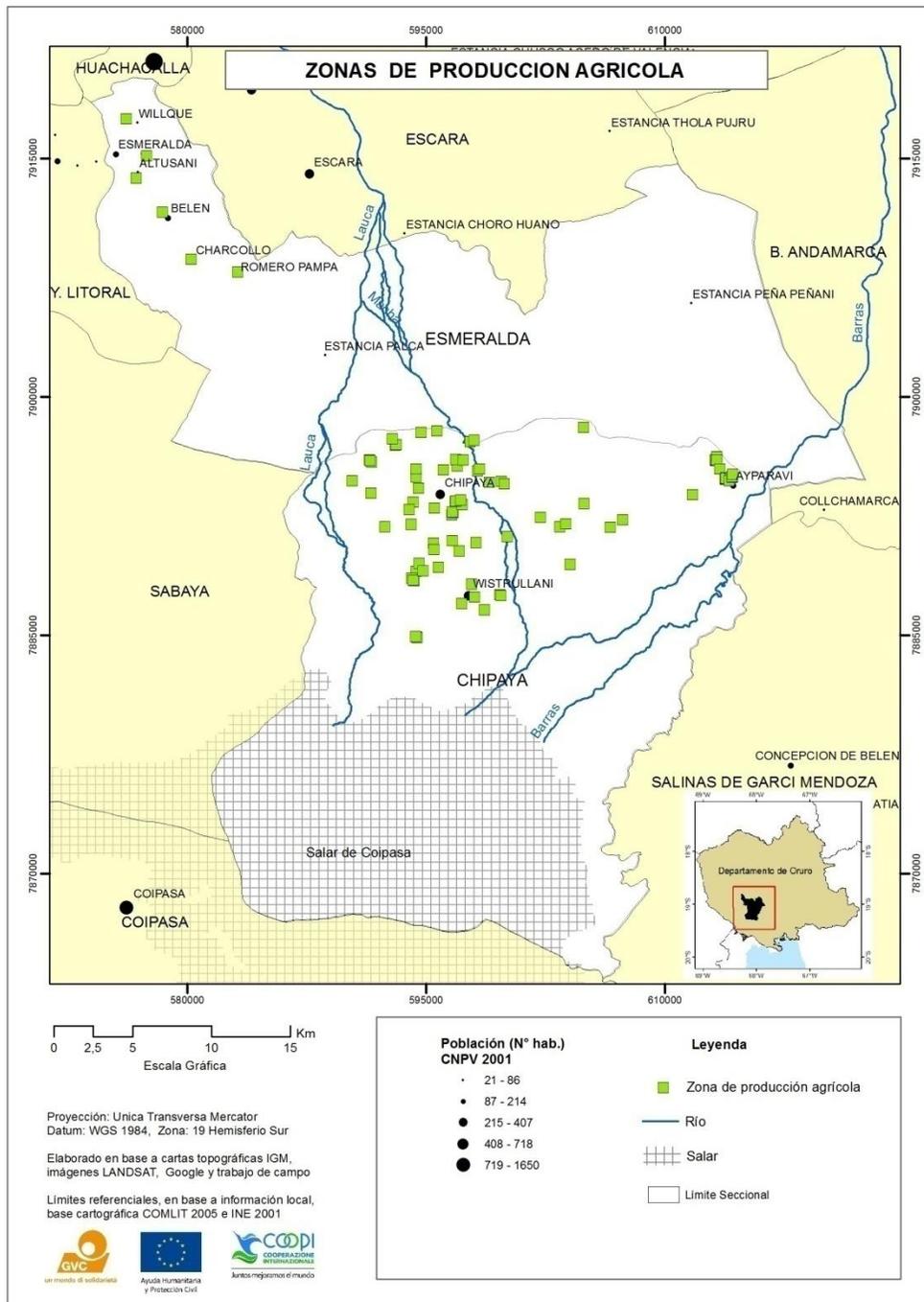
Pasa por el estado lechoso y luego pastoso del grano y llega a la madurez fisiológica con el grano duro y resistente.

En esta fase, solo cuando la intensidad de la inundación produce el acame de la planta, o la planta quede bajo agua y/o bajo sedimentos y periodos durante muy largos de inundación (10 días), es puede producir daño a la planta y a la producción.



En el mes de Enero del año 2012, se ha producido en dos oportunidades crecidas del río Lauca, que por la baja protección, fueron dañadas en inicio de la floración y floración, produciendo por la excesiva humedad y acame una pérdida de casi el total de los sembradíos.

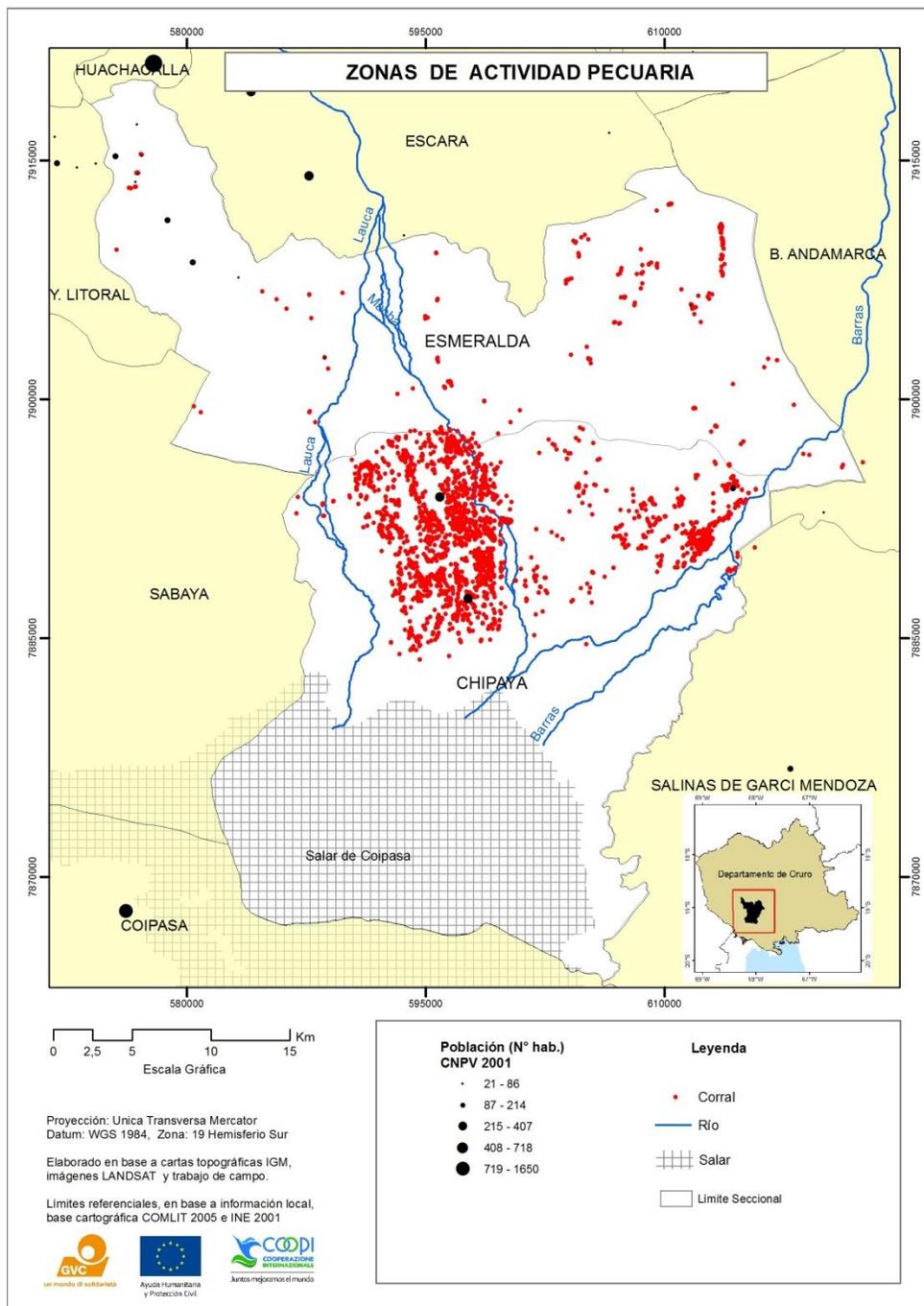
Considerando que la mayor parte de las zonas de cultivo se encuentran ubicadas en zonas planas (en el mismo delta del río), las mismas deben ser protegidas anualmente con defensivos para garantizar la cosecha, la ubicación de los cultivos es decidida uno a dos años antes se la siembra, por lo que es posible aplicar el método tradicional de protección con defensivos de tepes.



#### 4.4.3. Exposición de zonas de producción pecuaria

La producción pecuaria se halla en superficies intercaladas con la producción agrícola, las superficies que fueron sometidas a mejora de fertilidad por lameo y lavado de sales, son las mismas, con la diferencia que en estas áreas el pasto ch'iji o grama salada (distichtis

humilis), crece con mayor vigorosidad. Los corrales y pasturas están ubicados en su mayoría en la playa de inundación como muestra el mapa.



El ganado mayoritario es el ovino, luego el camélido que aprovechan las pasturas que naturalmente desarrollan en el lugar. De acuerdo a las estaciones el calendario de producción ganadera es el siguiente:

ACTIVIDADES GANADERAS		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Alimentación en corral													
Pastoreo en praderas													
Sacrificio o faeneado													
Parición													
Trasquilado													
Elaboración de queso de oveja													
AMENAZAS													
Inundación													
Helada													
Sequía													

Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y evaluación de amenazas

Se concluye que durante los meses con inundaciones (crecidas dura de 2 a 10 días), la principal amenaza es la pérdida de animales cuando estas no alcanzan a protegerse a un lugar seco, se mojan y mueren por enfriamiento y cuando el forraje está cubierto de agua. Esta situación puede ser prevista con un sistema de alerta que permita al ganadero trasladar a su rebaño a zonas que no son inundadas y con disponibilidad de forraje.

Las zonas que fueron inundadas temporalmente, son una fuente de forraje apetecido por el ganado en su mayor tiempo, esta humedad por ascenso capilar saliniza las pasturas gradualmente, lo que genera que el ganado evite su consumo e ingrese a un proceso de desnutrición (principalmente las crías que no están acostumbradas al consumo de pastos salinos). Eventualmente la población riega los pastizales 1 o 2 veces al año para promover el rebrote de pastos y lavar las sales y mejorar el consumo del ganado.



En época de estiaje el ganado solo dispone de pasturas a orillas de los ríos y canales, los animales buscan raíces de gramíneas (pasto o grama) para su alimentación, escarban el suelo arenoso con las pesuñas, esta actividad no pueden realizar los terneros, por lo que la mortandad es alta en octubre y noviembre, Así mismo este consumo de raíces no puede

realizar el ganado camélido, que más bien busca su alimento en las praderas de tholares y pajonales.

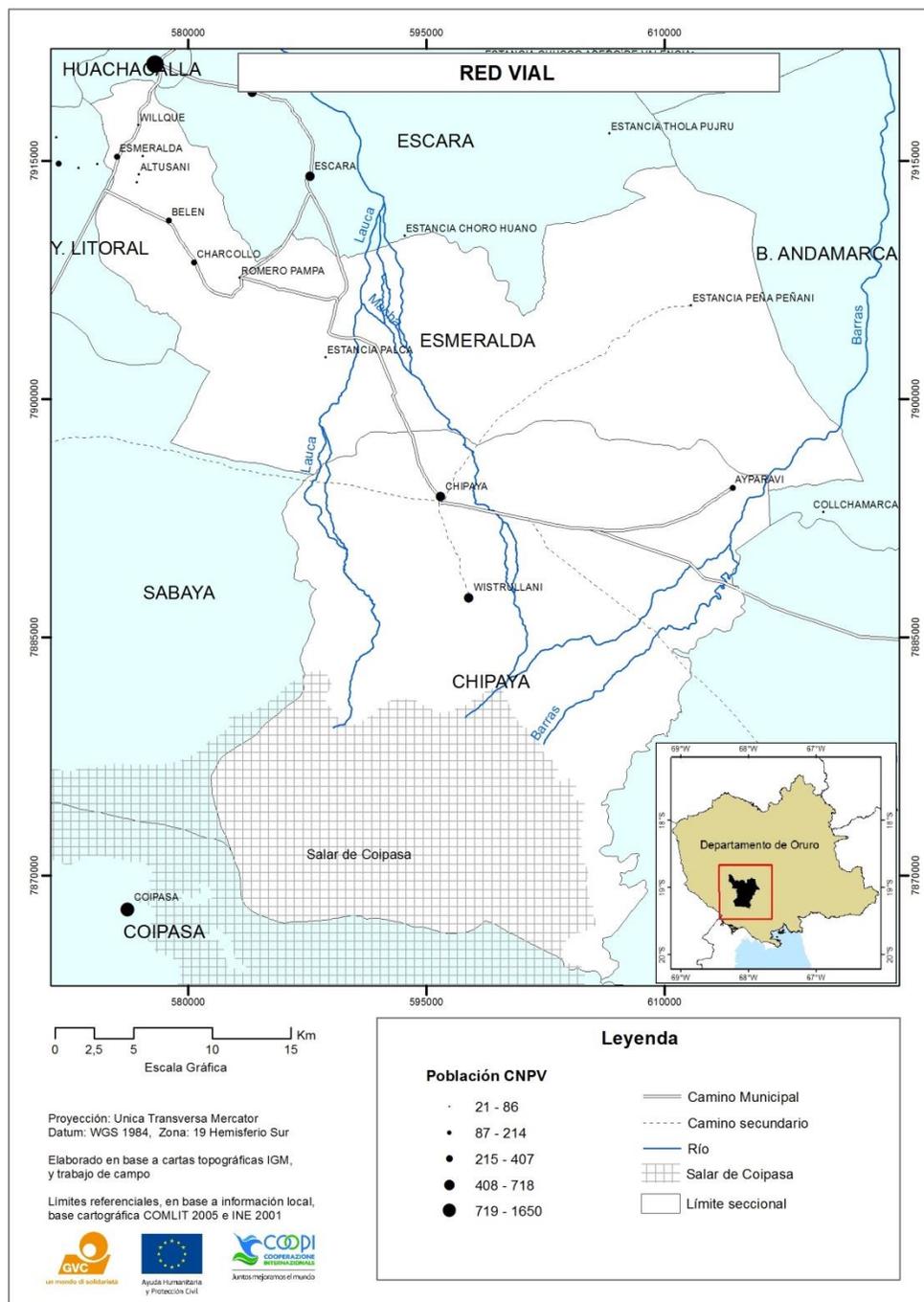
Como estrategia para producir forraje en época seca, se observa el uso de melgas de irrigación, que son espacios inundables, esta actividad requiere de trabajos adicionales para conformar diques o defensivos y luego conducir el agua por los canales hacia esos espacios, que mejoran su producción de forraje, estas actividades están siendo dejadas de lado por su laboriosidad y la reducción de zonas de pastoreo.

Se requiere un estudio a detalle de las propiedades nutritivas de las partes radiculares de las plantas, además de determinar la cantidad de biomasa generada en los gramadales salinos, esto para determinar la capacidad de carga animal para esas condiciones, actualmente se utiliza a cabeza 0.5 has.

#### **4.4.4. Exposición de Infraestructura básica**

##### **red vial**

En la actualidad solo las poblaciones urbanas cuentan con equipamiento básico y caminos con accesibilidad mediana, esta situación se agrava en condiciones de aislamiento, cuando la inundación cubre los principales accesos a las poblaciones y deja aislada a la población, para suministro de combustible, energía eléctrica y alimentos.



## Unidades educativas

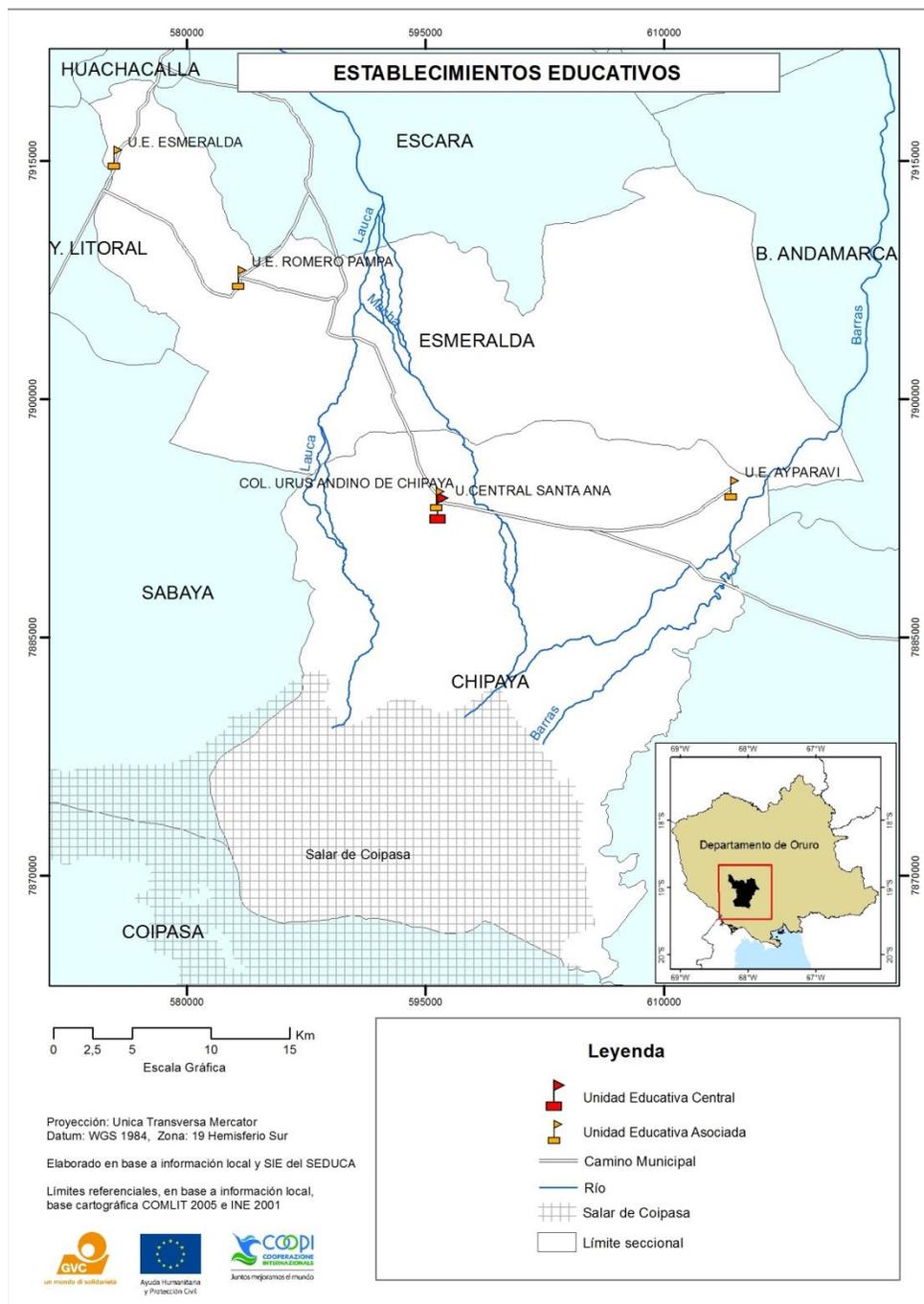
El sistema educativo fiscal en la región cuenta con solo 5 unidades educativas

Municipio	Población Edad Escolar 2011	Población Escolarizada 2011	Tasa de escolaridad %
Chipaya	845	419	49,5
Esmeralda	519	19	3,6
Total	1364	438	32,1

Fuente: SEDUCA - Oruro

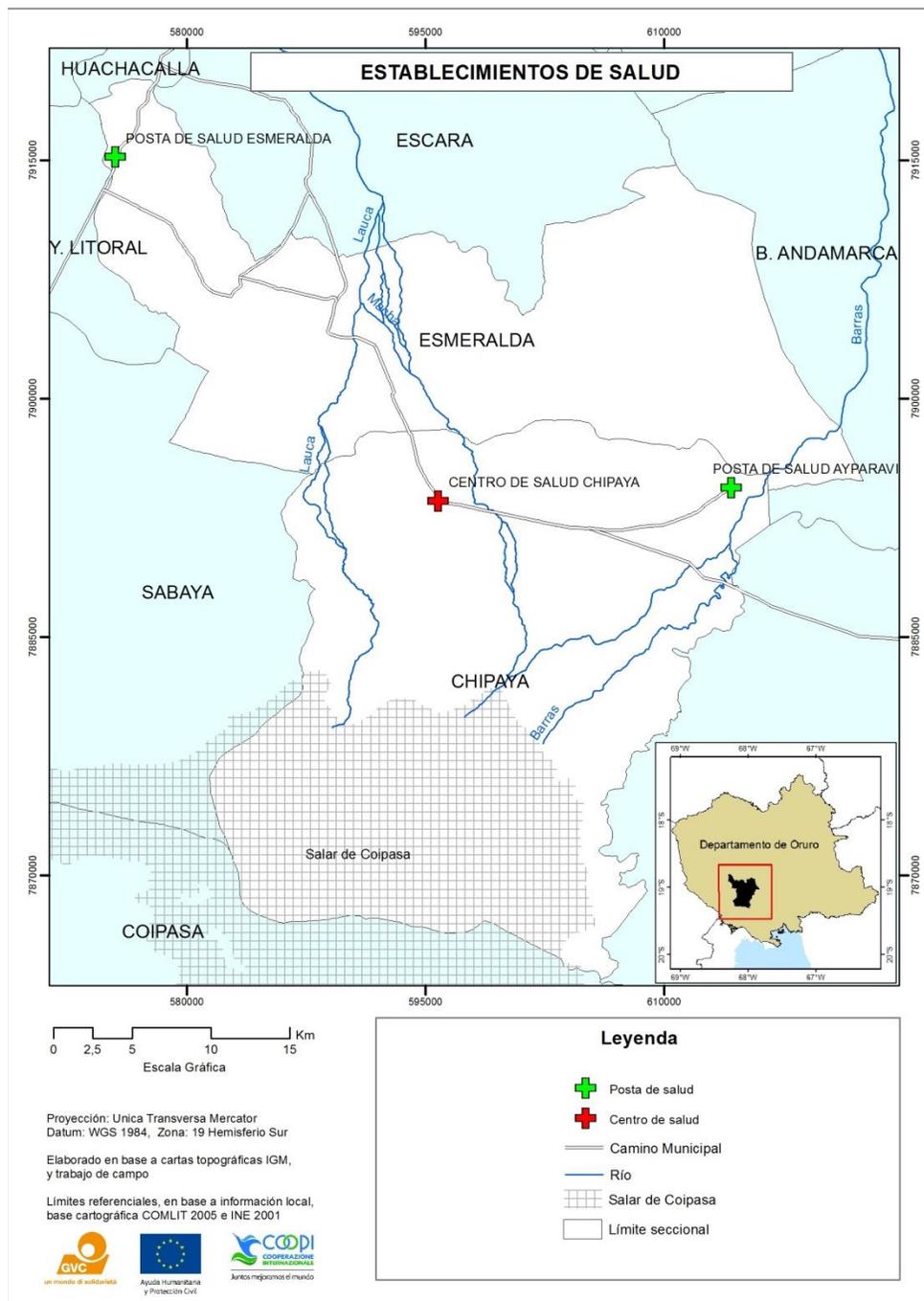
De una población en edad escolar de 1.364, actualmente solo asisten 438, lo que significa solo el 32% de tasa de escolaridad, aspecto que limita a la sociedad joven mejorar las condiciones de calidad de vida, esta situación se agudiza al analizar al municipio de Esmeralda que solo tiene el 3.6% de la población en edad escolar estudiando. Así mismo se atribuye este ausentismo a que mucha población en edad escolar, recurre a otros municipios vecinos para su formación escolar.

Ambos municipios fueron declarados libres de analfabetismo el año 2007, este aspecto no se considera como una variable que incida en la vulnerabilidad, considerando que el problema radica ahora en el analfetismo funcional.



## Centros de salud

Actualmente solo se cuenta en la zona con un Centro de Salud y dos postas sanitarias, la población en caso de enfermedad recibe atención médica de tercer nivel, es decir medicina general y odontología.



#### 4.4.5. Servicios Básicos

El año 2001 según el Censo Nacional de Población y Vivienda, la cobertura de servicios era muy baja, según se observa la tasa de cobertura de servicios.

Población	Agua por cañería	Serv. sanitario	usa energía electric
Aranzaya	1,1	10,1	0,0
Ayparavi	4,5	2,2	0,0
Ayllu Manasaya	1,1	50,6	1,1
Ayllu Union Barras	14,6	0,0	0,0
Chipaya	127,0	9,0	5,6
Vestrullani	1,1	1,1	0,0
Romero Pampa	19,1	27,0	5,6
Esmeralda	121,3	10,1	96,6
Belen	47,2	9,0	34,8
Peña Peñani	0,0	1,1	0,0

En el municipio de Esmeralda cuenta con red de distribución de agua en Romero Pampa y Esmeralda, en el Municipio de Chipaya se tiene cobertura en las dos poblaciones importantes, Chipaya y en Ayparavi, la población de Wistrullani no cuenta con servicio de agua por cañería.

En ninguna de las poblaciones se cuenta con un sistema de alcantarillado, aunque si se tiene letrinas ecológicas en las áreas urbanas.

Se cuenta con el servicio de energía eléctrica en las poblaciones de Chipaya, Ayparavi, Romero Pampa, Esmeralda y Belen, cubriendo a la mayor parte de la población en áreas urbanas. Existe un servicio de provisión de paneles solares con un proyecto de rescate<sup>9</sup> y uso de energía limpia para las áreas dispersas.

La señal telefónica de ENTEL tiene una cobertura total en el municipio.

<sup>9</sup> ADTC Khapaj Ñan, Diagnóstico Situacional del Territorio, 2011

## 5. PROPUESTA DE MITIGACION DE LA INUNDACION

### 5.1. Análisis del problema

Los desbordes recurrentes en el delta del río Lauca, debido a los incrementos de caudales y consiguiente elevación del tirante del cauce principal, produce que las áreas productivas, redes viales y servicios básicos se vean interrumpidos, en estas condiciones las comunidades sufren inundaciones las cuales producen pérdidas socioeconómicas considerables a la población.

La propuesta de mitigación está dirigida a reducir el efecto de las inundaciones. La población beneficiada con el proyecto alcanza a 2231 personas agrupadas en aproximadamente 446 familias de los Ayllus Manasaya, Arnasaya y Wistrullani del Municipio de Chipaya. La implementación de los diferentes defensivos tendrá un impacto positivo a corto y mediano plazo que beneficiara los productores, generando seguridad alimentaria.

### 5.2. Consideraciones para selección de obras de mitigación

A fin de orientar las obras de mitigación, con objetivos de obedezcan a las necesidades de la población, se ha seleccionado 3 propuestas, bajo los siguientes criterios:

- Seguridad alimentaria
- Factibilidad técnica económica
- Complementariedad con conocimientos locales
- Cuidado ambiental
- Beneficio social

*Seguridad alimentaria*, uno de los propósitos principales a mediano y corto plazo, es la de garantizar la provisión de alimentos a la población, consistiendo en la producción segura de quinua cañahua y papa, además de proteger las zonas de pastoreo.

*Factibilidad técnica económica*, considerando las circunstancias de emergencia en la que se realiza la presente evaluación y la disponibilidad de recursos del proyecto, así como recursos municipales, se ha dimensionado la magnitud de las obras, de manera que la ejecución esté garantizada para la protección de al menos 400 has productivas.

*Complementariedad con conocimientos locales*, revalorizando los conocimientos locales, se ha realizado de manera coordinada, la priorización y determinación de la magnitud de los defensivos, respetando los trazos ancestrales de defensivos, manejo propio y utilizando tecnología que optimice en tiempo y recursos la protección necesaria de las zonas de producción.

*Cuidado ambiental*, a fin de reducir al mínimo el impacto de las obras, el diseño de las propuestas recupera el espíritu ambiental. utilizando material no contaminante, conocimientos locales y diseño que no altera el curso de ríos, ni drenajes naturales y establecidos.

*Beneficio social*, se ha considerado garantizar la cosecha de alimento y semilla 2013, además del mantenimiento de zonas libres de inundación, el beneficio está dirigida al productor agropecuario de los ayllus Aransaya, Manasaya y Wistrullani.

### 5.3. Acciones identificadas y priorizadas

Se han identificado tres obras de infraestructura en lugares diferentes:

#### **Propuesta 1: Construcción de defensivos y diques para la protección de áreas de producción 2012 - 2013, ayllus: Manasaya, Aransaya, Wistrullani**

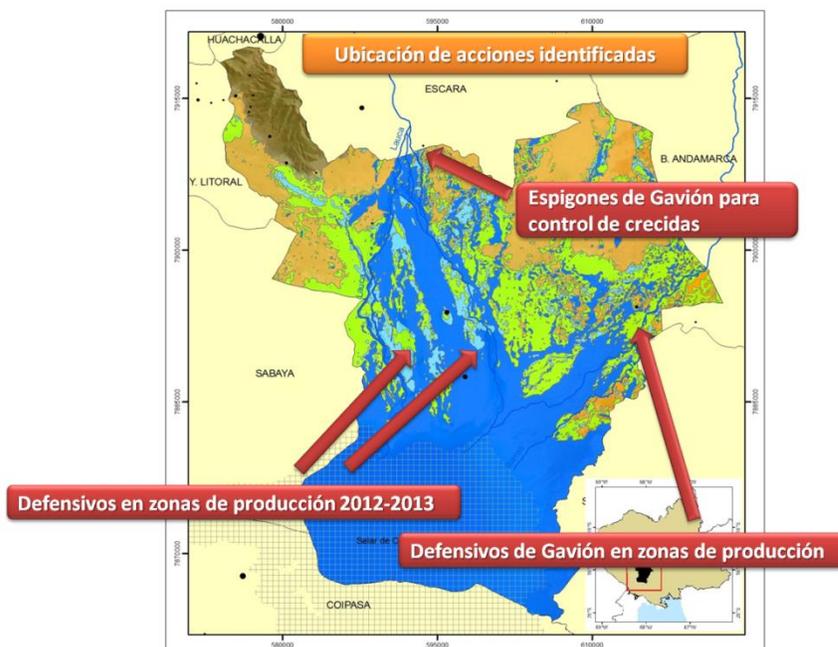
Se halla en la zona productiva de los Ayllus Aransaya, Manasaya y Wistrullani, protegiendo aprox. 883 has, las cuales ya están sembradas. Consiste en defensivos de tierra compactada y mejorada, que rescata el trazo de los defensivos ancestrales, refuerza los trabajos realizados con tepes en zonas críticas donde el agua de las crecidas daña y corta los defensivos.

#### **Propuesta 2: Construcción de defensivos de gavión para la protección de áreas de producción en el ayllu de Ayparavi**

Se halla ubicada en el Ayllu Ayparavi, en el sector de la dunas de arena, protegiendo 198 has de cultivo, la cual será sembrada la gestión 2013-2014, consiste en estructuras de gavión que combina la conformación convencional con el uso de arena del lugar, confinándolo con materiales resistentes a las condiciones climáticas de la zona y dejando espacios libres para el lameo en época de lluvia.

#### **Propuesta 3: Obras de protección y encauzamiento para épocas de crecida**

Esta estructura está diseñada para re direccionar la crecida del río Lauca, consiste en gaviones emplazados en la playa sedimentaria y tiene el diseño y dirección para llevar el agua a su cauce original, reduciendo el caudal de agua que deteriora el camino de Acceso a la población de Chipaya y el caudal que inunda las zonas de producción.



Los perfiles de proyecto en detalle, se hallan Anexo al presente documento

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se ha identificado participativamente las medidas de protección de zonas productivas, a fin de garantizar la seguridad alimentaria de la población y que sean ambientalmente amigable.
- El manejo de la inundación en la zona requiere de un manejo integral de la cuenca del río Lauca.
- El territorio del municipio de Chipaya tiene una alta vulnerabilidad a la inundación, exponiendo viviendas, corrales, ganado, cultivos agrícolas y vías de acceso.
- El manejo hidráulico en la región, tiene con la inundación un efecto benéfico para la producción agropecuaria, la mejora de la fertilidad de suelos, el lavado de sales (inundación en melgas) y la generación de praderas de pastoreo, junto a la caza y pesca muestran una alta adaptación del sistema productivo al medio.
- El sistema de riego Chipaya ha generado una cultura con capacidades de resiliencia y saberes para la conducción del agua a zonas productivas y la realización de defensivos ancestrales para la protección de las mismas zonas. Debido a la de recurrencia de eventos extremos en los últimos años, estos eventos han superado las capacidades locales, este sistema de producción está en riesgo, ya que las generaciones actuales prefieren migrar antes que lidiar con estos eventos.
- La implementación de obras hidráulicas para el control de crecidas, debe contemplar los intereses de la población y debe considerar los efectos que estos podrían desencadenar. Los altos niveles de arrastre de sedimentos y la baja resistencia de los suelos a la erosión puede generar cambios cursos del agua (ejemplo: Efectos visibles que produce el terraplén del camino a la población de Chipaya, que ha desarrollado cambios en el curso natural del río).

- El camino de acceso a la población de Chipaya, ejerce una modificación al drenaje natural de las aguas de la crecida, esta acción lo realiza desde el puente vehicular, represando el río y conduciendo el agua hacia el este, de manera contraria a su cauce natural. El camino ejerce la vez de dique que conduce el agua hacia la población, evitando que fluya en el sentido de la pendiente propia del terreno, esto se evidencia cuando las aguas intentan atravesar el camino en diferentes lugares, para ello se puede mejorar el drenaje con la apertura de tubos u otros que liberen la energía acumulada en el lado este del camino.

## RECOMENDACIONES

- Implementar las obras de control hidráulico identificadas, a fin de reducir el impacto de las inundaciones en la región.
- Se recomienda realizar estudios a mayor detalle en los siguientes temáticas:
  - Estudio de suelos a fin de optimizar el uso de los mismos
  - Levantamiento topográfico y batimetría, para mejorar el manejo hidráulico
  - Estudio de manejo integral de la cuenca del río Lauca
  - Realizar un plan de eliminación de residuos sólidos y educación ambiental
  - Evaluar la biomasa de forrajes en épocas de estiaje y períodos críticos
- Implementar acciones de reforestación de flora nativa para la conservación de suelos y uso de recursos como la paja y otros
- Realizar monitoreo de caudales, niveles de agua y sedimentación del río Lauca.
- Realizar el plan de uso de suelos, a fin de incorporar como política municipal la conservación de los recursos suelo, flora y agua
- Implementar una estación climática e hidrológica a fin de contar con información climática local, que permita plantear soluciones para mejorar el manejo del medio productivo.
- Gestionar un proyecto para mejorar las vías de acceso respetando y mejorando los drenajes naturales que actualmente se encuentran alterados y modificados.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ADTC Khapaj Ñan, Diagnóstico Situacional del Territorio Chipaya, 2011

Cruz Alí, Lady; Sossa, Gabriela; Titirico, Edgar, Construcción de relaciones idf para las estaciones pluviográficas del departamento de Oruro a partir del método de las curvas tipo, Cuadro 4.1, Cuadros 10.43 al 10.61, Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH), 2011.

Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica (2000), HEC-HMS Hidrologic Modeling System: Technical Reference Manual.

Decreto Supremo N° 1145, declara Emergencia Nacional por la presencia de inundaciones, riadas, granizada, desbordes de ríos, deslizamientos y heladas, provocadas por variaciones climáticas del Fenómeno de La Niña 2011-2012

Decreto Supremo N° 26739, Reglamento General de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias, 4 de Agosto del 2002

Encinas Muninagic, Zdenka, Cartilla N°2 Sequía, Programa de Emergencia Bolivia 2008 AID 8896, Apoyo Integrado al Departamento de Oruro Afectado por el Fenómeno de la Niña GVC, 2008, 12p.

Ley N° 2140, Ley para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres, 25 de Octubre del 2000

Juan P. Martín Vide, Ingeniería de Ríos, 2003

Montes de Oca, Ismael, Geografía y Recursos Naturales de Bolivia, 1989, 341p

Montaño José Luis, Curvas de intensidad-duración-frecuencia, Seminario Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH), Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica, 1992.

Rocha Felices, Arturo, Consideraciones sobre las defensas fluviales a base de espigones, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Civil AREQUIPA 2007.

SEPHU, Cultivo de la Quínu, grano dorado tesoro de los quechuas y aymaras, Revista informativa, Zaragoza, 2010.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Atlas de Heladas, Perú, 2005, 34p.

Ven Te Chow, Hidrología Aplicada, 1994.

## 8. ANEXOS

Perfil de Proyecto 1: Construcción de defensivos y diques para la protección de áreas de producción 2012 - 2013, ayllus: Manasaya, Aransaya, Wistrullani

Perfil de Proyecto 2: Construcción de defensivos de gavión para la protección de áreas de producción en el ayllu de Ayparavi

Perfil de Proyecto 3: Obras de protección y encauzamiento para épocas de crecida