

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es describir las condiciones climáticas para el verano en Uruguay, considerando el período 1981-2010. Consideramos como verano al periodo comprendido por los meses de diciembre, enero y febrero (DEF). En el presente documento se presenta la temperatura y la precipitación.

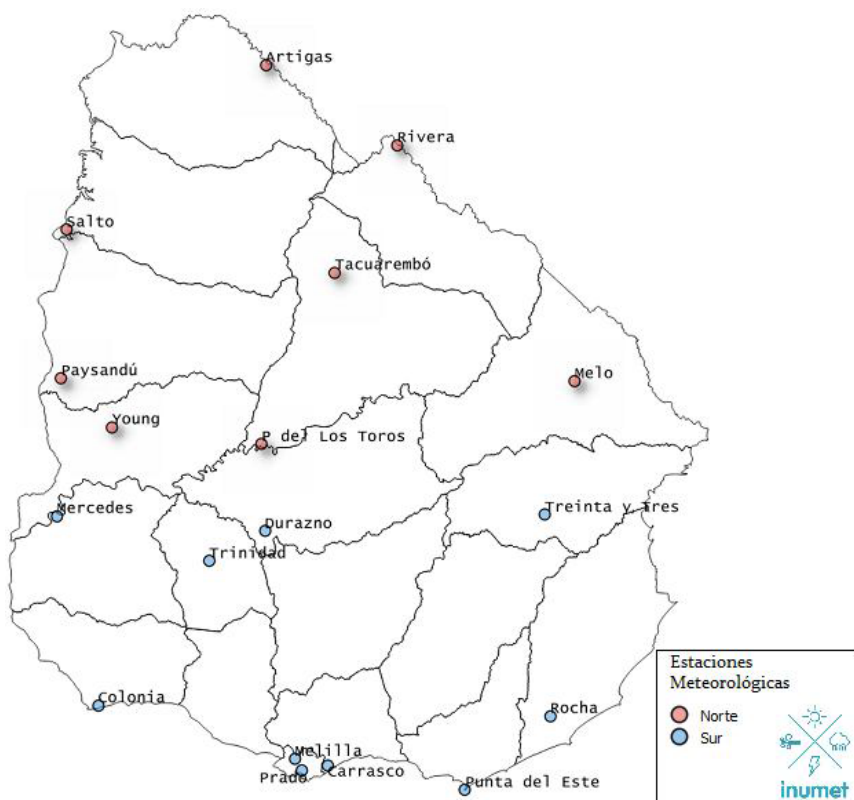


Fig.1: Mapa de estaciones meteorológicas utilizadas y regionalización definida (Norte y Sur).

Temperatura

La regionalización a estudiar quedó conformada de la siguiente manera:

Región Sur: Carrasco, Colonia, Mercedes, Durazno, Prado, Treinta y Tres y Rocha y Región Norte: Artigas, Melo, Paysandú, Paso de los Toros, Rivera y Salto, resultando así en 6 estaciones para la Región Norte y 7 para la Región Sur (ver Fig.1).

Precipitación

En este caso la regionalización quedó conformada de la siguiente manera: Región Sur: Carrasco, Colonia, Durazno, Melilla, Mercedes, Punta del Este, Prado, Rocha, Trinidad y Treinta y Tres y Región Norte: Artigas, Melo, Paso de los Toros, Paysandú, Rivera, Salto, Tacuarembó y Young, resultando en 10 estaciones para la Región Norte y 8 para la Región Sur.

II. PRESENTACIÓN y ANÁLISIS de DATOS

Para estudiar la climatología en el período de interés, se presentan a continuación los gráficos de las principales variables de estudio. Cabe aclarar que para definir el trimestre DEF correspondiente al año, por ejemplo, 1981, se toma el diciembre de 1980 y los enero y febrero de 1981.

En primer lugar vamos a presentar el comportamiento correspondiente a escala país, para luego analizar qué ocurre con las regiones mencionadas en la sección 2.

Finalmente se presentan las olas de calor como fenómeno relevante del verano y de importancia entre otros aspectos en la salud humana

II.1. ESCALA PAÍS

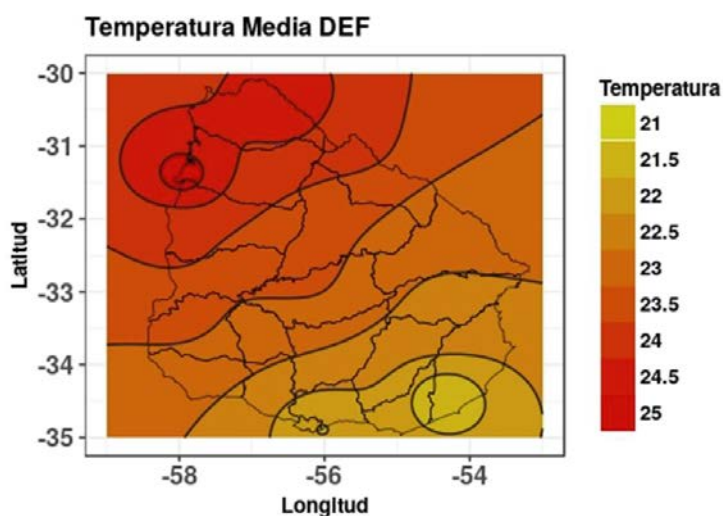


Fig.2: Distribución espacial de la temperatura media DEF 1981-2010 en Uruguay.

Temperatura

En la Fig.2 se presenta la distribución espacial de la temperatura en DEF sobre Uruguay. Allí se puede ver claramente el comportamiento del campo de temperatura acorde a la latitud geográfica, ubicándose las isolíneas más elevadas al norte del país (sobre los departamentos de Artigas y Salto) y las más bajas sobre la región de la costa atlántica sur, marcando una dirección decreciente de Noroeste a Sureste.

La Fig.3 representa la temperatura media del trimestre luego de promediar en todas las estaciones meteorológicas disponibles. De esta forma se obtiene una serie temporal cuyo valor medio es de 23.4°C con una desviación estándar de 0.7°C.

Se puede apreciar gran variabilidad interanual, resaltando los registros entre 1988 y 1989, 1990 y 1991, 1997 y 1998, entre 1999 y 2000.

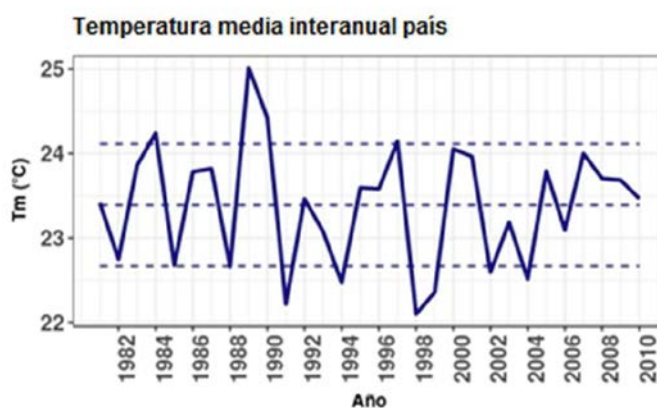


Fig.3: Temperatura media interanual (verano) para el período 1981-2010.

Se pueden observar registros por fuera del intervalo definido por la desviación estándar (líneas discontinuas superior e inferior), lo que estaría representando veranos más cálidos (por encima de la desviación estándar) y más fríos (por debajo de la desviación estándar) que lo normal.

En el período estudiado podemos destacar los veranos de 1988-1989 y 1997-1998. El primero registró una temperatura media en el trimestre de 25.1°C (el valor máximo absoluto observado fue de 41.6°C en la estación de Salto, no superando el máximo histórico de 42.2°C de enero de 1986), siendo el verano más cálido de los 30 años, mientras que el segundo registró una temperatura media de 22.1°C siendo el verano más frío del período.

En la Fig. 4 se observan las anomalías de temperatura para el cono Sur de los ejemplos citados anteriormente. En la imagen de la izquierda se aprecian las anomalías positivas centradas al norte de la Provincia de Buenos Aires (con desviaciones superiores a 1.6°C aproximadamente en el trimestre), las cuales cubren una gran extensión, abarcando prácticamente todo Uruguay y Argentina.

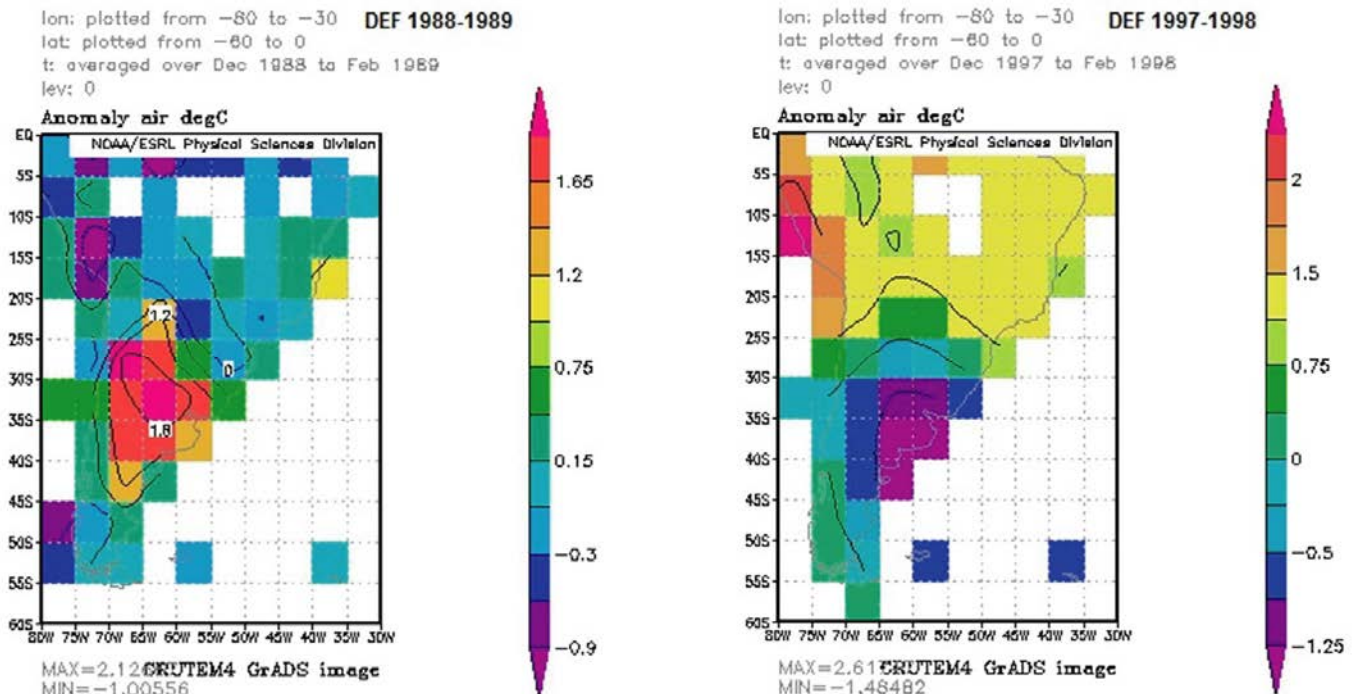


Fig.4: Anomalías de temperatura para el cono Sur, (NOAA ERSL CRUTEM4).

En la imagen de la derecha se muestran las anomalías negativas registradas en el verano de 1997-1998. Las mismas se centraron en la Provincia de Buenos Aires (con desviaciones inferiores a -1.2°C aproximadamente en el trimestre) y abarcaron similar extensión al ejemplo anterior.

En la Fig.5 se representa el comportamiento anual de las temperaturas extremas en los veranos. Las líneas discontinuas centrales muestran los respectivos comportamientos medios, mientras que las discontinuas superior e inferior cuantifican la variabilidad mediante una desviación estándar.

El valor para la temperatura máxima media para Uruguay es de 29.2°C con una desviación de 0.9°C , y para la temperatura mínima media de 17.6°C con una desviación de 0.7°C , presentando en general las temperaturas mínimas medias, más variabilidad interanual que las temperaturas máximas medias.



inumet

CLIMATOLOGÍA DEL VERANO (DIC-ENE-FEB) EN URUGUAY 1981 -2010

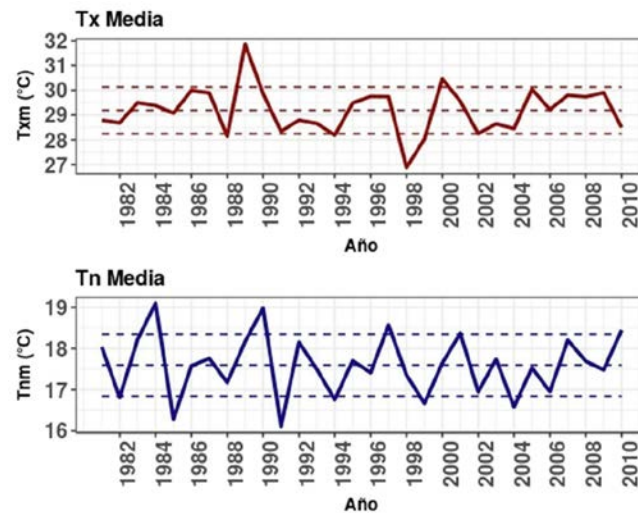


Fig.5: Temperatura máxima media (Tx Media) y Temperatura mínima media (Tn Media) en DEF 1981- 2010.

Si consideramos las Tx Media podemos destacar los veranos de 1988-1989, 1999-2000 (con valores por encima de la desviación estándar) y 1997-1998 (con valores por debajo de la desviación estándar). Mientras que en las Tn Medias se destacan 1983-1984, 1989-1990, 1996-1997 (con valores por encima de la desviación estándar), y 1984-1985, 1990-1991, 1998-1999 y 2003-2004 (con valores por debajo de la desviación estándar).

En particular si observamos el verano de 1988-1989, vemos que tanto las temperaturas máximas como las mínimas se acompañan en su comportamiento, superando sus respectivas desviaciones estándar, influenciando así a la temperatura media (ver Fig.3).

El verano de 1997-1998 (el más frío de los 30 años estudiado) coincide con el desarrollo de un evento intenso del El Niño Southern Oscillation (ENSO), donde en general las temperaturas en Uruguay tienden a estar por debajo de lo normal, y con mayor influencia sobre las temperaturas máximas (como se refleja en la Fig.5).

Precipitación

Conocida es la variabilidad espacial y temporal que caracteriza a las precipitaciones en nuestro país; precisamente el verano es la estación del año que evidencia con mayor intensidad esa característica.

A continuación conoceremos cuál es su comportamiento en el trimestre DEF, en términos medios para el periodo 1981-2010.

En principio se muestra la climatología del verano de forma espacial en las Fig.6 y Fig.7.

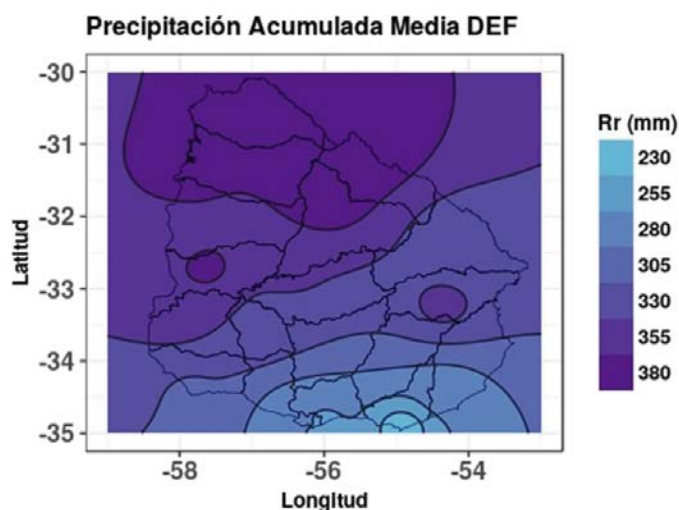


Fig.6: Precipitación acumulada media 1981-2010.

De la Fig.6 se puede observar claramente que hay una regionalización de los valores acumulados de precipitación, que aumentan de sur a norte. Se puede ver que en la región centro-sur del departamento de Treinta y Tres y norte del departamento de Río Negro se generaron regiones circulares en la superficie en torno a la estación meteorológica; esto es producto del método de interpolación y de la cantidad y distribución de las estaciones utilizadas en la generación del mapa.

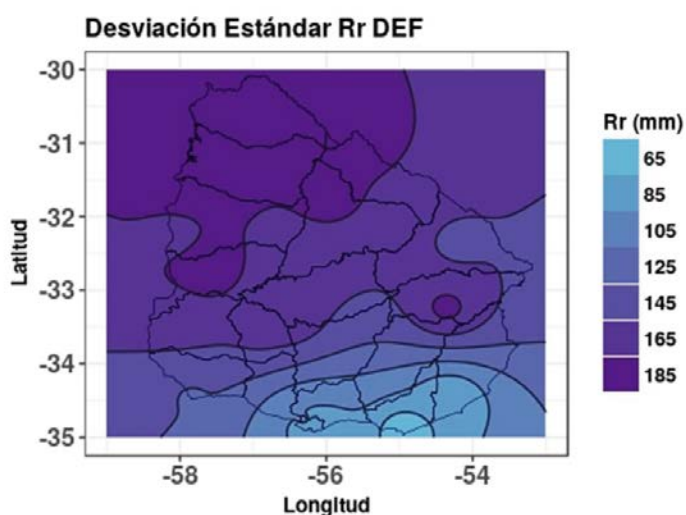


Fig.7: Desviación estándar de la precipitación.

La Fig.7 muestra la desviación estándar de las precipitaciones en el trimestre DEF. El patrón de comportamiento es similar al de precipitación acumulada, aumentando hacia el norte del territorio.

En cuanto al comportamiento temporal de las precipitaciones, se muestra en los siguientes gráficos.

La Fig.8 muestra la precipitación acumulada en el trimestre. La misma presenta una alta variabilidad temporal a lo largo de todo el período; el rango de variabilidad de la precipitación es de 521.6mm, siendo este valor la diferencia entre el máximo y mínimo absolutos del período. El valor medio es de 346.0mm con una desviación estándar de 130.0mm.

Se destacan como los veranos más lluviosos los siguientes años en orden decreciente: 2010, 1998, 1984, 2003 y 1990 con los siguientes registros: 675.5mm, 665.4mm, 583.2mm, 485.4mm y 484.9mm respectivamente.

Precisamente en el año 2010 nuestro territorio se vio afectado por inundaciones de amplio alcance territorial debido a las intensas y persistentes precipitaciones que venían ocurriendo ya desde octubre del 2009, incrementándose para el mes de febrero de 2010 hasta convertirse en el febrero más lluvioso de los últimos 30 años con 361.7 mm (ver Fig.8).

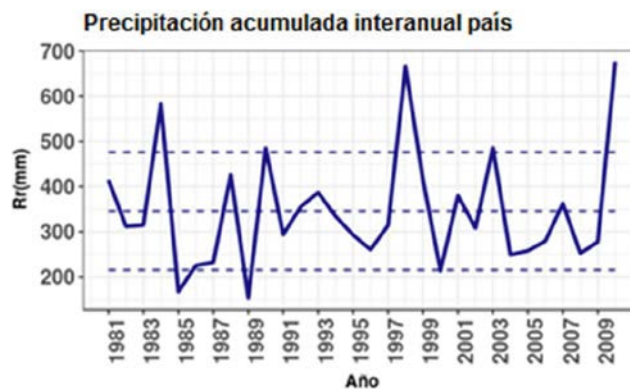


Fig.8: Precipitación acumulada interanual (verano) para el período 1981-2010. La línea discontinua central de color azul representa el comportamiento medio, mientras que las restantes cuantifican la variabilidad mediante una desviación estándar.

Las lluvias abundantes de ese verano se dieron también en la región, particularmente en las nacientes del Río Uruguay, lo que explica en parte las crecidas en el litoral de nuestro país.

El verano de 1998, que figura en nuestro país como el segundo verano más lluvioso del período (ver Fig.8), también presentó condiciones similares a las del 2010 en cuanto a intensidad y persistencia.



inumet

CLIMATOLOGÍA DEL VERANO (DIC-ENE-FEB) EN URUGUAY 1981 -2010

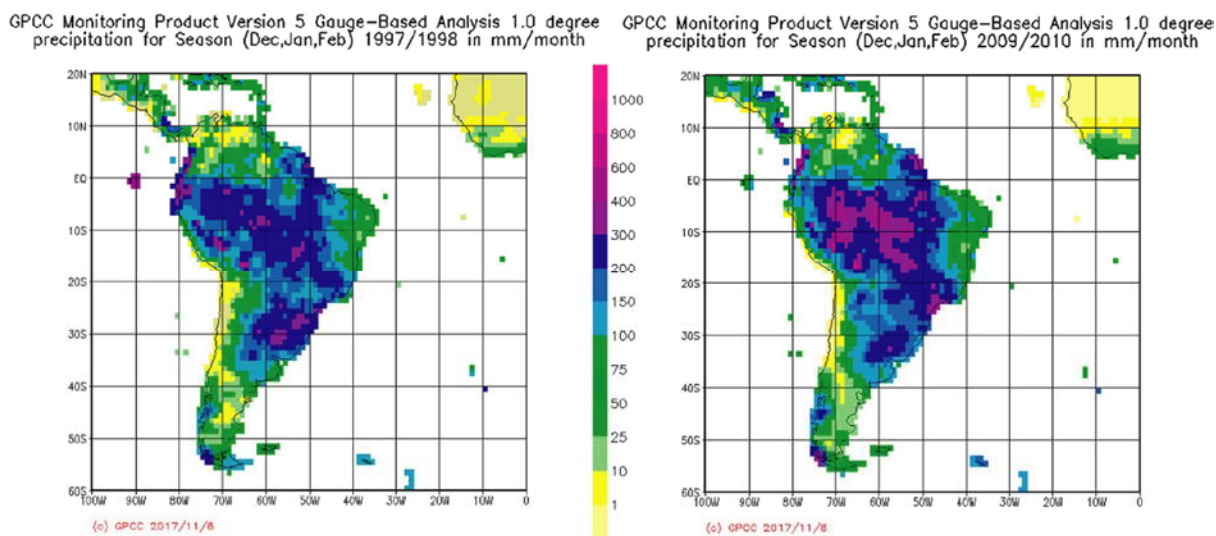


Fig.9: Secuencia de mapas del Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) para América del Sur en los años que se registraron los veranos más lluviosos en Uruguay: 1997-1998 (izquierda) y 2009-2010 (derecha).

Las intensas precipitaciones ocurridas en el año 1998 tienen una estrecha vinculación con el fenómeno ENSO en su fase cálida, el cual afectó a gran parte de Sudamérica con distintos efectos en cada uno de los países: excesos y déficit hídricos. Ese año figura entre los registros históricos del fenómeno como uno de los años de categoría más fuerte, quedando definido como *Muy Fuerte*¹.

Por otro lado, en el año 2010 el fenómeno ENSO claramente afectó nuestra región; en este caso la intensidad del ENSO se definió como Niño Moderado a Niño Fuerte. En cuanto a los otros veranos más lluviosos del período, no existe ningún análisis en donde se pueda atribuir claramente qué configuración puede haber generado dichos excesos. Esto sugiere que si bien el fenómeno ENSO representa una fuente de predictibilidad estacional, no explica todos los eventos.

Por otra parte los veranos menos lluviosos fueron en los años 1989, 1985 y 2000 con los siguientes registros: 153.9mm, 167.8mm y 216.0mm respectivamente, siendo el verano de 1988-1989 el que registró el valor más bajo de todo el período.

Los veranos menos lluviosos coinciden con años en los que el fenómeno ENSO en su fase fría, presentó una señal bastante clara. A modo de ejemplo, en los años 1988-1989 y 2008-2009 el fenómeno alcanzó en ambos casos la categoría *Fuerte*.

¹"Oceanic Niño Index - Climate Prediction Center."

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

En el año 1988-1989 los impactos producidos fueron principalmente sobre el sistema productivo del país; el déficit hídrico afectó directamente al sector agropecuario. La magnitud del impacto se debió al bajo volumen de precipitaciones pero lo que agravó la situación fue la persistencia del déficit.

Otro aspecto importante a destacar es que ante eventos persistentes de déficit hídrico se producen también impactos negativos sobre el ambiente. Como por ejemplo, la erosión del suelo, que en algunos casos puede llegar a ser irreversible.

La Fig.10 muestra la variabilidad interanual del verano desgregada mensualmente a los efectos de poder visualizar mejor la variabilidad dentro del trimestre considerado.

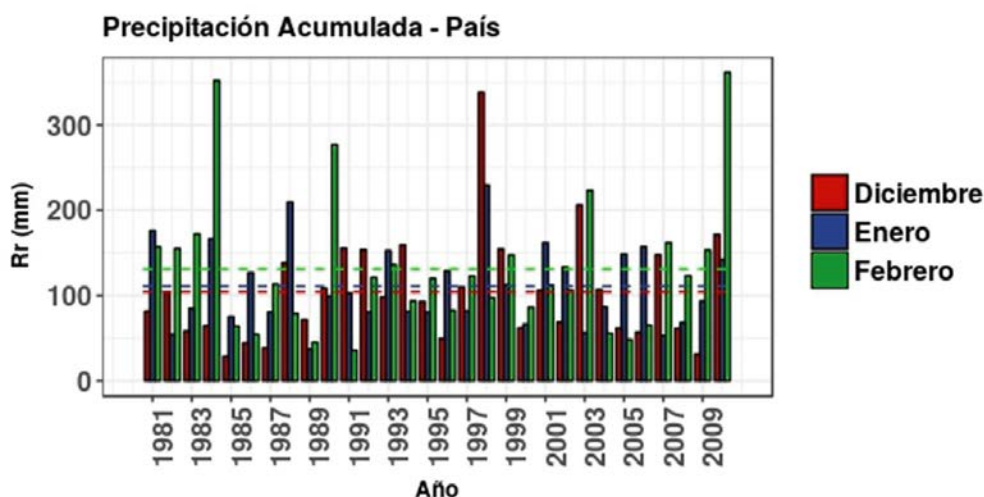


Fig.10: Precipitación acumulada por mes, para el período 1981-2010

En términos medios, el mes de febrero registra las mayores precipitaciones en los 30 años con 130.7mm. Mientras que diciembre y enero presentan precipitaciones medias de 104.4mm y 111.0mm respectivamente.

Se destacan algunos meses en particular que a su vez coinciden con los años más lluviosos del período, por ejemplo febrero de 2010 con 361.7mm (53.5% del trimestre), febrero de 1984 con 352.1mm (60.3% del trimestre) y diciembre de 1998 con 338.4mm (50.8% del trimestre).

La Fig.11 muestra la cantidad de días en el trimestre DEF con precipitación mayor o igual a 1.0 mm. Para el período en consideración llueve en promedio 21 días, quedando fuera de los cálculos las trazas o lloviznas. Como se puede apreciar en el gráfico, el período presentó 13 años con cantidad de días con lluvia por encima de lo normal, lo que representa un 43% del total.

El año con menor cantidad de días con lluvia por encima del milímetro fue 1989 con 11 días y coincide también con uno de los veranos menos lluviosos en cuanto a volumen de precipitación. Por otra parte, el año con mayor cantidad de días con precipitación fue 1984 con 36 días, que también coincide con uno de los veranos más lluvioso.

De todas formas cabe destacar que no necesariamente un verano con muchos días con precipitaciones implica que sea un verano muy lluvioso en cuanto a milímetros registrados. Por ejemplo el verano de 1983 llovió en promedio 26 días, siendo el tercer verano del período con mayor cantidad de días con precipitaciones; sin embargo el promedio de precipitaciones estuvo por debajo de la media (ver Fig.8).

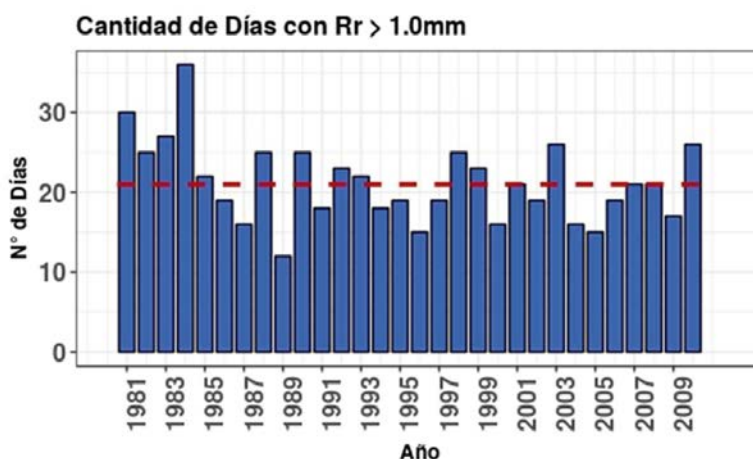


Fig.11: Cantidad de días con precipitación mayor a 1.0mm en el trimestre DEF, para el período 1981-2010. La línea discontinua en color rojo representa el número medio de días en todo el período.

III.2. ESCALA REGIONAL

En esta sección vamos a ver cuál es el comportamiento de T_m y R_r al considerarlas a escala regional, tal y como fue establecido en la Sec.II. Las siguientes figuras muestran estos comportamientos, donde se grafica en color rojo la Región Norte y en azul la Región Sur.

Temperatura

En la Fig.12 se muestra el comportamiento de T_m para las regiones definidas. Las rectas discontinuas muestran el comportamiento medio así como la variabilidad cuantificada por una desviación estándar, siendo el valor para la temperatura media para la región norte de 24.3°C con una desviación de 0.8°C , y la temperatura media para el sur de 22.6°C con una desviación de 0.7°C .

En términos generales, se aprecia un comportamiento en fase para ambas regiones, manteniendo una amplitud media para el trimestre entre norte y sur de 1.7°C .

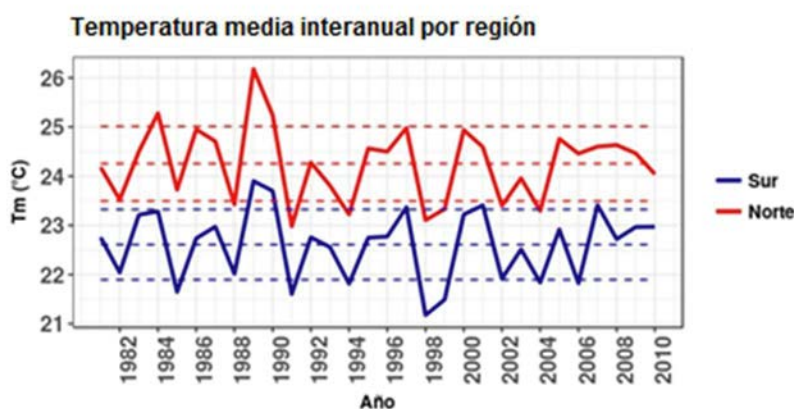


Fig.12: Temperatura media interanual (verano) por región 1981-2010..

Precipitación

La Fig.13 muestra la variación interanual de la precipitación discriminada por región, si bien se muestra un comportamiento en fase para ambas regiones, notoriamente es la región norte la que muestra precipitaciones mayores; en promedio en la región norte llovió 389.0mm mientras que en la región sur el registró medio fue de 311.0 mm .



Se destaca el verano 1997-1998 donde la región norte registró 873.4mm y la sur 498.9mm, una diferencia de 374.5 mm a favor de la región norte. Esta diferencia, así como la del verano 2009-2010 determinaron que el rango para la región norte fuera de 460.3 mm mientras y que para la región sur fuera de tan solo 203.3 mm. Como ya se destacó al presentar el comportamiento a escala país, los años 1998 y 2010 fueron años Niño de categoría Moderado a Muy Fuerte. El cual, como se ha mencionado² presenta una señal más clara sobre el Norte de nuestro territorio en comparación con el Sur (ver en Fig.13 máximos de precipitación sobre región Norte).

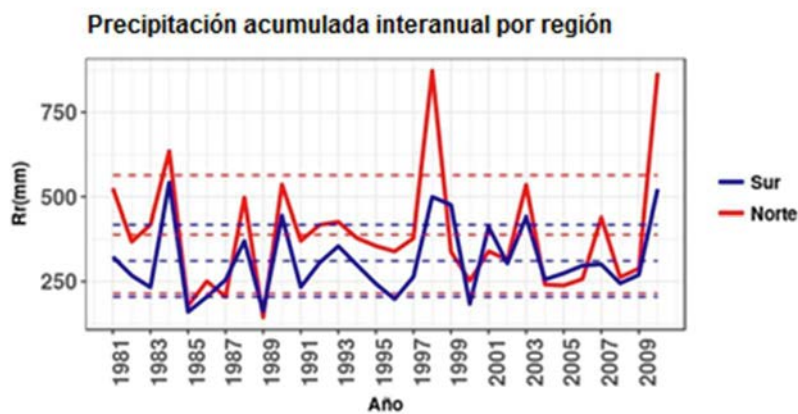


Fig.13: Precipitación acumulada (verano) por región 1981-2010.

IV. OLAS DE CALOR

Las olas de calor son eventos extremos meteorológicos que se caracterizan no sólo por las temperaturas extremas que alcanzan, sino por la persistencia en días de las mismas. Esta continuidad en el tiempo de altas temperaturas, principalmente en verano es que climáticamente son altas, puede generar impactos importantes en la sociedad.

Las olas de calor generan grandes impactos en el sector productivo, por ejemplo, grandes consumos energéticos, mortandad de animales, baja producción de leche, consumos de agua potable, efectos en cultivos, etc. En la salud, deshidratación, insolación y hasta incluso puede causar la muerte, entre otros efectos posibles.

²"Oceanic Niño Index - Climate Prediction Center."

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

A nivel energético, cuando se producen estos fenómenos, se ve incrementada cuantiosamente la demanda de energía eléctrica. En Uruguay se han alcanzado valores record de consumo llegando a valores de 36.626 MWh en un día, siendo el promedio aproximado a 22.000 MWh considerando un consumo uniforme a lo largo del año³.

Si bien existen diferentes definiciones sobre olas de calor, en este informe se considera una ola de calor cuando las variables Tx y Tn, están por encima de un valor extremo estadístico durante un período de al menos 3 días consecutivos, permitiendo que sólo una de las variables no verifique la condición únicamente durante un día en medio del período. De esta forma se define ola de calor (OC) y ola de calor extrema (OCE) cuando Tx y Tn superan los correspondientes percentiles diarios 75 y 90 respectivamente.

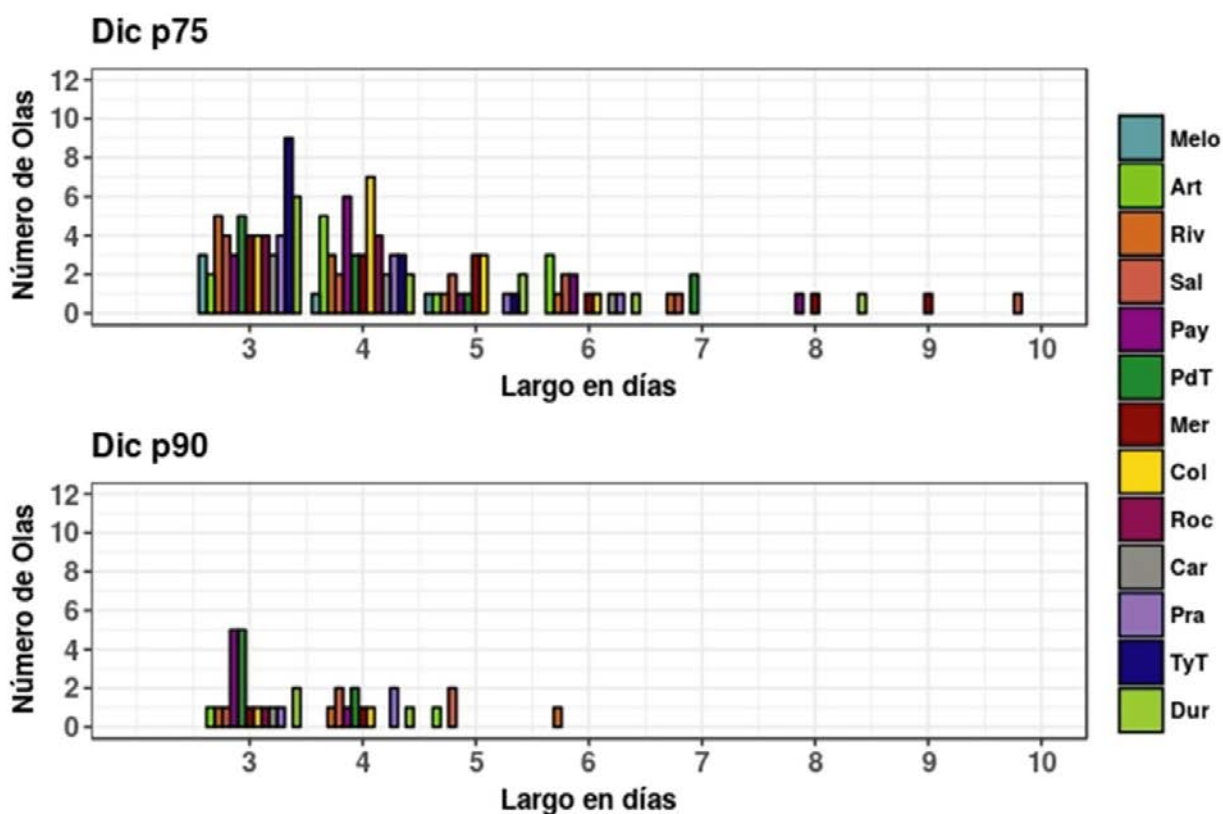


Fig.14: Número de olas de calor en Diciembre para el periodo 1981-2010 por Estación Meteorológica.

³ Cifra estimada del Instituto Nacional de Estadística de Uruguay.

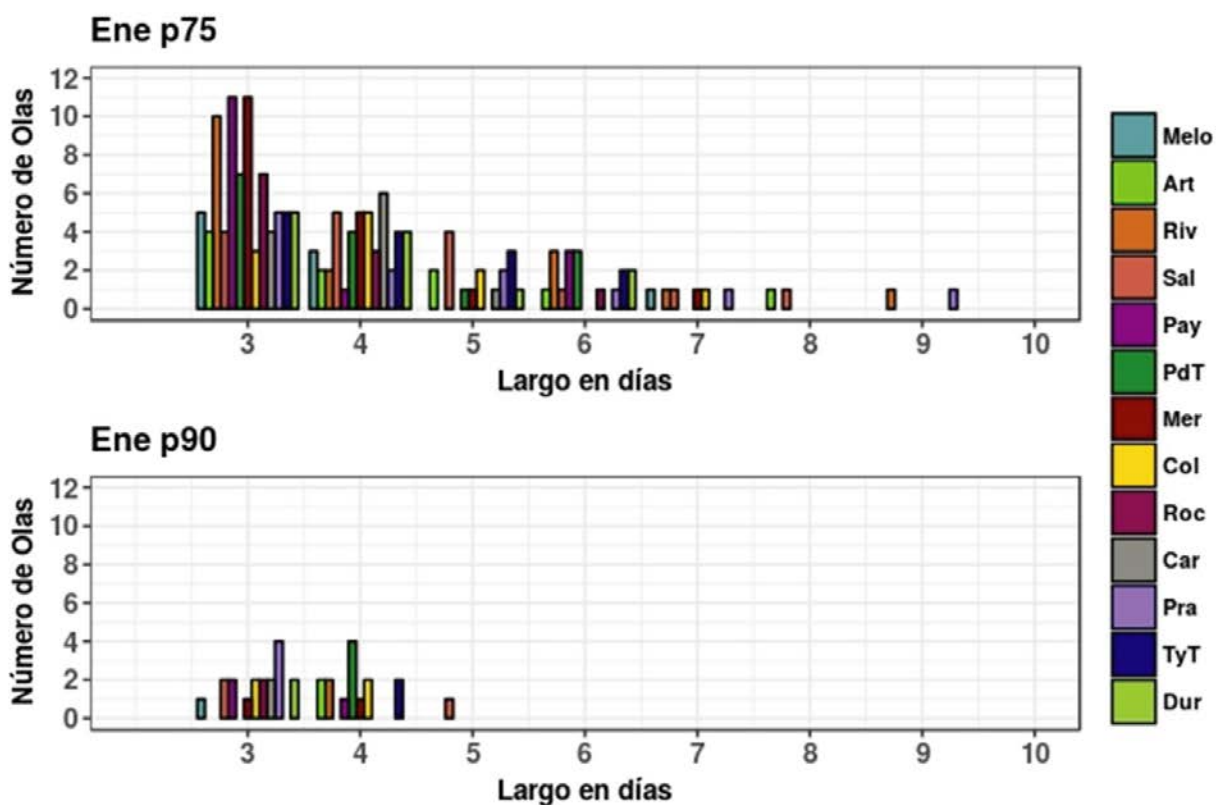


Fig.15: Número de olas de calor en enero para el período 1981-2010 por estación meteorológica.

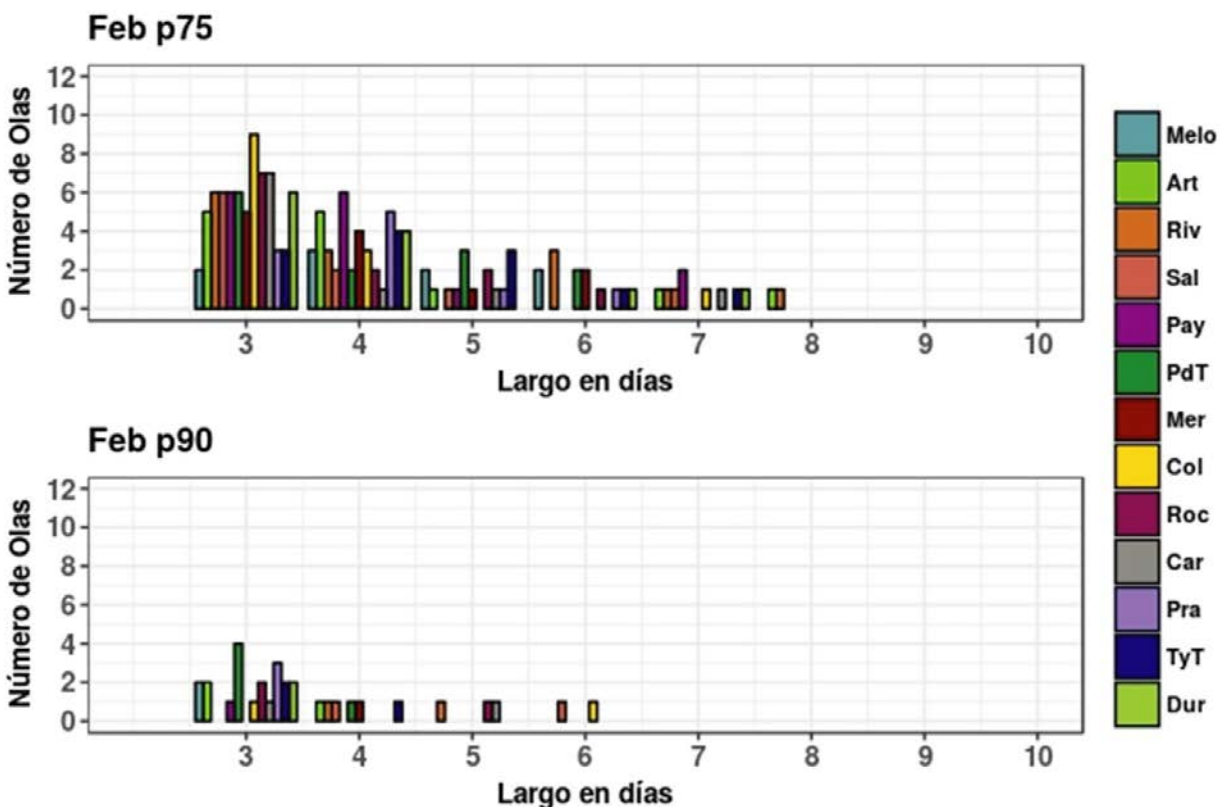


Fig.16: Número de olas de calor en febrero para el período 1981-2010 por estación meteorológica.

Las Figs. 14, 15 y 16 muestran el número de olas en todo el período (OC panel superior y OCE panel inferior) por estación meteorológica en función del largo de éstas en días. Estos gráficos dan una idea de la intensidad de las olas, caracterizadas por su persistencia. Como se puede observar de forma general, todas las estaciones presentan al menos una OC de largo 3 y al menos una de largo 4. El número de olas por estación a medida que se aumenta el largo de la ola, disminuye en general y vemos que a partir de largo 5 algunas estaciones no presentan OC. Como casos extremos se presentan OC's con persistencia de 9 a 10 días en estaciones aisladas. Por su parte las OCE se presentan en menor cantidad durante el período de estudio con largos que van hasta los 6 días.

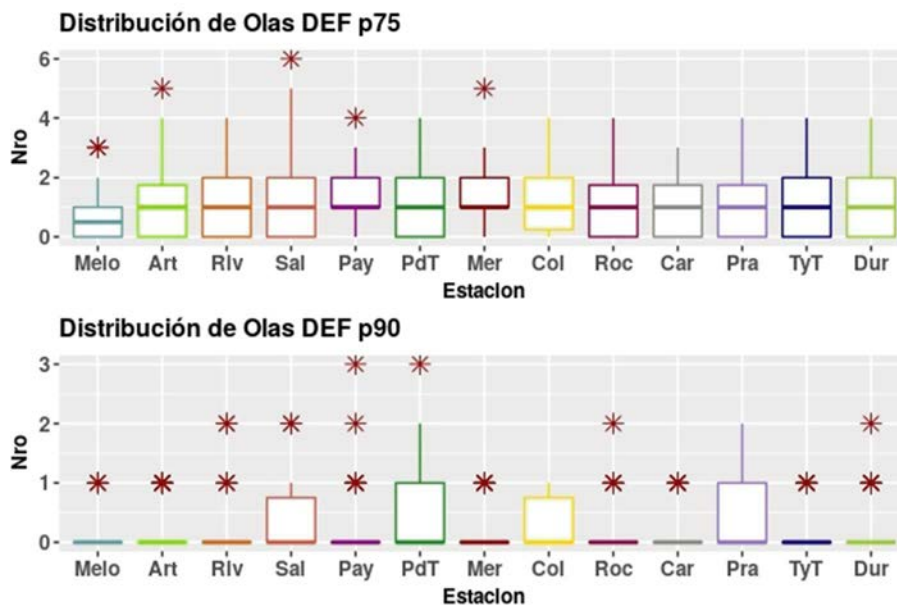


Fig.17: Distribución de las olas de calor en DEF para el período 1981-2010 por Estación Meteorológica.

En la Fig. 17 se muestra la distribución de OC y OCE para cada estación en forma de gráfico de caja (boxplot). En el gráfico superior, se muestra que la mediana de OC es de un caso por estación para todas las estaciones salvo para Melo, que tiene una mediana de 0.5. Esto significa que en la mitad de los años considerados en este estudio cada estación tiene al menos una OC.

Los extremos de las cajas muestran los valores de los percentiles 25 y 75 para cada estación, mientras que los asteriscos muestran casos extremos que se alejan de la distribución. En cuanto a las OCE, y como es de esperar, presentan menor ocurrencia en cuanto a casos.

Si bien todas las estaciones presentan algunos casos dentro del período de estudio, sólo las estaciones de Salto, Paso de los Toros, Colonia y Prado los contemplan dentro de la distribución.

| Estación | OC | | | OCE | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | DIC | ENE | FEB | DIC | ENE | FEB |
| Melo | 5 | 9 | 9 | 0 | 1 | 2 |
| Art | 11 | 10 | 13 | 2 | 2 | 3 |
| Riv | 11 | 17 | 14 | 3 | 2 | 2 |
| Sal | 12 | 16 | 10 | 5 | 3 | 2 |
| Pay | 13 | 15 | 15 | 6 | 3 | 1 |
| PdT | 11 | 15 | 13 | 7 | 4 | 5 |
| Mer | 13 | 18 | 12 | 2 | 2 | 1 |
| Col | 15 | 11 | 13 | 2 | 4 | 2 |
| Roc | 8 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| Car | 6 | 11 | 10 | 1 | 2 | 2 |
| Pra | 9 | 12 | 10 | 3 | 4 | 3 |
| TyT | 13 | 14 | 12 | 0 | 2 | 3 |
| Dur | 12 | 12 | 12 | 3 | 2 | 2 |

Fig.18: Total de casos de OC y OCE en el periodo 1981-2010 por mes y por estación.

En la Fig. 18 se presenta el total de casos de OC y OCE en el periodo 1981-2010 por mes y por estación. En promedio en DEF sobre Uruguay, se registran 12 OC y 3 OCE, siendo el mes de enero el que tiene más registros de OC y, diciembre y enero el que tiene más registros de OCE.

En Rivera, Paysandú y Mercedes se observaron más cantidad de casos de OC (14 casos) y en Paso de los toros más cantidad de casos de OCE (5 casos).

V. CONCLUSIONES

Se caracterizó el comportamiento medio y la variabilidad interanual de las principales variables climáticas: Tm y Rr, tanto a escala país como por regiones.

Al estudiar las cantidades promediadas espacialmente sobre el territorio nacional, se observó una desviación considerablemente más grande para la precipitación acumulada en comparación con la temperatura media, en concordancia con el comportamiento discreto de la primera.

Al estudiar las variables en las dos regiones seleccionadas, se puede observar que ambas muestran un comportamiento global muy parecido, siendo sus comportamientos medios cuantitativamente distintos. Para Tm se observó que la *Región Norte* registra en promedio, 1.7°C por arriba de la *Región Sur*, mientras que para Rr la *Región Norte* registra 78 mm más que la *Región Sur*.

Finalmente se presentaron las olas de calor por mes del trimestre y por estación meteorológica. Se encontró que las estaciones de Rivera, Paysandú y Mercedes son las que presentan mayor cantidad de casos de OC y, Paso de los toros más cantidad de casos de OCE, siendo el mes de enero el que tiene más registros de OC y, diciembre y enero el que tiene más registros de OCE.

Explicar y entender la climatología de nuestro país es un buen y necesario insumo para la planificación sustentable del territorio y para la gestión del riesgo, permitiendo tomar acciones preventivas para minimizar el riesgo y la incertidumbre ante eventos como los que aquí se describen.

VI. FUENTES CONSULTADAS

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.crutem4.html#detai>

Global Precipitation Climatology Centre (GPCC)

Anuarios Estadísticos del Instituto Nacional de Estadística de Uruguay.

“Predicción Climática Estacional de Precipitación Acumulada en Primavera y Verano en el sur de Uruguay” Matilde Ungerovich, Marcelo Barreiro

http://meteo.fisica.edu.uy/archivos/TrabajosEspeciales/TF_MAtildeUngerovich.pdf