



Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

I.N.A.
Instituto Nacional del Agua y
del Ambiente

(Mendoza – Argentina)

Centro Meteorologico di Teolo

(Teolo – Padova)

*Variaciones en la precipitación de la Región del
Veneto y su relación con los cambios en la
temperatura*

Patricia M. Lòpez

Ottobre 2000

Indice

1. Introducción	3
2. Variables utilizadas	4
3. Metodología	4
4. Resultados	6
5. Conclusiones	10
6. Agradecimientos	11
7. Bibliografía	11
Anexo 1. Tablas	12

1. Introducción

La presencia de los gases de efecto invernadero posibilita la vida en la superficie de la tierra ya que sin ellos la temperatura sería 33°C mas baja. Estos gases actuan bloqueando la radiación terrestre de onda larga originando un aumento de la temperatura en superficie.

La concentración de estos gases ha sido incrementada debido a actividades antrópicas como, el uso de combustibles fósiles, la deforestación, la aplicación de fertilizantes y el crecimiento de ciertas formas de producción agrícola. Además, se han indroducido nuevos gases de efecto invernadero de producción humana, los clorofluorcarbonos (CFCs).

Este incremento modifica el balance de energía en las capas bajas de la atmósfera, provocando un aumento de la radiación y de la temperatura en superficie que, se estima, producirá cambios en los patrones climáticos.

El proceso de los cambios climáticos posibles originados por el incremento de la concentración de estos gases es denominado calentamiento global.

Durante las últimas décadas, este escenario de calentamiento planetario ha sido uno de los temas científicos de mayor interés y los dos problemas principales planteados son el estudio de los posibles efectos en el ciclo hidrológico y la evaluación de su impacto y la detección de señales en las series de datos hidrológicos que lo manifiesten.

El ciclo hidrológico se verá afectado debido a que el aumento de temperatura produce cambios en la precipitación y en la evaporación. Estos últimos producen variaciones en el contenido de humedad del suelo, en el escurrimiento y en la recarga de acuíferos. Todas estas modificaciones afectan los ecosistemas, el uso del suelo y la calidad de las aguas (Arnell, 1996).

La capacidad para predecir estas variaciones y para evaluar su impacto permitirá realizar mejoras en los planes y estrategias de aprovechamiento de los recursos hídricos actuales y futuros.

El problema de la detección de señales en series de datos hidrológicos es, en la mayoría de los casos, una tarea difícil. La variabilidad interanual presente en los datos hidrológicos, las fluctuaciones climáticas periódicas como el fenómeno El Niño-Oscilación Sur, la corta longitud de los registros y las características propias de algunas regiones de presentar una mayor sensibilidad a las variaciones climáticas que otras, son algunas de las causas de incertidumbre en los resultados.

Otra causa de incertidumbre esta originada en las herramientas utilizadas en la detección de tendencias. Algunas de las pruebas estadísticas empleadas no son lo suficientemente potentes o están basadas en hipótesis de linealidad.

El objetivo de este estudio es investigar la presencia de tendencias debidas al proceso de calentamiento global en las series de tiempo de precipitación disponibles en la región del Veneto e identificar cuales son las variables más afectadas.

El estudio de los cambios en la cantidad, intensidad, duración y tiempo de ocurrencia de las precipitaciones proporcionará información a cerca de los posibles efectos del proceso de calentamiento global en otras variables relacionadas.

2. Variables utilizadas

La región del Veneto cuenta con registros de precipitación y temperatura que poseen información en el período 1961-1990 fijado por la Organización Meteorológica Mundial como el período climático estandar de análisis.

En este estudio, se decidió utilizar solamente series que contaran con un mínimo de treinta años de observaciones, con menos del 25% de datos faltantes y de valores iguales a cero y con no más de dos años consecutivos de valores faltantes.

De la evaluación de la información disponible, las variables de precipitación seleccionadas para el análisis fueron: 1) totales mensuales, 2) total anual y 3) número de días con precipitación en el año (NDP) y 4) valores máximos para duraciones entre 15 minutos y 24 horas.

Los registros de temperatura contenían solamente información sobre la máxima y la mínima y las variables analizadas fueron: 1) valores medios mensuales, 2) valores medios anuales, 3) extremos máximo y mínimo. Estas variables fueron incluidas a fin de estudiar la validez de la hipótesis de calentamiento global en la región.

La información utilizada fue suministrada por el Centro Meteorologico di Teolo, perteneciente a la Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV). En este Centro las observaciones de veinticinco estaciones de precipitación y trece de temperatura, pertenecientes al Magistrato delle Acque di Venezia (MA) y a Aeronautica Militare (AM), fueron trasladadas a soporte magnético.

Las series de precipitación y temperatura de las estaciones que cumplieron con los criterios fijados para el análisis se presentan en la Tabla 1. Se puede observar que las estaciones están distribuidas en todas las provincias de la región, con excepción de Verona.

3. Metodología

Se realizó un estudio de correlación entre las estaciones de precipitación a fin de evaluar la independencia de la información a distintas escalas de tiempo.

Se aplicó la prueba estadística no-paramétrica bidireccional de Mann-Kendall a las series de precipitación y temperatura con el propósito de detectar tendencias monótonas o cambios graduales o abruptos durante el período de análisis.

Esta prueba fue seleccionada debido a que ha sido utilizada en aplicaciones similares por otros investigadores demostrando ser una herramienta efectiva para la detección de tendencias en series de datos hidrológicos (Hirsch et al., 1982; Burn, 1994; Westmacott y Burn, 1997).

El estadístico de la prueba es:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

donde:

x_1, \dots, x_n son los valores de la muestra

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta > 0 \\ 0 & \text{si } \theta = 0 \\ -1 & \text{si } \theta < 0 \end{cases}$$

La hipótesis nula, H_0 , es que la muestra de valores x_1, \dots, x_n esta conformada por variables aleatorias independientes e idénticamente distribuídas, es decir no existe tendencia en las observaciones.

Mann (1945) demuestra que bajo la hipótesis nula la distribución del estadístico, T , de su prueba es normal y como la relación entre este estadístico y el S usado por Kendall (1975) es lineal, la distribución de S también es normal.

Las expresiones de Kendall para la media y la varianza de S considerando la posibilidad de empates en los valores de x son:

$$E[S] = 0$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)}{18}$$

donde:

t es el número de valores obtenido para cada empate
 \sum_t es la suma sobre todos los empates.

Con las expresiones anteriores se puede calcular la variable aleatoria normal estandar Z asociada al estadístico S y relacionarla al nivel de significación de la prueba.

El signo de S indica el sentido de la tendencia, positivo indica tendencia creciente y negativo decreciente.

Los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba se clasificaron según el nivel de significación (NS) y el signo del estadístico en :

Nivel de significación de tendencia decreciente fuerte (DF) para $NS < 5\%$ y $S < 0$

Nivel de significación de tendencia decreciente moderada (DM) para $5\% < NS < 10\%$ y $S < 0$

Nivel de significación de tendencia creciente fuerte (CF) para $NS < 5\%$ y $S > 0$

Nivel de significación de tendencia creciente moderada (CM) para $5\% < NS < 10\%$ y $S > 0$

Para los casos en los que se detectó tendencia para un nivel de significación $NS \leq 10\%$, la magnitud de ésta fue estimada utilizando el estimador de pendiente de Kendall β , determinado por Hirsch et al. (1982). Éste, es un estimador no-paramétrico robusto que cuantifica la tendencia como cambio por unidad de tiempo, y no considera, bajo ninguna circunstancia, la hipótesis de que la tendencia adopta la forma de tendencia lineal en la media del proceso.

El valor de β se calcula como:

$$\beta = \text{mediana} \left\{ \frac{x_j - x_k}{j - k} \right\} \quad \forall k < j$$

La prueba no-paramétrica de correlación tau de Kendall fue utilizada para determinar la relación entre las series de precipitación en las que se detectó tendencia y las de temperatura, a fin de asociar el cambio con la hipótesis de calentamiento global.

Esta prueba proporciona el valor tau de correlación entre las variables y el valor de probabilidad asociado. Esta probabilidad está basada en la hipótesis nula que establece que no existe correlación. El valor de tau, acotado entre -1 y 1 , determina si la relación es semejante o inversa.

4. Resultados

4.1 Estudio de correlación

Este estudio fue realizado para explorar el grado de independencia de la información utilizada de precipitación a escala mensual y anual.

Los resultados muestran que los mayores valores de correlación entre las estaciones se dan en los meses de enero, febrero, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, observándose los valores mas altos para octubre y noviembre. En las series de los meses restantes y en la de valores anuales se pueden establecer grupos de estaciones que presentan coeficientes de correlación significativos entre ellas. Estos resultados se presentan en el Anexo 2.

4.2 Estudio de detección de tendencia

4.2.1 Series de precipitación total mensual , anual y número de días con precipitación

Los resultados de la prueba de Mann-Kendall muestran la presencia de tendencia en los valores mensuales de enero, junio, julio, agosto, octubre y noviembre; en los valores anuales y en el número de días con precipitación. En la Tabla 2 se presentan los niveles de significación obtenidos.

De acuerdo con la clasificación empleada, para los meses de enero y junio una sola estación presenta tendencia estadísticamente significativa, Cortina D' Ampezzo (CZ). En julio, Portogruaro (PO) y S. Dona' Di Piave (SD) y en agosto Tonezza (TO).

De las veinte estaciones analizadas, en octubre el 40% y en noviembre el 100% de ellas evidencian cambios en sus valores. Este comportamiento se registra también para los valores anuales en el 45% de las estaciones y para la serie de número de días con precipitación en el 75% de ellas.

Todas las tendencias detectadas son decrecientes con excepción de las del mes de octubre, donde niveles muy significativos fueron presentados por Botti Barbarighe, Bassano Del Grappa y Stra.

Para el mes de noviembre todas las estaciones presentaron niveles de significación menores de 0.05, excepto Rovigo (RO) y los niveles estadísticamente muy significativos fueron presentados por Auronzo (AU), Bassano Del Grappa (BG), Cortina D' Ampezzo (CZ), Fortogna (FT), Portogruaro (PO), Tonezza (TO) y Vicenza (VI).

Niveles estadísticamente muy significativos fueron observados para las series de valores anuales en Portogruaro (PO) y en S. Dona' Di Piave (SD) y para las series de NDP en todas las estaciones excepto en Botti Barbarighe (BB), Bassano Del Grappa (BG), Portogruaro (PO), S. Dona' Di Piave (SD) y S. Antonio Di Tortal (SR).

En la Tabla 2 se puede observar que en los meses de enero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, y octubre existen estaciones con niveles de significación próximos al nivel crítico fijado para el rechazo de la hipótesis nula y en todos los casos el estadístico S es negativo, con excepción del mes de octubre.

En la Tabla 4 se presentan la clasificación y el valor del estimador de pendiente β . Del análisis de los valores de β surge que las tendencias detectadas son más importantes para los valores mensuales de octubre y noviembre, ya que en algunas estaciones estos valores representan entre el 2% y el 5% de la mediana de las series. La magnitud de las tendencias en los valores anuales y NDP son inferiores al 1% de sus medianas.

4.2.2 Series de precipitaciones máximas

El análisis de los valores extremos, en el período 1956-1994, presentó el inconveniente de contar con series que contenían datos faltantes, en algunos casos cercanos al 20%. En consecuencia el número de estaciones y la longitud de los registros para las distintas duraciones fue variable.

Para las duraciones 15 y 30 minutos, un número muy bajo de estaciones cumplieron los criterios fijados para el estudio, trece y siete respectivamente. Por este motivo, el análisis fue llevado a cabo solamente con el propósito de obtener una mejor apreciación y comprensión de las variaciones presentes en las series de otras duraciones.

Solo se consideró la totalidad de las estaciones con registros de valores extremos (21) en el análisis de las duraciones de 1 a 24 horas.

Los niveles de significación obtenidos se presentan en la Tabla 3 y muestran que el número de tendencias detectadas fue bajo y el sentido de ellas, para una duración fija, no fue uniforme.

En estos resultados se observa una disminución, estadísticamente significativa, en las magnitudes de las tormentas de duración 24 horas en las estaciones localizadas en zonas montañosas de la región, Auronzo, Fortogna y Tonezza. Cortina D' Ampezzo y S. Antonio Di Tortal presentan niveles no significativos pero inferiores al 20%.

Tendencias crecientes se evidencian en Recoaro, Schio, Vicenza, Bovolenta y Botti Barbarighe. En Rovigo se observa tendencia estadísticamente significativa decreciente para las duraciones 3 y 6 horas y valores de significación muy próximos al crítico para las duraciones 1 y 12 horas.

Este resultado es opuesto a los cambios detectados en Botti Barbarighe. Esta situación podría deberse a que en el período 1983-1994 hay 5 años sin observaciones en los registros de Rovigo.

Las estaciones que manifestaron más claramente un incremento de los procesos de lluvias intensas son Botti Barbarighe y Schio.

En la Tabla 5 se presentan la clasificación y el valor del estimador de pendiente β , en todos los casos la magnitud de las tendencias detectadas es inferior al 3% de la mediana de las series y estos porcentajes decrecen con la duración.

4.2.3 Series de temperatura

El análisis se realizó en los registros de temperatura máxima y mínima de 12 estaciones y en la serie calculada de amplitud térmica. Esta serie fue incluida ya que fue utilizada en la prueba tau de Kendall para el estudio de correlación entre las variables de precipitación y temperatura.

Los resultados de la prueba Mann-Kendall para la temperatura máxima muestran que todas las estaciones de la región presentan cambios al menos en una de las variables analizadas y que en la gran mayoría de los casos son crecientes.

Las variables en las que se detecta el mayor número de tendencias crecientes son los valores medios mensuales de diciembre (83%), enero (50%), valores medios anuales (50%) y extremos mínimos (42%), encontrándose niveles muy significativos para diciembre y enero.

Solo en los valores medios mensuales de abril se detectan tendencias decrecientes en el 50% de las estaciones, con excepción de Mestre.

Portogruaro, Mestre y Cortina D' Ampezzo son las estaciones que manifiestan condiciones de cambio en las variables de temperatura máxima más frecuentemente, observándose niveles muy significativos en Portogruaro y Mestre.

En la Tabla 6 se presentan los niveles de significación obtenidos y en la Tabla 9 su clasificación y los valores del estimador de pendiente β .

El análisis de las temperaturas mínimas muestra que el único mes en el que no se evidencian cambios es abril. Todas las tendencias son crecientes con excepción de las detectadas en noviembre y en dos de los tres casos de junio, Auronzo y Cortina D' Ampezzo.

Las variables en las que se detecta el mayor número de cambios corresponden a los valores medios mensuales de julio (67%), agosto (58%), noviembre (58%), diciembre (50%) y a los medios anuales (50%). Niveles muy significativos se observan en noviembre.

Bassano Del Grappa, Mestre y Tonezza son las estaciones que manifiestan cambios en las variables de temperatura mínima más frecuentemente, encontrándose niveles muy significativos para Bassano Del Grappa y Mestre.

En la Tabla 7 se presentan los niveles de significación obtenidos y en la Tabla 10 la clasificación de las tendencias y los valores del estimador β .

Como la serie de amplitud térmica fue utilizada para investigar la relación entre las variables de precipitación y las de temperatura, la identificación de tendencia se realizó a fin de evaluar los resultados de la aplicación de la prueba tau de Kendall.

En la Tabla 8 se presentan los niveles de significación obtenidos y en la Tabla 11 la clasificación de las tendencias y los valores de β .

Estos resultados fueron analizados para estudiar como fueron transferidas las tendencias detectadas en las variables de temperatura máxima y mínima.

Se observó que las series de amplitud térmica reflejaron apropiadamente los cambios detectados en las otras dos variables. Incluso, en algunas series en las que la hipótesis nula fue aceptada, pero los niveles de significación se encontraba muy cercanos al crítico, estos cambios fueron detectados.

En los casos en los que se identificaron tendencias en el mismo sentido en las temperaturas máximas y mínimas, la transferencia se realizó dependiendo de la magnitud de las mismas.

4.3 Estudio de correlación entre precipitación y temperatura

Este estudio fue llevado a cabo en las 12 estaciones que contaban con registros de temperatura y precipitación.

Debido a que los procesos de precipitación del verano no se pueden relacionar sistemáticamente con una sola de las dos variables disponibles, máxima o mínima, se decidió estudiar la relación entre las variables de precipitación y las de amplitud térmica, ya que las variaciones de esta variable representan los diferentes procesos de precipitación a lo largo del todo el año.

La prueba de correlación tau de Kendall fue aplicada solamente a las variables mensuales, en los meses y en las estaciones en las que se identificó tendencia en la precipitación.

Los valores anuales no fueron analizados, porque resultó difícil identificar cual era la variable de temperatura que representaba mejor el total de precipitación durante el año.

Los valores de tau y los niveles de significación obtenidos se presentan en la Tabla 12. Estos resultados muestran que en general la relación entre las variables de precipitación y temperatura son significativamente distintas de cero.

De los veinte casos analizados, solo en cuatro no se encontró relación significativa entre las variables. La hipótesis nula fue aceptada en noviembre para TO, BG, RO y en agosto para TO. Esta última estación presenta un alto nivel de significación para noviembre (91.4%) mostrando una fuerte independencia entre las variables.

Del análisis del nivel de significación, del signo del coeficiente tau y del sentido de las tendencias identificadas en las series de amplitud térmica, 14 de los 20 casos analizados soportan la hipótesis de que los cambios detectados en las variables de precipitación, a nivel mensual, están relacionados a los cambios de temperatura.

5. Conclusiones

Se han detectado tendencias estadísticamente significativas en las variables de precipitación y temperatura en las estaciones analizadas de la región del Veneto.

El análisis de las series de temperatura mostró un incremento de las máximas y de las mínimas, consistente con la hipótesis del proceso de calentamiento global.

El mes de diciembre presentó cambios crecientes en los valores de temperatura máxima evidenciados en la mayoría de las estaciones de la región, mientras que abril es el único mes en el que se detectaron tendencias decrecientes. Las estaciones más sensibles a estos cambios son Portogruaro, Mestre y Cortina D' Ampezzo.

En los meses de julio, agosto y noviembre, más de la mitad de las estaciones presentaron tendencias crecientes en las temperaturas mínimas, siendo abril el único mes en el que no se detectaron cambios. Las estaciones más sensibles son Bassano Del Grappa, Mestre y Tonzetta.

Un número considerable de estaciones evidenciaron tendencia estadísticamente significativa en las variables de precipitación correspondientes a las series de valores mensuales de octubre y noviembre, de valores anuales y de número de días al año con precipitación.

En todos los casos estas tendencias fueron decrecientes, con excepción de las del mes de octubre y los niveles muy significativos se encontraron en las series de noviembre y número de días con precipitación.

El estudio de las precipitaciones máximas no proporcionó información consistente sobre los cambios en la intensidad del proceso de precipitación en la región.

Si bien todas las estaciones analizadas contenían un mínimo de 30 observaciones, la mayoría de los registros presentaban un 10%-15% de datos faltantes. Esta situación podría estar originando la incertidumbre presente en los resultados.

Las únicas estaciones que evidenciaron más claramente un incremento en la magnitud de los procesos de precipitación intensos fueron Botti Barbarighe, para todas las duraciones analizadas y Schio para las duraciones de 1 a 6 horas.

Los resultados de este estudio indican que hay evidencia estadísticamente significativa para soportar la hipótesis de que las variaciones en las cantidades de precipitación son originadas por los cambios en las temperaturas.

Dado que los cambios en la precipitación producirán variaciones en otras variables del ciclo hidrológico, se considera necesario realizar estudios de identificación de tendencia en variables como evaporación y caudal.

También se considera necesario investigar los resultados de las simulaciones de los Modelos de Circulación Global para la región, a fin de determinar el impacto de los cambios detectados.

6. Agradecimientos

A la Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) y al Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA) por el soporte financiero para realizar este estudio.

A Francesco Rech, Adriano Barbi, Daniela Varagnolo y Alberto Bonini por la colaboración brindada. A Roberta Millini por las sugerencias y la discusión de resultados.

7. Bibliografía

Arnell, N., *Global Warming, River Flows and Water Resources*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.

Burn, D.H., Hydrologic Effects of Climatic Change in West-Central Canada, *Journal of Hydrology*, 180, 53-70, 1994.

Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A., Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data, *Water Resources Research*, 18 (1), 107-121, 1982.

Kendall, M.G., *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London, 1975.

Mann, H.B., Non-parametric tests against trend, *Econometrica*, 13, 245-259, 1945.

Westmacott, J.R. y Burn, D.H., Climatic Change Effects on the Hydrological Regime within the Churchill-Nelson River Basin, *Journal of Hydrology*, 202, 263-279, 1997.

Anexo 1. Tablas

Estación	Código	Propietario	Provincia	Cuenca	Altura [m]	Lat.	Lon.	Variable					
								Precipitación acumulada				Temperatura	
								15'	30'	1, 3, 6, 12, 24hr	diaria	Máxima diaria	Mínima diaria
Agordo	AG	MA	Belluno	Piave	611	46° 17' N	12° 02' E	X	X	X	X	X	X
Auronzo	AU	MA	Belluno	Piave	864	46° 34' N	12° 26' E	X		X	X	X	X
Botti Barbarighe	BB	MA	Rovigo	Llanura Adige - Po	7	45° 07' N	12° 01' E			X	X		
Boccafossa	BC	MA	Venezia	Llanura Tagliamento - Piave	2	45°39' N	12°45' E				X		
Bassano Del Grappa	BG	MA	Vicenza	Brenta	129	45° 47' N	11° 44' E	X		X	X	X	X
Bovolenta	BN	MA	Padova	Llanura Brenta - Adige	7	45° 16' N	11° 55' E			X	X		
Castelfranco Veneto	CV	MA	Treviso	Llanura Piave - Brenta	44	45° 41' N	11° 56' E	X		X	X	X	X
Cortina D' Ampezzo	CZ	MA	Belluno	Piave	1275	46° 32' N	12° 08' E	X		X	X	X	X
Fortogna	FT	MA	Belluno	Piave	435	46° 14' N	12° 17' E	X	X	X	X		
Cittadella	IT	MA	Padova	Llanura Piave - Brenta	49	45° 39' N	11°47' E		X	X			
Mestre	ME	MA	Venezia	Llanura Piave - Brenta	4	45° 30' N	12° 14' E	X		X	X	X	X
Oderzo	OD	MA	Treviso	Llanura Tagliamento - Piave	20	45° 47' N	12° 30' E		X	X			
Posina	PH	MA	Vicenza	Bacchiglione	544	45°47' N	11°16' E			X			
Portogruaro	PO	MA	Venezia	Llanura Tagliamento - Piave	6	45° 47' N	12° 50' E	X	X	X	X	X	X
Recoaro	RE	MA	Vicenza	Agno-Guá	445	45° 42' N	11° 12' E	X		X	X	X	X
Rovigo	RO	MA	Rovigo	Llanura Adige - Po	7	45° 04' N	11° 47' E			X	X	X	X
Schio	SC	MA	Vicenza	Bacchiglione	234	45° 43' N	11° 21' E	X	X	X	X		
S. Dona' Di Piave	SD	MA	Venezia	Llanura Tagliamento - Piave	4	45° 38' N	12° 34' E	X	X	X	X		
S. Antonio Di Tortal	SR	MA	Belluno	Piave	513	46° 02' N	12° 10' E			X	X		
Stra	ST	MA	Venezia	Llanura Piave - Brenta	8	45°25' N	12°00' E			X	X		
Tonezza	TO	MA	Vicenza	Bacchiglione	935	45° 52' N	11° 10' E	X		X	X	X	X
Treviso	TV	AM	Treviso	Llanura Piave - Brenta	15	45° 40' N	12° 15' E				X	X	X
Vicenza	VI	AM	Vicenza	Bacchiglione	42	45° 33' N	11° 33' E	X		X	X	X	X

Tabla 1. Estaciones utilizadas en el estudio

Valores mensuales, anual y número de días al año con precipitación (NDP)														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	NDP
	NS [%]													
AG	39.5	76.4	53.53	77.95	32.71	51.57	84.93	60.31	29.37	8.91	3.16	54.19	48.39	14.16
AU	11.64	71.88	44.13	25.43	14.16	11.18	92.03	95.22	28.46	25.43	0.29	83.37	2.93	0.01
BB	29.37	66.72	61.71	71.14	11.18	80.26	59.61	97.61	33.71	0.91	2.93	67.45	24.20	1.64
BC	63.84	55.52	25.43	44.73	46.54	85.72	24.60	64.55	88.08	8.91	2.44	85.72	36.81	77.95
BG	21.13	49.65	56.19	74.14	89.66	13.36	62.41	10.31	58.23	23.01	0.88	71.88	7.84	6.58
BN	14.71	19.71	97.61	88.08	65.99	60.31	64.55	54.19	53.53	0.28	2.93	29.37	73.39	0.02
CV	21.13	24.20	35.24	99.20	45.93	99.20	30.77	67.45	92.03	7.84	2.26	82.59	7.67	0.09
CZ	7.51	67.45	30.77	13.36	11.88	8.01	28.01	74.14	20.05	20.77	0.32	66.72	1.21	0.24
FT	28.46	83.37	85.72	65.99	38.98	13.89	96.81	34.21	60.31	20.05	0.88	48.39	7.35	0.08
ME	14.16	29.37	35.76	76.42	18.35	71.14	92.03	18.68	95.22	35.24	1.83	14.99	1.83	0.20
PO	15.56	23.40	14.99	17.70	26.70	42.95	3.66	51.57	92.83	13.36	0.44	52.22	0.01	1.64
RE	38.43	73.39	68.92	55.52	60.31	87.29	48.39	16.76	40.09	14.16	1.68	77.95	100.00	21.87
RO	10.52	37.35	38.43	95.22	11.64	83.37	44.13	36.81	54.19	1.14	6.88	16.76	24.20	0.15
SC	31.25	28.46	74.14	92.83	69.65	81.03	37.35	10.52	62.41	16.76	1.21	96.81	52.22	0.65
SD	32.71	29.83	16.45	71.14	35.76	97.61	9.30	29.37	83.37	20.05	1.55	32.22	0.63	1.21
SR	21.13	49.65	87.29	94.42	32.22	35.24	50.29	29.37	44.73	25.43	2.14	66.72	14.71	1.83
ST	12.60	26.70	82.59	82.59	48.39	99.20	73.39	80.26	88.08	0.69	4.88	20.41	9.89	0.02
TO	46.54	46.54	66.72	92.03	41.22	15.85	66.72	8.36	50.29	8.01	0.76	69.65	48.39	0.04
TV	32.71	71.14	84.15	48.39	74.90	73.39	28.46	56.87	58.23	29.37	3.66	68.18	30.77	42.95
VI	68.18	84.15	84.15	78.72	58.92	90.45	96.01	81.81	76.42	31.73	0.36	83.37	50.93	22.63

Tabla 2. Nivel de significación prueba Mann-Kendall. Series precipitación acumulada

	Precipitación máxima para distintas duraciones						
	15'	30'	1hr	3 hr	6 hr	12 hr	24 hr
	NS [%]						
AG	2.14	7.19	19.02	33.20	31.73	88.08	77.18
AU	68.18		76.42	54.85	69.65	27.57	5.61
BB			0.91	0.41	0.76	5.74	6.15
BG	74.90		48.39	79.49	56.87	32.22	42.37
BN			13.10	28.91	35.76	4.34	41.79
CV	77.18		21.87	21.50	97.61	69.65	51.57
CZ	40.65		45.93	12.60	15.56	30.77	14.43
FT	18.68	68.92	49.02	30.77	23.01	17.38	2.57
IT		31.25	37.89	73.39	75.66	18.68	68.18
ME	16.15		86.50	88.87	84.93	58.23	34.21
OD		12.60	92.03	81.03	89.66	83.37	54.85
PH			52.22	74.14	21.87	26.70	68.92
PO	67.45	69.65	85.72	44.73	11.41	5.24	21.50
RE	40.09		1.83	40.65	65.99	79.49	81.81
RO			12.60	7.35	5.24	13.36	37.35
SC	2.64	21.87	0.41	3.24	8.73	50.29	65.99
SD	23.40	19.3	56.19	29.83	60.31	100.00	49.02
SR			68.18	21.87	25.01	23.01	17.38
ST			34.72	30.30	72.63	89.66	48.39
TO	35.24		12.60	30.30	23.01	56.19	7.35
VI	88.08		71.88	74.14	38.43	0.42	1.93

Tabla 3. Nivel de significación prueba Mann-Kendall. Series de precipitación máxima

Valores mensuales, anual y número de días al año con precipitación (NDP)														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	NDP
	β [mm/año]													β [días/año]
AG	Clase									CM	DF			
	β									2.89	-4.48			
AU	Clase										DF		DF	DF
	β										-4.21		-7.44	-1.00
BB	NS									CF	DF			DF
	β									2.09	-1.64			-0.78
BC	Clase									CM	DF			
	β									1.75	-1.77			
BG	Clase										DF		DM	DM
	β										-3.14		-6.28	-0.53
BN	Clase									CF	DF			DF
	β									2.19	-1.81			-1.29
CV	Clase									CM	DF		DM	DF
	β									2.58	-2.19		-5.36	-1.00
CZ	Clase	DM				DM					DF		DF	DF
	β	-0.89				-1.23					-4.02		-8.97	-0.76
FT	Clase										DF		DM	DF
	β										-5.82		-8.13	-0.74
ME	Clase										DF		DF	DF
	β										-2.30		-7.35	-0.69
PO	Clase						DF				DF		DF	DF
	β						-1.44				-2.73		-10.11	-0.60
RE	Clase										DF			
	β										-7.34			
RO	Clase									CF	DM			DF
	β									2.03	-1.38			-1.13
SC	Clase										DF			DF
	β										-4.39			-0.64
SD	Clase						DM				DF		DF	DF
	β						-1.09				-2.32		-6.57	-0.54
SR	Clase										DF			DF
	β										-5.81			-0.58
ST	Clase									CF	DF		DM	DF
	β									2.76	-1.65		-2.65	-1.24
TO	Clase							DM		CM	DF			DF
	β							-2.31		4.38	-5.33			-1.00
TV	Clase										DF			
	β										-3.11			
VI	Clase										DF			
	β										-4.01			

Tabla 4. Clasificación prueba Mann-Kendall y estimador de pendiente β . Series Precipitación acumulada

		Precipitación máxima para distintas duraciones						
		15'	30'	1hr	3 hr	6 hr	12 hr	24 hr
		β [mm/año]						
AG	Clase	CF	CM					
	β	0.24	0.19					
AU	Clase							DM
	β							-0.48
BB	Clase			CF	CF	CF	CM	CM
	β			0.44	0.53	0.58	0.53	0.57
BG	Clase							
	β							
BN	Clase						CF	
	β						0.45	
FT	Clase							DF
	β							-0.92
PO	Clase						DM	
	β						-0.55	
RE	Clase			CF				
	β			0.33				
RO	Clase				DM	DM		
	β				-0.35	-0.33		
SC	Clase	CF		CF	CF	CM		
	β	0.20		0.44	0.37	0.31		
TO	Clase							DM
	β							-1.17
VI	Clase						CF	CF
	β						0.66	0.65

Tabla 5. Clasificación prueba Mann-Kendall y estimador de pendiente β . Series Precipitación máxima

Valores medios mensuales, anual y extremos mínimo y máximo															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MIN	MAX
	NS [%]														
AG	12.11	83.37	81.81	4.04	41.22	15.85	49.65	46.54	98.40	55.52	96.81	11.64	92.83	65.27	85.72
AU	0.34	14.43	22.63	71.14	63.12	80.26	42.95	18.02	52.87	53.53	3.66	0.27	5.12	0.69	89.66
BG	2.93	100.00	41.22	20.41	52.22	41.22	54.19	42.95	65.27	20.41	81.81	0.27	16.76	5.12	67.45
CV	6.15	32.71	31.73	100.00	38.98	96.01	25.43	37.35	55.52	41.79	60.31	0.53	2.38	1.47	61.01
CZ	3.66	2.44	3.32	33.20	14.43	11.18	2.20	1.24	12.85	10.52	1.43	2.71	0.17	17.70	10.31
ME	0.07	10.10	17.07	8.36	10.31	33.71	0.48	4.34	2.78	0.65	3.66	0.002	0.01	2.71	17.07
PO	0.96	5.00	7.67	14.71	1.60	4.14	0.17	1.31	6.29	1.11	0.74	0.03	0.001	7.19	1.98
RE	35.24	94.42	83.37	4.14	96.81	28.91	65.27	20.41	77.18	78.72	47.15	4.14	42.95	40.65	21.50
RO	61.71	73.39	48.39	6.01	35.24	41.22	19.71	3.85	5.61	23.01	80.26	0.04	1.51	75.66	63.12
TO	87.29	16.76	38.43	1.31	77.18	98.40	18.68	96.81	14.71	12.36	32.71	25.43	13.36	78.72	63.12
TV	12.85	81.81	78.72	11.18	49.65	32.71	42.37	42.95	88.87	50.93	85.72	0.63	31.25	45.33	78.72
VI	12.36	73.39	96.01	2.93	77.18	9.89	98.40	94.42	58.92	47.77	94.42	4.55	91.24	66.72	52.87

Tabla 6. Nivel de significación prueba Mann-Kendall. Series de temperatura máxima

Valores medios mensuales, anual y extremos mínimo y máximo															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MIN	MAX
	NS [%]														
AG	46.54	56.87	33.71	74.90	73.39	58.92	1.35	3.32	45.33	15.27	0.50	16.76	5.00	29.37	36.28
AU	63.12	33.71	56.87	48.39	60.31	6.58	64.55	77.18	66.72	29.37	1.24	11.18	49.65	15.56	29.37
BG	5.12	4.77	0.60	36.28	6.58	8.91	4.14	0.63	4.34	1.60	42.37	0.01	0.47	1.39	7.35
CV	96.01	60.31	36.28	61.71	25.43	27.57	29.83	58.23	60.31	12.11	3.32	9.30	23.01	34.21	100.00
CZ	84.15	58.92	49.65	37.35	58.23	5.88	15.85	58.23	56.87	78.72	3.49	19.71	78.72	49.02	14.99
ME	19.71	16.45	1.83	58.92	8.91	42.37	0.41	3.24	2.93	0.12	74.90	2.78	1.83	51.57	6.58
PO	71.14	41.22	13.36	38.98	1.24	54.19	1.83	8.91	23.01	2.57	23.01	4.14	3.85	33.71	31.73
RE	88.87	66.72	89.66	29.83	64.55	33.20	3.08	5.61	29.37	33.20	1.43	73.39	94.42	49.02	74.90
RO	94.42	45.33	30.77	73.39	8.54	73.39	2.14	5.61	35.24	2.26	23.80	10.31	1.11	60.31	0.76
TO	0.91	18.02	8.91	45.33	8.54	58.23	3.66	5.00	15.27	10.10	80.26	1.24	1.73	2.09	4.34
TV	87.29	91.24	69.65	30.77	98.40	36.28	15.27	84.15	56.87	42.37	0.99	19.36	88.87	96.81	74.90
VI	98.40	69.65	68.18	32.71	76.42	50.93	7.67	56.87	84.15	54.19	0.21	9.69	81.81	44.13	96.81

Tabla 7. Nivel de significación prueba Mann-Kendall. Series de temperatura mínima

Valores medios mensuales y anual													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NS [%]													
AG	84.15	80.26	61.71	5.88	31.73	2.03	4.55	29.37	21.13	22.63	1.11	55.52	9.89
AU	6.29	55.52	23.80	66.72	36.28	14.16	22.63	7.35	23.01	85.72	0.003	5.00	2.51
BG	22.63	0.05	0.67	10.74	0.45	0.91	1.55	1.43	0.53	0.08	34.21	7.67	0.34
CV	1.60	34.21	23.80	15.85	68.18	74.90	91.24	50.93	96.01	28.91	1.60	31.73	27.57
CZ	0.07	0.20	0.04	6.58	1.68	0.01	2.03	0.01	3.32	25.43	0.003	0.08	0.001
ME	32.71	30.77	54.19	50.93	33.20	32.71	2.78	63.12	81.81	76.42	0.27	6.58	40.65
PO	3.66	11.18	3.85	38.98	16.45	0.32	10.74	1.43	7.67	50.93	0.01	0.50	0.06
RE	25.85	34.21	46.54	52.87	45.33	44.13	4.14	88.87	37.35	52.22	0.06	12.85	69.65
RO	88.87	96.81	92.83	1.51	25.85	6.58	37.89	41.22	32.71	12.85	52.87	52.22	73.39
TO	0.78	1.83	19.71	8.01	7.67	46.54	40.09	19.36	4.24	7.51	88.87	0.69	5.61
TV	28.46	58.23	44.13	27.57	65.27	54.19	84.15	44.13	54.19	66.72	0.56	29.83	9.10
VI	56.87	55.52	58.92	12.85	29.37	7.84	11.64	84.15	100.00	32.71	0.27	96.01	22.25

Tabla 8. Nivel de significación prueba Mann-Kendall. Series de amplitud térmica

Valores medios mensuales, anual y extremos mínimo y máximo															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MIN	MAX
β [°C/año]															
AG	Clase														DF
	β														-0.08
AU	Clase	CF										CF	CF	CM	CF
	β	0.10										0.06	0.10	0.04	0.13
BG	Clase	CF										CF			CM
	β	0.07										0.07			0.06
CV	Clase	CM										CF	CF		CF
	β	0.07										0.07	0.03		0.08
CZ	Clase	CF	CF	CF			CF	CF				CF	CF	CF	
	β	0.13	0.09	0.10			0.09	0.10				0.11	0.14	0.08	
ME	Clase	CF			CM		CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF
	β	0.10			0.04		0.08	0.06	0.07	0.08	0.05	0.12	0.07		0.11
PO	Clase	CF	CF	CM		CF	CF	CF	CF	CM	CF	CF	CF	CF	CF
	β	0.11	0.09	0.10		0.10	0.07	0.11	0.12	0.06	0.08	0.08	0.13	0.09	0.10
RE	Clase														DF
	β														-0.07
RO	Clase							CF	CM			CF	CF		DM
	β							0.09	0.07			0.09	0.04		-0.06
TO	Clase														DF
	β														-0.09
TV	Clase														CF
	β														0.06
VI	Clase														DF
	β														-0.07
							DM								-0.03
															0.06

Tabla 9. Clasificación prueba Mann-Kendall y estimador de pendiente β . Series temperatura máxima

		Valores medios mensuales, anual y extremos mínimo y máximo														
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MIN	MAX
		β [$^{\circ}\text{C}/\text{año}$]														
AG	Clase							CF	CF			DF		CF		
	β							0.06	0.05			-0.08		0.02		
AU	Clase						DM					DF				
	β						-0.04					-0.08				
BG	Clase	CM	CF	CF		CM	CM	CF	CF	CF	CF		CF	CF	CF	CM
	β	0.10	0.10	0.10		0.09	0.07	0.10	0.11	0.07	0.07		0.12	0.05	0.13	0.05
CV	Clase											DF	CM			
	β											-0.07	0.05			
CZ	Clase						DM					DF				
	β						-0.05					-0.07				
ME	Clase			CF		CM		CF	CF	CF	CF		CF	CF		CM
	β			0.10		0.06		0.10	0.07	0.06	0.11		0.08	0.06		0.04
PO	Clase					CF		CF	CM		CF		CF	CF		
	β					0.07		0.06	0.05		0.08		0.06	0.03		
RE	Clase							CF	CM			DF				
	β							0.05	0.04			-0.08				
RO	Clase					CM		CF	CM		CF			CF		CF
	β					0.06		0.06	0.05		0.10			0.04		0.07
TO	Clase	CF		CM		CM		CF	CF				CF	CF	CF	CF
	β	0.18		0.08		0.06		0.06	0.05				0.16	0.06	0.20	<0.01
TV	Clase											DF				
	β											-0.07				
VI	Clase							CM				DF	CM			
	β							0.03				-0.10	0.05			

Tabla 10. Clasificación prueba Mann-Kendall y estimador de pendiente β . Series temperatura mínima

		Valores medios mensuales y anual												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
		β [°C/año]												
AG	Clase				DM		DF	DF				CF		DM
	β				-0.06		-0.06	-0.06				0.07		-0.02
AU	Clase	CM							CM			CF	CF	CF
	β	0.06							0.06			0.13	0.05	0.04
BG	Clase		DF	DF		DF	DF	DF	DF	DF	DF		DM	DF
	β		-0.10	-0.09		-0.07	-0.06	-0.04	-0.06	-0.09	-0.10		-0.05	-0.04
CV	Clase	CF										CF		
	β	0.06										0.07		
CZ	Clase	CF	CF	CF	CM	CF	CF	CF	CF	CF		CF	CF	CF
	β	0.12	0.12	0.12	0.07	0.08	0.10	0.07	0.09	0.07		0.18	0.09	0.10
ME	Clase							DF				DF	CM	
	β							-0.02				0.07	0.04	
PO	Clase	CF		CF			CF		CF	CM		CF	CF	CF
	β	0.07		0.08			0.06		0.06	0.04		0.11	0.08	0.06
RE	Clase							DF				CF		
	β							-0.03				0.10		
RO	Clase				DF		DM							
	β				-0.07		-0.04							
TO	Clase	DF	DF		DM	DM				DF	DM		DF	DM
	β	-0.15	-0.12		-0.07	-0.08				-0.13	-0.12		-0.13	-0.09
TV	Clase											CF		CM
	β											0.10		0.01
VI	Clase						DM					CF		
	β						-0.02					0.10		

Tabla 11. Clasificación prueba Mann-Kendall y estimador de pendiente β . Series de amplitud térmica

	ENE		JUN		JUL		AGO		OCT		NOV	
	τ	NS [%]	τ	NS [%]	τ	NS [%]	τ	NS [%]	τ	NS [%]	τ	NS [%]
AG									-0.60	<0.01	-0.48	0.02
AU											-0.57	<0.01
BG											-0.18	16.36
CV									-0.53	<0.01	-0.52	<0.01
CZ	-0.35	0.65	-0.35	0.60							-0.56	<0.01
ME											-0.29	2.54
PO					-0.31	1.64					-0.39	0.26
RE											-0.53	<0.01
RO									-0.41	0.14	-0.19	13.77
TO							-0.15	23.84	-0.54	<0.01	-0.01	91.44
TV											-0.50	0.01
VI											-0.53	<0.01

Tabla 12. Resultados prueba tau de Kendall