

“Indicadores de Cambio climático y proyecciones futuras en la cuenca del río Mantaro”

**Conferencia Macroregional:
“Cambio Climático en la
Cuenca del Rio Mantaro:
Balance de 7 años de
estudio”**

Clara Oria

coria@senamhi.gob.pe

*Equipo : Grinia Avalos, Amelia Díaz, Delia Acuña, Gabriela Rosas,
Gerardo Jácome, Alan Llacza, Luis Metzger y Richard Miguel*

*Centro de Predicción Numérica
Dirección General de Meteorología
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*

Lima, 18 de Noviembre 2009



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

CONTENIDO

- Problemática**
- Antecedentes**
- Objetivos**
- Metodologías**
 - Detección de los Cambios en el Clima**
 - Tendencias Climáticas
 - Índices de Extremos Climáticos
 - Escenarios climáticos al 2100**
- Resultados**
- Conclusiones**

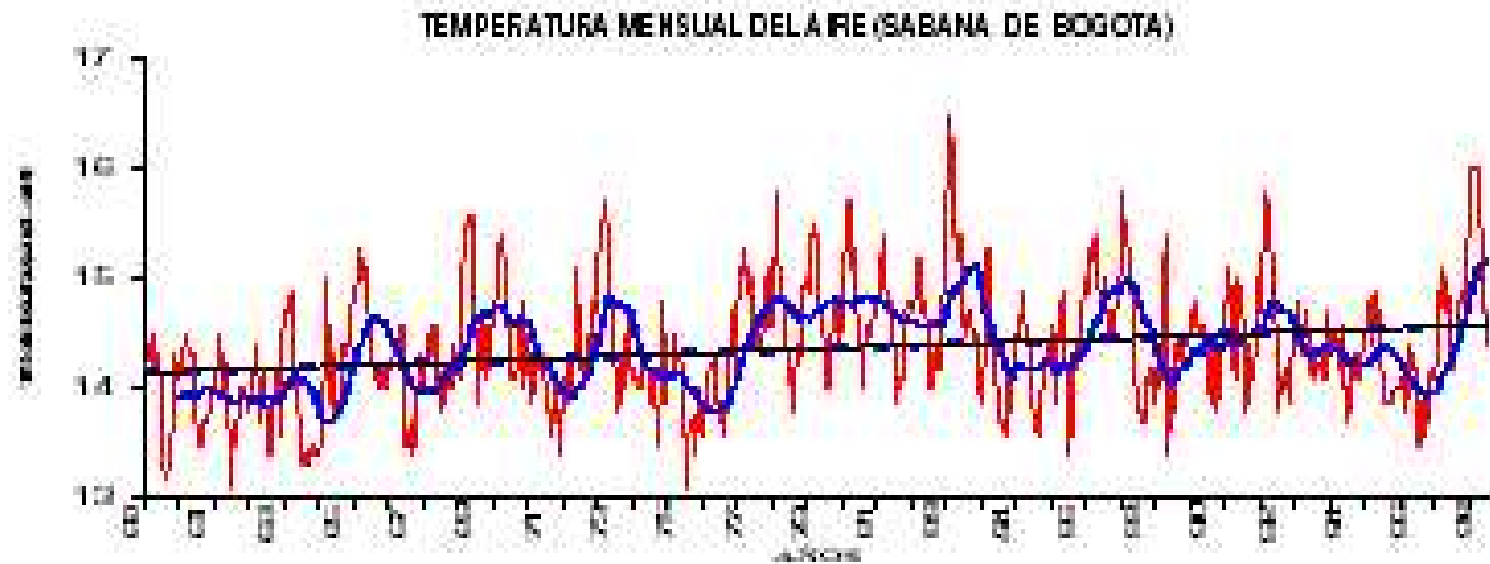


PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

VARIABILIDAD CLIMATICA Y CAMBIO CLIMATICO



Las oscilaciones de las variables climatológicas se conoce como **variabilidad climática**. Los cambios de largo plazo representado en las tendencias se conoce como **cambio climático**



PERÚ

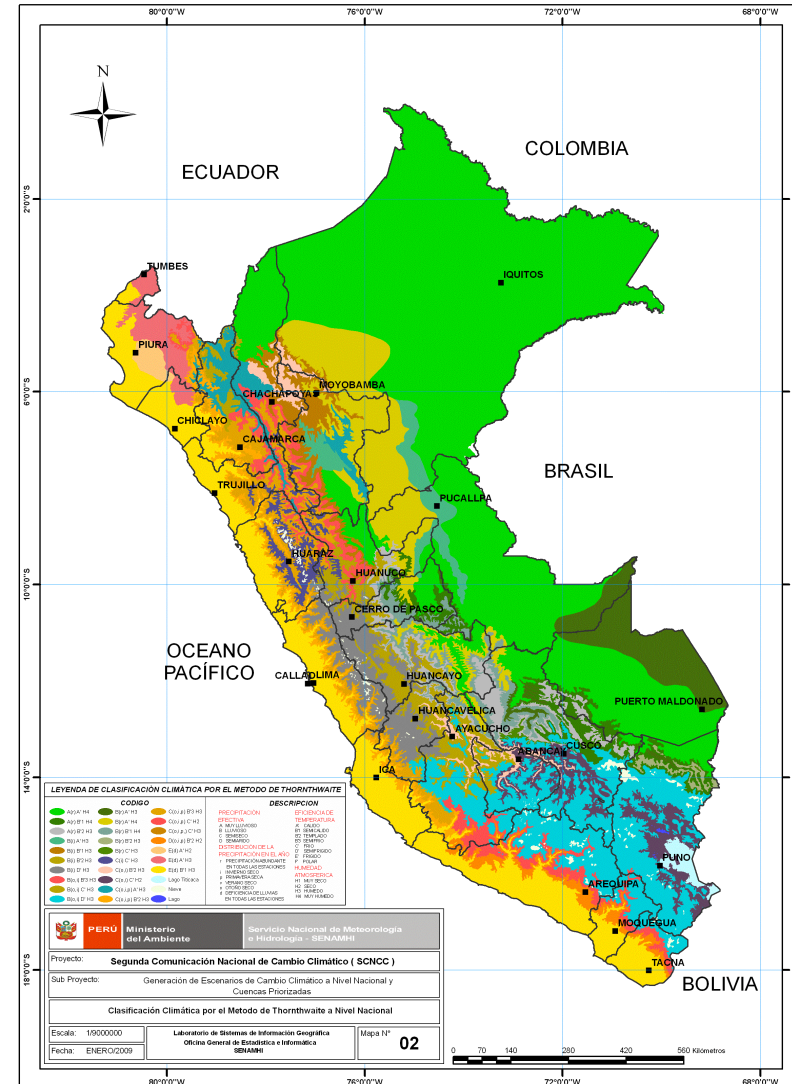
Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

PROBLEMÁTICA

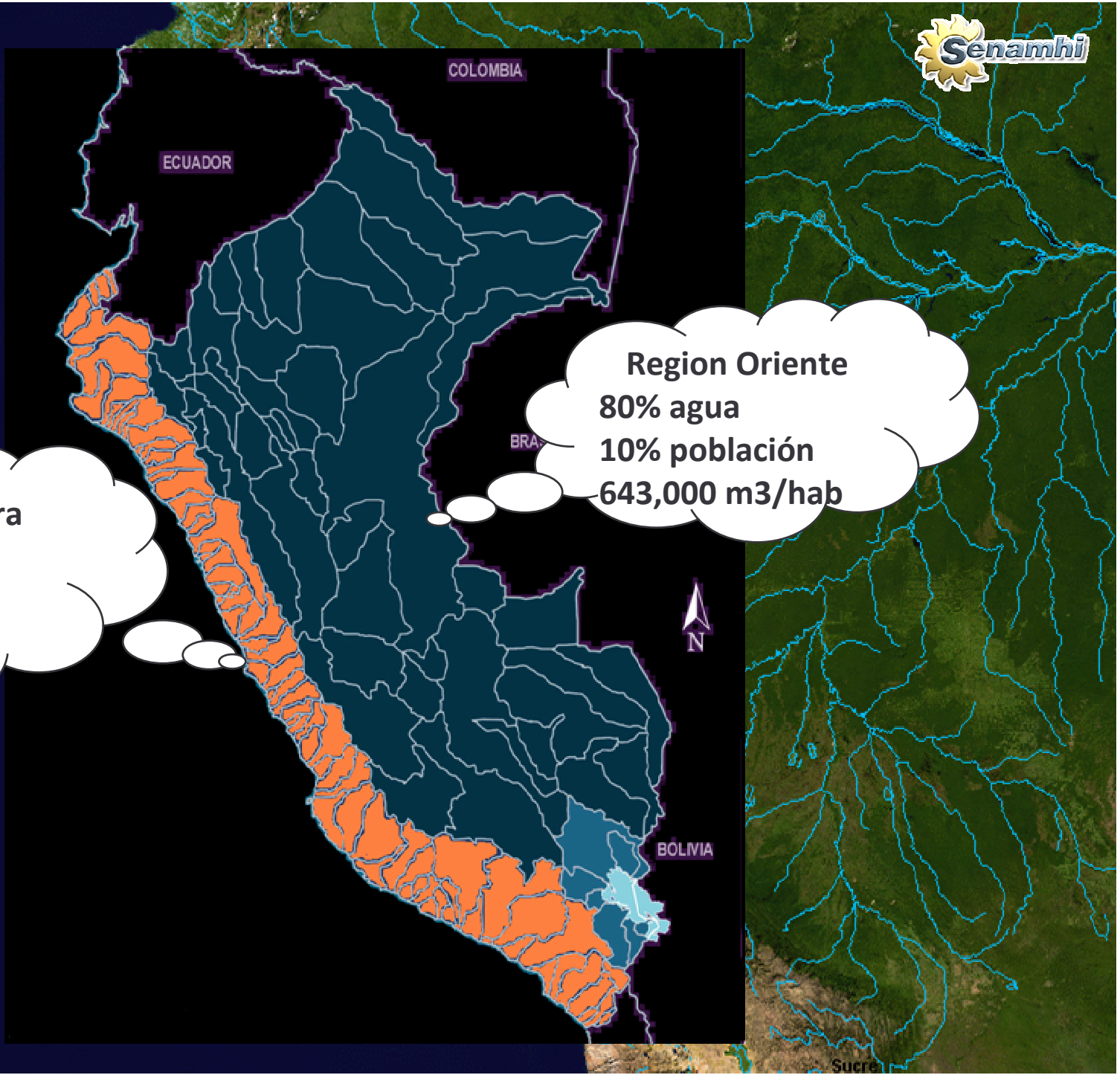
En el Perú:

* Existen 28 climas
(32 en el mundo)



Clasificación climática según
Thornthwaite





Region Costera
1.8% agua
53% población
2,900 m³/hab

Region Oriente
80% agua
10% población
643,000 m³/hab



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

El Perú está entre los 10* países más vulnerables a los riesgos climáticos a nivel mundial, porque:

- Un **38.5% de la PEA se dedica a la agricultura, actividad que es afectada directamente** por el clima *(INEI. Encuesta nacional de hogares 2000)*
- El **53% de peruanos vive en condiciones de pobreza y un 13,7% subsiste en** condiciones de extrema pobreza. *(INEI 2007)*
- No contamos con suficientes recursos financieros ni tecnológicos para adaptarnos *(MINAM)*.
- INRENA - Perú ya ha perdido el 22% de su superficie glaciar en los últimos 22 a 35 años (previos a 1998).
- Al menos el **60% de nuestra electricidad se genera en centrales hidroeléctricas** *(MINEM)*
- En la última década las emergencias por peligros naturales se incrementaron más de 6 veces, el **72% de ellas fueron de origen climático** *(INDECI)*.

* *(Fuente: Tyndall Centre for Climate Research, 2004. New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Reino Unido)*



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

EVENTOS EXTREMOS FRECUENTES



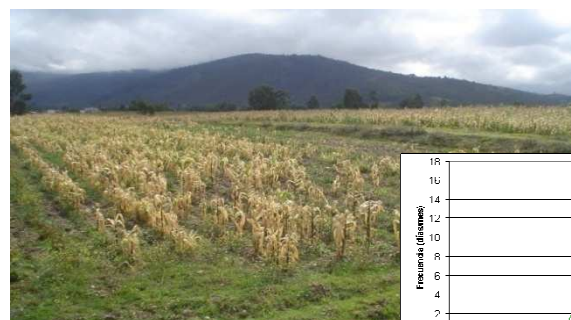
Centro de Ica, Inundaciones
febrero 1998



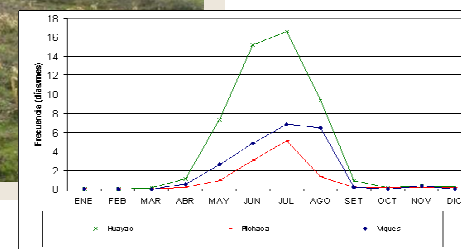
Puno – Nevada julio
2004



San Martín – Inundaciones
diciembre 2006



Huancayo – Heladas
febrero 2007





PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

OBJETIVOS

- **Determinar las tendencias actuales de las temperaturas máximas, mínimas y precipitación en las cuencas de los ríos Mantaro y Urubamba.**
- **Determinar los Índices de extremos climáticos de temperatura y precipitación en las cuencas de los ríos Mantaro y Urubamba.**
- **Evaluar el modelo japonés de alta resolución al 2100.**



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

METODOLOGIA

Detección de cambio climático	Tendencias Climáticas <ul style="list-style-type: none">• Método de Sen (1968) – Hish et al. (1982) y Significancia Estadística Mann -Kendall• Tendencia PP %• Tendencia TT °C/Década Indices de Extremos Climáticos <ul style="list-style-type: none">• Frisch et al. (2002), utilizados en AR4 IPCC.
Evaluación de escenarios futuros	Análisis de Escenarios <ul style="list-style-type: none">• Hulme, M., Lu, X. (2000).• Lenderink et al., 2007



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

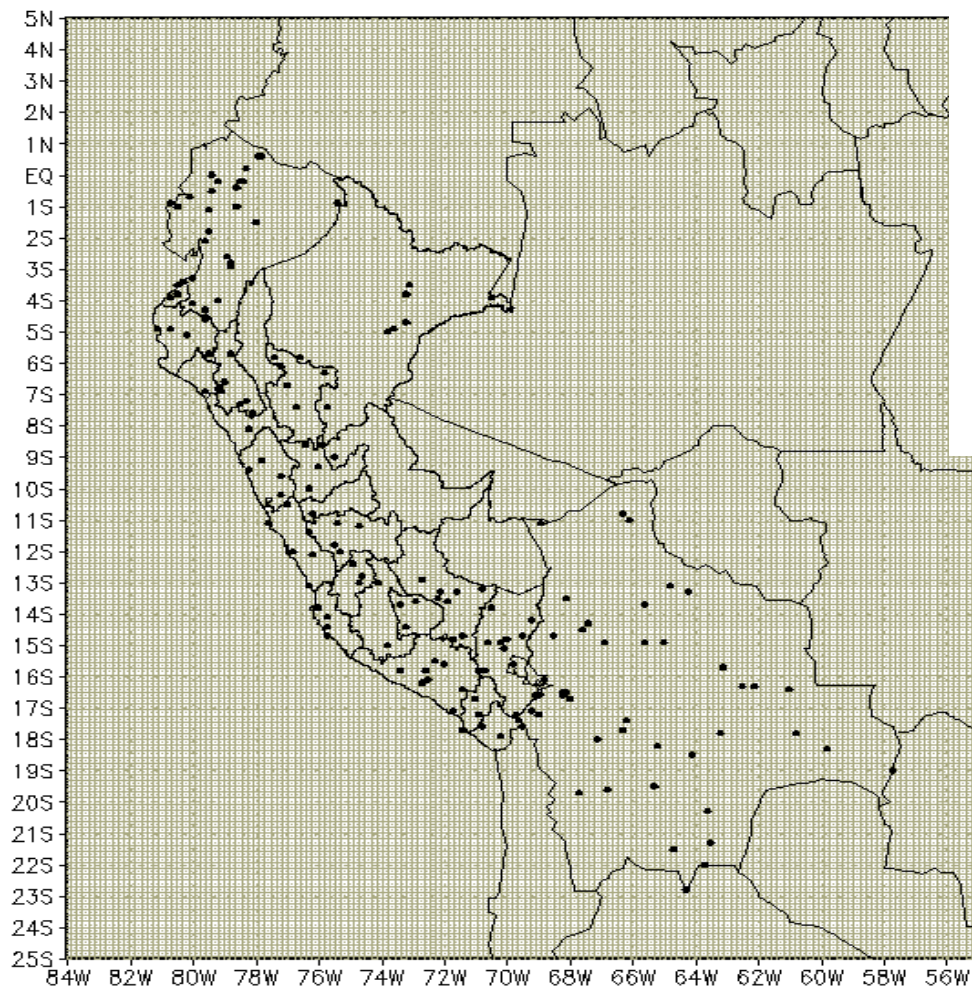
RESULTADOS



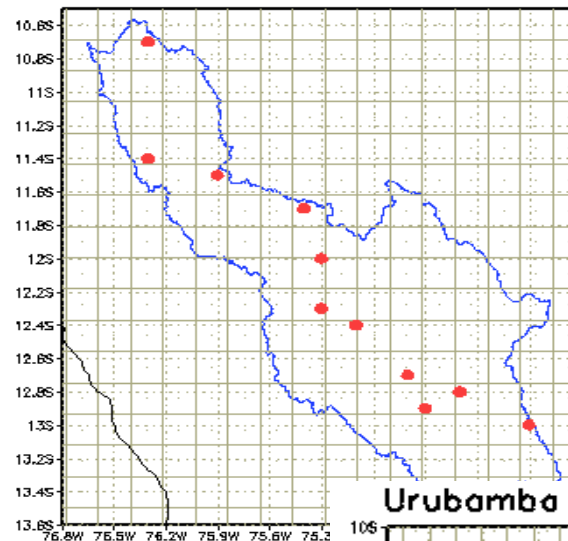
PERÚ

Ministerio
del Ambiente

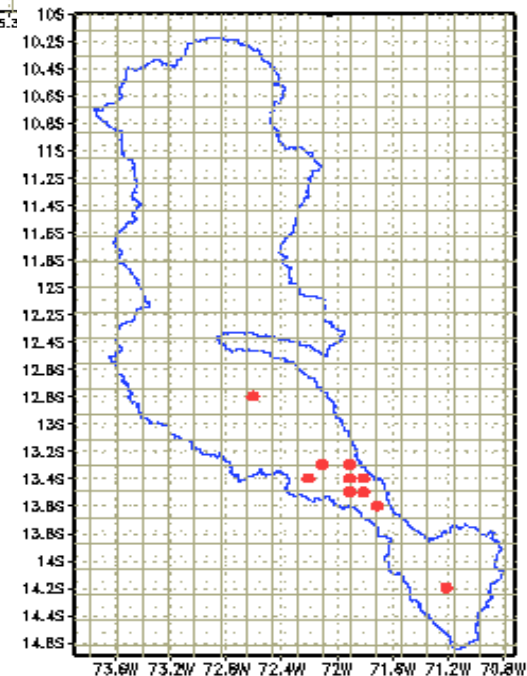
Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI



Mantaro Basin Stations



Urubamba Basin Stations



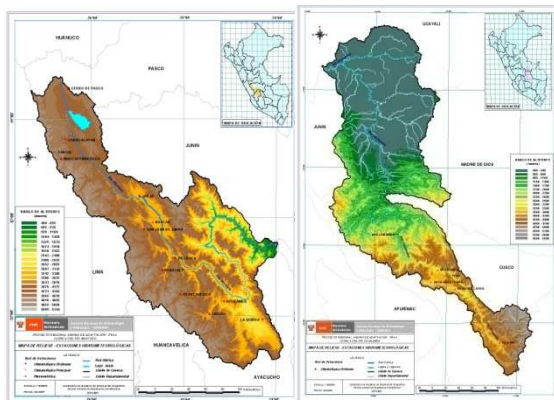
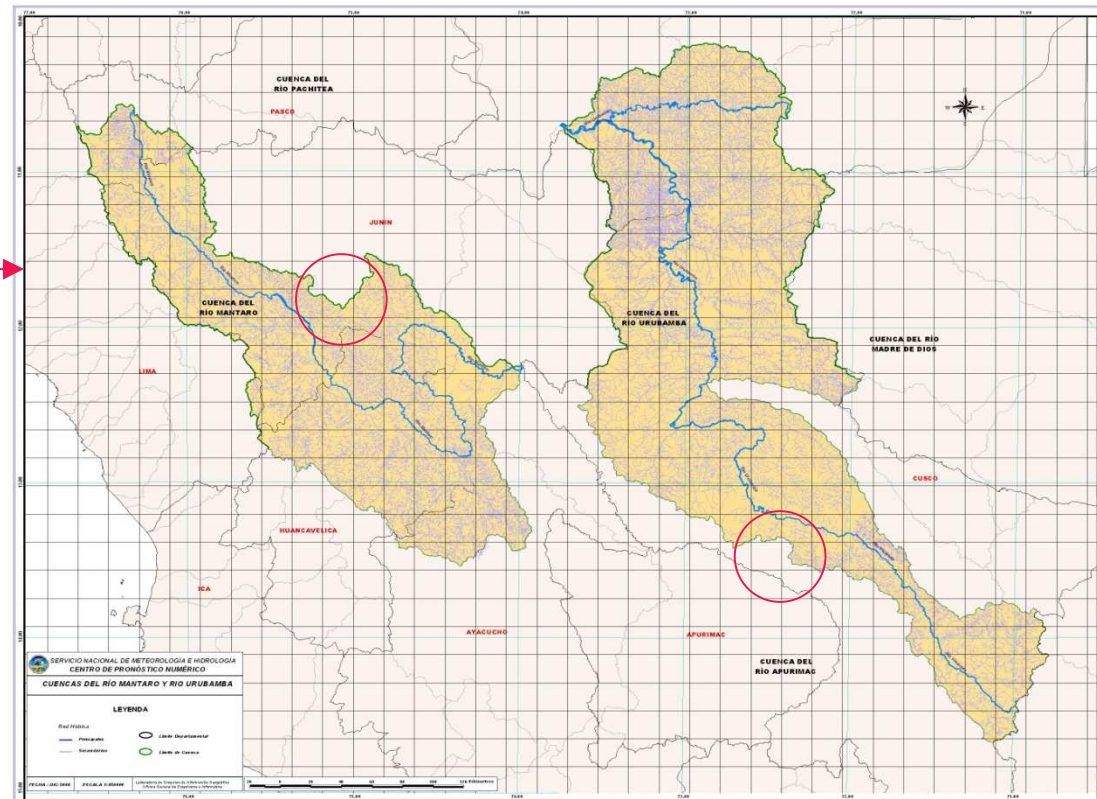
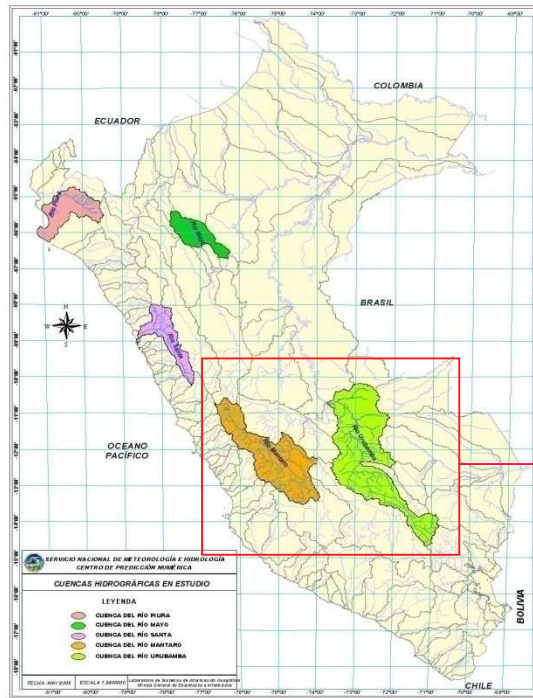


PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

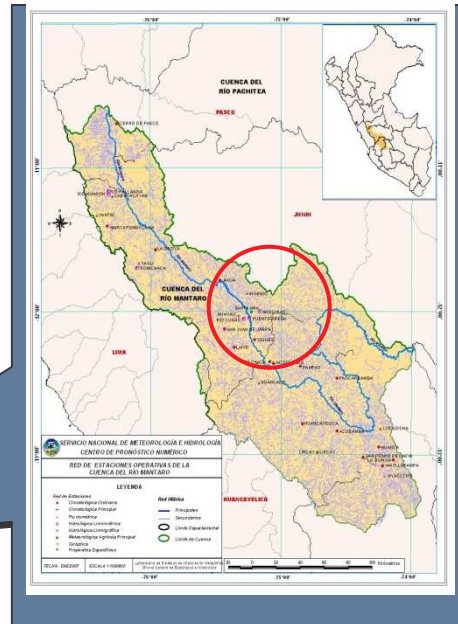
Cuencas de Interés



C. Río Mantaro

C. Río Urubamba

CUENCA DEL RIO MANTARO (PRAA, 2007)



Gran parte de la cuenca del Mantaro muestra una disminución de la precipitación en los últimos 40 años (PERIODO DEF)

El 45% de las especies de papa (más de 5200) y el 30% de oca (más de 400) son colectadas sobre los 3,500 m.s.n.m



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

ANALISIS DE TENDENCIAS

DETECCION DE CAMBIOS EN EL CLIMA

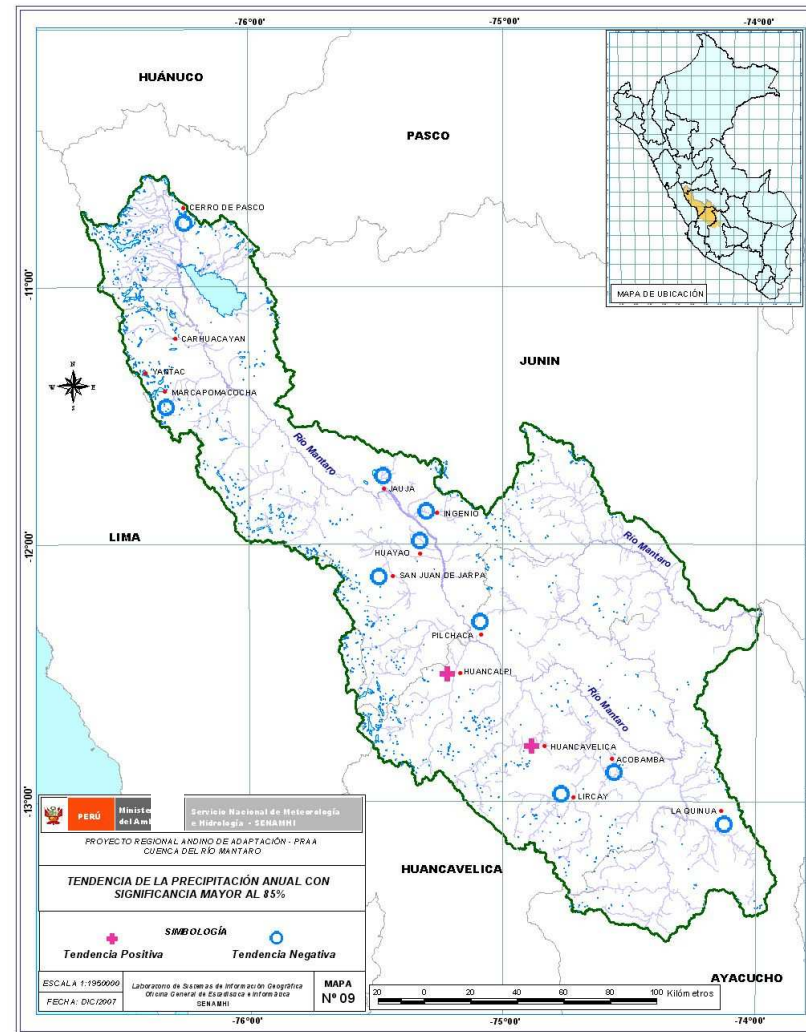


PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

TENDENCIA DE PRECIPITACION ANUAL





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

Tendencia de la precipitación

Kendall, M.G., 1975 & Mann, H.B. (1945)

LUGAR	PERIODO	Tendencia (mm/año)	SIGNIFICANCIA (%)
CERRO DE PASCO	1965-2006	-28.52	99.94
CARHUACAYAN	1969-2006	-0.76	57.78
YANTAC	1965-2006	-0.78	58.80
MARCAPOMACocha	1969-2006	-14.87	99.92
JAUJA	1965-2006	-2.41	92.43
HUAYAO	1965-2006	-2.53	94.62
S.JUAN DE JARPA	1968-2006	-3.43	87.37
PILCHACA	1965-2006	-3.08	93.64
HUANCALPI	1965-2006	8.47	96.61
HUANCAVELICA	1965-2006	5.06	96.63
ACOBAMBA	1965-2006	-3.87	89.53
LIRCAY	1966-2006	-1.65	76.00
QUINUA	1965-2006	-4.33	93.16

Tendencia anual

LUGAR	DEF		MAM		JJA		SON	
	TP	Sig	TP	Sig	TP	Sig	TP	Sig
CERRO DE PASCO	-4.9	96	-2.6	97	-2.9	99	-3.3	79
CARHUACAYAN	-0.5	60	1.23	88	-0.5	86	-0.1	57
YANTAC	-0.8	61	-1.2	89	0.28	79	0.39	58
MARCAPOMACocha	-6.9	99	-1.9	92	-0.1	56	-0.2	56
JAUJA	-2.4	96	0.07	54	-0.3	94	-0.2	63
HUAYAO	0.05	53	-1.2	95	-0.1	70	-0.1	55
SAN JUAN DE JARPA	-0.4	58	-1.8	91	-0.5	84	0.0	52
PILCHACA	-1.4	89	-1.0	89	0.0	52	-0.2	65
HUANCALPI	3.9	93	0.14	57	0.77	86	1.64	95
HUANCAVELICA	1.53	77	1.06	84	0.84	95	0.4	83
ACOBAMBA	-0.6	63	-2.5	99	-0.1	57	-1.5	93
LIRCAY	-0.5	71	-0.3	62	0.12	61	-1.7	98
QUINUA	-2.3	94	-0.7	74	0.29	78	0.23	57

Tendencia estacional

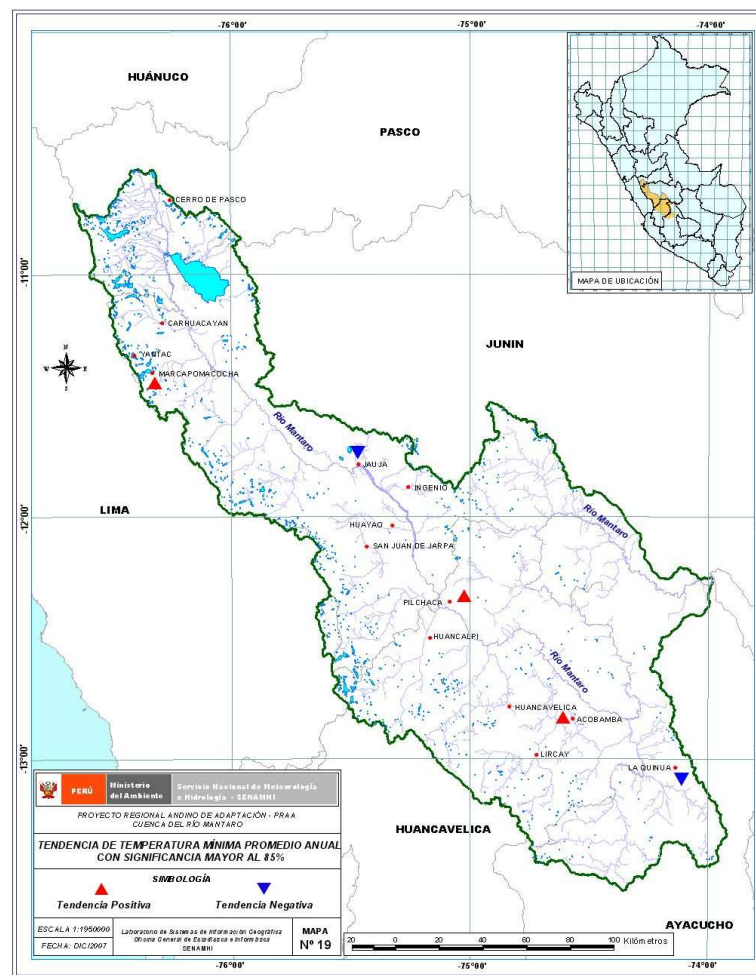
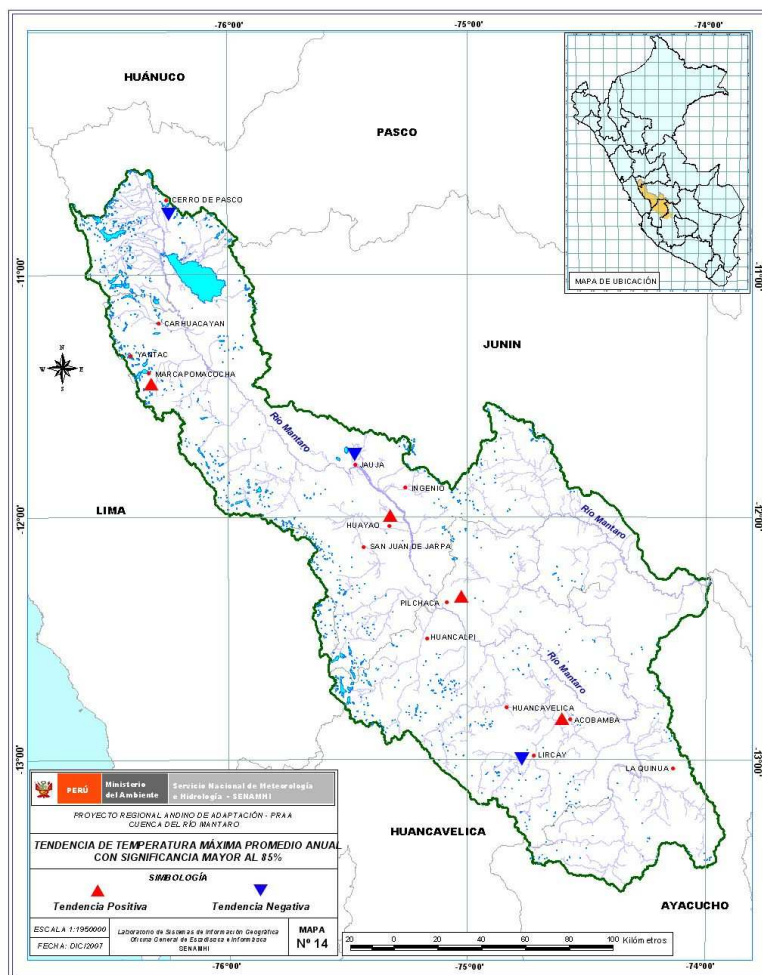


PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

TENDENCIA DE TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS ANUALES





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

Tendencia de la temperatura

Kendall, M.G.,1975 & Mann, H.B. (1945)

LUGAR	PERIODO	TMAX (°C/año)	SIGNIFI. (%)	TMIN (°C/año)	SIGNIFI. (%)
CERRO DE PASCO	1965-2005	-0.06	100	0.01	71
MARCAPOMACOCHA	1967-2005	0.03	99	0.01	89
JAUJA	1965-2005	-0.02	98	-0.03	99
HUAYAO	1965-2006	0.03	100	0.01	77
PILCHACA	1964-2006	0.07	100	0.02	98
ACOBAMBA	1965-2005	0.04	99	0.08	100
LIRCAY	1965-2005	-0.02	99	0.01	71
QUINUA	1965-2005	0.002	56	-0.04	100

Tendencia anual

LUGAR	Unidades	DEF		MAM		JJA		SON	
		TMAX	TMIN	TMAX	TMIN	TMAX	TMIN	TMAX	TMIN
MARCAPOMACOCHA	°C/año	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
	%	97	95.4	97.4	85.7	86.8	68	98	83
CERRO DE PASCO	°C/año	-0.07	0.02	-0.05	0.02	-0.04	0.02	-0.06	-0.0002
	%	100	98	99.4	87	97	92	100	53
HUAYAO	°C/año	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	-0.01
	%	99	88.9	99.8	95.2	99.9	75.4	99.5	71.9
PILCHACA	°C/año	0.08	0.02	0.08	0.02	0.06	0.01	0.05	0.01
	%	100	100	100	98.8	100	78.2	100	95.9
ACOBAMBA	°C/año	0.04	0.11	0.03	0.07	0.01	0.02	0.05	0.07
	%	98	100	96.9	100	76.1	94.9	99.9	100
LIRCAY	°C/año	-0.02	0.02	-0.01	0.003	-0.01	-0.002	-0.02	-0.003
	%	96	91.1	90.6	58.2	87.4	58.3	99.9	58.8
LA QUINUA	°C/año	0.01	-0.04	-0.003	-0.03	-0.01	-0.05	0.01	-0.03
	%	80	99.5	58.1	99.7	80.3	100.0	87.6	99.4
JAUJA	°C/año	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03	-0.01	-0.07	-0.03	-0.03
	%	99	100.0	97.0	99.7	71.2	100.0	99.1	99.5

Tendencia estacional



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

Periodos secos y húmedos

Tabla N°7: Periodos secos y húmedos en la Cuenca del Tarma para el periodo 1985-2008

AÑOS	CPCO	MPCHA	JJA	HYAO	PLCHCA	HMLR	ABMBA	LRCY
1985-86								
1986-87								
1987-88								
1988-89								
1989-90								
1990-91								
1991-92								
1992-93								
1993-94								
1994-95								
1995-96								
1996-97								
1997-98								
1998-99								
1999-00								
2000-01								
2001-02								
2002-03								
2003-04								
2004-05								
2005-06								
2006-07								
2007-08								
2008-09								
2009-10								
2010-11								
2011-12								
2012-13								
2013-14								
2014-15								
2015-16								
2016-17								
2017-18								
2018-19								
2019-20								
2020-21								
2021-22								
2022-23								
2023-24								
2024-25								
2025-26								
2026-27								
2027-28								
2028-29								
2029-30								

CPCO	Cará-Seco
MPCHA	Macabamba
JJA	Jaja
HYAO	Huancayo
PLCHCA	Plancha
HMLR	Huamla
ABMBA	Abamba
LRCY	Lircay

Presión	Tipo de Sequía
1	Suave
2	Severa
3	Extrema
00	Definida

Tabla N°8: Periodos húmedos y secos en la Cuenca del Tarma para el periodo 1985-2008

Años	CPCO	MPCHA	JJA	HYAO	PLCHCA	HMLR	ABMBA	LRCY
1985-86								
1986-87								
1987-88								
1988-89								
1989-90								
1990-91								
1991-92								
1992-93								
1993-94								
1994-95								
1995-96								
1996-97								
1997-98								
1998-99								
1999-00								
2000-01								
2001-02								
2002-03								
2003-04								
2004-05								
2005-06								
2006-07								
2007-08								
2008-09								
2009-10								
2010-11								
2011-12								
2012-13								
2013-14								
2014-15								
2015-16								
2016-17								
2017-18								
2018-19								
2019-20								
2020-21								
2021-22								
2022-23								
2023-24								
2024-25								
2025-26								
2026-27								
2027-28								
2028-29								
2029-30								

CPCO	Cará-Seco
MPCHA	Macabamba
JJA	Jaja
HYAO	Huancayo
PLCHCA	Plancha
HMLR	Huamla
ABMBA	Abamba
LRCY	Lircay

Presión	Estado
1	húmedo
2	seco



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

DETECCION DE CAMBIO CLIMATICO: INDICES EXTREMOS



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

• Índices de Extremos Climáticos: Precipitación y Temperatura

• I. Temperatura

Indicador	Nombre del Indicador	Unidad
TX10	Días Fríos	días
TX90p	Días Calientes	días
TN10p	Noches Frías	días
TN90p	Noches Cálidas	días
Txx	Temperatura Máxima Máxima	° C
Tnn	Temperatura Mínima Mínima	° C
DTR	Rango diurno de temperatura	° C

• I. Precipitación

Indicador	Nombre del Indicador	Definición	Unidad
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR < 1\text{mm}$	días
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$	días
R95p	Días muy húmedos	Precipitación total anual en que $RR > 95$ percentil	mm
R99p	Días extremadamente húmedos	Precipitación total anual en que $RR > 99$ percentil	mm



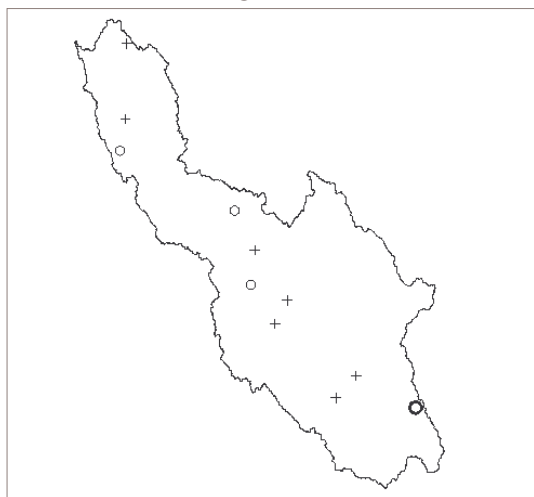
PERÚ

Ministerio
del Ambiente

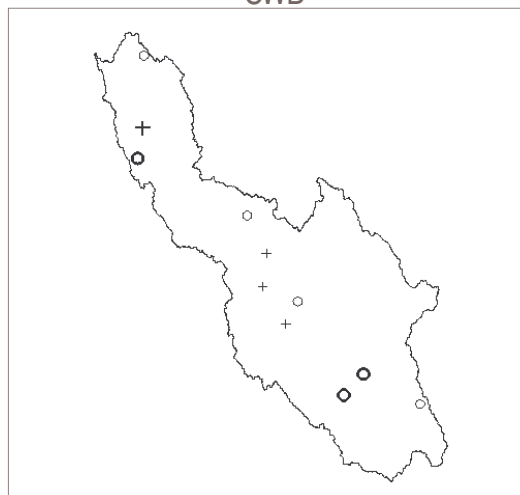
Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

• Índices de Precipitación

CDD



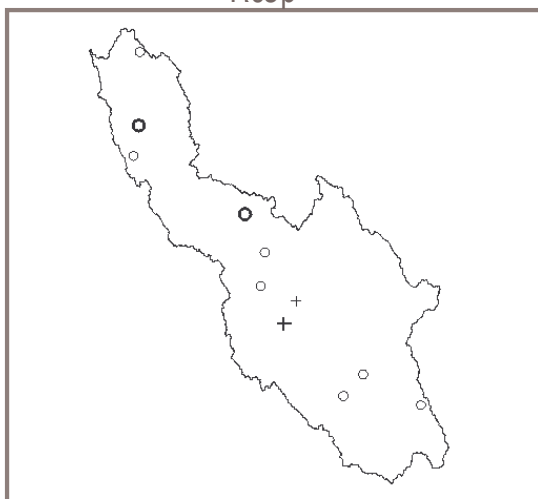
CWD



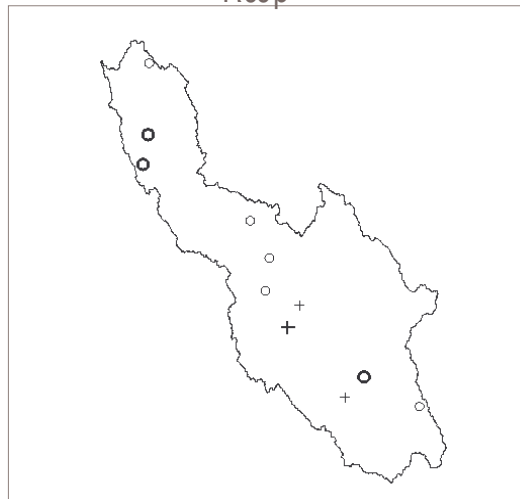
Fluctuación positiva sin
significancia (+)

Fluctuación negativa sin
significancia (O)

R95p



R99p



Tendencia positiva con
significancia (+)

Tendencia negativa con
significancia (O)

Nivel de significancia = 99%



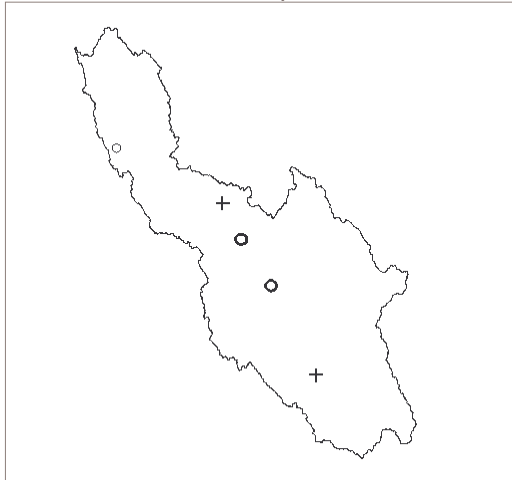
PERÚ

Ministerio
del Ambiente

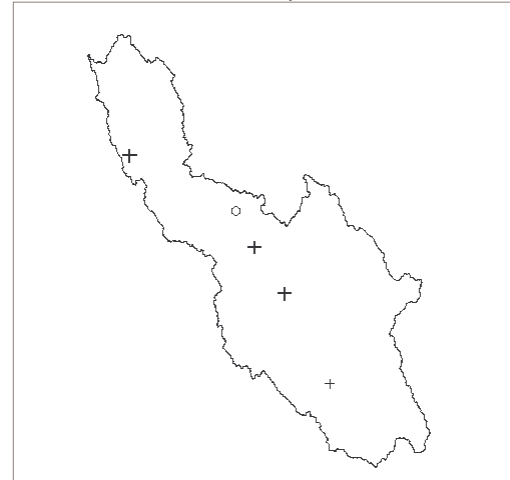
Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

• Índices de Temperatura

Tx10p



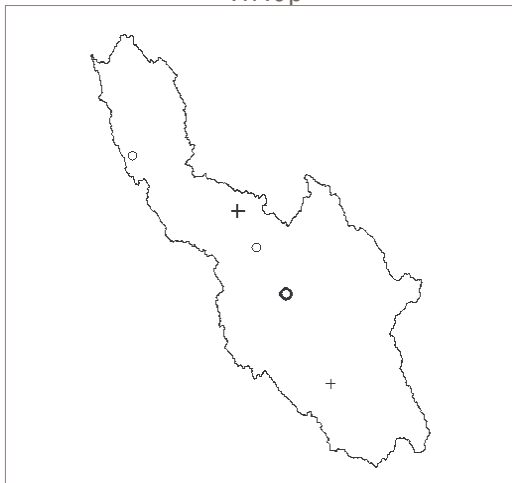
Tx90p



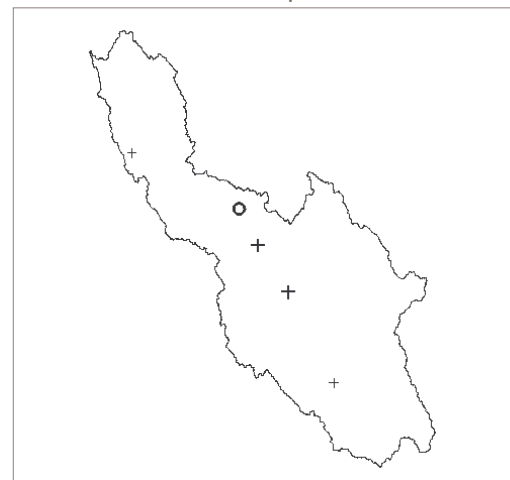
Fluctuación positiva sin
significancia (+)

Fluctuación negativa sin
significancia (O)

Tn10p



Tn90p



Tendencia positiva con
significancia (+)

Tendencia negativa con
significancia (O)

Nivel de significancia = 99%



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

ESCENARIOS AL 2100



PERÚ

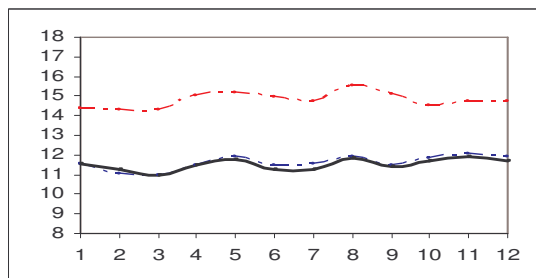
Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

Escenarios: Temperatura máxima

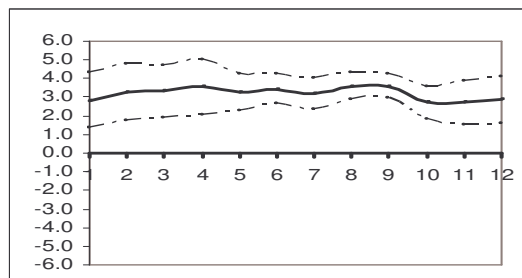
Hulme, M., Lu, X. (2000).

Ciclo medio anual



mes

Cambio



mes

Cerro de Pasco

Nº	Sector	Estación	Provincia	Región	DEF (°C)	+/- (°C)	MAM (°C)	+/- (°C)	JJA (°C)	+/- (°C)	SON (°C)	+/- (°C)
1	SNCM	Cerro de Pasco	Pasco	Pasco	3.0	1.4	3.4	1.3	3.3	0.8	2.9	0.9
2		Marcapomacocha	Yauli	Junín	3.0	0.8	3.2	0.9	3.3	0.7	3.3	1.2
3	SCCM	Huayao	Huancayo	Junín	3.0	0.8	2.9	0.9	3.3	0.9	3.2	0.9
4		Jauja	Jauja	Junín	3.1	1.2	3.3	0.9	3.3	0.9	3.0	1.2
5		Laive	Huancayo	Junín	2.5	0.9	2.6	0.7	3.4	0.9	3.4	1.5
6		Pilchaca	Huancavelica	Huancavelica	2.3	1.0	2.0	0.9	2.6	0.9	2.7	1.1
7	SSCM	La Quinua	Huamanga	Ayacucho	2.9	1.2	2.9	0.9	3.4	0.9	3.2	1.2
8		Lircay	Angaraes	Huancavelica	2.6	1.1	2.5	0.7	2.5	1.0	2.8	1.1
9		Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	2.4	1.1	2.6	0.8	3.0	0.6	2.8	1.0
10		Acobamba	Acobamba	Huancavelica	2.3	1.4	2.5	1.1	3.3	0.8	3.0	1.1



PERÚ

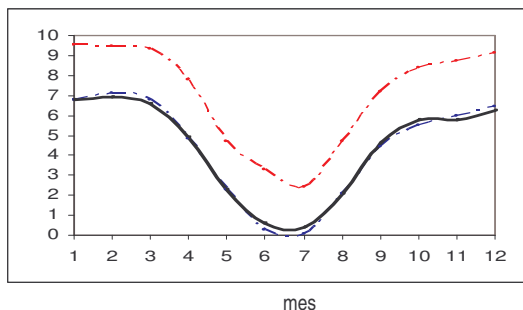
Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

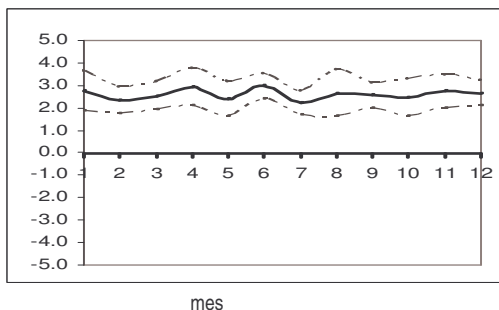
Escenarios: Temperatura mínima

Hulme, M., Lu, X. (2000).

Ciclo medio anual



Cambio



Huayao

Nº	Sector	Estación	Provincia	Región	DEF (°C)	+/ (°C)	MAM (°C)	+/ (°C)	JJA (°C)	+/ (°C)	SON (°C)	+/ (°C)
1	SNCM	Cerro de Pasco	Pasco	Pasco	2.8	0.6	3.0	0.5	2.0	0.6	3.0	0.6
2		Marcapomacocha	Yauli	Junín	2.8	0.8	2.7	0.6	2.4	0.5	2.7	0.7
3	SCCM	Huayao	Huancayo	Junín	2.7	0.6	2.7	0.7	2.5	0.7	2.7	0.7
4		Jauja	Jauja	Junín	2.9	0.5	2.7	0.7	1.6	0.6	2.6	0.7
5		Laive	Huancayo	Junín	2.9	0.6	2.8	0.5	2.3	0.5	2.9	0.7
6		Pilchaca	Huancavelica	Huancavelica	2.8	0.8	2.6	0.8	1.8	0.5	2.5	1.0
7	SSCM	La Quinua	Huamanga	Ayacucho	2.6	0.4	2.8	0.4	2.7	0.9	2.8	0.6
8		Lircay	Angaraes	Huancavelica	2.7	0.8	3.2	0.9	3.0	1.0	3.0	0.9
9		Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	2.2	0.7	1.7	0.8	1.3	0.5	1.5	0.8
10		Acobamba	Acobamba	Huancavelica	2.7	1.5	2.5	1.3	3.2	1.0	2.4	1.7



PERÚ

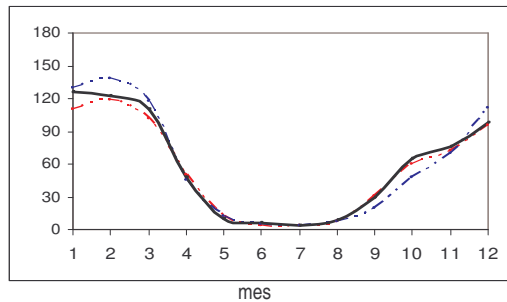
Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

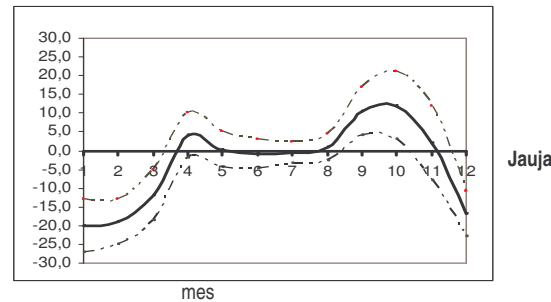
Escenarios: Precipitación

Lenderink et al., 2007

Ciclo medio anual



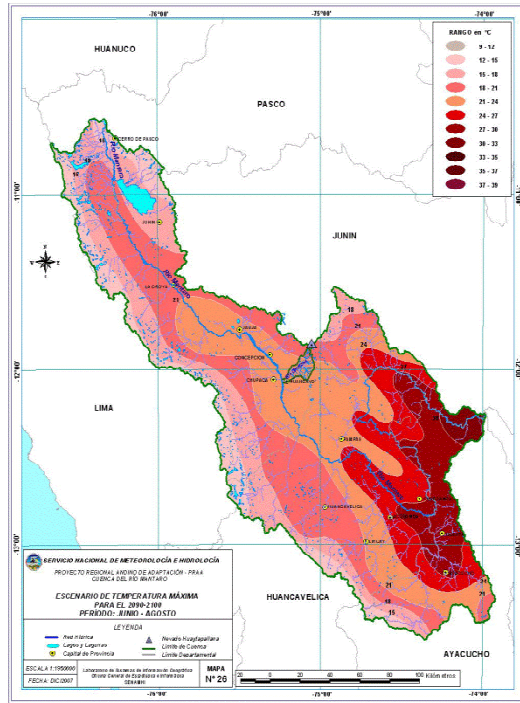
Cambio



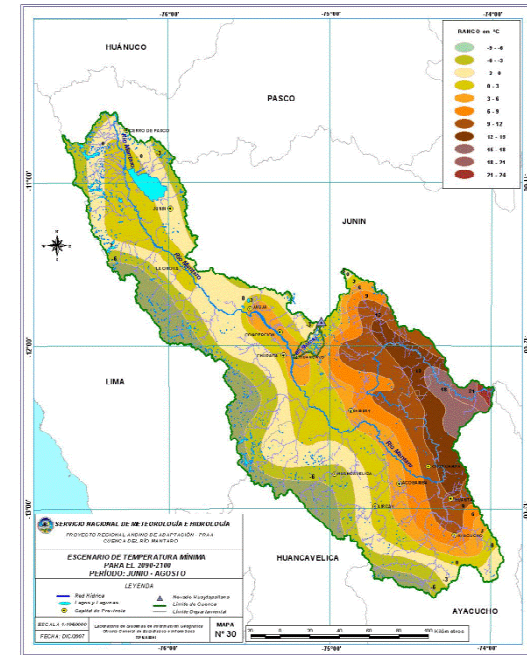
Jauja

Nº	Sector	Estación	Provincia	Región	DEF (mm)	+/- (mm)	MAM (mm)	+/- (mm)	JJA (mm)	+/- (mm)	SON (mm)	+/- (mm)
1	SNCM	Cerro de Pasco	Pasco	Pasco	-26,8	6,1	-9,0	6,6	1,3	2,4	15,4	11,3
2		Marcapomacocha	Yauli	Junín	-37,8	13,4	-19,7	14,9	-19,8	9,2	28,6	15,4
3	SCCM	Huayao	Huancayo	Junín	-13,0	8,4	-7,1	5,1	-0,4	2,4	19,4	6,5
4		Jauja	Jauja	Junín	-56,0	7,3	-7,7	5,9	-0,5	3,4	24,4	8,8
5		Ingenio	Huancayo	Junín	-20,6	15,0	4,0	11,8	-1,5	6,1	4,7	13,8
6		Pilchaca	Huancavelica	Huancavelica	14,3	13,6	14,6	9,0	-6,2	4,0	8,1	11,9
7	SSCM	La Quinua	Huamanga	Ayacucho	20,4	13,5	14,2	8,9	-1,0	2,2	18,5	10,6
8		Lircay	Angaraes	Huancavelica	17,7	9,9	13,7	7,7	-1,0	2,6	9,1	8,5
9		Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	22,7	13,7	10,0	10,6	0,7	9,3	23,0	15,6
10		Acobamba	Acobamba	Huancavelica	23,1	8,3	3,1	8,2	-5,1	5,0	-2,0	10,3

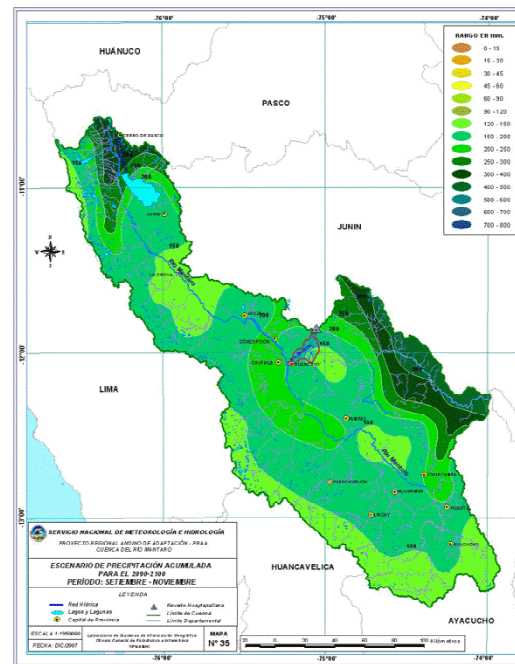
Escenarios climáticos al **2100** Cuenca del Mantaro –A1B , MODELO TL959L60/MRI-JMA



T. máxima



T. mínima



Precipitación

23.11.09



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

CONCLUSIONES

- Incremento de temperaturas extremas (máxima y mínima) anuales desde 1965, del orden de 0.01 a 0.02 °C año⁻¹, así como el aumento de días y noches cálidas en la cuenca del Mantaro.
- Tendencia de las precipitaciones en los últimos 40 años no es uniforme y es espacialmente diferenciada. Presentando una tendencia decreciente en el sector norte de la cuenca del Mantaro entre $14 - 28$ mm año⁻¹ y es más evidente en verano, coincidiendo con la significativa reducción del número de días húmedos consecutivos y la disminución de la intensidad de las lluvias.
- Desde los ochenta, en la cuenca del Mantaro las lluvias presentan un comportamiento irregular con situaciones de sequías y deficiencias moderadas. Intensificando su frecuencia desde los noventa, siendo la más intensa la de 1991/92. La frecuencia de periodos húmedos intensos y frecuentes han disminuido en gran parte de la cuenca a partir de los noventa.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

Conclusiones

- Las proyecciones del clima en la cuenca del Mantaro al 2100 se resumen de la siguiente manera:

Un progresivo **incremento de las temperaturas** máxima y mínima en toda la cuenca, con valores promedio de **2.7 °C y 2.3 °C** respectivamente con respecto al clima actual; **reducción de las precipitaciones** durante el verano e invierno en los sectores norte y centro principalmente, así como un **incremento generalizado en primavera**, aunque con mayor incidencia en el sector sur de la cuenca.



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI**

Gracias...

www.senamhi.gob.pe

“Ciencia y tecnología hidrometeorológica al servicio del País”