



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

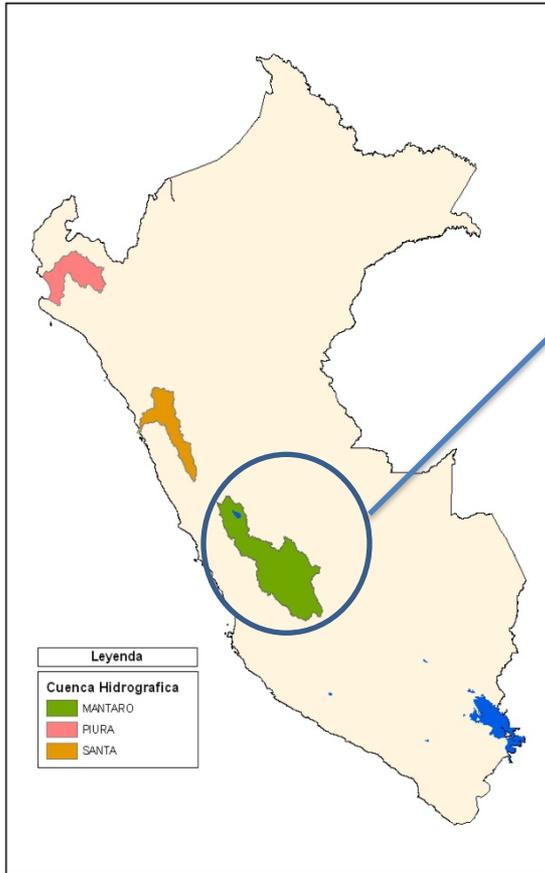
Instituto  
Geofísico del Perú

# El clima en el valle del Mantaro, variabilidad y cambio climático

Yamina Silva

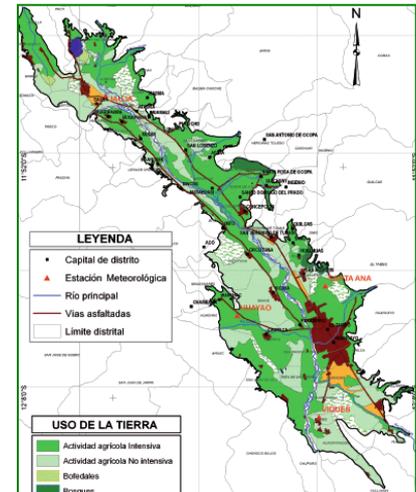


# ¿Porqué la cuenca del río Mantaro?



- La cuenca abastece con el 34,3% de la demanda del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN);
- Población que supera los 700,000 habitantes.

- El valle, gran producción agrícola que provee de alimentos a Lima;
- El 80% de la agricultura es a seco (sin irrigación).



# Notivación institucional

## Observatorio de Huancayo

- El IGP nació en Huayao
- Altitud: 3330 msnm
- Estación climatológica de Huayao
- Periodo de datos: 1921 - presente



# Contenido

1. Estudios realizados en el valle del Mantaro
2. Variabilidad del clima en el valle del Mantaro
3. Proyecto Andes Plus Perú
4. Perspectivas para investigaciones futuras en el valle del Mantaro.

# Línea de tiempo: Estudios en la cuenca del río Mantaro

- Proyectos ejecutados por el IGP
  - Proyectos ejecutados por otras instituciones
- Fuentes: Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC, 2011; IGP (2012).



Evaluación local integrada en la cuenca del río Mantaro

Adaptación al impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA BM/CAN

Vulnerabilidad al cambio climático de los ecosistemas andinos  
INIA / U. De Cornell

Escenarios 2100  
SENAMHI



MAREMEX

V&A Jauja  
GRADE



Pronóstico estacional del clima para su aplicación en la agricultura en el valle del Mantaro INAGRO

AndesPlus Perú

Fortalecimiento de capacidades para la adaptación al CC en la región Junín SNIP 75193  
GORE Junín



Implementación de medidas de adaptación  
MINAM/BID

Derretimiento de glaciares y sostenibilidad del agua

2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014

Manuel Duarte

Creación del Grupo Técnico de CC

Estrategia Regional de Cambio Climático

Política Regional del Ambiente

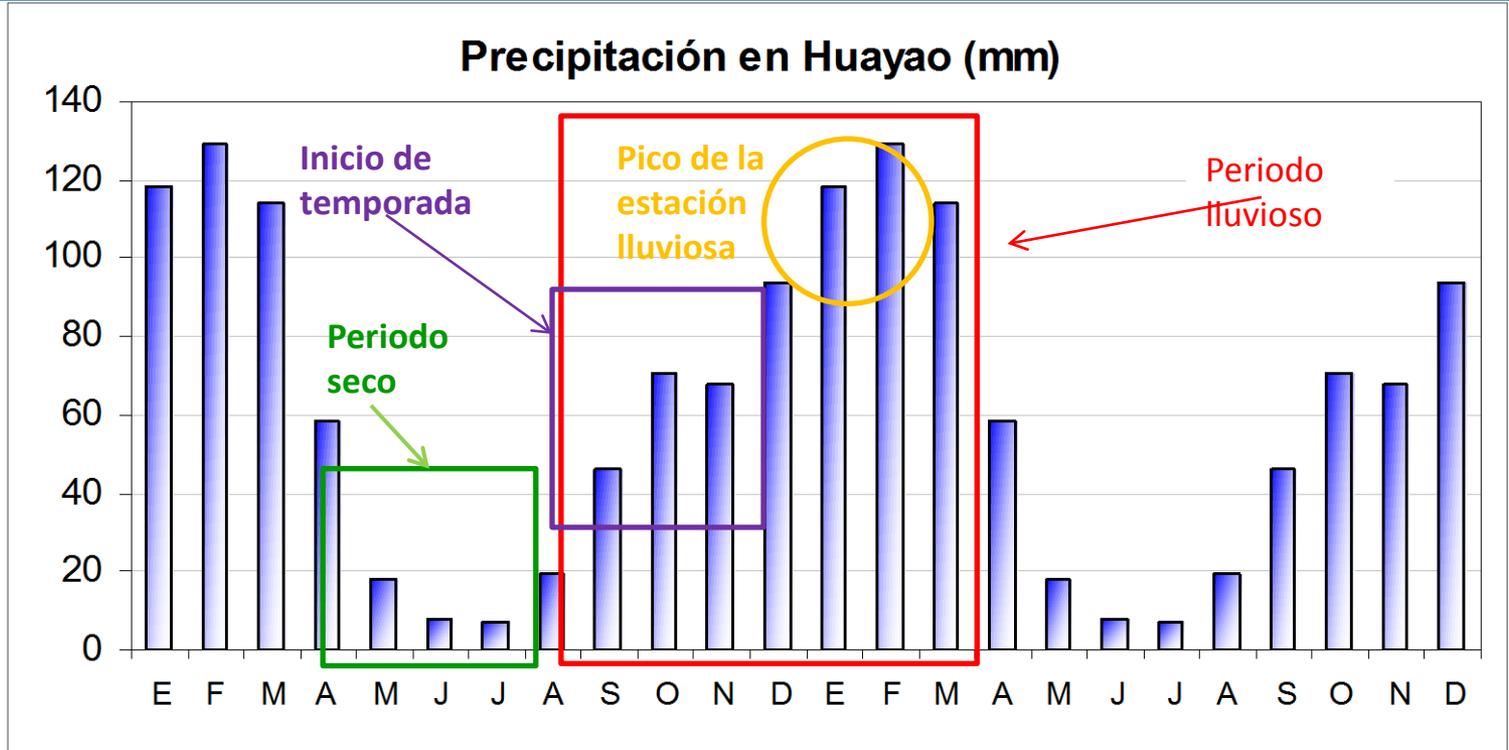
Vladimiro Huaroc

Nevado Huaytapallana: Área de conservación regional

Vladimir Cerrón

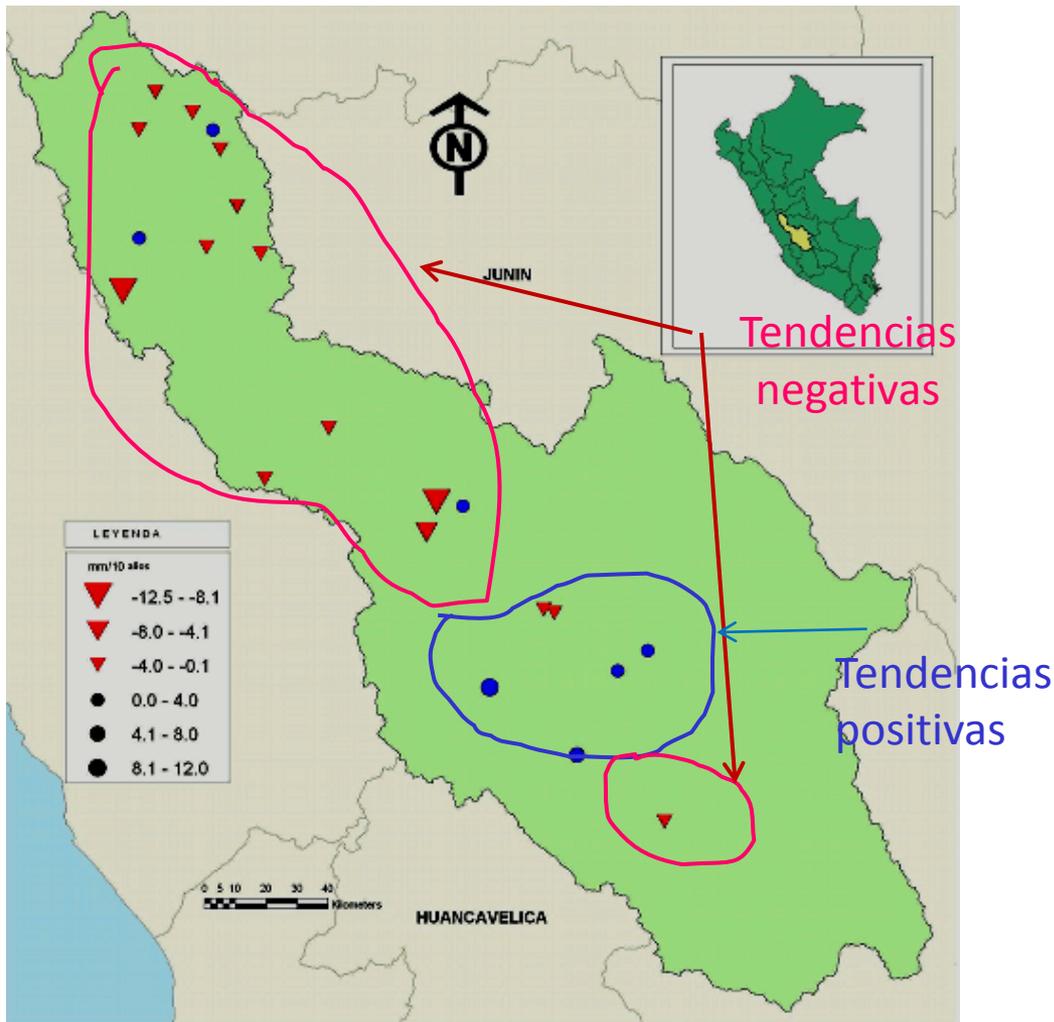
# El clima en el Mantaro

# Variabilidad estacional en el valle del Mantaro, Andes centrales de Perú



- **Periodo de lluvias (Setiembre-abril): 86% de la precipitación anual**
- **Pico de la estación lluviosa (Enero-marzo): 49% de la precipitación anual**
- **Inicio de la temporada de lluvias (Setiembre-diciembre): 25%**
- **Temporada seca: Mayo-agosto**

## Tendencias en la precipitación 1950-2003



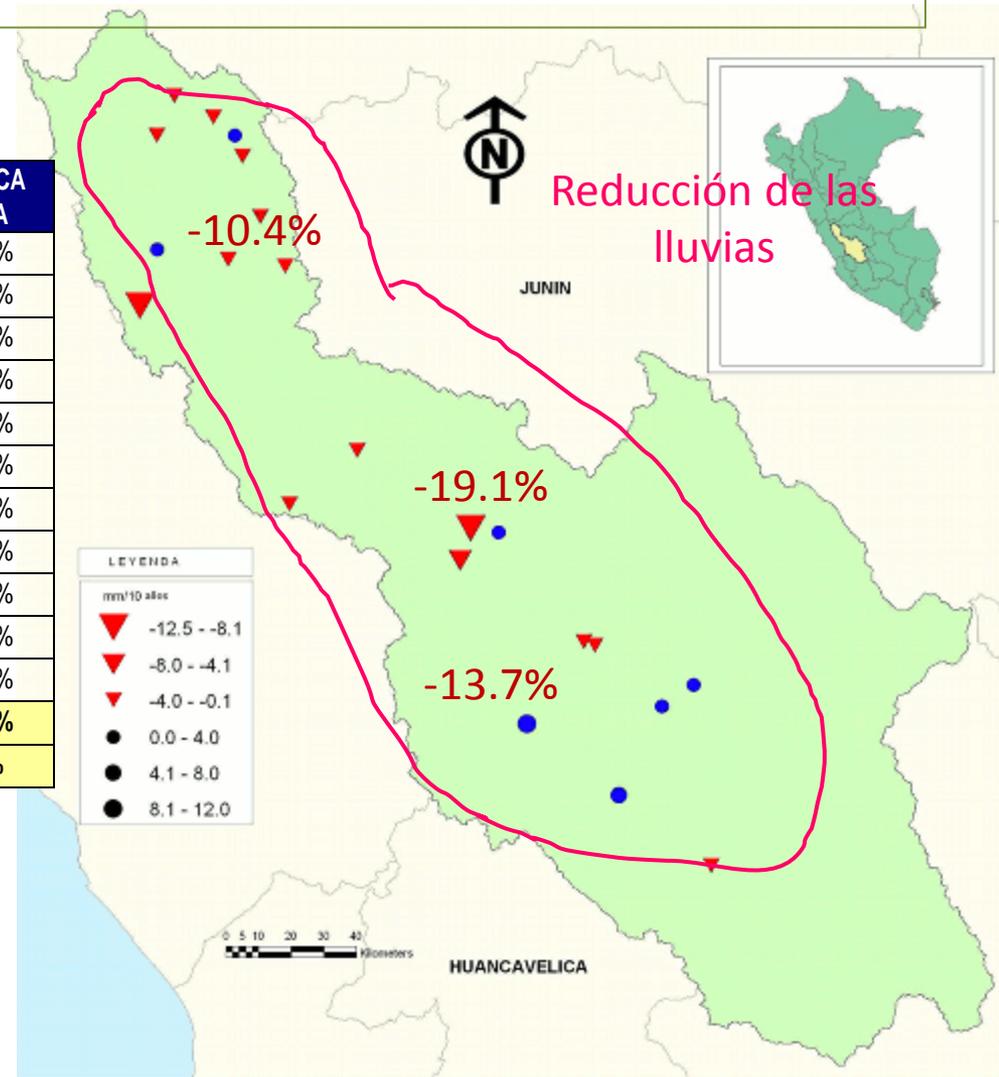
El promedio para todas las estaciones indica: **disminución de alrededor de 3% de las precipitaciones actuales por cada 10 años (15% en 50 años)**

# Escenarios futuros para precipitación en verano (DEF)

Reducción del 15% de las precipitaciones al 2050

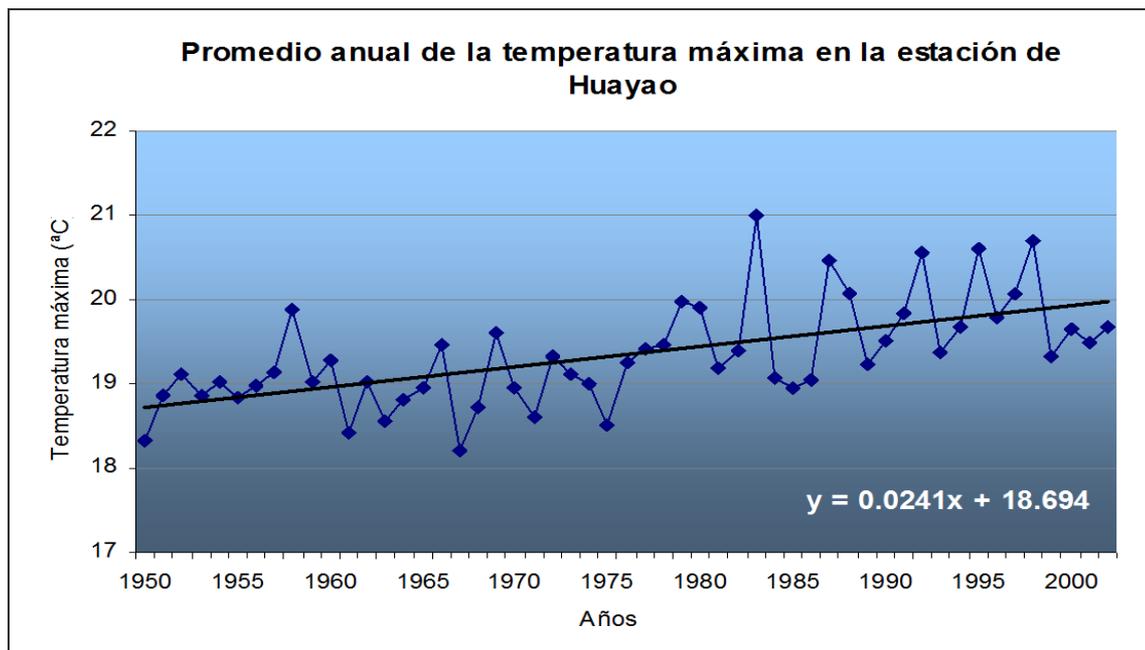
Para el periodo 2045-2050  
Downscaling estadístico (IGP, 2005)

CENTRO	ESCENARIO	SUBCUENCA DE CHINCHAYCOCHA	CUENCA MEDIA	CUENCA BAJA
MPIFM	A2	-12,1%	-22%	-15,8%
	B2	-7,7%	-14%	-10,1%
CCCma	A2	-8,4%	-15,4%	-11,1%
	B2	-8,1%	-14,9%	-10,7%
CCSR/NIES	A1	-14,4%	-26,3%	-18,8%
	A2	-11,4%	-20,8%	-14,9%
	B2	-9,2%	-16,8%	-12,0%
NCAR	A1	-10,5%	-19,2%	-13,8%
CSIRO	A1	-12,8%	-23,4%	-16,8%
	A2	-11,3%	-20,6%	-14,8%
	B2	-11,5%	-21,0%	-15,1%
<b>Promedio</b>		<b>-10,4%</b>	<b>-19,1%</b>	<b>-13,7%</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>1,5%</b>	<b>2,7%</b>	<b>1,9%</b>



Fuente: IGP, 2005

## Temperatura máxima 1950-2003



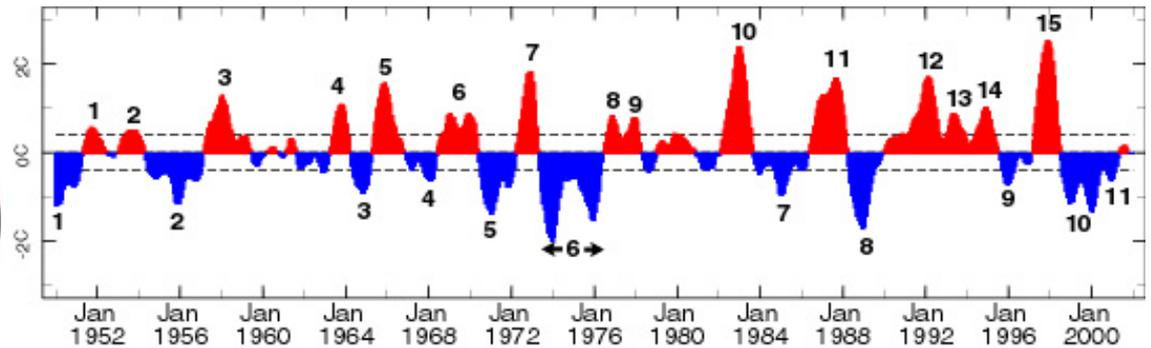
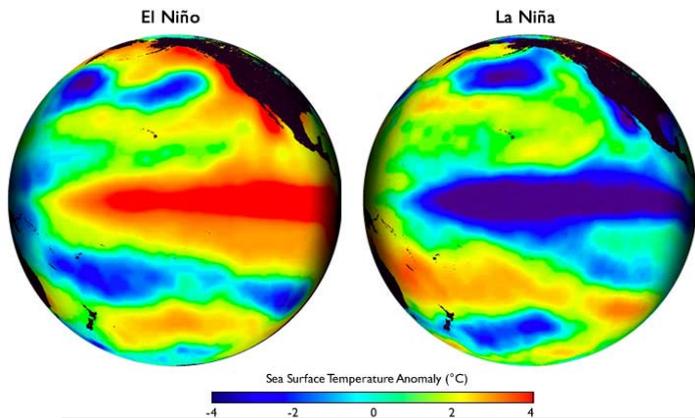
Tendencia positiva en la temperatura máxima:  $+0,24^{\circ}\text{C}/\text{década}$ , es decir  $+1,2^{\circ}\text{C}$  en 50 años

Aumento de la temperatura máxima al 2050 en  $+1,3^{\circ}\text{C}$

Fuente: IGP, 2005

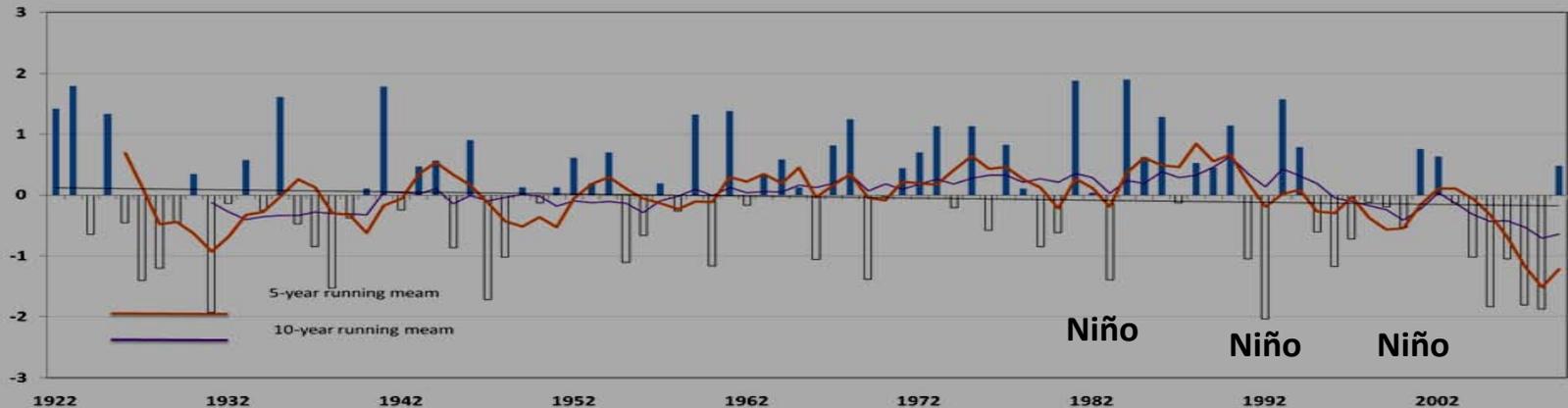
# Variabilidad interanual

## ENSO vs clima del Mantaro

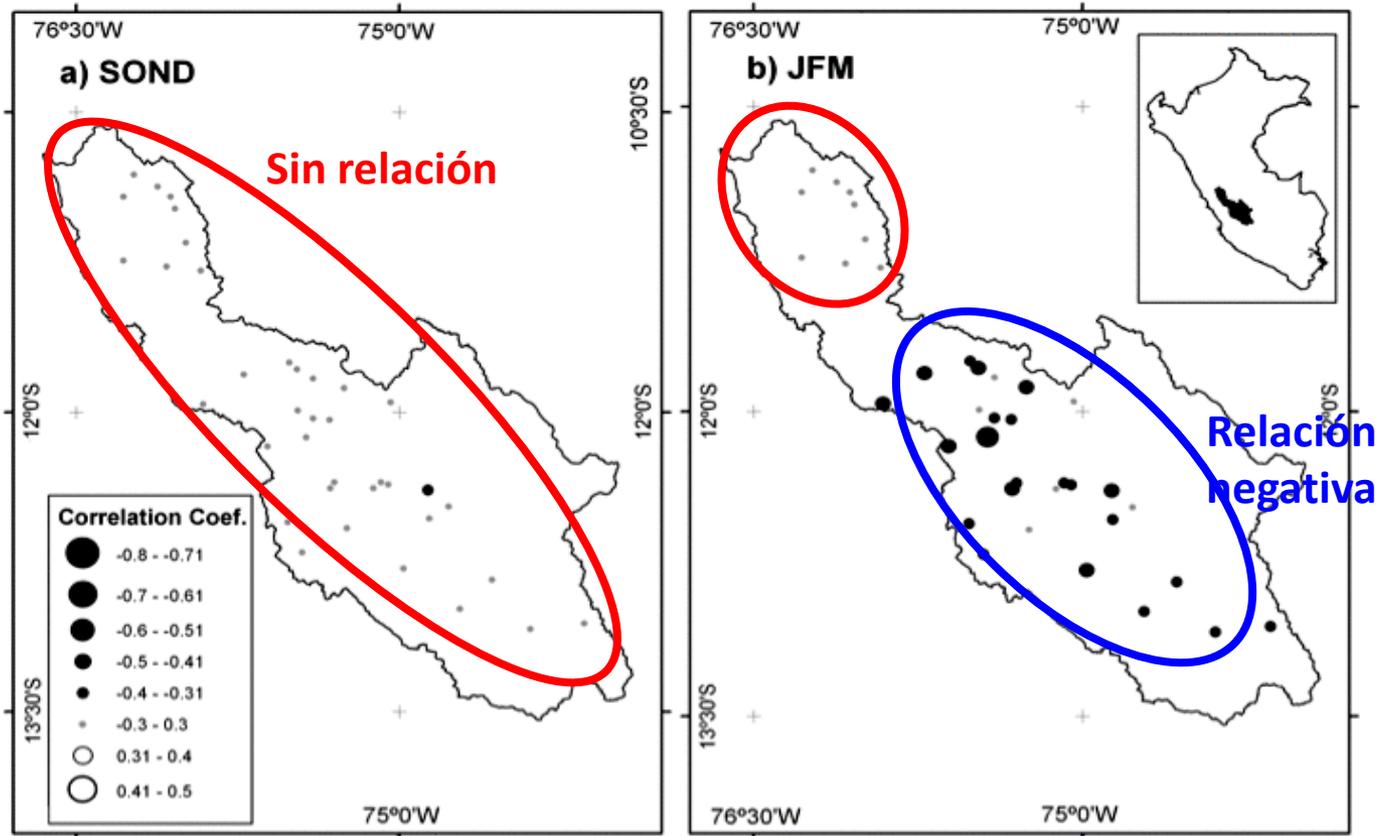


Fuente: NOAA

Anomalía de precipitación anual estandarizada en Huayao (1922-2009)



# Correlaciones entre el índice Niño 4 y la precipitación en la cuenca del Mantaro

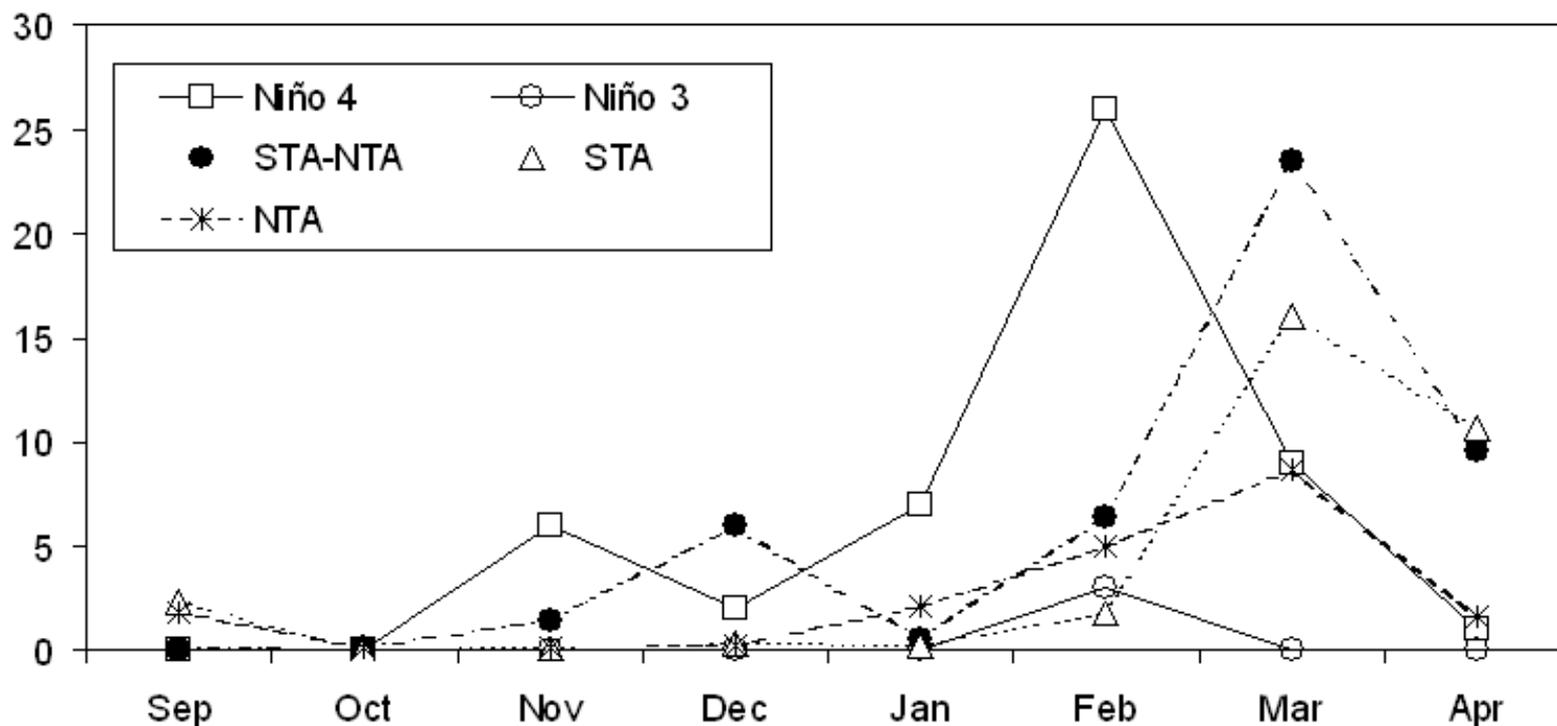


El ENSO solo explica solo el 36% de la variabilidad

**Fig. 5.** Correlation coefficients between precipitation and El Niño 4 SST index for (a) the onset and (b) the peak phases of the rainy season. Period of analysis 1960–2004.

# Precipitación en la cuenca del Mantaro y su relación con el Pacífico y Atlántico tropical

Monthly  $R^2$  (%) for the average precipitation in the Mantaro basin vs SST Niño and Tropical Atlantic indices

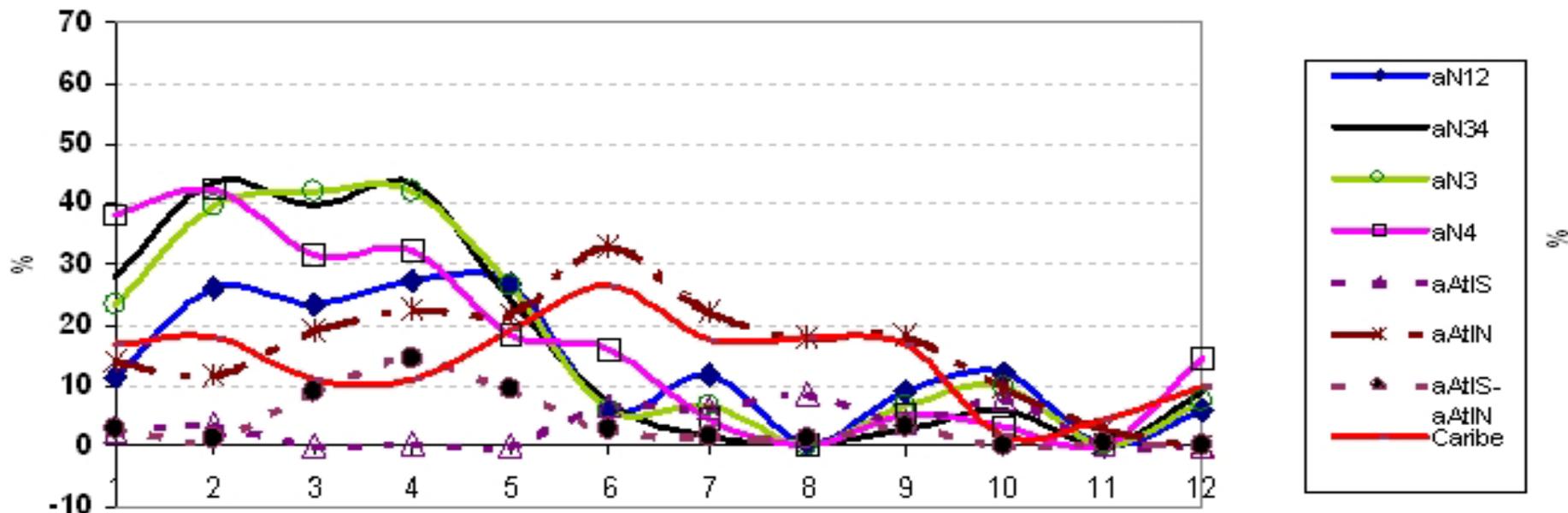


Las mejores correlaciones se encontraron con la región Niño 4 y el dipolo del Atlántico tropical (STA-NTA) para los meses de verano.

# Temperatura máxima en Huayao y su relación con el Pacífico y Atlántico tropical

## INCAGRO (2007-2010)

Relación ( $r^2$  en %) entre las anomalías de temperaturas máximas en Huayao y la TSM en el océano Pacífico y Atlántico



La mejor correlación se da con El Niño 4 y Niño 3 y con la ATN para los meses de verano

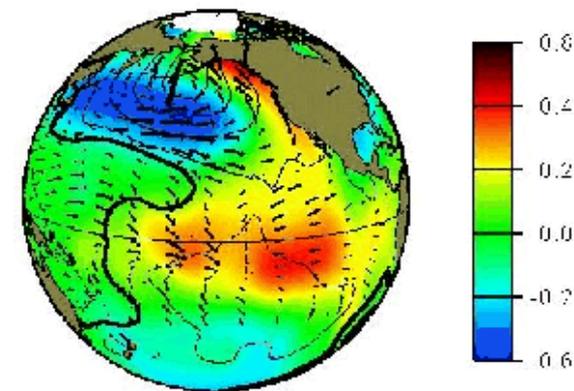
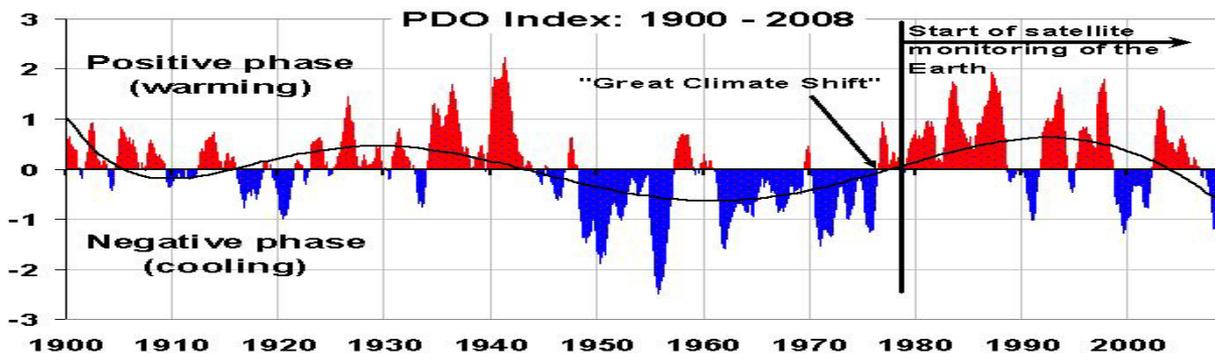
# Más interrogantes

- ¿Qué pasó con el clima del Mantaro antes de los años 50?
- ¿Será realmente la tendencia positiva en la temperatura máxima y negativa en las precipitaciones?
- ¿Será que el *shift* climático de los años 70 afectó el clima del Mantaro?
- ¿Habrá alguna relación con las oscilaciones de periodo largo como el PDO u otras oscilaciones?
- ¿Cuál será la tendencia en los extremos climáticos?

# Variabilidad interdecadal

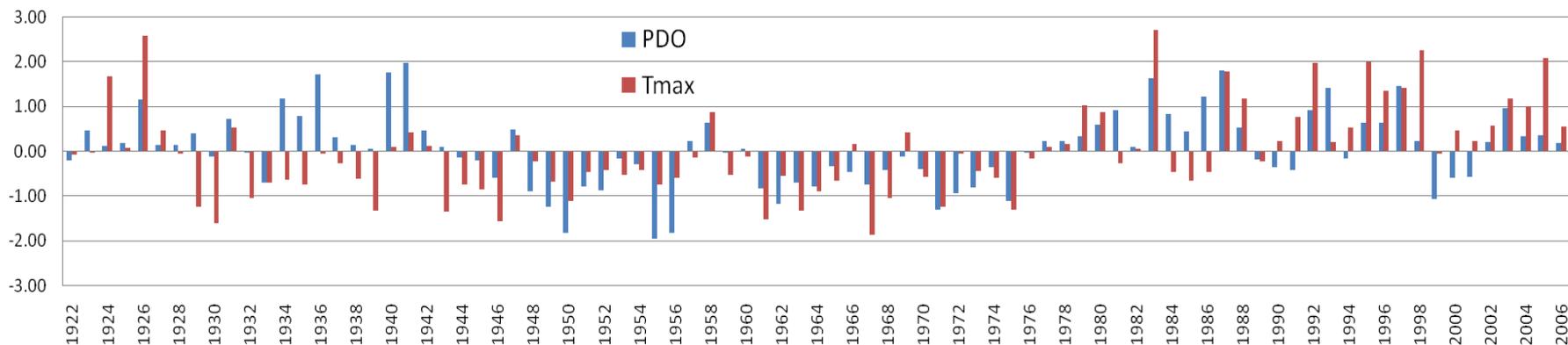
## Oscilación Decadal del Pacífico (PDO)

### Pacific Decadal Oscillation



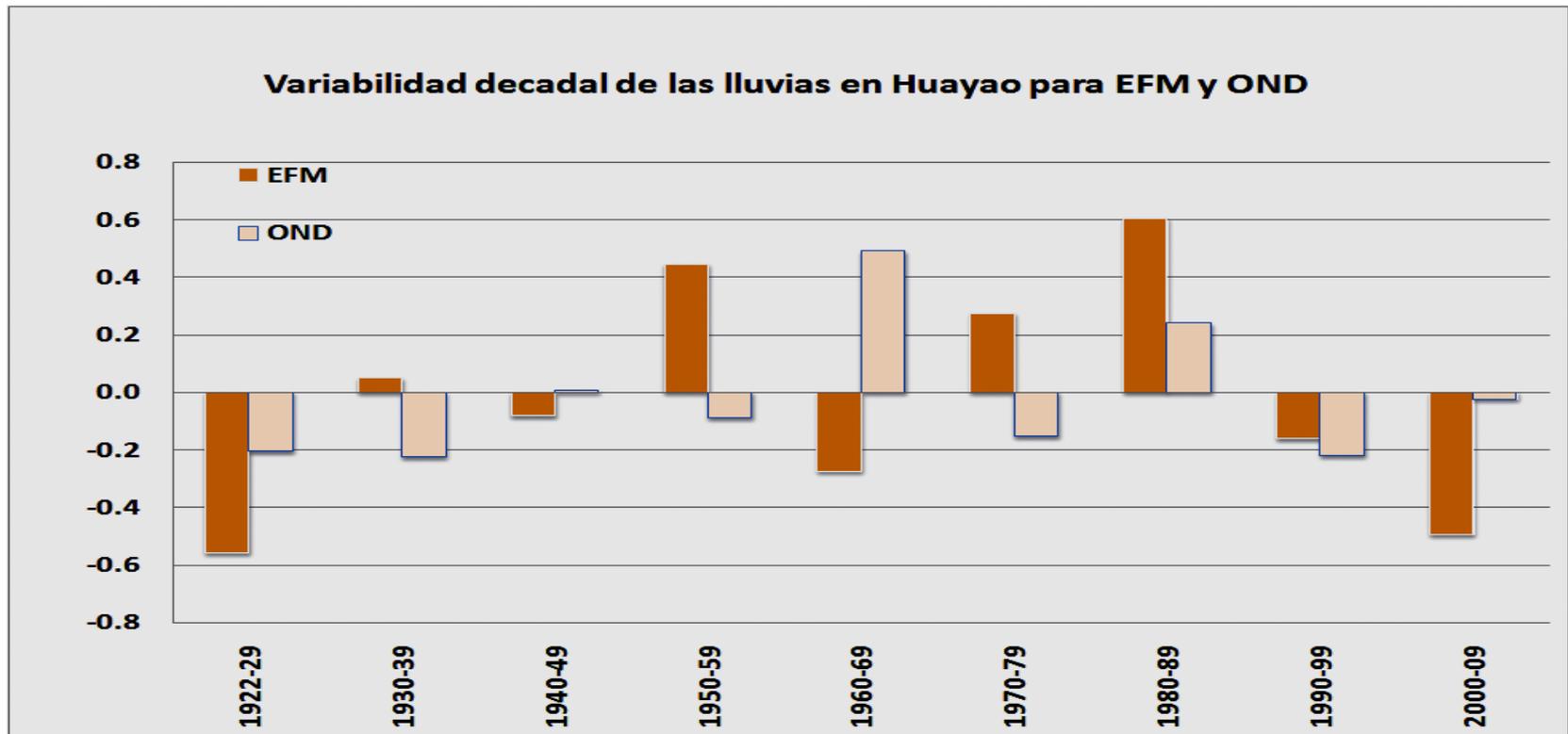
Mantua et al., 1997

### Temperatura máxima del aire estandarizada en Huayao y PDO



# Variabilidad decadal

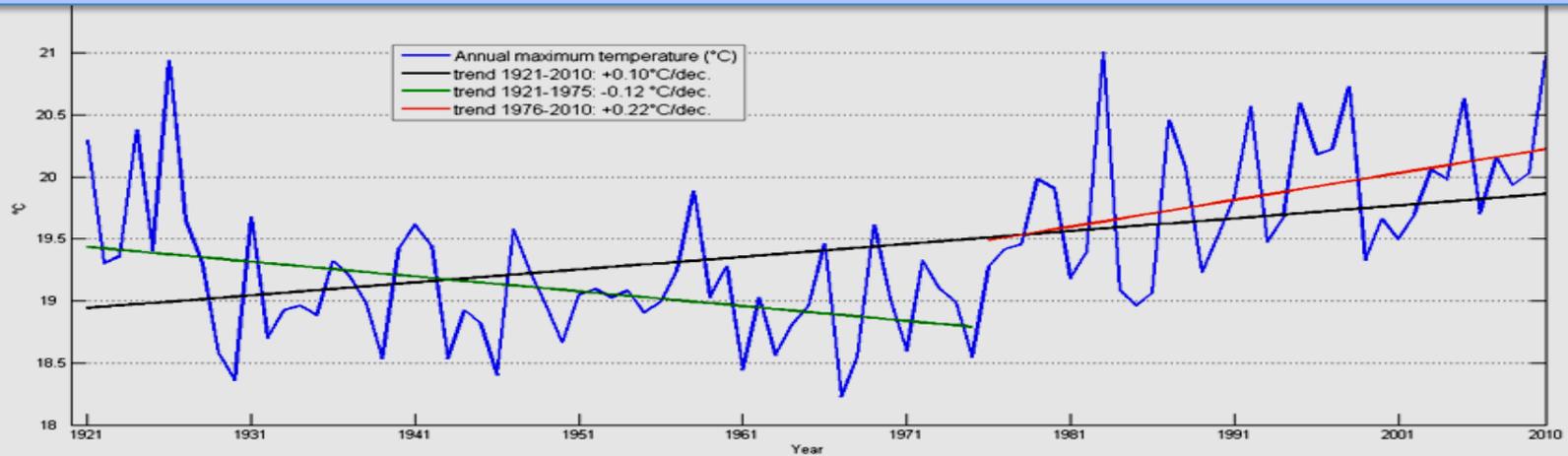
Precipitación (1922–2009) para el pico e inicio de la temporada de lluvias



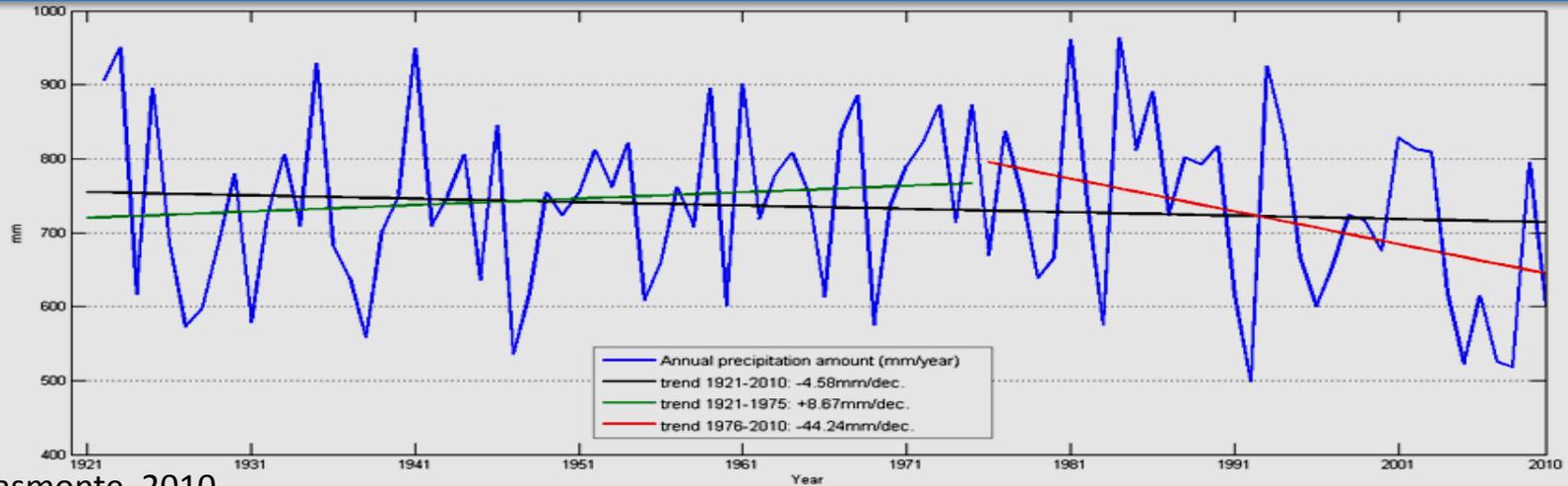
- EFM - décadas más secas: 20s y 2000s  
    décadas más lluviosas: 50s y 80s
- OND – década más lluviosa: 60s

# Tendencias climáticas

## Temperatura máxima anual en Huayao (1921-2010)

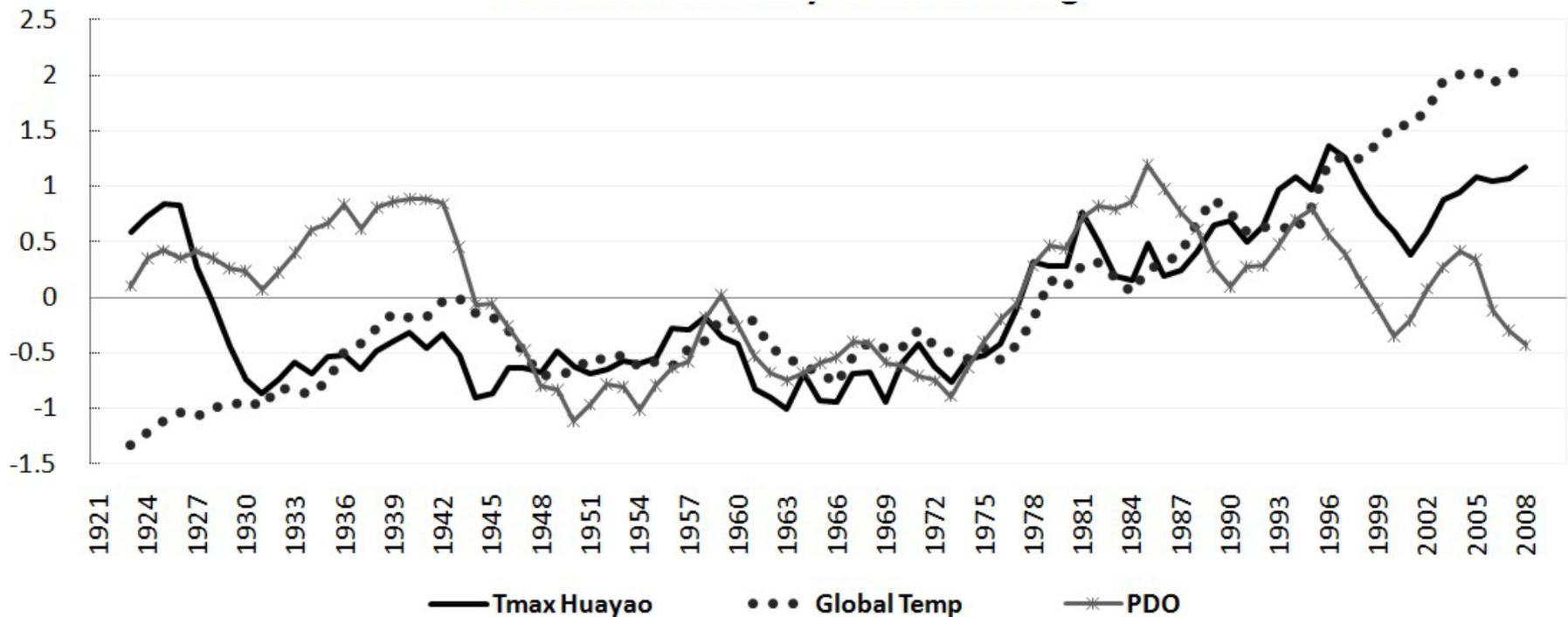


## Precipitación anual en Huayao (1921-2010)



# El clima en el Mantaro vs clima global

## Temperatura máxima en Huayao vs la temperatura global y PDO

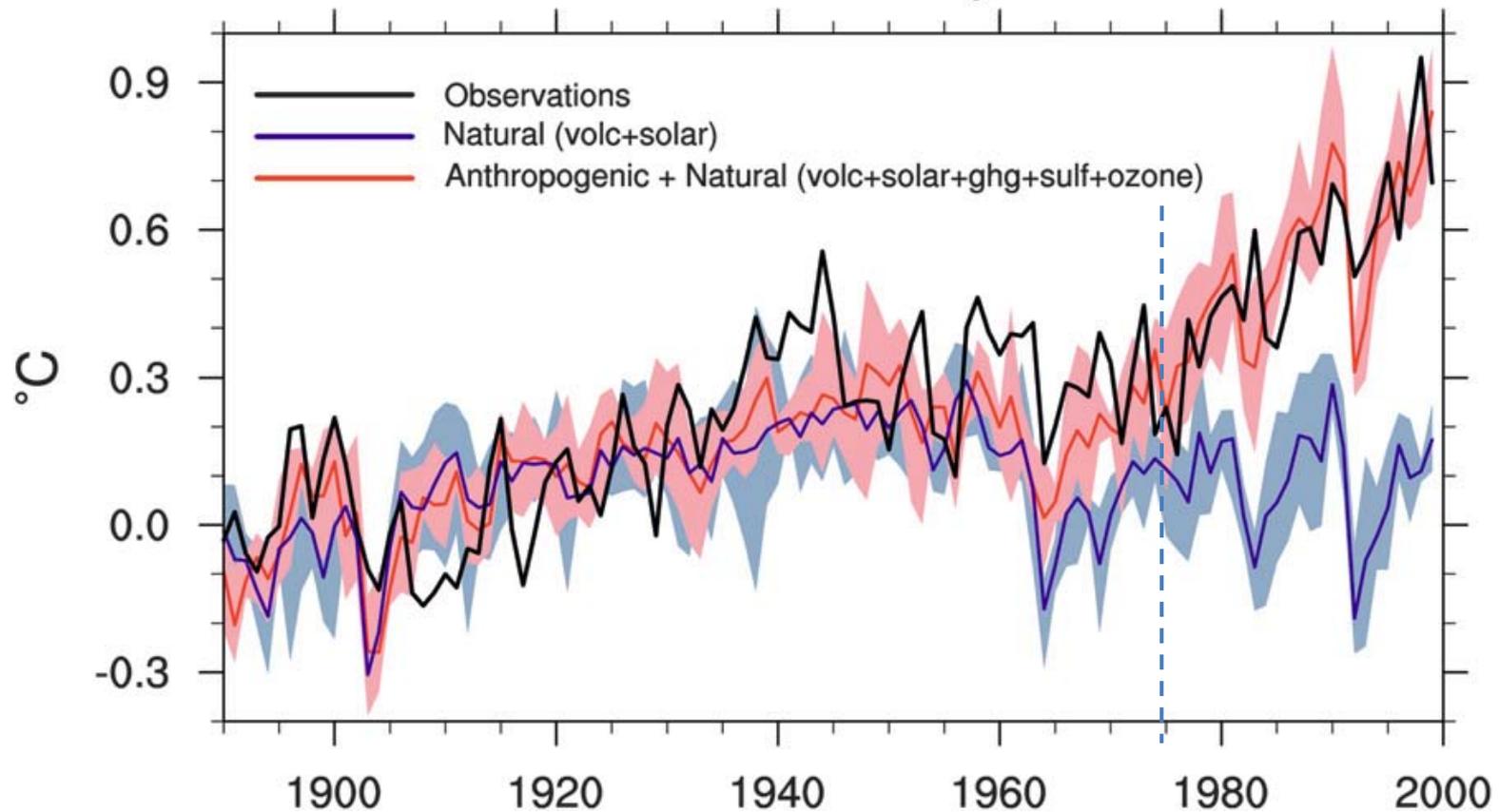


La temperatura máxima en Huayao, correlaciona con los índices globales, pero la precipitación no.

# Variabilidad Interdecadal del Pacífico (IPO)

## Parallel Climate Model Ensembles

Global Temperature Anomalies  
from 1890-1919 average



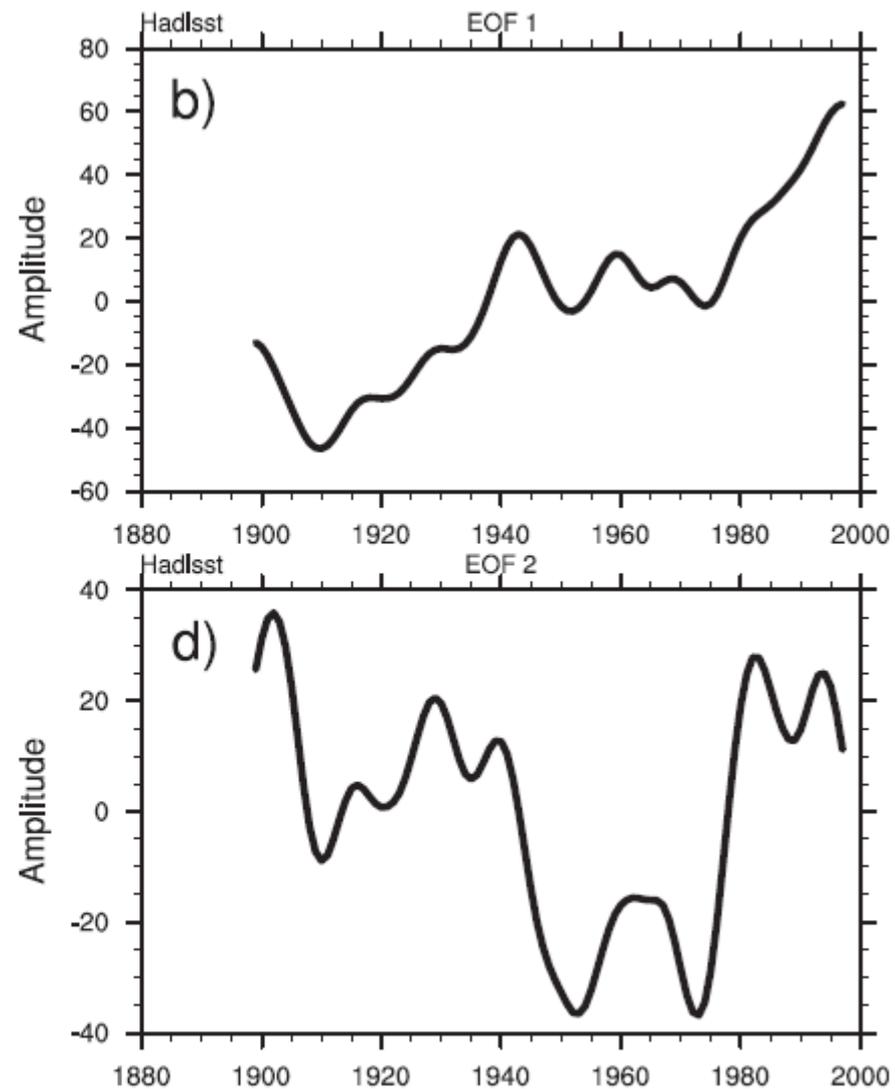
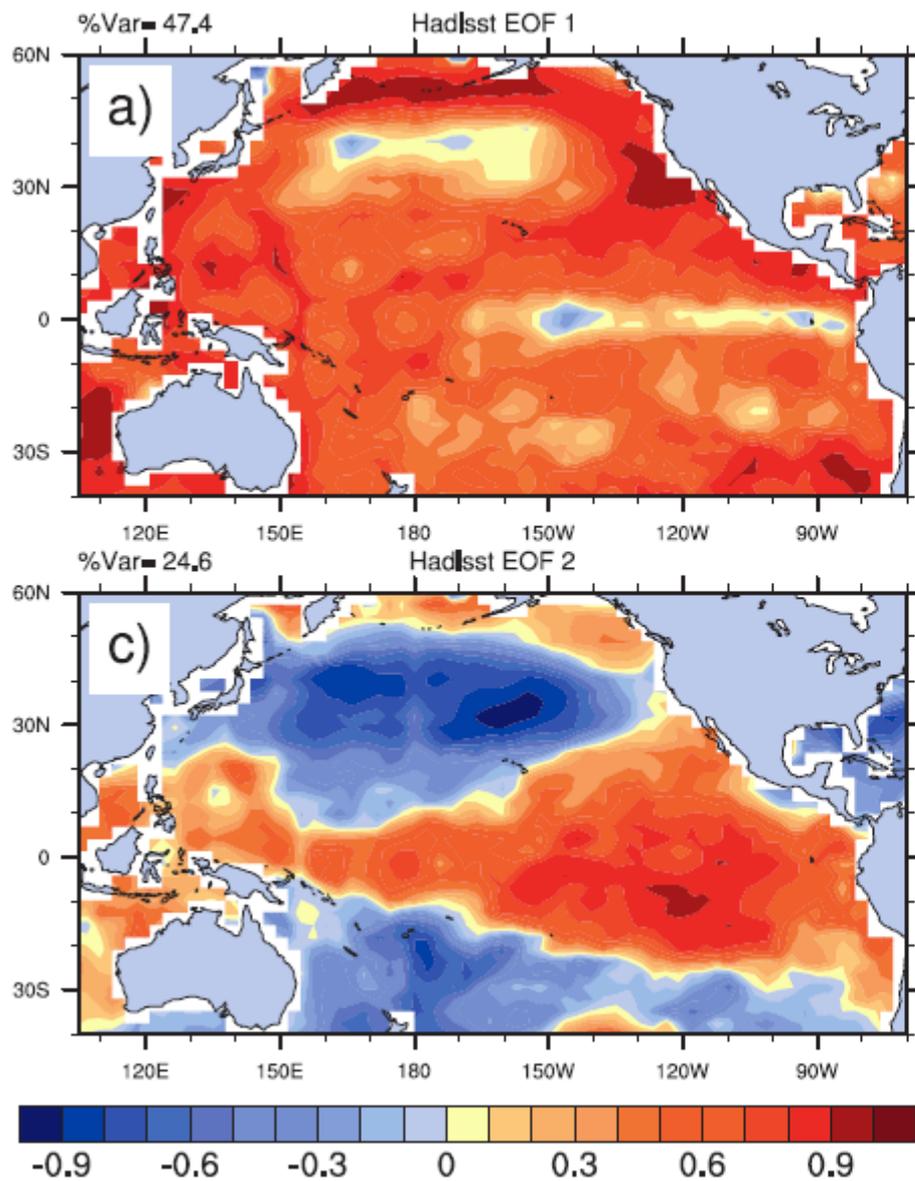
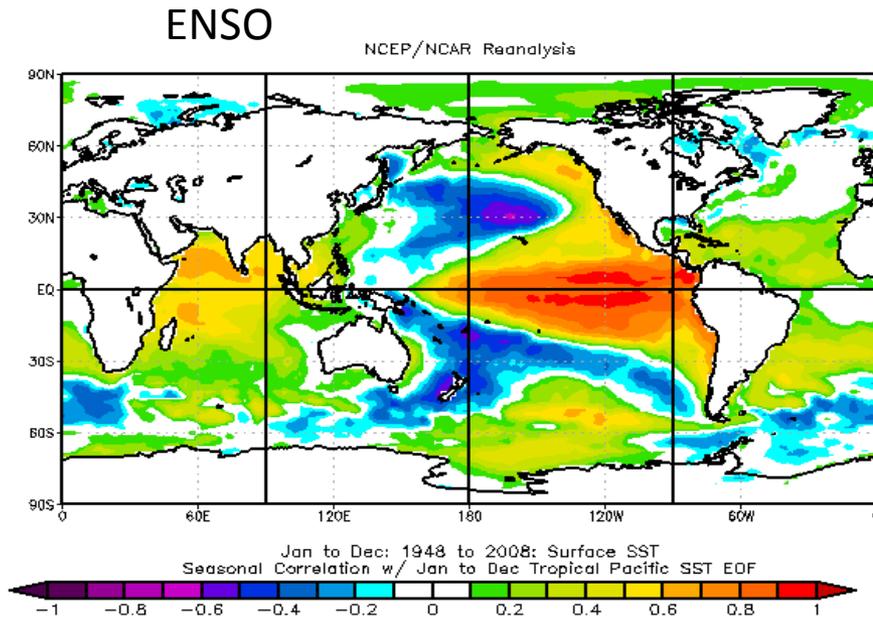


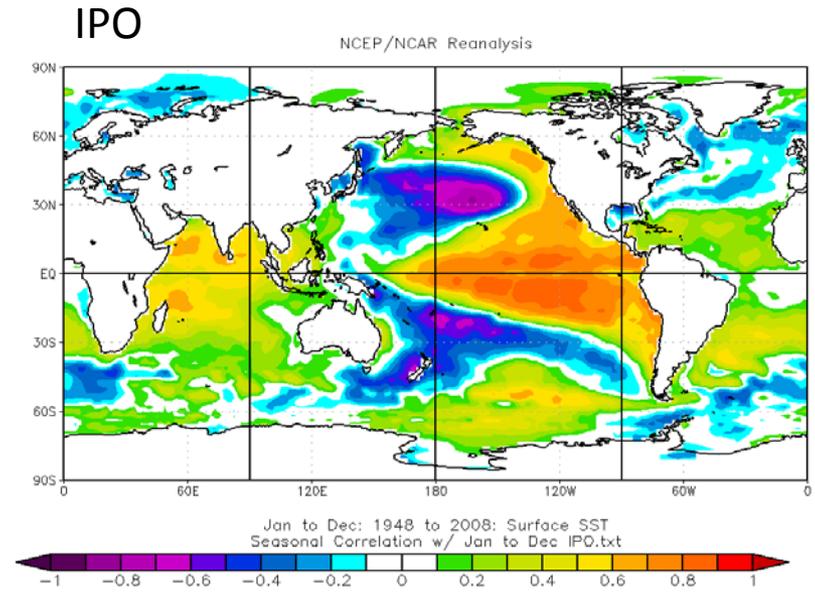
FIG. 2. The (a) first EOF and (c) second EOF of 13-yr low-pass-filtered nondetrended observed SSTs for the period 1890–2006; PC time series for the (b) first EOF and (d) second EOF.

# ENSO vs IPO

La Oscilación Interdecadal del Pacífico (IPO) tiene un patrón similar al ENSO pero en escalas de tiempo mayor.



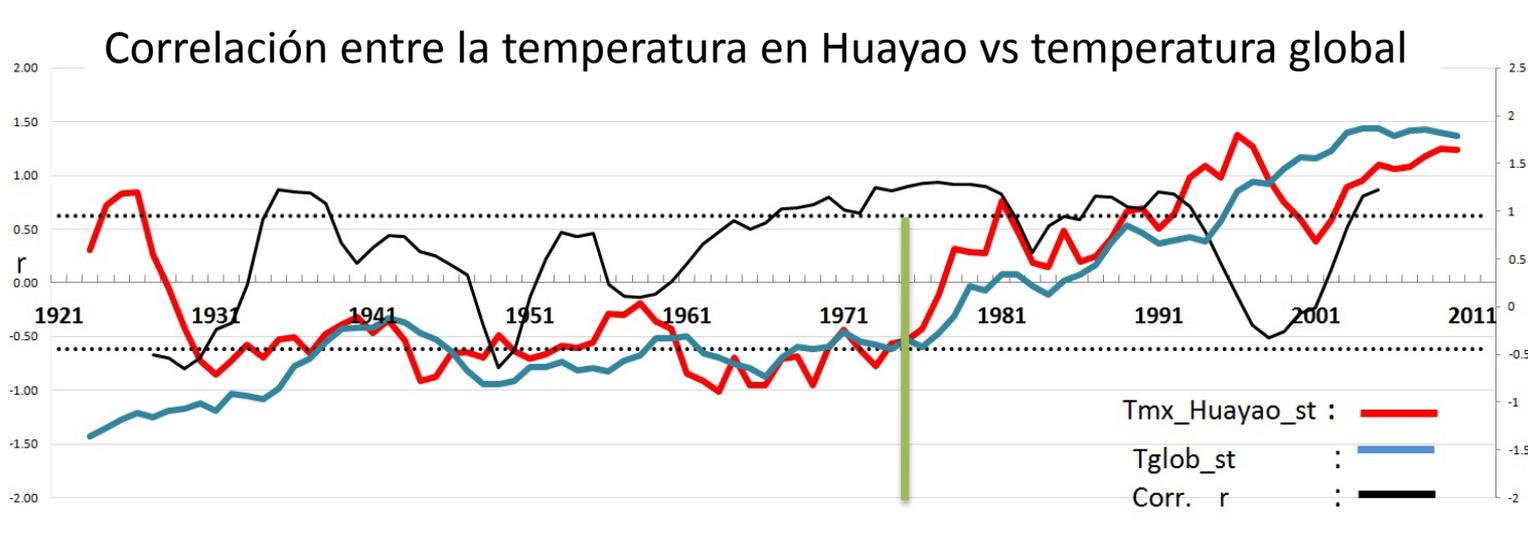
NOAA/ESRL Physical Sciences Division



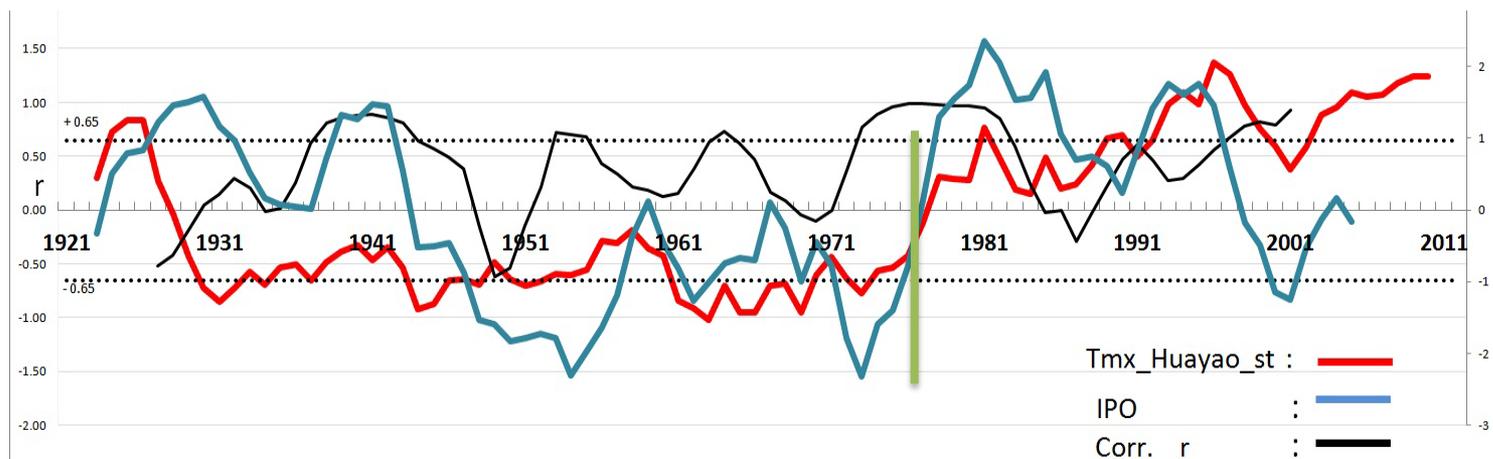
NOAA/ESRL Physical Sciences Division

Fuente de datos de HADISST

# Temperatura en el valle del Mantaro vs IPO y Temperatura global

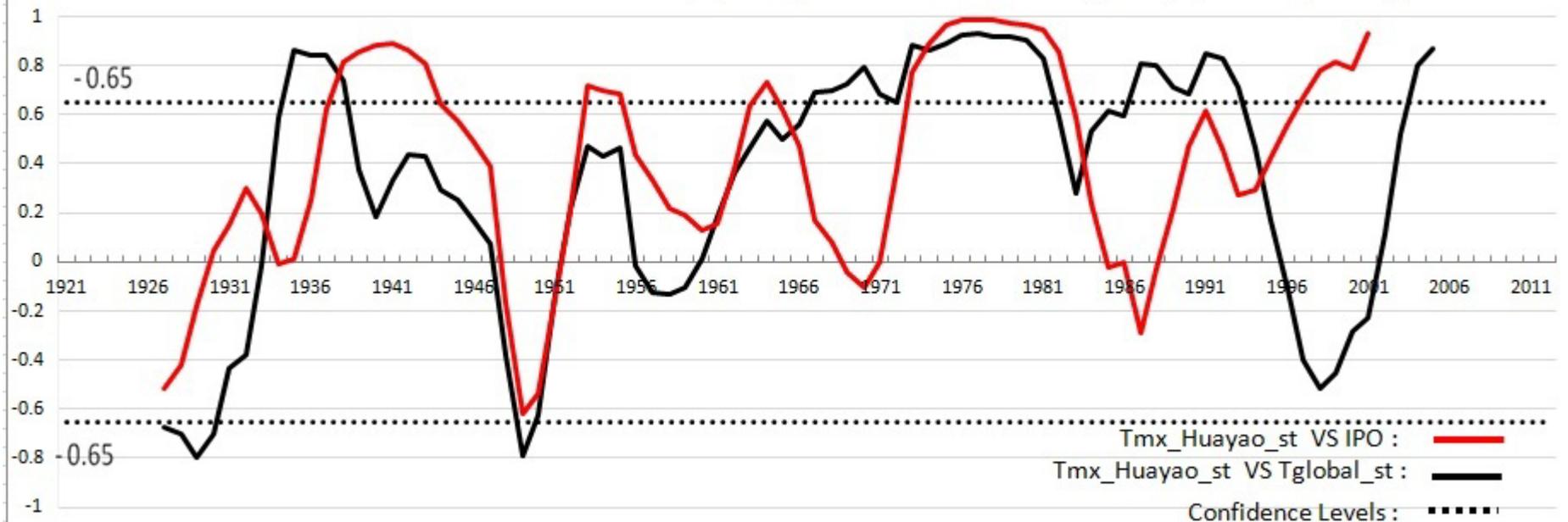


### Correlación entre la temperatura en Huayao vs Oscilación Interdecadal del Pacífico



# Temperatura en el valle del Mantaro vs IPO y Temperatura global

CORRELATION BETWEEN HUAYAO\_TMX\_st VS IPO & HUAYAO\_TMX\_st VS tglobal\_st





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



## PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL IMPACTO DEL RETROCESO ACELERADO DE GLACIARES EN LOS ANDES TROPICALES - PRAA

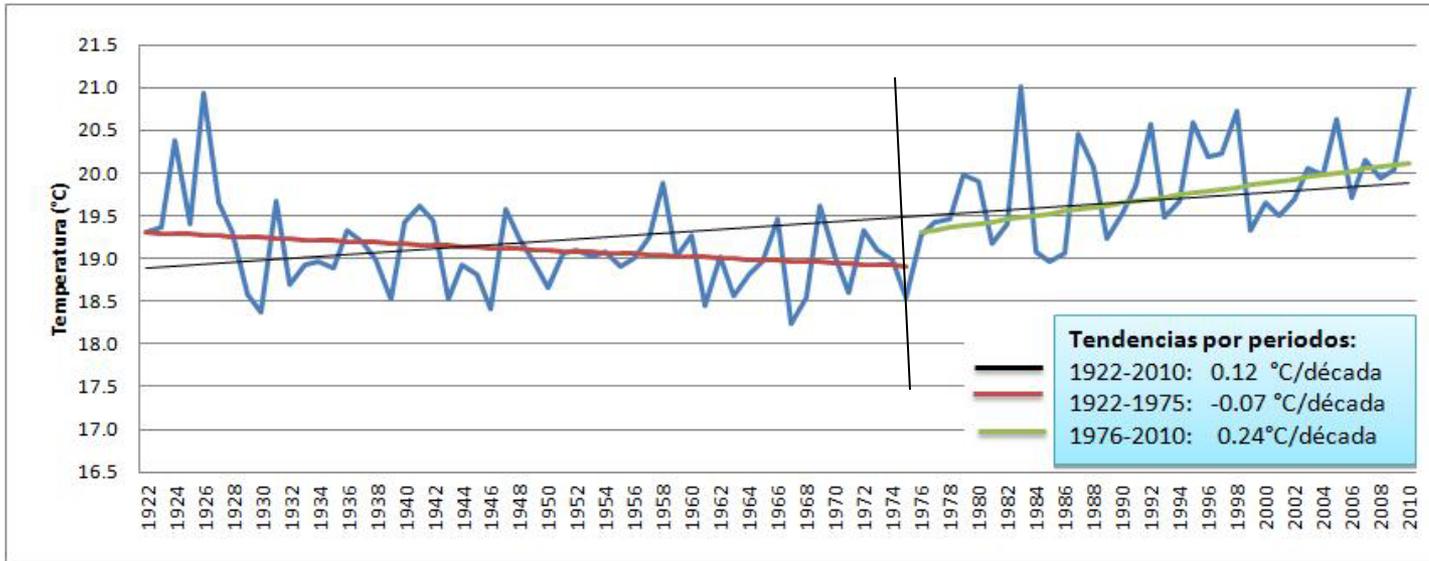
### Objetivo

Reforzar la resiliencia de los ecosistemas y economías locales ante los impactos del retroceso glaciar en los Andes Tropicales, a través de la implementación de actividades piloto que muestren los costos y beneficios de la adaptación al cambio climático en cuencas seleccionadas en Bolivia, Ecuador y Perú.

En el Perú se ejecutan en dos cuencas glaciares priorizadas:

- Subcuenca Shullcas (Mantaro) , asociada al nevado Huaytapallana;
- Subcuenca Santa Teresa (cuenca del río Urubamba en la región Cusco) asociada al nevado Salkantay.

# ¿Cuánto es la contribución de factores antropicos y cuánto es natural?



Desde 1960, cuantificado hasta el año 2007

- Contribución de la temperatura global: 74,6%
- Contribución del IPO: 10,3%
- Otros factores: 15,1%

# PRAA AndesPlus

## Objetivo

Desarrollar una guía metodológica para formular las bases científicas que puedan servir de base para el diseño y la implementación de medidas de adaptación sostenible en zonas de montaña.

- Ejecutor: Consorcio de instituciones suizas liderado por la Universidad de Zurich
- Financiamiento: Ministerio del Ambiente de Suiza
- Administrado por la CAN



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



# AndesPlus Perú

Evaluar metodologías para el desarrollo de proyectos de adaptación al cambio climático en zonas de alta montaña, a través del **análisis riguroso de la experiencia desarrollada durante los últimos años sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la cuenca del río Mantaro, con énfasis en la subcuenca del río Shullcas**, que incluye además las experiencias recientes sobre el manejo de los recursos hídricos en esta subcuenca.

1. **Clima:** Variabilidad (VC) y Cambio Climático (CC)
2. **Vulnerabilidad y adaptación a la VC y CC**
3. **Gestión frente a la VC y CC**

1. **¿Qué y cómo se hizo?**
2. **Lecciones aprendidas, dificultades, limitaciones y retos**
3. **¿Qué falta? temas, proyectos, zonas, sectores**

# ¿QUÉ SE HIZO EN LA CUENCA/VALLE DEL MANTARO?

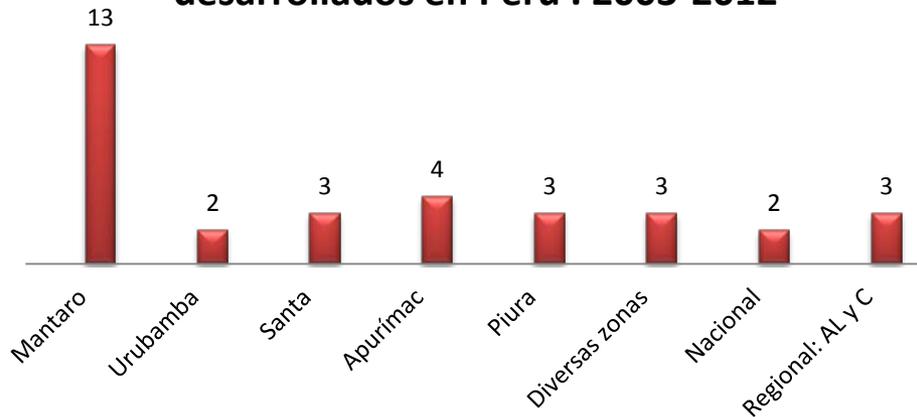
**Evaluación local  
integrada en la cuenca  
del río Mantaro  
PROCLIM 2003-2005**



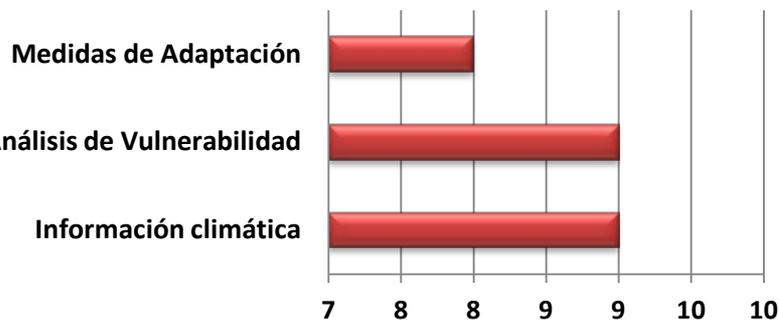
- Climatología y escenarios al 2050
- Diagnóstico socio económico
- Vulnerabilidad actual y futura
- Propuestas de medidas de adaptación



## Proyectos con enfoque de ACC desarrollados en Perú . 2003-2012



## Tipo de información incluido en los proyectos del Mantaro



## La Región Junín: 21 proyectos SNIP con enfoque de adaptación/ mitigación:

- Forestación/reforestación agua y saneamiento
- fortalecimiento de capacidades

**Fortalecimiento de  
capacidades para la  
adaptación al CC en la  
región Junín SNIP 75193  
GORE Junín  
2012-2015**

# INFORMACIÓN DEL CLIMA Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS EN EL VALLE/CUENCA DEL MANTARO

**Climatología** de la temperatura máxima, mínima y media del aire y precipitación  
Mapas a nivel mensual, estacional, anual y para años extremos

## Variabilidad climática:

Estacional, intraestacional, interanual (El Niño/La Niña, Atlántico) y decadal

## Extremos climáticos:

Heladas, veranillos, 21 índices de extremos climáticos (ETCCDM)

## Otros:

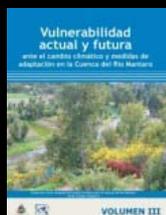
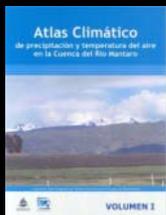
Variabilidad en el inicio de la temporada de lluvias

## Tendencias climáticas:

- Aumento de la temperatura del aire, principalmente de la máxima de  $+0,2^{\circ}\text{C}/\text{década}$  (1965-2010);  $+0,12^{\circ}\text{C}/\text{década}$  (1922-2010, Huayao).
- Disminución de la precipitación aprox. en 3 a 5%/década, ligero incremento en la parte sur de la cuenca.

## Escenarios climáticos futuros:

- Al 2030:  $+0,4^{\circ}$  a  $+1^{\circ}\text{C}$  (menor incertidumbre); -30 a +30% de precipitación (mas incertidumbre)
- Al 2050:  $+1,3^{\circ}\text{C}$  y -14% en precipitación de verano.
- Al 2100:  $+2,7^{\circ}\text{C}$  (temperatura máxima) y  $+2,3^{\circ}\text{C}$  (temperatura mínima); reducción de las precipitaciones.



# RESUMEN SOBRE VULNERABILIDAD ANTE LA VC Y CC (1/2)

## AVANCES

✓ En la cuenca y valle del río Mantaro, principalmente: **agricultura**, escasamente en **salud**, **ganadería y piscicultura**, ante diversas amenazas climáticas y meteorológicas extremas.

## FALTA

- ✓ Estudios actividades socio-económicas: **ganadería, piscicultura, salud, forestales y agricultura.**
- ✓ La mayoría de las vulnerabilidades trabajadas son a la variabilidad climática, **falta** trabajar en **vulnerabilidad al CC.**
- ✓ Generar adecuados **bancos de datos sobre impactos** de la VC y CC.
- ✓ Se ha trabajado poco con análisis de la **vulnerabilidad urbana.**
- ✓ Reconocer que los procesos biofísicos y vulnerabilidades son dinámicos.
- ✓ **Validación** de los **resultados** en los estudios de vulnerabilidad.

# ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

## Escenarios climáticos futuros, ¿porqué y para qué?

- Es la información base para la implementación de medidas de ACC
- Debería ser una estimación de cómo podría ser este cambio para las siguientes décadas;
- Suficientemente precisa para ser fácilmente aplicable.

### ✓ Limitaciones:

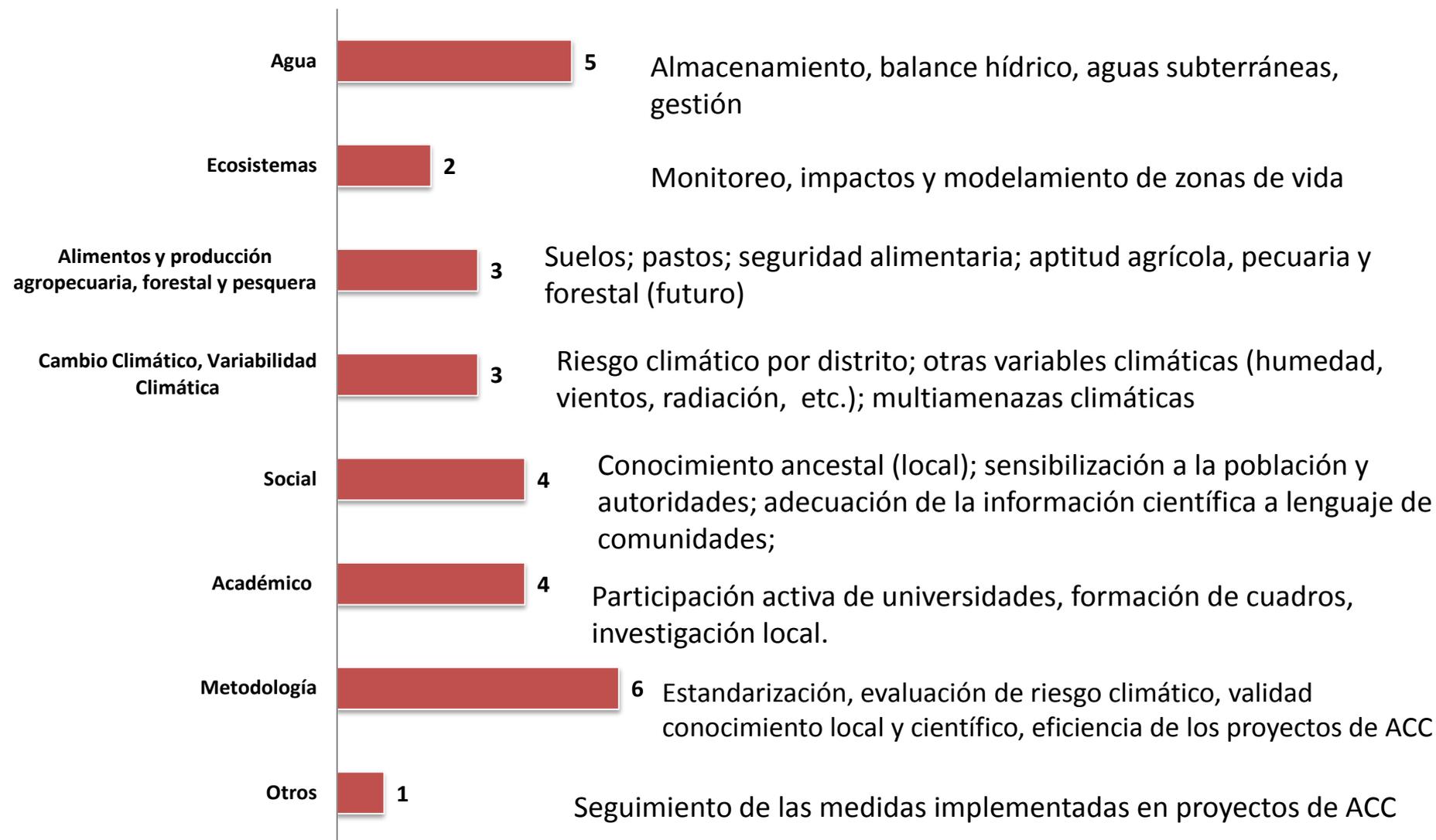
- Resolución espacial limita aplicar para generar escenarios socioeconómicos futuros .
- Se desconoce cuáles deben ser las características que deben tener las medidas de adaptación que se adopten.

### ✓ Experiencia en el Mantaro indica que:

La información climática ha sido poco utilizada, sobre todo para proponer medidas de adaptación, debido a:

- Escenarios climáticos a escalas geográficas demasiado grandes;
- Presentación de la información poco didáctica;
- Dificultad para entender la terminología de las ciencias atmosféricas;
- Entrega de la información climática (escenarios) a destiempo, etc.
- Corta duración de los proyectos (entre 1 a 3 años), que impiden el siquiera considerar el desarrollo de estudios climáticos y/o escenarios en forma seria y completa; así como por la falta de investigadores en este tema en particular.

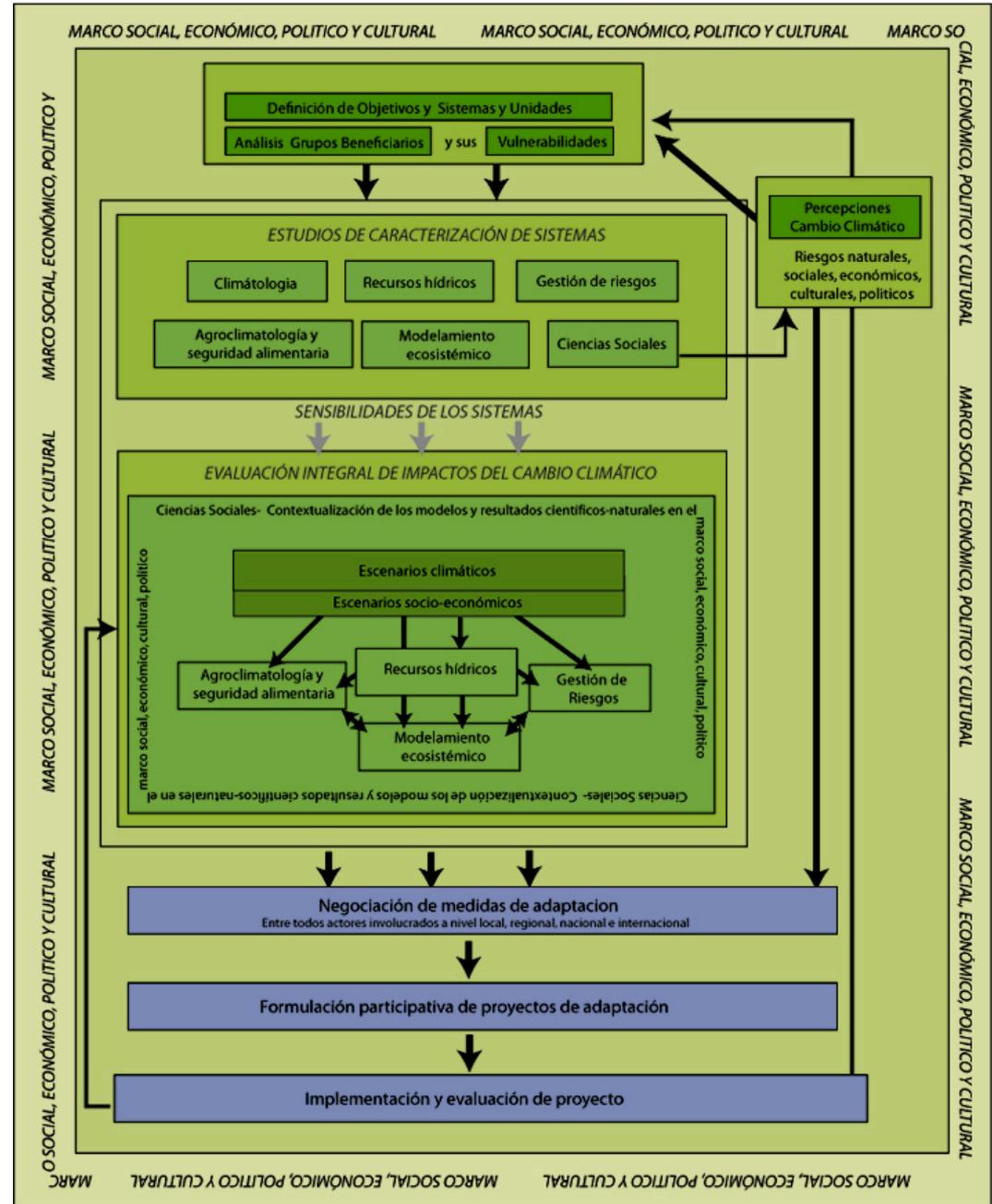
## PRIORIZACIÓN EN TEMAS DE ADAPTACIÓN VALLE DEL MANTARO/SHULLCAS



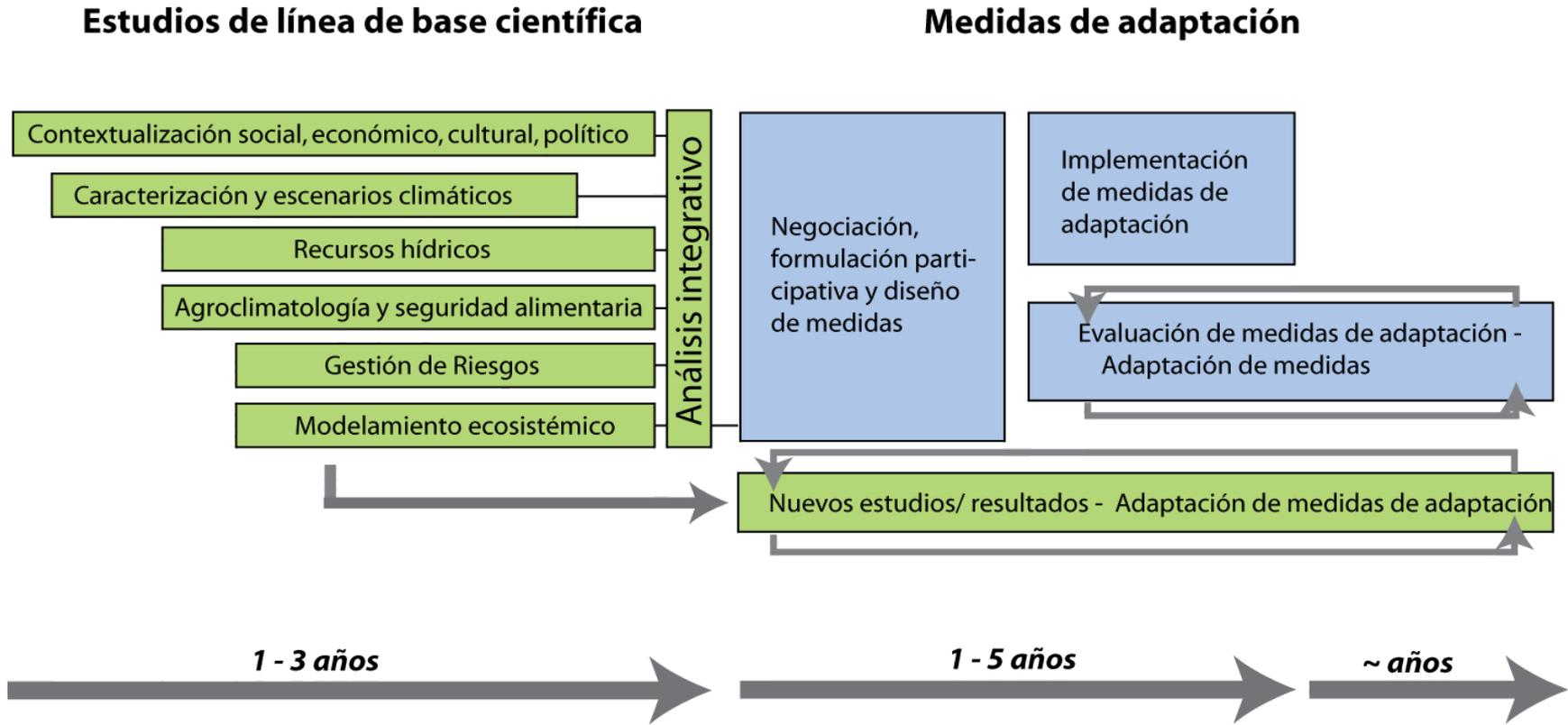
Experiencia regional

Guía metodológica para formular las bases científicas que puedan servir de base para el diseño y la implementación de medidas de adaptación sostenible en zonas de montaña.

MARCO CONCEPTUAL



# Cronograma generalizado de estudios y medidas de adaptación





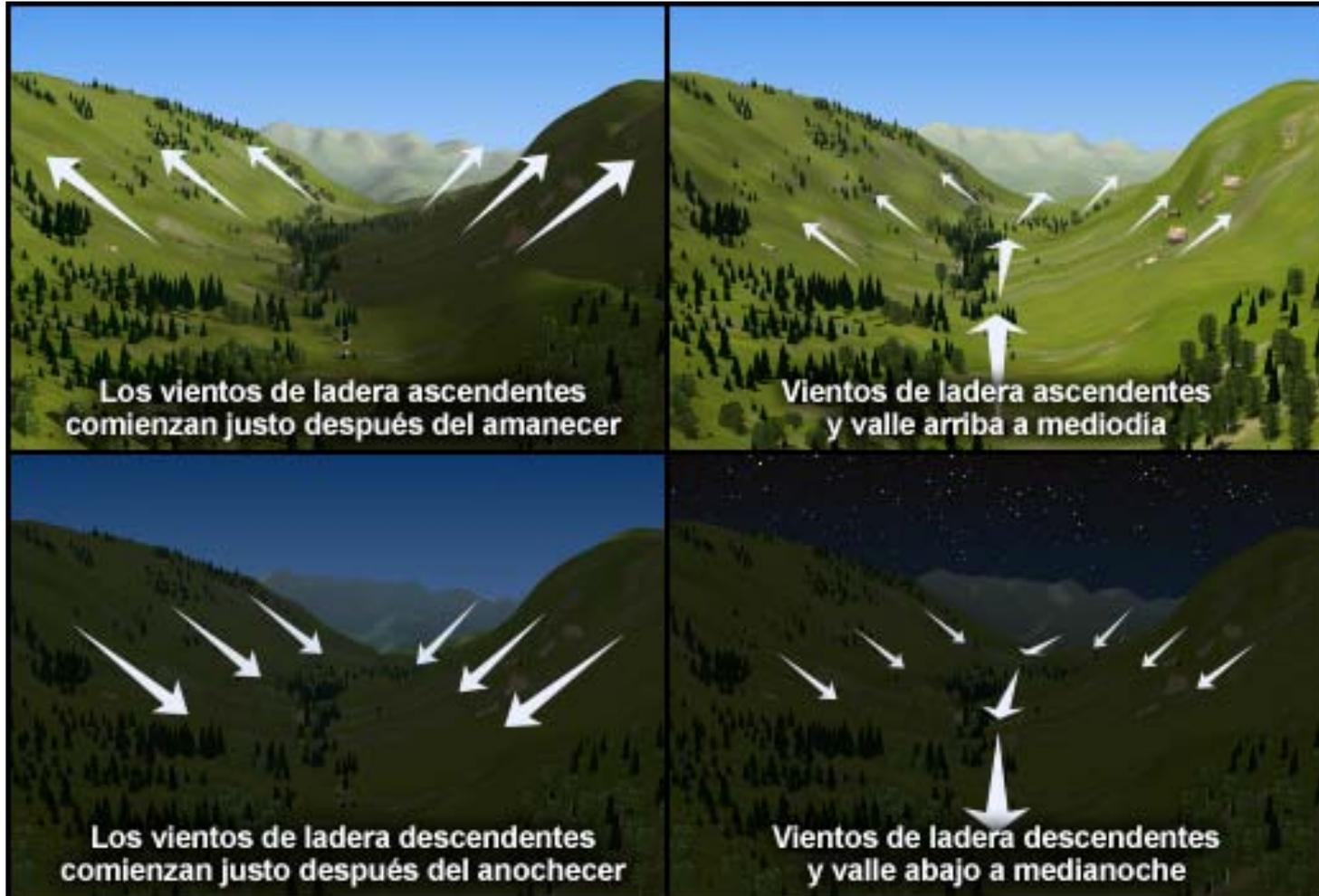
# Circulación local en el valle del Mantaro

Dalma Mamani y Yamina Silva



# Circulación local

## Brisa de valle-montaña

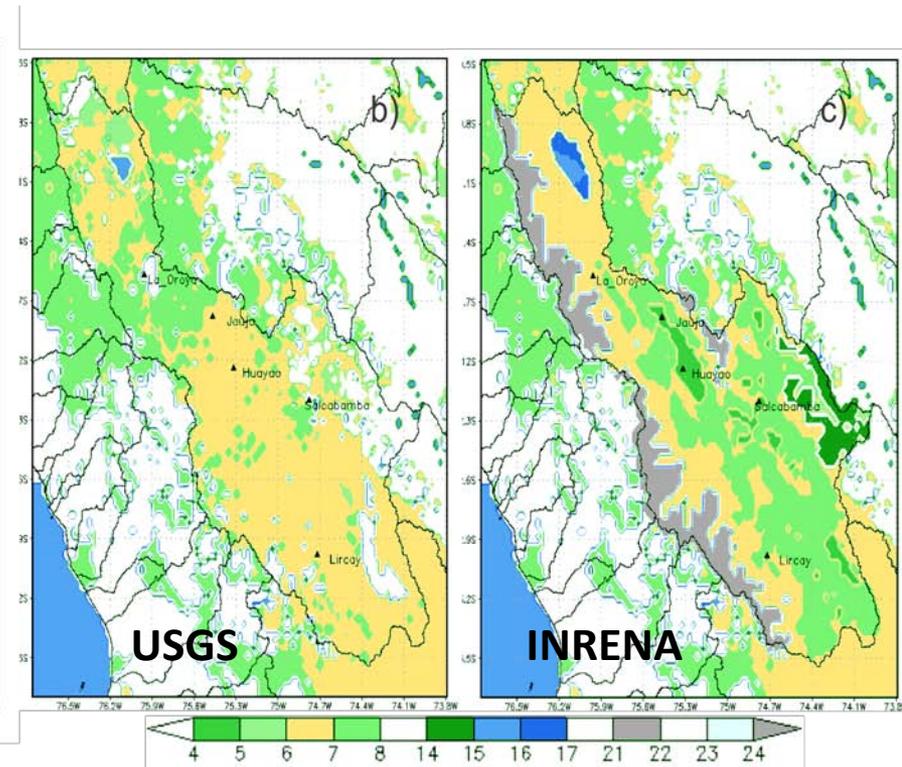
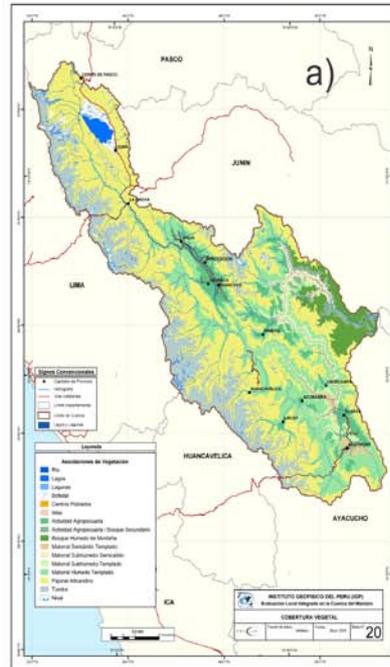


# Impacto del cambio de uso de suelo



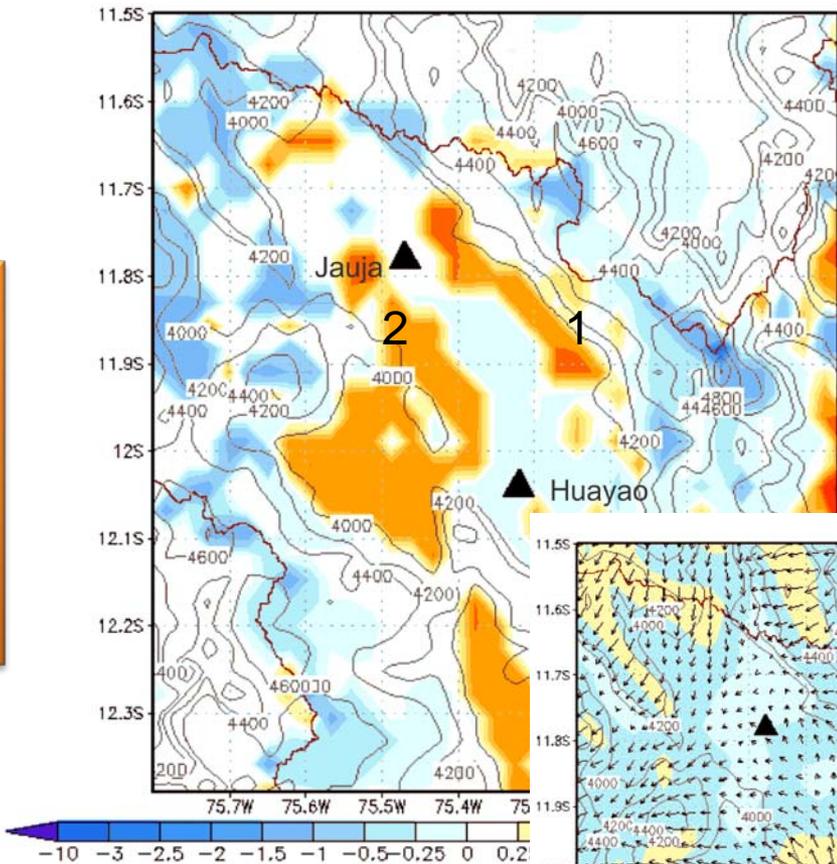
## Resultados de la Implementación del uso del suelo al modelo MM5

ID	USGS	INRENA
	DESCRIPCIÓN VEGETACIÓN	
1	Urban	Centro poblados
5	Crop./Grs. Mosaic	Actividad agropecuaria
6	Crop./Wood Mosc	Actividad agropecuaria/Bosque secundaria
7	Grassland	Pajonal altoandino
8	Shrubland	Matorral semiárido templado
		Matorral semihumedo semicalido
		Matorral sebhumedo templado
		Matorral humedo templado
15	Mixed Forest	Bosque húmedo de montaña
16	Water Bodies	Ríos
		Lagos
		Lagunas
17	Herb. Wetland	Bofedal
22	Mixed Tundra	Tundra
24	Snow or Ice	Nival

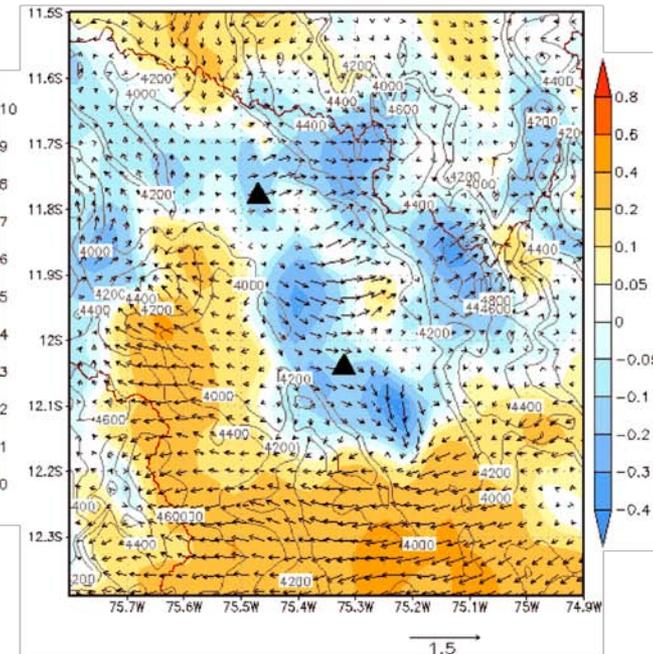
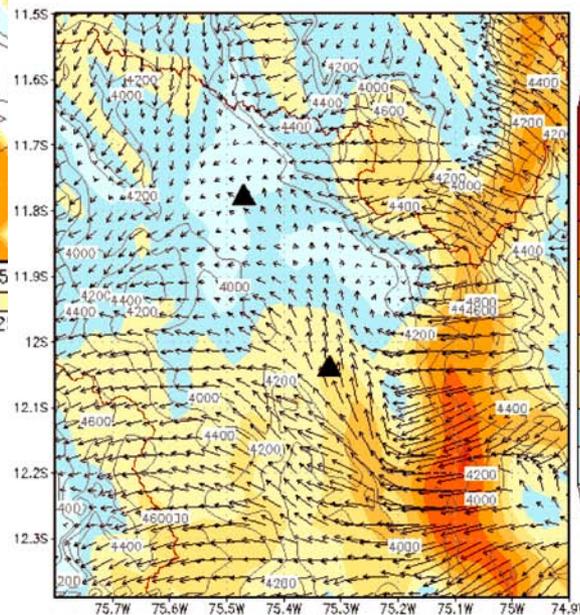


# Impacto del cambio de uso de suelo

ZONA 2



dif	USGS	INRENA
1	Pajonal alt.	Act. Agro.
2		Act. Agro/ Bosque sec.

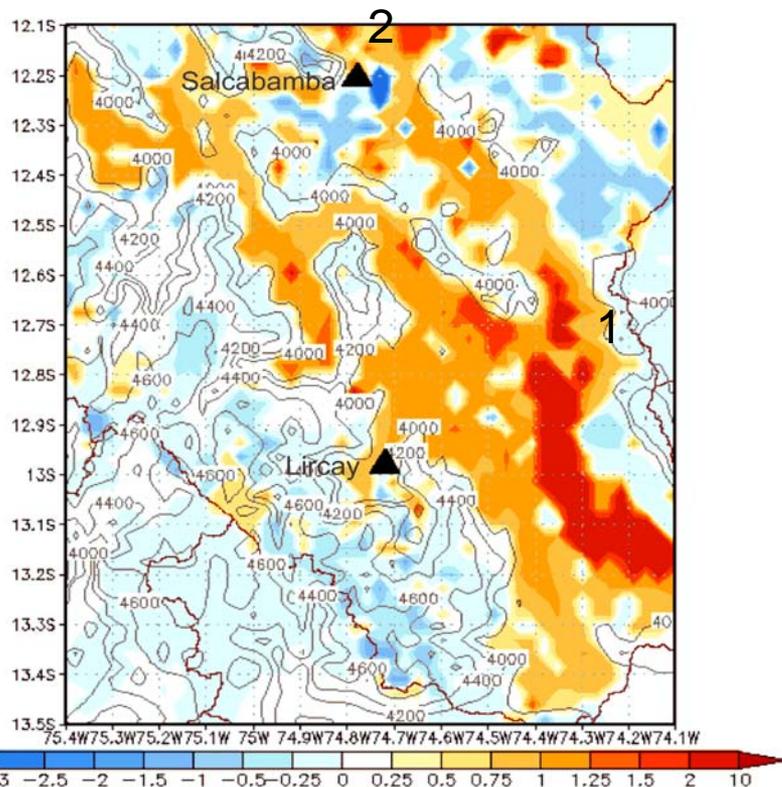


Promedio del viento superficial  
USGS – GTOPO30

Diferencia promedio del viento  
USGS-INRENA

Dalma Mamani, 2010

# Impacto del cambio de uso de suelo



dif	USGS	INRENA
1	Tundra	Bosque húmedo
2	12	Matorral

Diferencia entre las temperaturas del suelo  
**INRENA-USGS**

ID	Descripción Vegetación	Albedo (%)		Moisture Avail. (%)		Emisividad (% at 9 μ m)		Rugosidad (cm)		Thermal Inertia (cal cm-2 k-1 s-1/2)	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
22	Mixed Tundra	15	55	50	90	92	92	15	15	0.05	0.05
15	Mixed Forest	13	14	30	60	94	94	50	50	0.04	0.06
12	Decids. Needlf.	14	15	30	60	94	93	50	50	0.04	0.05
8	Shrubland	22	25	10	20	88	88	10	10	0.03	0.04