
CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL URUGUAY 1980-2009

Autores: José Pedro Castaño^{*}
Agustín Giménez^{**}
Mauricio Ceroni^{***}
José Furest^{****}
Rossina Aunchayna^{****}

Consultor: Mario Bidegain (Master en Ciencias de la Atmósfera)

* Ing. Agr. Unidad de Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA.

** Ing. Agr. M.Sc., Unidad de Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA

*** Lic. en Geografía. Unidad de Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA (hasta agosto de 2010).

**** Asistentes de Investigación. Unidad de Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA.

Título: CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL URUGUAY 1980-2009

Autores: José Pedro Castaño
Agustín Giménez
Mauricio Ceroni
José Furest
Rossina Aunchayna

Consultor: Mario Bidegain (Master en Ciencias de la Atmósfera)

Serie Técnica N° 193

© 2011, INIA

ISBN: 978-9974-38-330-2

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc. Enzo Benech - Presidente

Ing. Agr., Dr. Mario García - Vicepresidente



Dr. Pablo Zerbino

Dr. Alvaro Bentancur



Ing. Agr., MSc. Rodolfo M. Irigoyen

Ing. Agr. Mario Costa



CONTENIDO

Página

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MÉTODO DE ESTUDIO	2
2.1 Observaciones Climáticas	2
2.2 Heladas Agrometeorológicas	2
2.3 Régimen Hídrico	3
3. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA	4
3.1 Observaciones Climáticas	4
3.1.1 Temperatura del aire	4
3.1.2 Precipitaciones	6
3.1.3 Humedad relativa del aire	8
3.1.4 Heliofanía real	10
3.1.5 Heladas agrometeorológicas	12
3.2 Régimen Hídrico	14
3.2.1 Evapotranspiración	15
3.2.2 Agua disponible en los suelos	18
3.2.2 Agua no retenida por los suelos	19
4. REFERENCIAS	23
ANEXOS	25
Anexo 1. Temperaturas del aire medias mensuales y anuales	26
Anexo 2. Temperaturas del aire máximas medias mensuales y anuales	27
Anexo 3. Temperaturas del aire mínimas medias mensuales y anuales	28
Anexo 4. Precipitaciones acumuladas mensuales y anuales	29
Anexo 5. Humedad relativa del aire medias mensuales y anuales	31
Anexo 6. Heliofanía real media mensuales y anuales	32
Anexo 7. Heladas agrometeorológicas	33

CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL URUGUAY 1980-2009

1. INTRODUCCIÓN

El Uruguay está situado entre los 30 y 35 grados de latitud sur, en una zona subtropical templada (CIAAB, 1971). La ausencia de sistemas orográficos importantes contribuye a que las variaciones espaciales de gran parte de las variables climáticas sean relativamente de poca magnitud.

La presencia de los sistemas de presión atmosférica semi-permanentes situados sobre los océanos Atlántico y Pacífico establecen que la circulación horizontal en superficie, sobre Uruguay, sea en forma predominante del sector NE y que el aporte mayoritario (a lo largo del año) sea de aire de origen tropical, mientras que el anticiclón del Pacífico provoca algunos empujes de aire de origen polar (dirección predominante del SW), que son más frecuentes durante el periodo invernal. La interacción de ambas circulaciones, unida a la presencia de una baja presión atmosférica situada en el noroeste argentino, provee el mecanismo básico para la producción de lluvias sobre el país. En general las masas de aire tropical que se originan sobre territorio brasileño o paraguayo se trasladan bajo la influencia del anticiclón del Atlántico y llegan al país con alta temperatura y con un alto contenido de humedad, en especial en las capas bajas, y pueden provocar eventos de lluvias muy intensas y copiosas. Las masas de aire procedentes del Pacífico son frías y con bajo contenido hídrico y en general están asociadas a tiempo seco y frío. Por otra parte algunas masas de aire frío con trayectoria marítima, antes de llegar al país, se calientan por su contacto prolongado con el océano más templado y se cargan de humedad, pudiendo provocar lluvias persistentes, principalmente sobre la cuenca de la Laguna Merín y los departamentos de Rocha y Maldonado. Por lo tanto por el requisito ini-

cial para la ocurrencia de precipitaciones es la presencia de agua atmosférica y posteriormente un proceso de transferencia a la superficie (precipitación), que se da asociado a la presencia de perturbaciones atmosféricas pasajeras: frentes, depresiones frontales y líneas de inestabilidad asociadas.

La planificación y evaluación del potencial productivo y riesgos climáticos asociados a la producción agropecuaria requiere el disponer de una caracterización agroclimática en base a registros históricos, que contribuya a la definición de áreas con un comportamiento homogéneo esperado para las actividades productivas. Para ello es necesario estudiar la climatología (promedios de 30 años) de la región de estudio y la variabilidad histórica de las observaciones climáticas más relevantes para la producción agropecuaria tales como la temperatura del aire, las precipitaciones, la insolación (heliofanía), la humedad relativa del aire y la ocurrencia de heladas.

Para complementar la información climatológica, también es relevante el estudio del régimen hídrico en base a modelos de balance hídrico de suelos. La disponibilidad de agua para cultivos, pasturas, hortalizas, árboles, etc. depende de las condiciones climáticas (temperaturas, lluvias, etc.) y de las características de los suelos, en particular de la capacidad de almacenamiento de agua. Por esta razón la elaboración de balances hídricos para la estimación de la disponibilidad de agua en los diferentes suelos genera un tipo de información que está mejor relacionada con el desarrollo vegetal que el registro de precipitaciones.

En este trabajo se realiza una recopilación, generación y análisis de variables agroclimáticas, caracterizando su comportamiento en base a registros y estadísticas del período 1980 - 2009. La información se representa en mapas con distribución terri-

torial (isolíneas dentro del país) y de frecuencia temporal (percentiles 10, 33, 50, 66 y 90). Esta caracterización de la frecuencia temporal en base a percentiles busca caracterizar la variabilidad interanual de las distintas variables durante el período de estudio, caracterizando no solamente el promedio del período (percentil 50) sino también los valores de los 10 años con registros superiores (percentil 66) o inferiores (percentil 33) y también de los 3 años que registran los valores más extremos tanto superiores (percentil 90) como inferiores (percentil 10). Asimismo, se anexan tablas con los datos promedio mensuales para cada variable en cada localidad seleccionada para su estudio.

2. MÉTODO DE ESTUDIO

2.1 Observaciones Climáticas

Las variables climáticas caracterizadas en este trabajo fueron: temperatura del aire media, máxima media y mínima media (°C), humedad relativa del aire (%), heliofanía real (h/día), días con heladas agrometeorológicas y precipitaciones acumuladas (mm). En todos los casos se analizaron los valores mensuales.

El análisis de las temperaturas del aire, la humedad relativa del aire, la heliofanía real y las heladas se basó en una recopilación de datos registrados en 24 estaciones climatológicas pertenecientes a la red de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM) y a la red del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Para cada una de las variables se seleccionó la información de mejor calidad registrada en cada estación. Para el análisis de la variable precipitaciones, se agregaron más registros de la DNM, totalizando 53 localidades. El nombre y ubicación (coordenadas latitud - longitud) de cada localidad se expresa en los Anexos. Los registros de todas las variables analizadas fueron de los 30 años comprendidos entre 1980 y 2009.

A la información climática recopilada se le realizaron diversos controles de calidad previamente a su análisis estadístico. A continuación se detalla el tipo y el orden de eje-

cución de los métodos de control de calidad aplicados:

- a) Control de extremos diarios (temperatura mínima menor o igual a la temperatura máxima).
- b) Control de valores extremos absolutos de las series de temperaturas máximas y mínimas (comparación de valores en archivo digital con valores en los registros originales).
- c) Comparación entre estaciones (espacial) de anomalías estandarizadas mensuales de precipitación.
- d) Comparación entre estaciones (espacial) de anomalías estandarizadas mensuales de humedad relativa.
- e) Comparación de acumulados mensuales de heliofanía real versus acumulados mensuales de heliofanía astronómica.
- f) Comparación entre estaciones de anomalías estandarizadas mensuales de heliofanía real.

Con el objetivo de representar el comportamiento mensual, tanto espacial como histórico de las variables estudiadas, se generaron mapas mensuales con isolíneas de los siguientes componentes estadísticos: Percentil 10, Percentil 33, Percentil 50 (Mediana), Percentil 66 y Percentil 90. Los mismos fueron elaborados con el software Surfer versión 8 (Golden Software, Inc) interpolando los datos de cada una de las estaciones con el método de interpolación espacial Kriging. Complementariamente, se incluyen Anexos con los valores promedios mensuales de cada variable para cada localidad considerada en el análisis de la misma.

2.2 Heladas Agrometeorológicas

Se denomina helada agrometeorológica cuando la temperatura mínima de césped es menor a cero grado. Por causa de la variación intranual de la temperatura existe un período en el cual éstas se manifiestan típicamente sobre nuestro país. Para este trabajo se consideró desde el 1 de mayo hasta el 31 de octubre.

Como consecuencia de que la temperatura mínima de césped es una variable de

escaso registro en el país, y a su vez, con series incompletas durante el período de estudio, se elaboró una metodología para poder estimarla de manera indirecta. Se estudió la correlación entre la temperatura mínima en el abrigo meteorológico (temperatura del aire) y la temperatura mínima en césped. Las estaciones consideradas fueron INIA Salto, INIA Treinta y Tres e INIA La Estanzuela, durante el período de los meses comprendidos entre mayo y octubre de los años 1984 a 2009. El resultado de este estudio muestra que ambas variables están correlacionadas linealmente, tal como se puede observar en la figura 1, con un coeficiente de determinación (r^2) de 0.8341.

Posteriormente, utilizando la ecuación expresada en la figura 1, se procedió a la estimación de los días con helada en base a la temperatura mínima en el abrigo meteorológico (temperatura del aire) registrada en las estaciones de la DNM e INIA consideradas en este estudio.

2.3 Régimen Hídrico

El modelo de Balance Hídrico para los Suelos de Uruguay (BHSU) utilizado en este trabajo fue desarrollado por el INIA en conjunto con la División de Suelos y Aguas del MGAP, y con la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay (INIA - Unidad GRAS, 2011). Este modelo realiza una estimación

del contenido de agua disponible en el suelo integrando la precipitación registrada en estaciones pluviométricas, la demanda potencial de agua de la atmósfera y la transpiración de la vegetación, con el tipo de suelo. El modelo se corre a paso diario y genera salidas de las siguientes variables: Índice de bienestar hídrico, Agua no retenida en el suelo, Contenido de Agua disponible en el suelo y Porcentaje de Agua disponible en el suelo.

El modelo de Balance Hídrico utiliza como variables de entrada: (a) Precipitación Efectiva, que se calcula deduciendo de la precipitación registrada en las estaciones meteorológicas, un valor de escurrimiento superficial estimado en función de la lluvia antecedente (5 días anteriores); (b) Evapotranspiración Potencial, es decir la demanda de agua del suelo por parte de la vegetación que se calcula en función de un modelo físico (Penman-Monteith) que estima la evapotranspiración potencial en base a valores diarios de temperatura, humedad del aire, velocidad de viento y radiación solar; (c) Capacidad de retener agua del suelo para cada una de las unidades de suelo definidas según Carta de Reconocimiento de Suelos de Uruguay escala 1:1.000.000 (MAP, 1978). El tipo de suelo determina la capacidad de retención máxima de agua en la zona de actividad de raíces.

Para cada día se calcula el cambio de almacenaje mediante la aplicación de un modelo logarítmico que considera la retención del agua por parte del suelo (adaptado de Thornthwaite y Mather, 1957). El valor de transpiración diaria corresponde al cambio de almacenaje calculado en el paso anterior.

Con el mismo objetivo y metodología que para las variables climáticas, se generaron mapas mensuales con isolíneas de los análisis estadísticos de las siguientes entradas y salidas del modelo: Evapotranspiración método Penman-Monteith (mm/mes), Agua Disponible en el suelo (mm

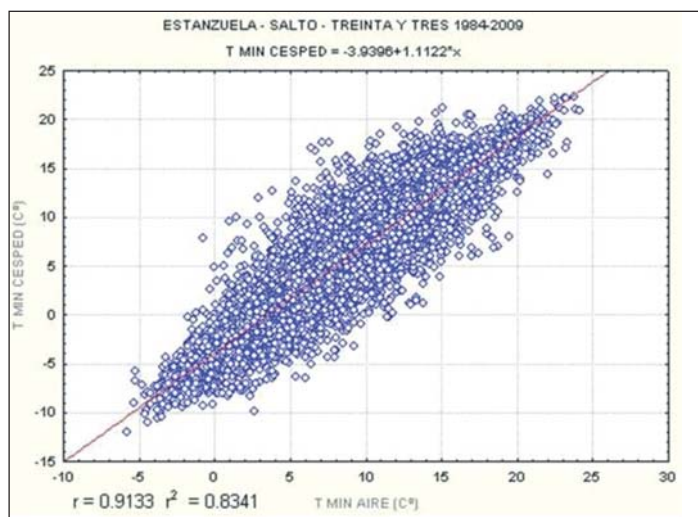


Figura 1. Correlación entre la temperatura mínima del aire en casilla y la temperatura mínima en césped.

y %) y Agua no Retenida por el suelo (mm/mes), en base a la corrida del modelo durante el período 1985-2009, considerando como cubierta vegetal la de pasturas naturales.

3. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

3.1 Observaciones Climáticas

3.1.1 Temperatura del aire

La temperatura media anual sobre Uruguay es de unos 17,7 °C, variando desde unos 19,8 °C en la zona noroeste (Bella Unión), hasta unos 16,6 °C en la costa sur del país. Las isotermas tienen una tendencia incremental general desde el sur hacia el noroeste (figura 2).

Las temperaturas medias más altas se presentan en los meses de enero y febrero y las más bajas en junio y julio, de acuerdo a la región.

Los promedios nacionales de las temperaturas extremas anuales del aire se caracterizan por una temperatura máxima media de 22,6 °C y una mínima media de 12,9 °C (figura 3).

Se puede decir que las temperaturas extremas medias del aire sobre el país presen-

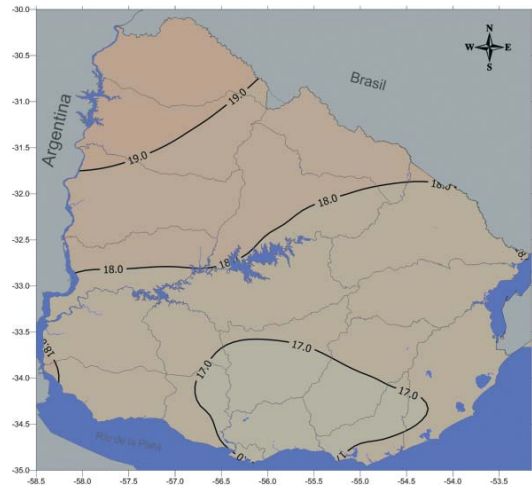
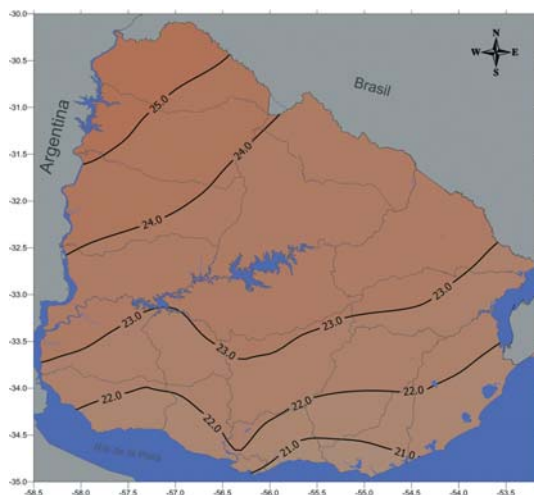


Figura 2. Temperatura (°C) media anual (1980-2009).

tan durante todo el año un gradiente creciente de sur a norte de unos 5 °C para las máximas medias y de unos 4 °C para las mínimas medias. Se observa como hecho característico un núcleo frío de las temperaturas mínimas medias ubicado al centro-sur del país, sobre los departamentos de Florida, Durazno y norte de Canelones, que es más importante durante la época fría del año.

Se observa que los meses más cálidos y fríos son enero y julio respectivamente, tal como se puede apreciar en la figura 4. En el mes más cálido (enero) el promedio de las

T. Máxima Anual



T. Mínima Anual

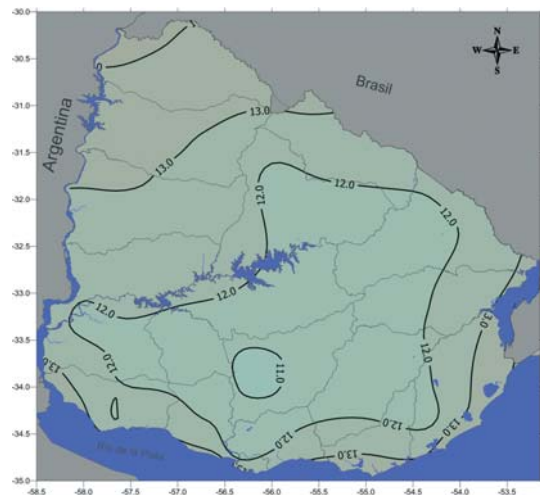


Figura 3. Temperatura (°C) máxima y mínima media anual (1980-2009).

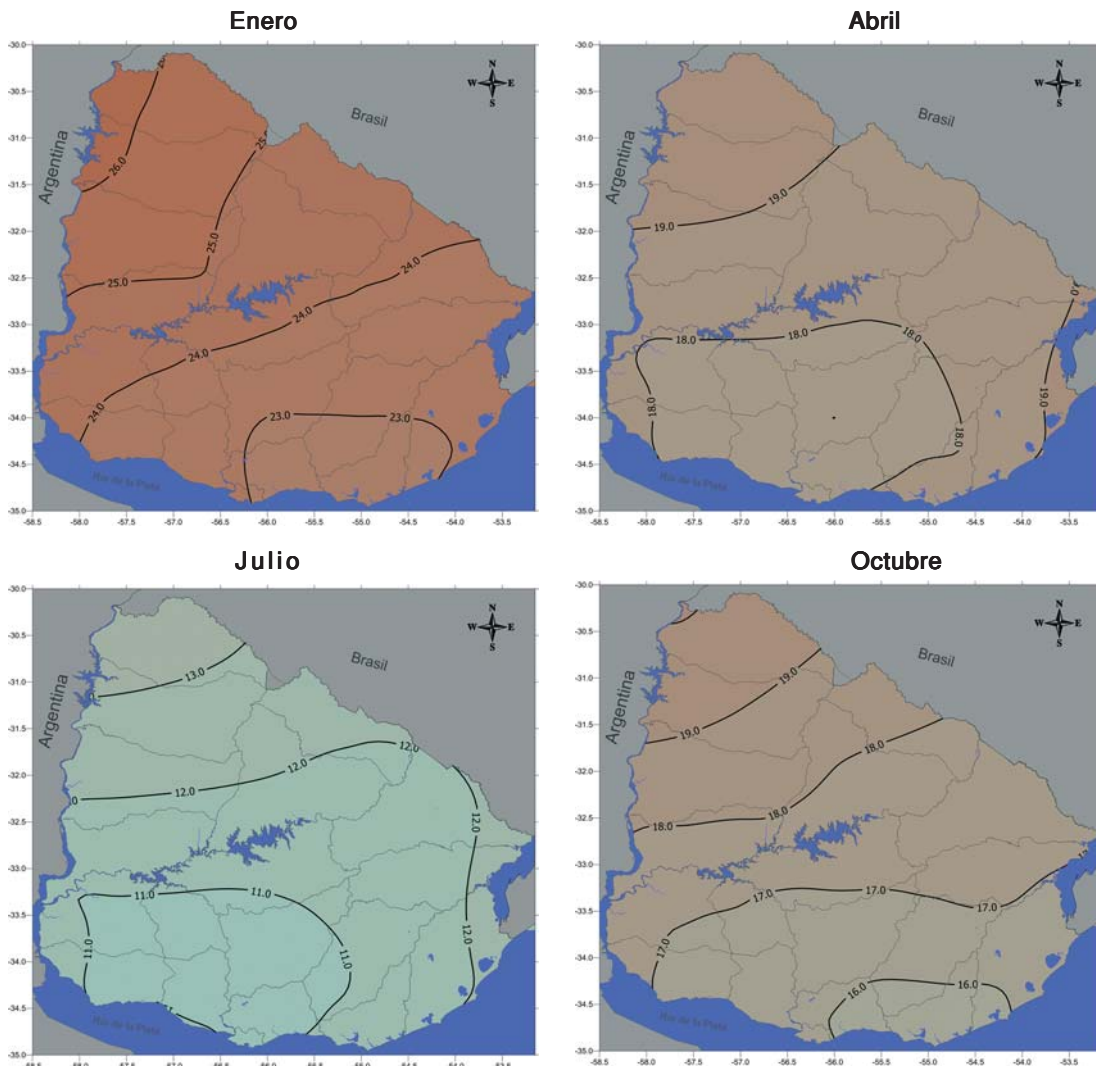


Figura 4. Temperaturas medias mensuales (°C) en enero, abril, julio y octubre (mediana 1980-2009).

temperaturas registradas en el país es de 24 °C para las medias, 29,6 °C para las máximas y 18,5 °C para las mínimas. Mientras que durante el mes más frío (julio) el promedio de las temperaturas registradas se sitúa en 11,6 °C para las medias, 15,8 °C para las máximas y 7,3 °C para las mínimas.

Analizando las distribuciones históricas de las temperaturas extremas medias del aire, percentiles P10 y P33 para las temperaturas mínimas medias y P66 y P90 para las temperaturas máximas medias (figura 5), se observa que los valores mínimos medios en 30 años para el mes de julio (mes más frío) se ubican entre 4,5°C y 6,0°C, mientras que en 1 de 10 años (P10) están entre

5°C y 7°C. La región más fría es el centro-sur y la zona de la Cuchilla de Haedo al norte del Río Negro.

Al analizar las temperaturas máximas medias se aprecia que 1 de 3 años (P66) los valores de la temperatura máxima media mensual en enero están comprendidos entre 28 °C y 32 °C y 1 año de cada 10 años (P90) los valores están entre 30°C y 34°C, siendo la región más caliente la zona noroeste (departamentos de Artigas, Salto y Paysandú). Existe una relativa homogeneidad ya que las diferencias entre los mínimos y el percentil 33 y entre los máximos y el percentil 66 es de aproximadamente 1°C durante otoño, invierno y primavera y de 2 °C en el verano.

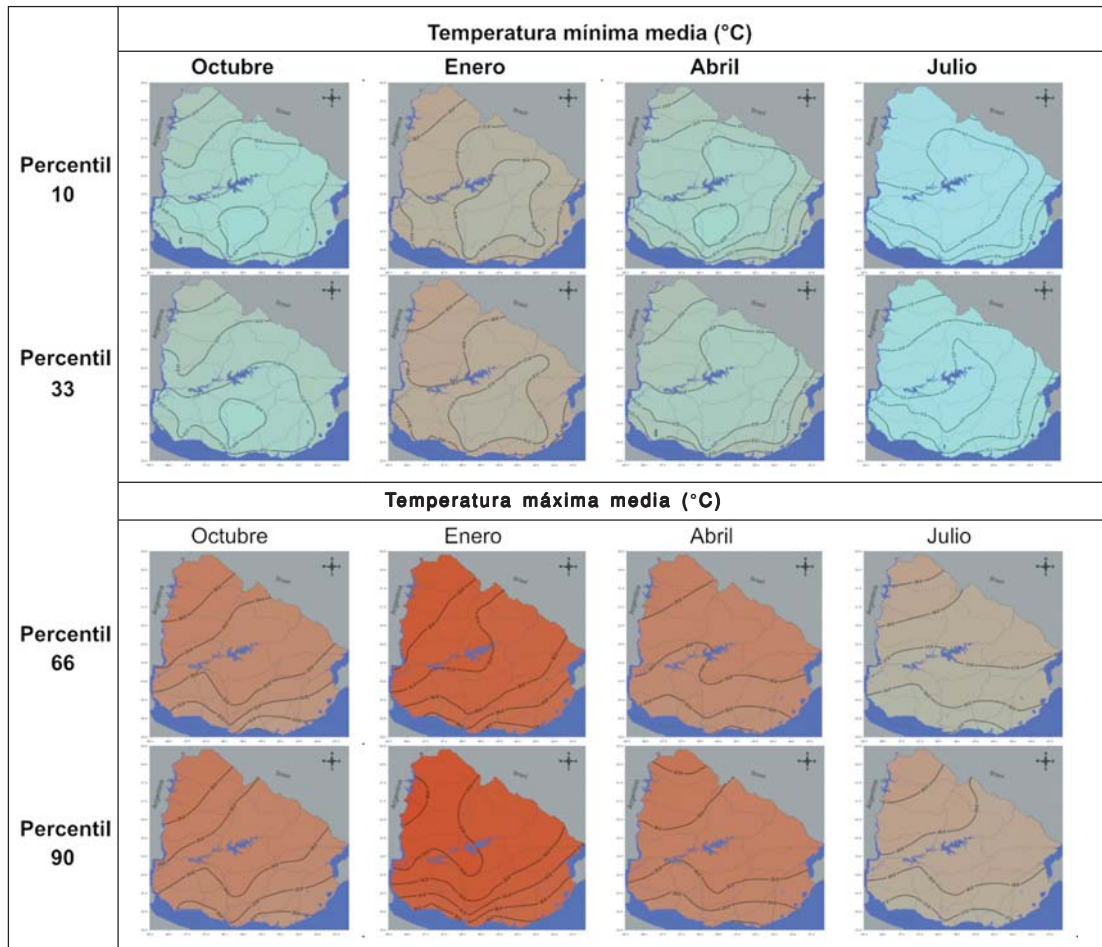


Figura 5. Percentiles de las temperaturas extremas (mínimas y máximas medias) mensuales en octubre, enero, abril y julio (1980 - 2009).

3.1.2 Precipitaciones

Los valores medios de precipitación acumulada anual sobre el país se sitúan entre 1200 y 1600 milímetros (mm) con los menores valores situados al suroeste (departamento de Colonia) y los máximos al noreste (departamentos de Rivera y Artigas). El gradiente por lo tanto es incremental de suroeste a noreste (figura 6).

Podemos decir que el régimen de precipitaciones sobre Uruguay tiene características marítimas en la región sureste (litoral atlántico) y este (cuenca de la Laguna Merín), con un máximo de precipitaciones en el invierno (ver julio en figura 7). El resto del país es una región de transición entre las lluvias de carácter marítimo ya mencionadas y las lluvias veraniegas del interior del continente (ver enero en figura 7)

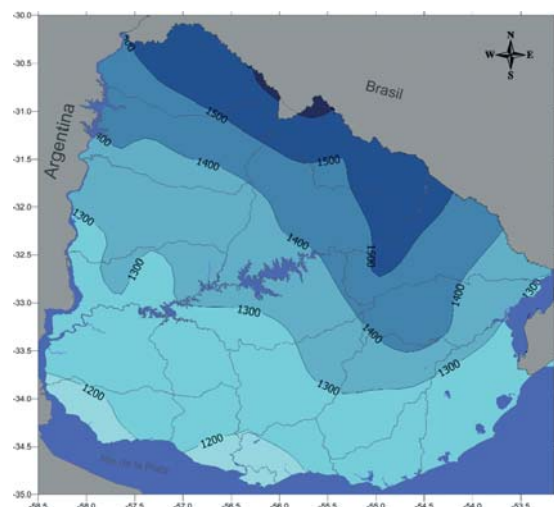


Figura 6. Precipitaciones acumuladas (mm) medias anuales (1980-2009).

(Prohaska en Schwerdtfeger, 1976). Ambas influencias se manifiestan resultando un ciclo anual con una doble estación lluviosa, un máximo principal en otoño y un máximo secundario en primavera, un mínimo principal en invierno (excepto en el este y sureste) y un mínimo secundario a mitad del verano.

En cuanto a la distribución espacial a lo largo del año, se observa el cambio en el gradiente de la precipitación, de oeste a este en el invierno a un gradiente casi de sur a norte para los meses de verano y otoño. Considerando los valores acumulados de la lluvia a través del año, no existe ni una estación seca ni una estación lluviosa bien defi-

nida, registrándose acumulados medios mensuales entre 60 mm/mes (litoral oeste en invierno) y 140 mm/mes (noroeste en abril y octubre) (figura 7).

Los valores mensuales de precipitación registrados en un año particular, se pueden apartar considerablemente de estos promedios dada la gran variabilidad interanual, tal como se puede observar en la figura 8. En la misma se presentan a modo de ejemplo los percentiles P10, P33, P66 y P90 de las precipitaciones para los meses centrales de cada estación del año. Esta variabilidad se constata en todos los meses del año aproximadamente en la misma magnitud, registrán-

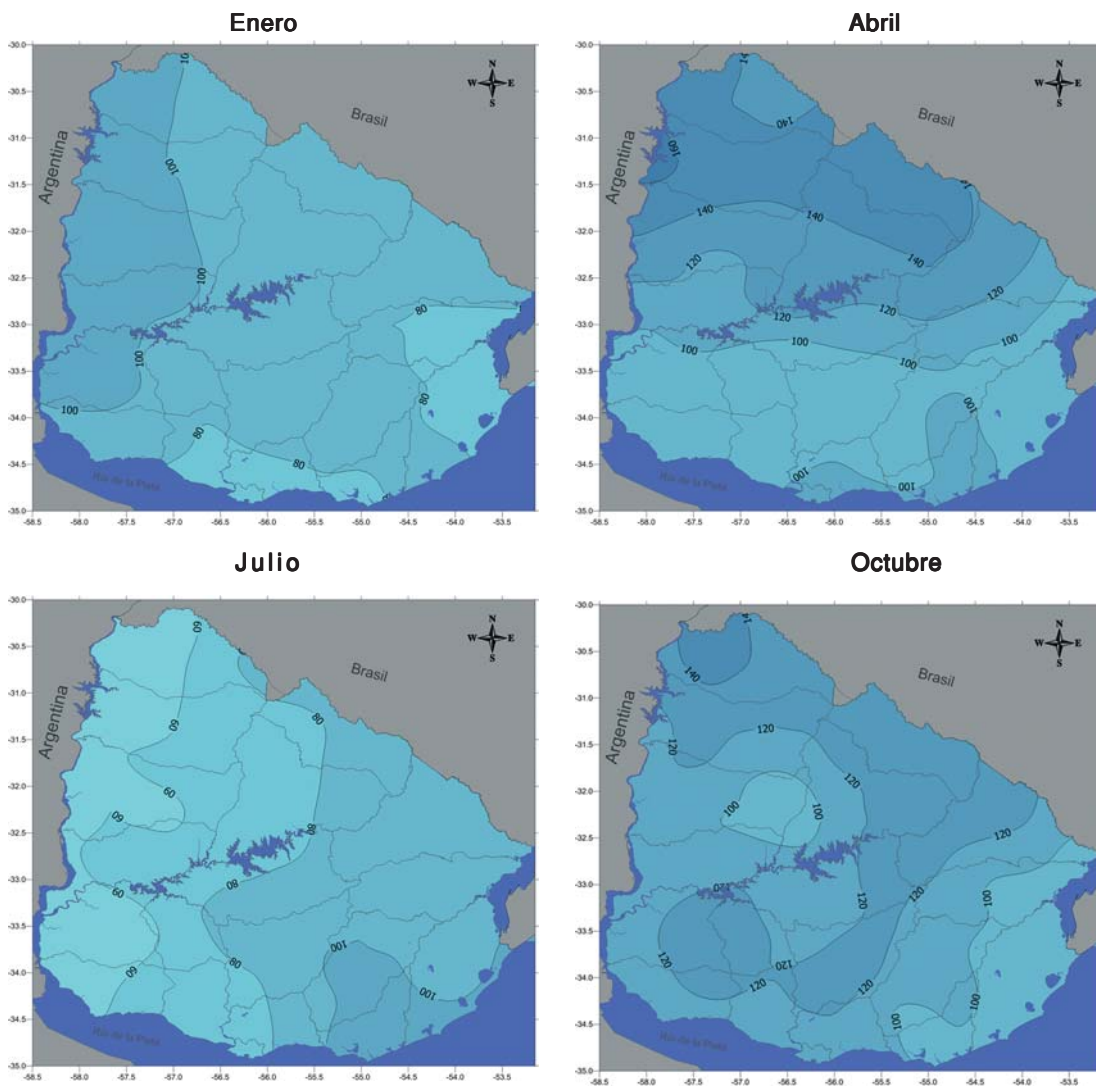


Figura 7. Precipitaciones acumuladas (mm) mensuales en enero, abril, julio y octubre (Mediana 1980-2009).

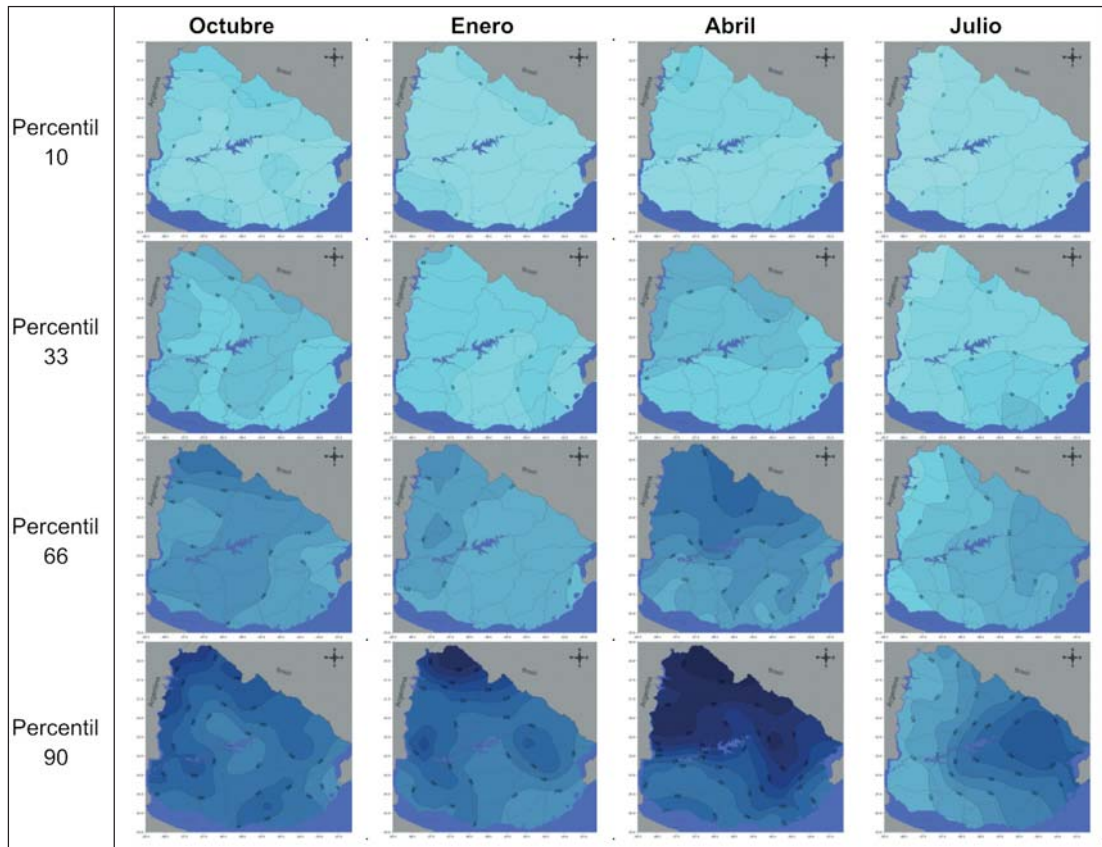


Figura 8. Percentiles de las precipitaciones (mm) acumuladas mensuales en octubre, enero, abril y julio (1980 - 2009).

dose en los años extremos valores mínimos inferiores a 20 mm/mes (ver julio en figura 8) y máximos superiores en todos los meses a los 250 mm/mes (figura 8). Al analizar la serie en su conjunto en base a la distribución en terciles, se constata que en los 10 años menos lluviosos (inferiores a P33) las precipitaciones fueron mayormente inferiores a 60-80 mm, mientras que los 10 años más lluviosos (mayores a P66) fueron en general mayores a 120-160 mm.

3.1.3 Humedad relativa del aire

Se puede observar que la humedad relativa del aire promedio sobre el país presenta una variación espacial con una tendencia creciente en dirección noroeste - sureste. Los valores medios de humedad relativa media anual sobre el país se sitúan entre 70 y 78% con los mayores valores situados al sureste (departamento de Rocha) y los mínimos al noroeste (departamentos de Salto y Artigas) (figura 9).

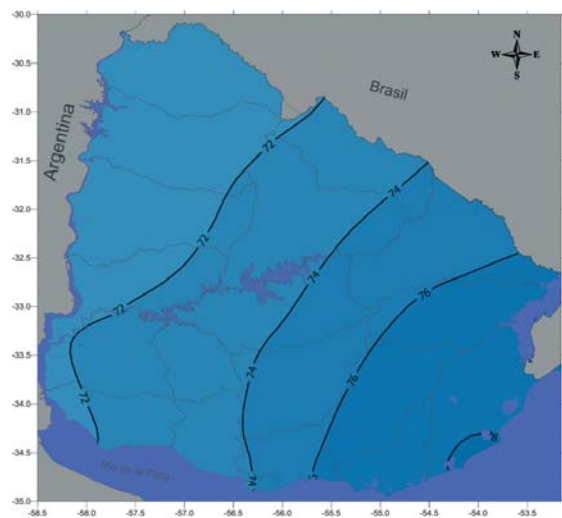


Figura 9. Humedad relativa del aire (%) media anual (1980-2009).

En cuanto a los valores promedio durante el año, como se observa en la figura 10, se registran los menores valores durante el verano (65-75%), los máximos valores durante el invierno (76-80%) y los valores intermedios en primavera y otoño (72-78%).

Considerando el comportamiento histórico se destaca una baja variabilidad interanual, siendo un poco más alta durante el verano y un poco más baja durante el invierno. Se puede observar en la figura 11 el campo de humedad relativa del aire para el mes más seco (enero) y el más húmedo (julio).

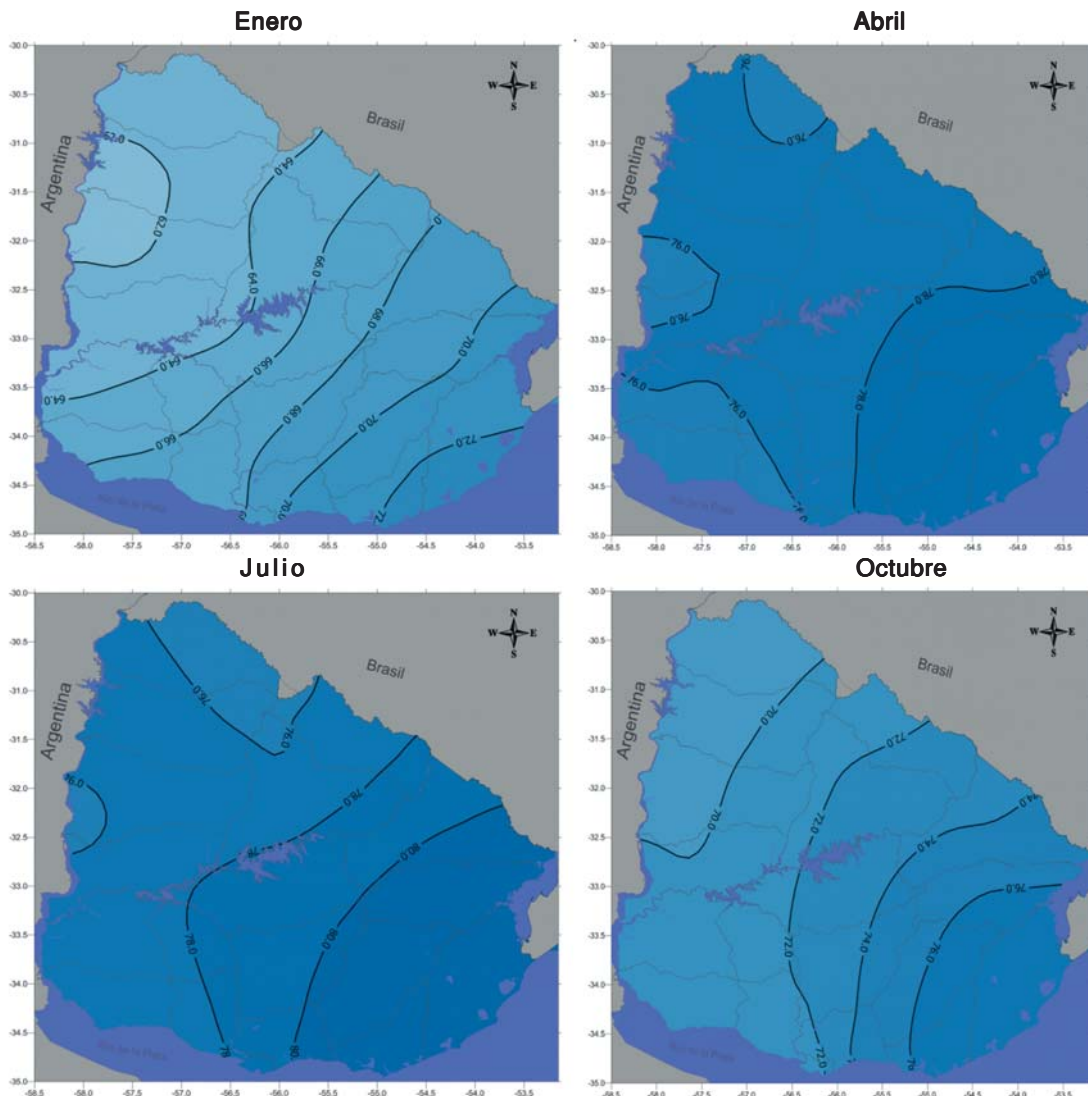


Figura 10. Humedad relativa del aire (%) promedio mensual en enero, abril, julio y octubre (medianas 1980-2009).

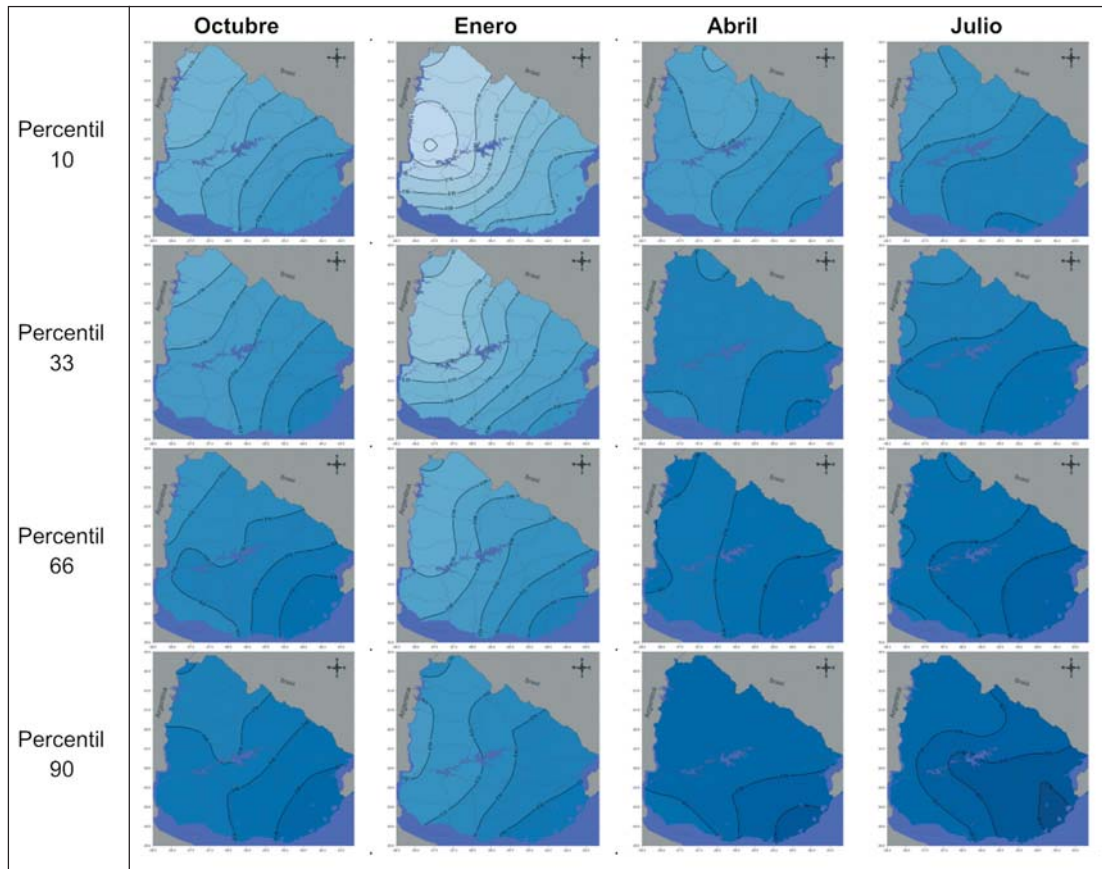


Figura 11. Percentiles de la humedad relativa del aire mensual (%) (1980 - 2009).

3.1.4 Heliofanía real

Se puede observar que la heliofanía real (insolación) media sobre el país presenta una variación espacial mínima, con una tendencia creciente en dirección sureste-noroeste. Los valores medios de horas de insolación media diaria sobre el país se sitúan en 7 h, con los menores valores situados al sureste (departamento de Rocha) y los máximos al noroeste (departamentos de Salto y Artigas) (figura 12).

La heliofanía real presenta una disminución hacia el invierno como resultado de la variación natural de la insolación astronómica. Se observan valores promedio de 9,0-9,5 h/día en enero y 5,0-5,5 h/día en julio (figura 13). En cuanto a la distribución espacial se observa una relativa homogeneidad,

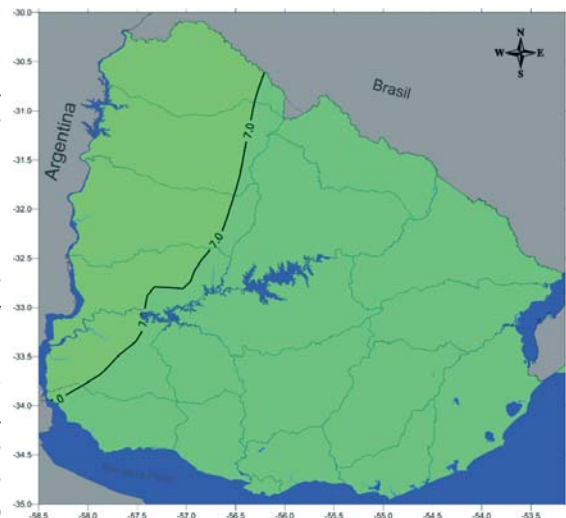


Figura 12. Heliofanía real (horas/día) media anual (1980-2009).

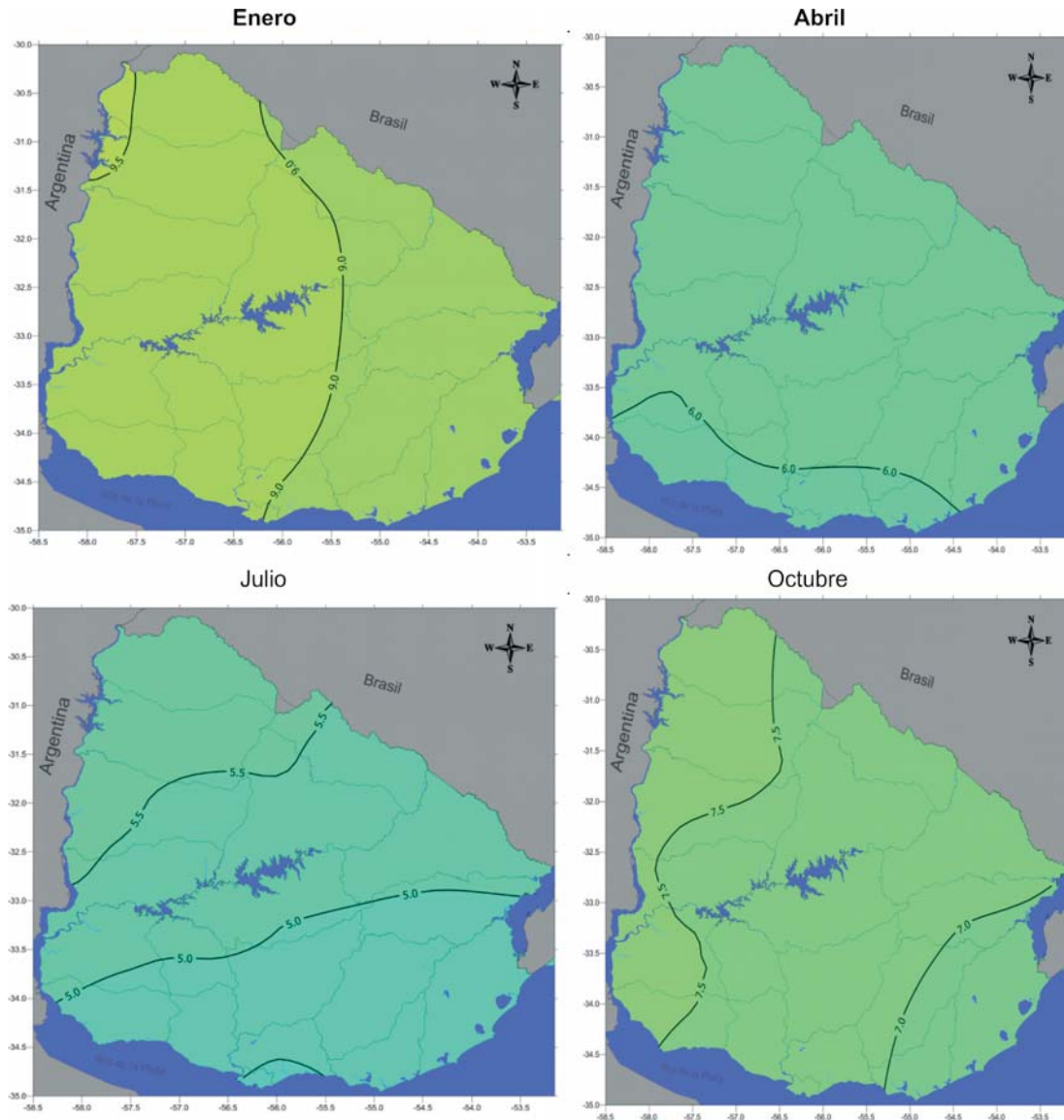


Figura 13. Heliofanía (horas/día) promedio mensual de enero, abril, julio y octubre (medianas 1980-2009)

con una tendencia de los promedios anuales a mayores valores en el noroeste, producto de una menor nubosidad y humedad relativa en promedio, sumado a una mayor insolación astronómica por su menor latitud.

En cuanto al comportamiento histórico se observa una baja variabilidad entre años, siendo ésta un poco más alta durante el verano y más baja durante el invierno (figura 14).

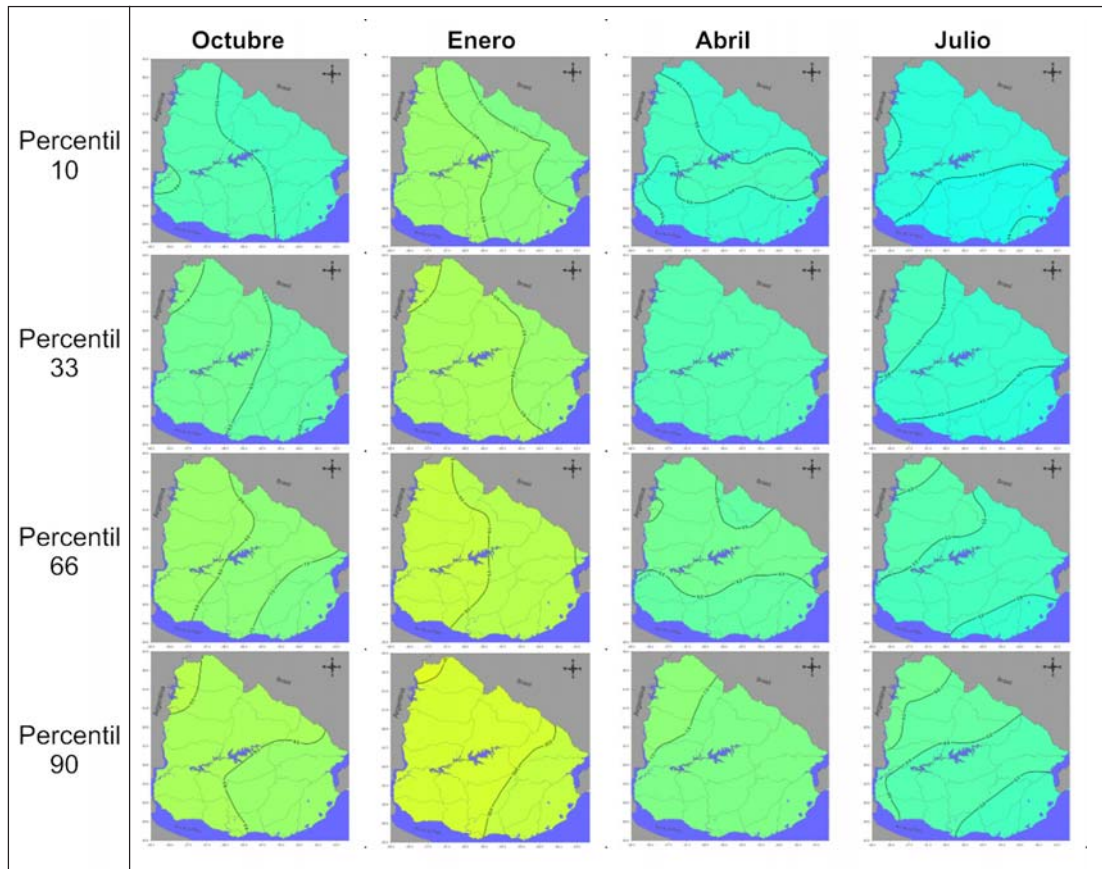


Figura 14. Percentiles de la heliofanía real (horas/día) media mensual de octubre, enero, abril y julio.

3.1.5 Heladas Agrometeorológicas

El número de heladas agrometeorológicas (o sobre césped) acumulado anualmente (período mayo a octubre) varía entre 20-25 días en el norte y en el sur del país, a más de 35 días en el centro, tal como se puede observar en la figura 15.

En la figura 16 se presenta la distribución mensual del régimen de heladas. Como se puede observar, durante el mes de julio es donde se registra el mayor número de heladas, 7 a 11 días dependiendo de la zona del país, seguido del mes de junio con 6 a 10 días, agosto con 4 a 8 días, mayo y setiembre con 2 a 6 días y finalmente el mes de octubre es el que presenta promedialmente los menores registros, por debajo de 1 día para casi la totalidad del país.

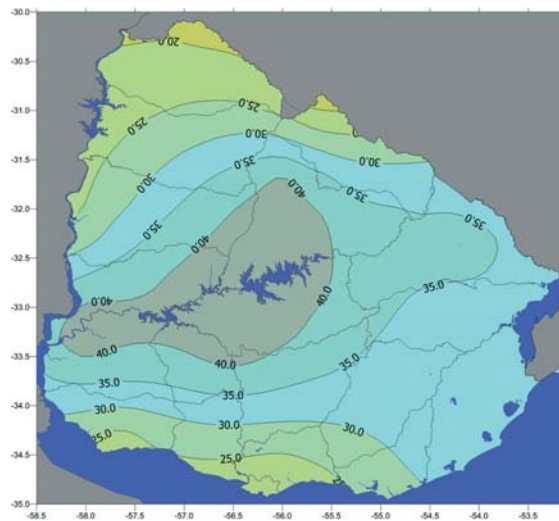


Figura 15. Días con heladas acumulado anualmente meses mayo-octubre (mediana 1980-2009)

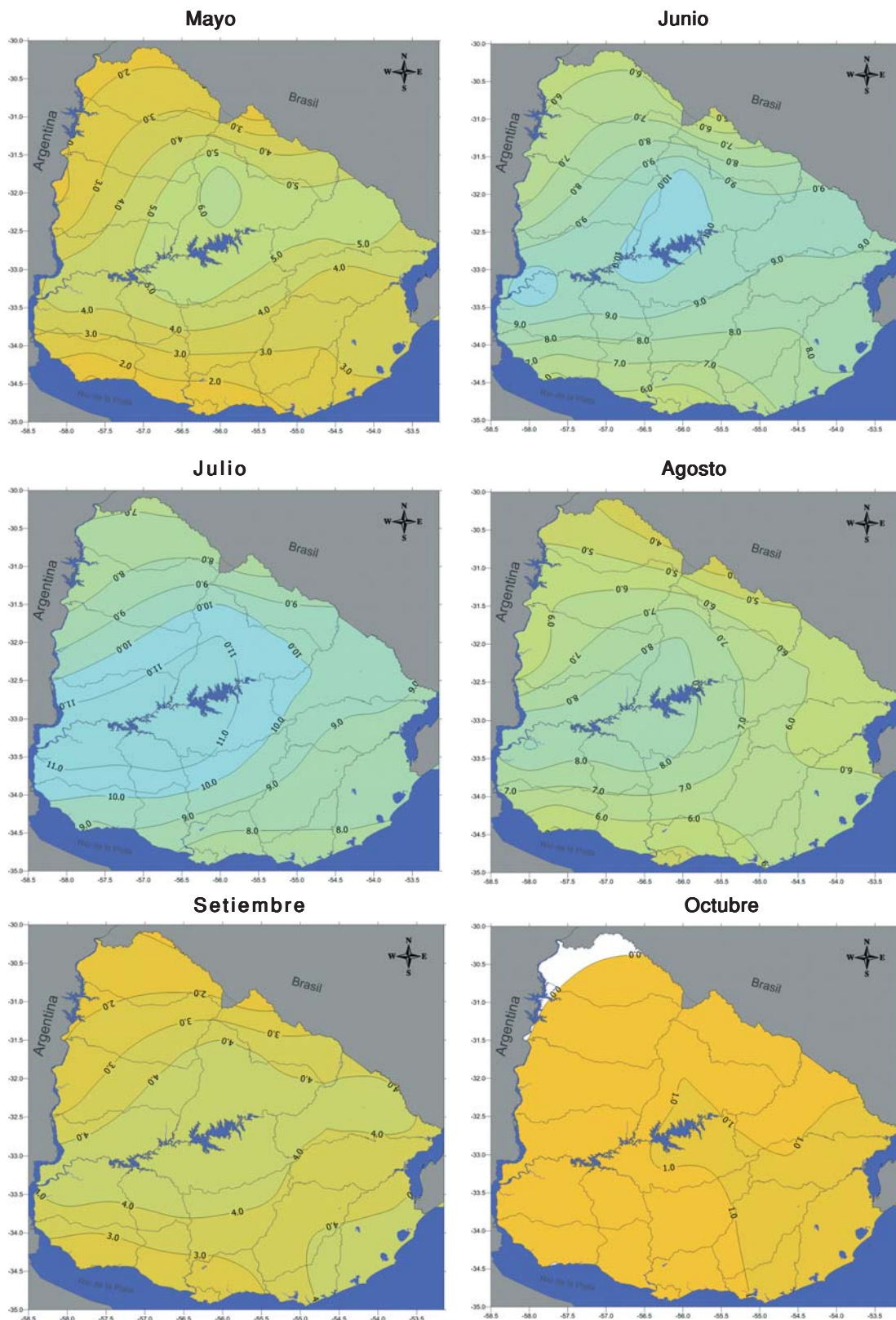


Figura 16. Días con Helada acumulado mensual (mediana 1980-2009).

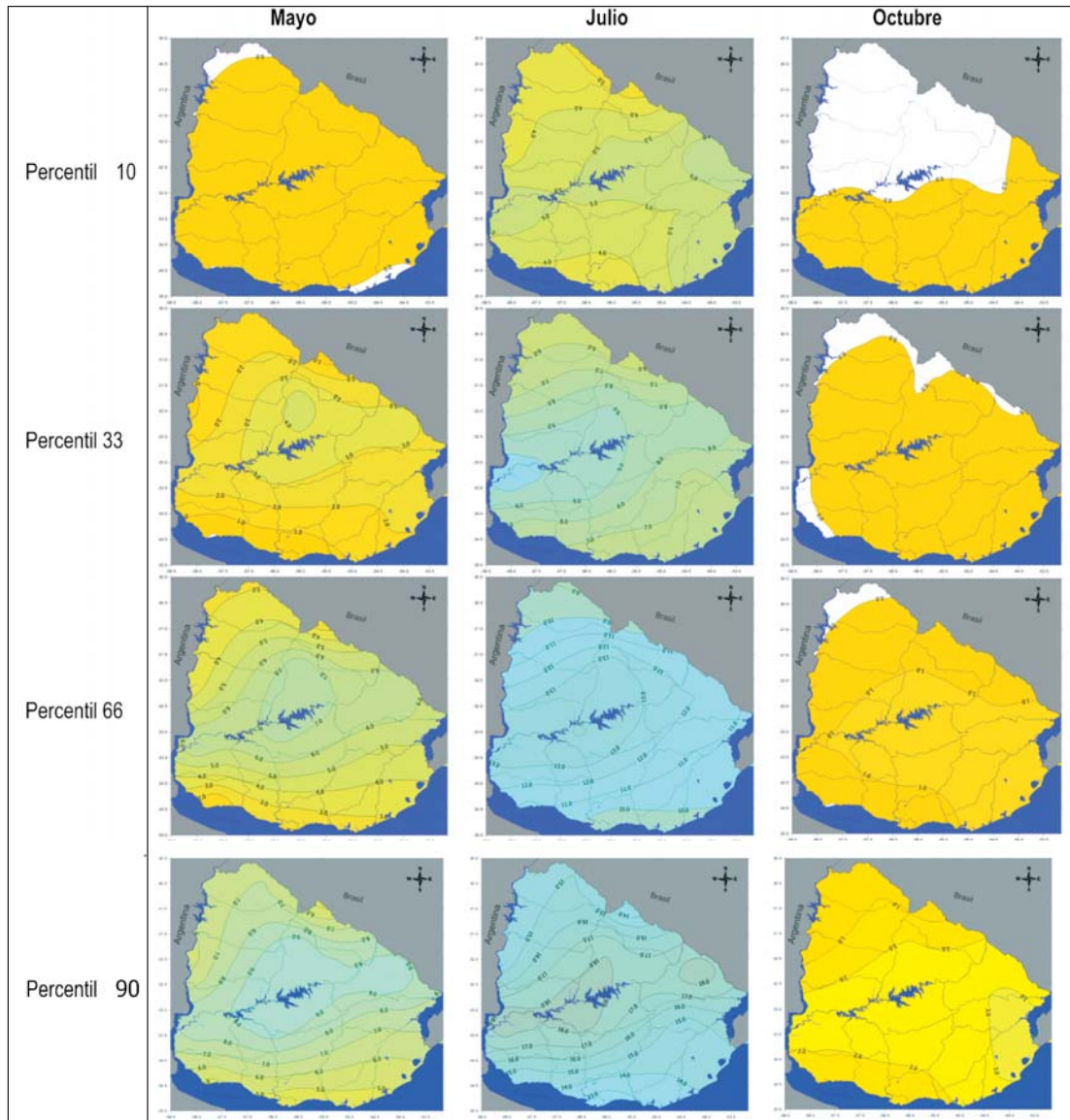


Figura 17. Percentiles de días con helada en mayo, julio y octubre (1980-2009).

Analizando la distribución histórica de los días con heladas (figura 17) se aprecia una alta variabilidad interanual. Observando el mes en el que se registran más heladas (julio), se aprecia que en los 3 años en los que hubo menos heladas (P10) se registraron menos de 3 a 5 días con heladas, dependiendo de la zona; mientras que en los 3 años en que se registraron mayor número de heladas (P90) éstas superaron los 14 a 18 días, también dependiendo de la zona. Observando el mes en que se registran menos heladas

(octubre) se aprecia que los 3 años en que se registraron más heladas (P90) se registran más de 1 a 3 días con heladas, dependiendo de la zona del país.

3.2 Régimen Hídrico

Tal como se detalló previamente, para caracterizar el régimen hídrico se utilizó el modelo de Balance Hídrico para los Suelos del Uruguay (BHSU) el cual requiere principalmente tres variables de ingreso: las pre-

precipitaciones (ya analizadas previamente), la evapotranspiración y la capacidad de retener agua de los suelos.

La capacidad de almacenar agua de los suelos del país presenta una alta variabilidad, con zonas de suelos superficiales con capacidad inferior a 30 mm y zonas de suelos profundos con capacidad superior a 170 mm (figura 18).

Previo a analizar en detalle cada variable, se presentan en la figura 19, a modo ilustrativo del comportamiento del régimen hídrico en su conjunto, los mapas de las dos variables de entrada (precipitación y evapotranspiración) y de las salidas del modelo de balance hídrico analizadas (porcentaje de agua disponible y agua no retenida) para los dos meses más contrastantes (el mes de enero en que se registran las mayores deficiencias y el mes junio en el que se registran los mayores excesos).

3.2.1 Evapotranspiración

Los valores medios de evapotranspiración acumulada anual, estimada por el método de Penman-Monteith, se sitúan entre 1000 y 1200 milímetros (mm), con los menores valores situados al sureste y los máximos al noroeste del país. El gradiente por lo tanto es incremental de sureste a noroeste (figura 20).

La evapotranspiración (Penman-Monteith) presenta un claro comportamiento estacional registrándose los valores más altos durante el verano (160-185 mm/mes), seguido de la primavera (95-105 mm/mes), el otoño (65-80 mm/mes) y el invierno con 25-35 mm/mes (figura 21).

En cuanto al comportamiento histórico se destaca una baja variabilidad interanual, la cual es un poco más alta durante el verano con 40 a 50 mm de diferencia entre los extremos (P10 y P90) y baja en invierno con 10 mm de diferencia entre los extremos (figura 22).

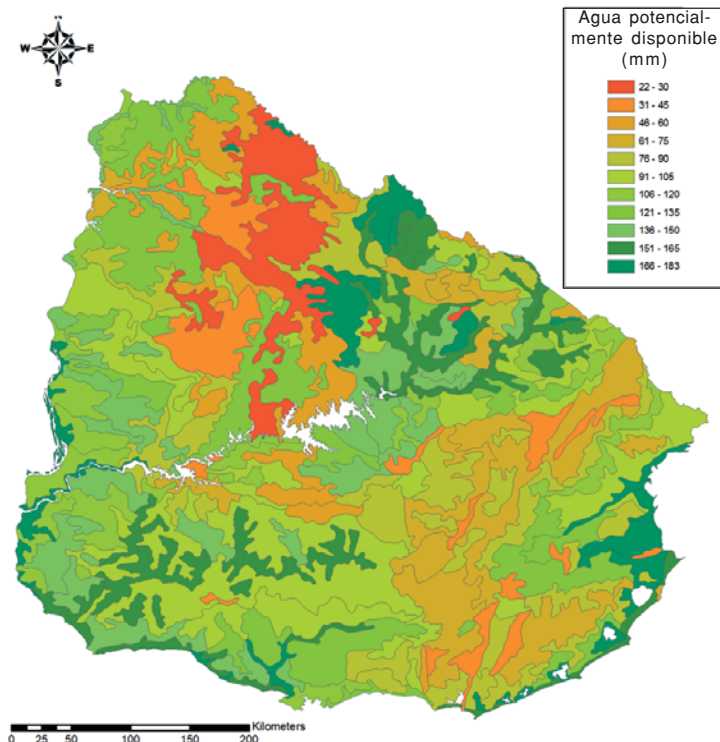


Figura 18. Agua potencialmente disponible en los suelos de la carta 1:1.000.000 (realizado en base a Molfino y Califra, 2001).

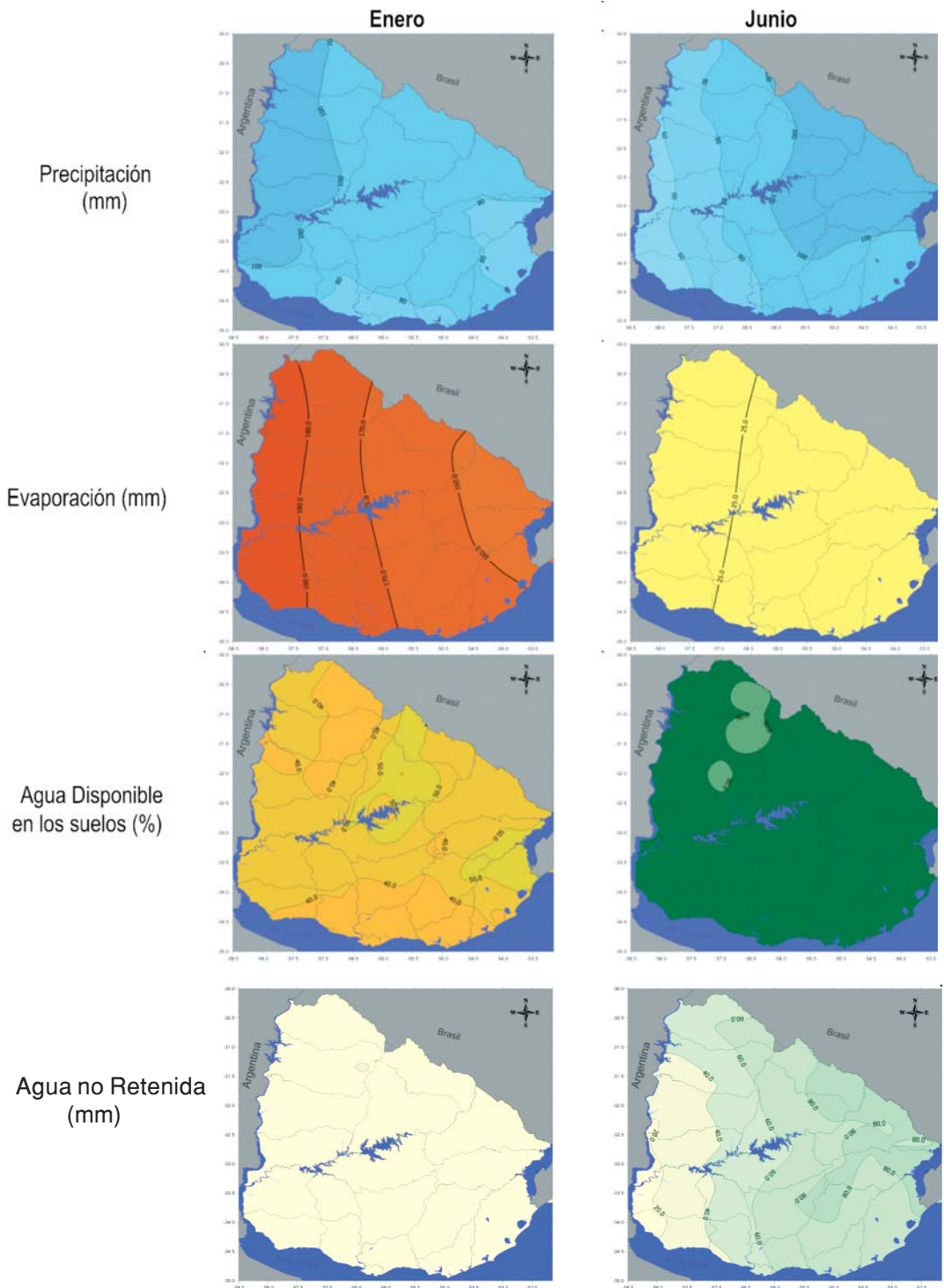


Figura 19. Precipitaciones, evaporación, porcentaje agua disponible y agua no retenida mensual promedio de los meses de enero y junio (mediana 1985-2009).

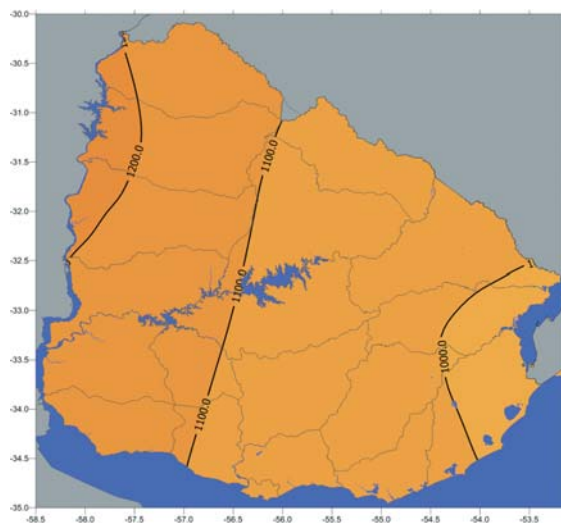


Figura 20. Evapotranspiración Penman-Monteith (mm/mes) media anual (1980-2009).

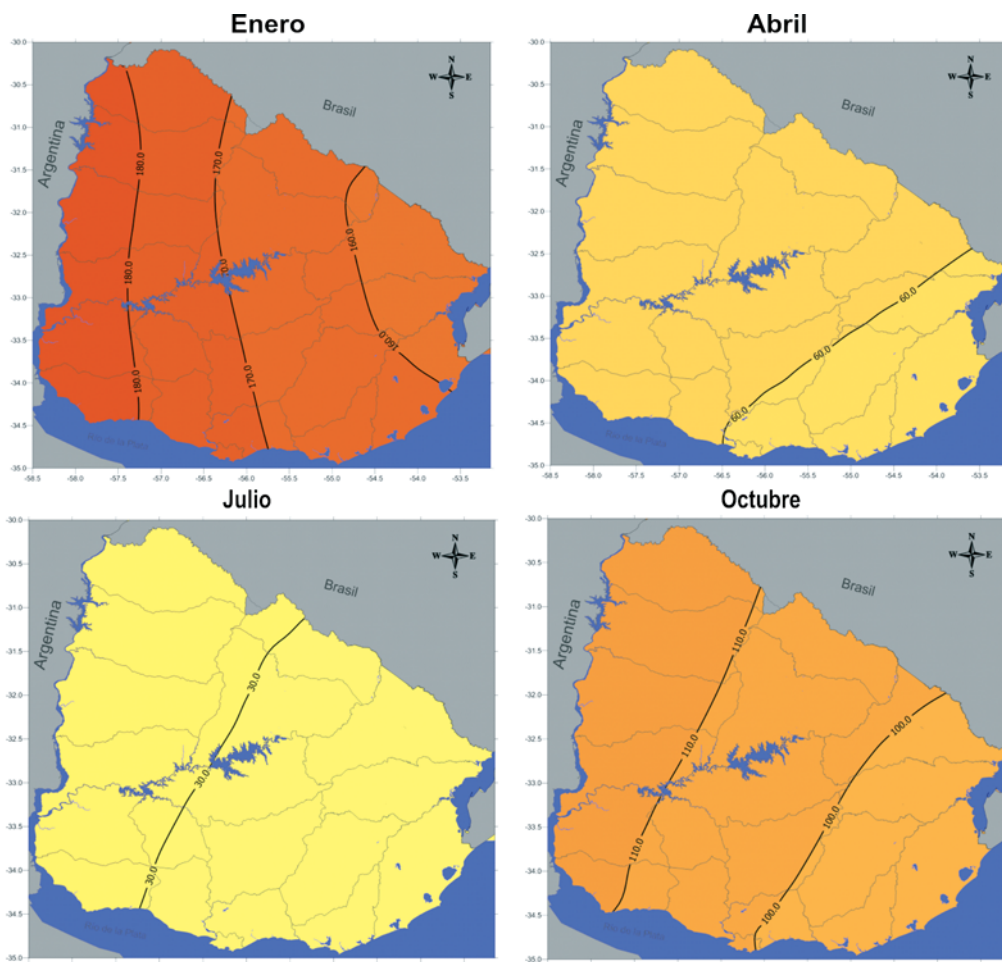


Figura 21. Evapotranspiración (Penman-Monteith) acumulada mensual (mm) en enero, abril, julio y octubre (mediana 1985-2009).

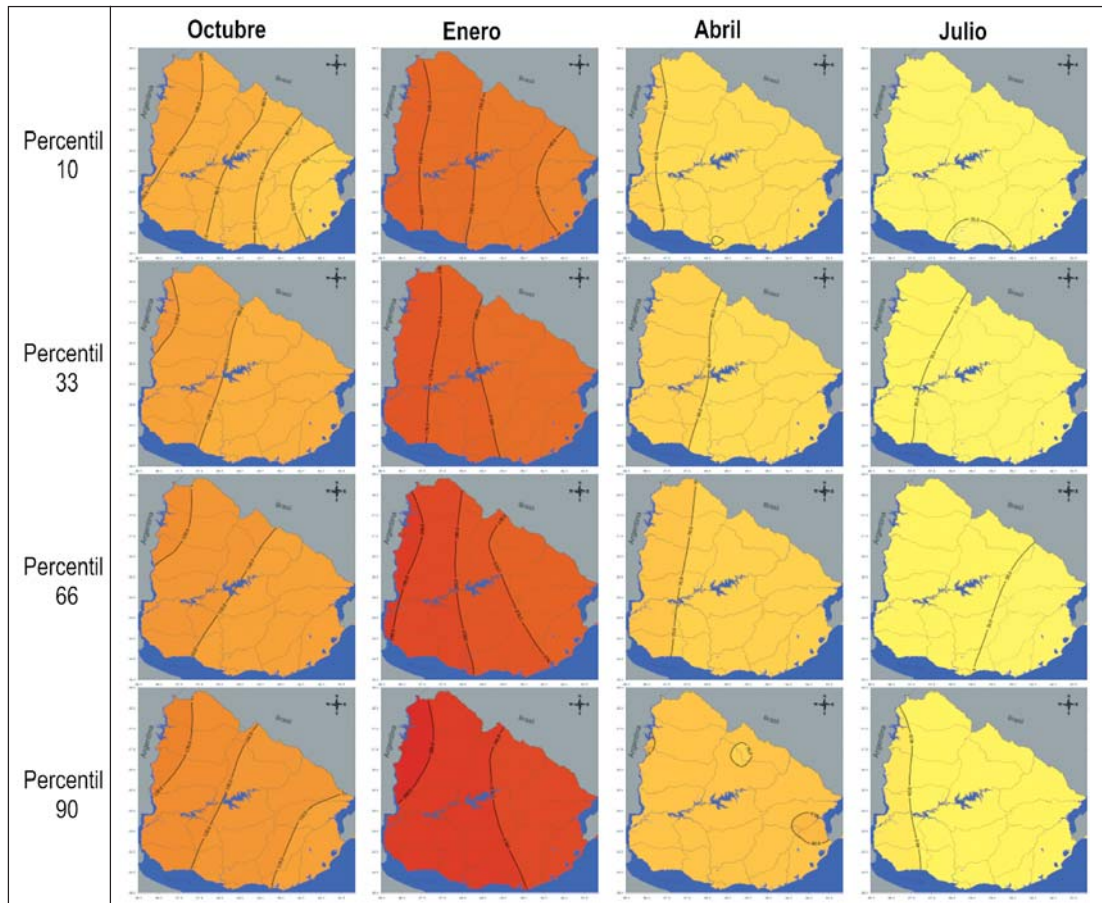


Figura 22. Percentiles de la evapotranspiración (Penman-Monteith) acumulada mensual (mm) de octubre, enero, abril y julio (1985-2009).

3.2.2 Agua disponible en los suelos

Para analizar el comportamiento hídrico estacional de los suelos se considera en primer lugar la evolución del agua disponible en los suelos durante el año expresado como porcentaje (PAD), la cual brinda una idea del estado de los mismos en función de su capacidad de almacenaje. En términos muy generales se consideran umbrales críticos de PAD en el suelo valores por debajo de 40-50% en cultivos extensivos y valores por debajo de 30-40% en pasturas.

Tal como se presenta en la figura 23, se desprende que en el promedio del período analizado, los suelos presentan menor contenido de agua (PAD) desde el inicio de primavera hasta el inicio del otoño, con valores más bajos durante los meses del verano, con no más de 60% de agua disponible.

Esta situación es consecuencia de que se registra mayor evapotranspiración que precipitación durante esta época, tal como se observó previamente. El mes de enero, mes en que se observan los valores más bajos, presenta para el promedio del período analizado en la mayor parte del país valores inferiores a 50%. Esto indicaría que en promedio para este mes los valores de PAD se sitúan por debajo de los umbrales críticos para cultivos extensivos y en algunas zonas también para pasturas.

Al igual que las precipitaciones, los valores de agua disponible en los suelos presentan una gran variabilidad entre años, por estar afectados principalmente por la ocurrencia de las mismas. Esta variabilidad se hace máxima durante los meses de verano y mínima durante los meses de invierno. A los efectos de ilustrar la variabilidad interanual

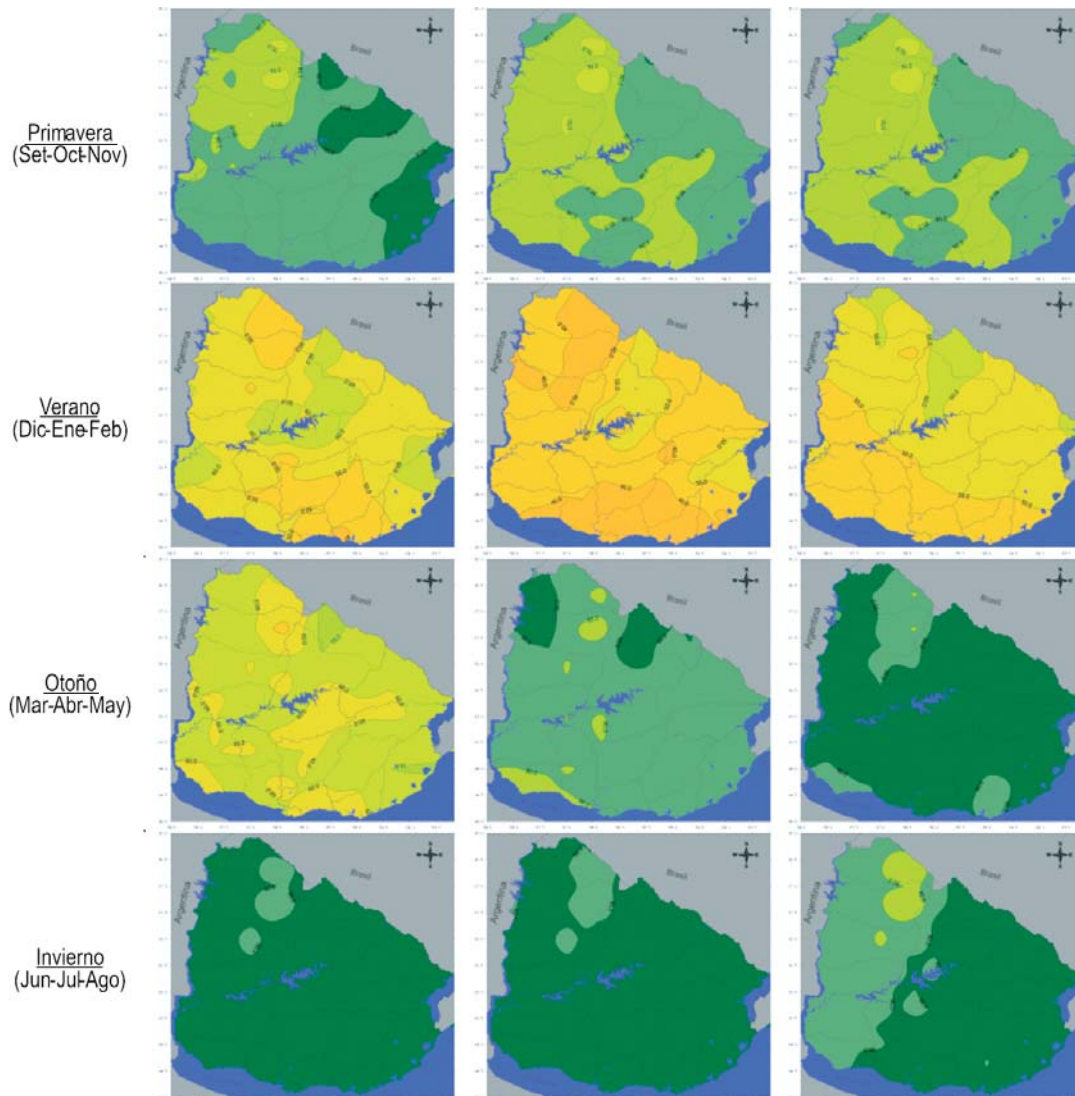


Figura 23. Promedio mensual de porcentaje de agua disponible en los suelos (mediana 1985-2009).

se presentan en la figura 24 los percentiles P10, P33, P66 y P90 de Porcentaje de Agua Disponible. Al analizar la distribución en terciles del mes de enero, el mes más crítico ya que es en el que se registran las mayores deficiencias, se constata en los 8 años con mayor PAD (mayores a P66) valores superiores a 40-50%, mientras que en los 8 años más deficitarios (inferiores a P33) el PAD fue inferior a 30-40%. En los 2-3 años en los que se registraron los mayores déficits (P10), los valores de PAD fueron inferiores a 20-30%.

3.2.3 Agua no retenida por los suelos

El Agua no Retenida es una estimación del agua en exceso que no es retenida por los suelos. Es la suma del agua que se pierde por escurrimiento superficial y por drenaje profundo (agua que excede el contenido de agua del suelo a capacidad de campo).

Tal como observa en la figura 25, en los meses del otoño-invierno es cuando se registran en promedio valores significativos de agua excedente, como consecuencia de la menor evapotranspiración que se registra en

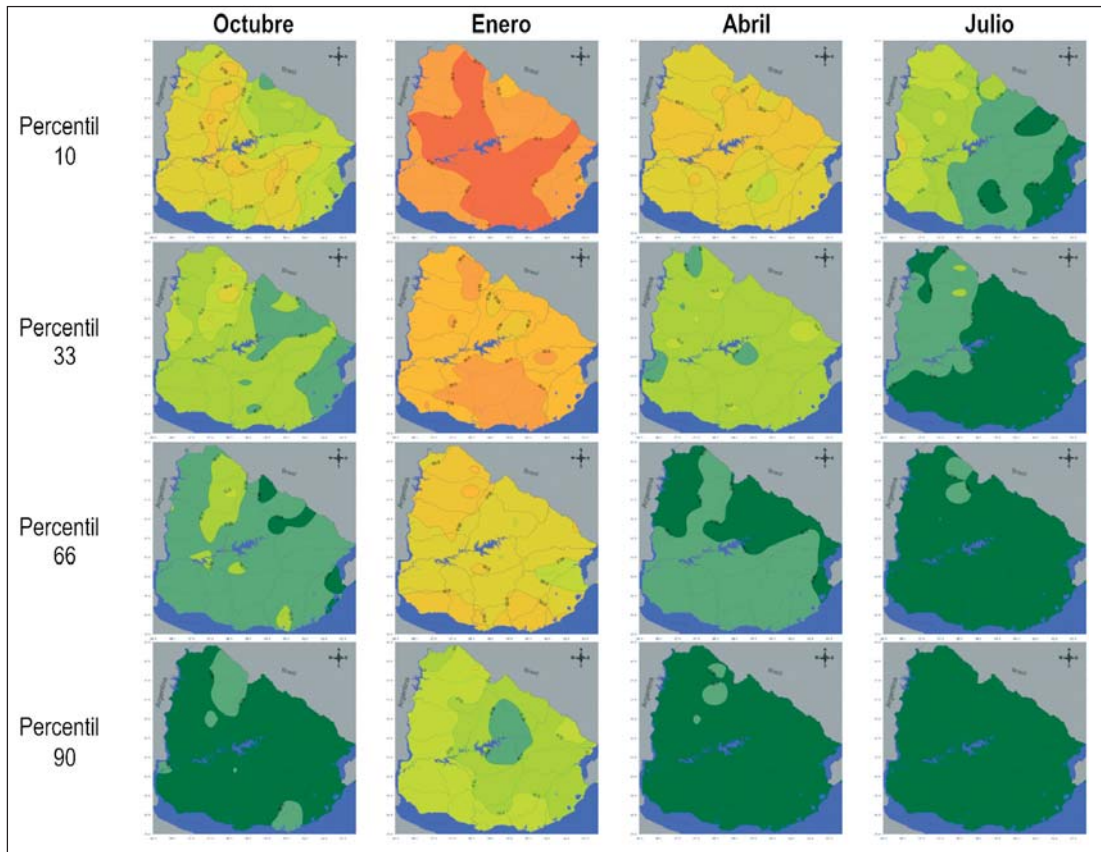


Figura 24. Percentiles del porcentaje de agua disponible en los suelos mensual en octubre, enero, abril y julio (1985 – 2009).

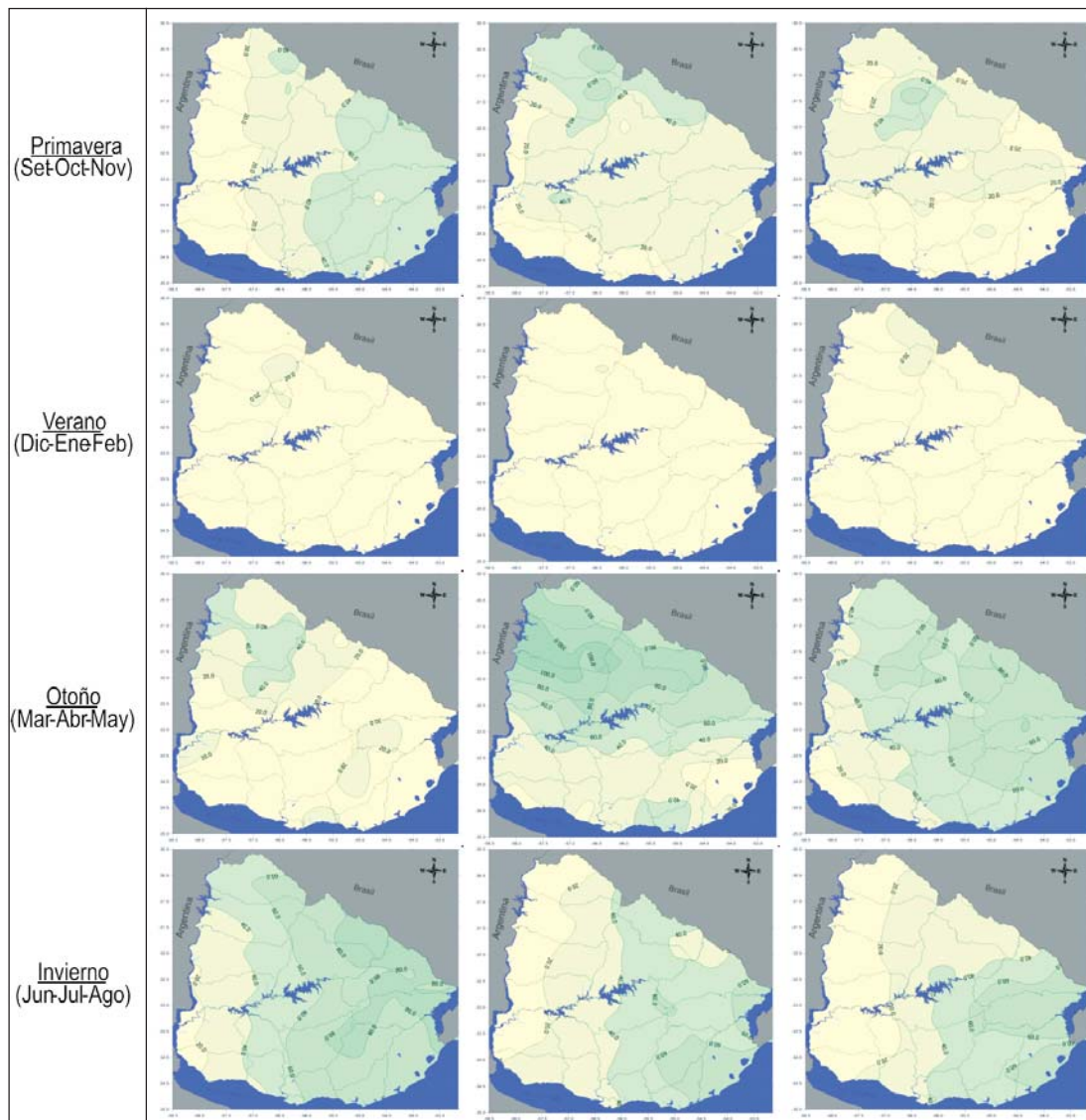


Figura 25. Agua no retenida en los suelos, acumulado mensual (mm) (mediana 1985-2009).

estas estaciones. Durante los meses de verano en cambio, se observan en promedio valores extremadamente bajos o nulos de Agua no Retenida.

Los valores de agua no retenida por los suelos presentan una gran variabilidad entre años, por estar afectados principalmente por la ocurrencia de las precipitaciones. Esta variabilidad se hace máxima durante los meses de otoño-invierno y mínima durante los meses del verano. A los efectos de ilustrar la variabilidad interanual se presenta en la figura 26 los percentiles P10, P33, P66 y

P90 de agua no retenida de los meses en que se registran los mayores valores. Al analizar la serie en su conjunto en base a la distribución en terciles, se constata que en los 8 años con los menores excesos de agua (inferiores a P33) estos fueron generalmente inferiores a 40-60 mm, mientras que en los 8 años con los mayores excesos (mayores a P66) estos fueron en general mayores a 80-100 mm. En los 2-3 años que se registraron los valores superiores de agua no retenida (P90) estos fueron en general mayores a 120-140mm.

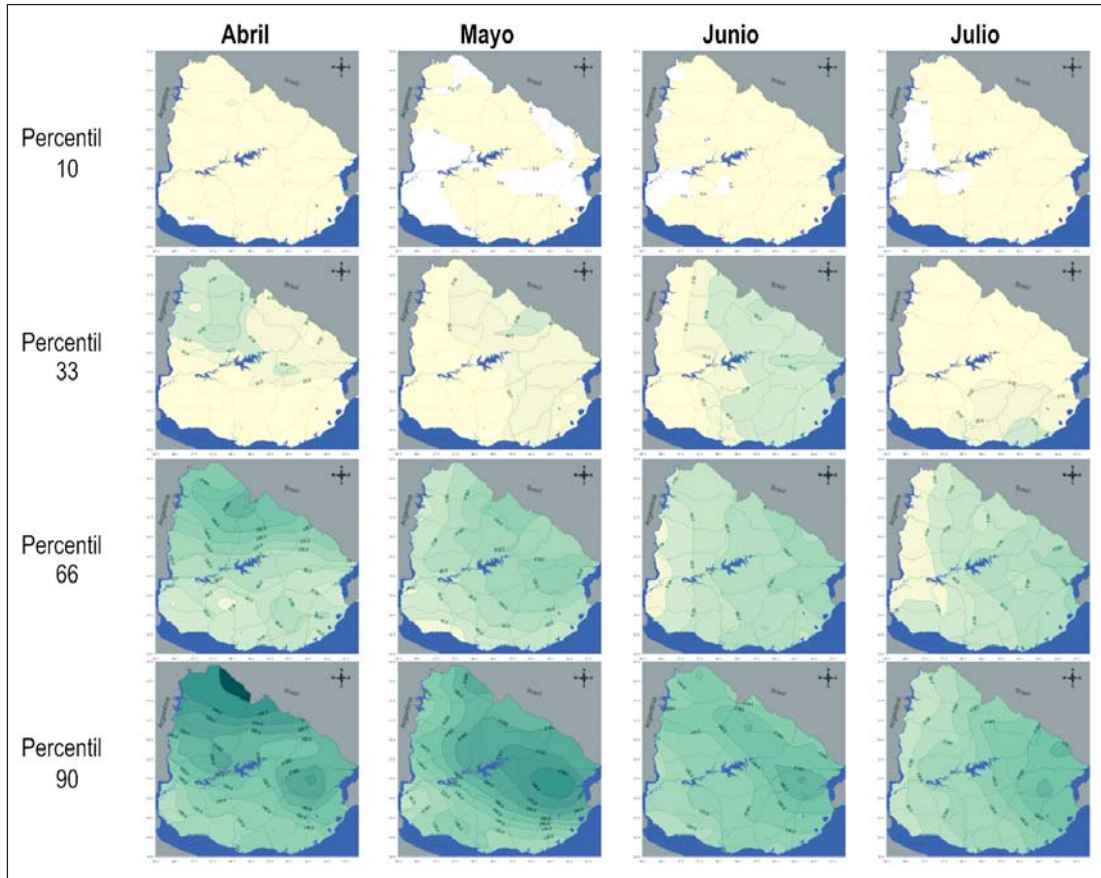


Figura 26. Percentiles de agua no retenida por los suelos mensual (mm) en abril, mayo, junio y julio (1985 – 2009).

4. BIBLIOGRAFÍA

- BURGOS, J. y CORSI, W.** 1978. Estimación del balance de agua en la República Oriental del Uruguay. In Reunión de la Comisión Asesora del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas, 4ta. Montevideo.
- CIAAB.** 1971. Clima y Agricultura. Ministerio de Ganadería y Pesca - CIAAB. Boletín de Divulgación N° 9. Colonia - Uruguay. 56p.
- CORSI, W.** 1982. Regionalización Agroclimática de Uruguay para cultivos. Ministerio de Ganadería y Pesca - CIAAB. Miscelanea 40. Colonia - Uruguay. 28p.
- GIMÉNEZ, A. y BAETHGEN, W.** 2007. SIMERPA: Sistema de Información y Monitoreo para la evaluación de Riesgos Climáticos en la Producción Agrícola de Uruguay y Paraguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie Técnica 162. Uruguay. 50p.
- GOLDEN SOFTWARE.** 2003. Surfer Versión 8. (<http://www.goldensoftware.com/>).
- INIA.** 2011. Balance hídrico para los suelos del Uruguay (BHSU). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Unidad GRAS. <http://www.inia.org.uy/online/site/14766811.php>
- MOLFINO, J.H. y CALIFRA, A.** 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay. Segunda aproximación. División Suelos y Aguas. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. MGAP. Montevideo.
- MAP.** 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay escala 1:1000000. División Suelos y Aguas. Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo.
- PROHASKA, F.** 1976. The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. En: Schwerdtfeger W (ed) Climates of Central and South America. World Survey of Climatology, Vol. 12: 13-112.
- THORNTON, C.W. y MATHER, J.R.** 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton, N.J. 311p.
- WATSON, R. T.** 2000 Land Use, Land-Use Change and Forestry. Special Report of the IPCC. Cambridge University Press. 375p.



ANEXOS

Anexo 1. Temperaturas del aire medias mensuales y anuales (°C).

	LON	LAT	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BELLA UNION	-57.75	-30.25	26.0	24.9	23.7	20.0	16.5	14.4	13.6	15.4	17.1	20.1	22.0	24.2	19.8
ARTIGAS	-56.50	-30.50	25.9	24.8	23.4	19.7	16.0	13.7	13.3	15.2	16.3	19.4	21.7	24.4	19.5
SALTO	-57.90	-31.40	26.2	25.0	23.4	19.5	15.9	13.3	12.8	14.6	16.0	19.4	21.8	24.5	19.4
RIVERA	-55.50	-30.80	24.6	23.6	22.2	18.9	15.7	12.9	12.4	14.6	15.5	18.5	20.8	23.5	18.6
TACUAREMBO	-55.99	-31.71	24.5	23.7	22.3	18.7	15.1	12.6	12.2	13.8	15.0	18.1	20.5	22.9	18.3
MELO	-54.20	-32.30	23.9	23.3	21.9	18.5	14.8	12.2	11.8	13.3	14.5	17.4	19.8	22.2	17.8
YOUNG	-57.65	-32.69	24.9	23.7	22.3	18.4	14.9	12.0	11.6	13.6	14.6	17.9	20.3	23.1	18.1
PAYSANDU	-58.00	-32.40	25.2	24.0	22.6	18.7	15.1	12.4	11.9	13.6	15.0	18.2	20.8	23.4	18.4
P. DE LOS TOROS	-56.50	-32.70	24.9	23.9	22.4	18.5	14.8	12.0	11.5	13.1	14.6	17.8	20.5	23.1	18.1
DURAZNO	-56.50	-33.33	23.8	22.9	21.3	17.7	14.1	11.3	10.8	12.7	13.6	16.8	19.2	21.9	17.2
TREINTA Y TRES	-54.40	-33.20	23.9	23.2	21.8	18.4	14.6	12.1	11.7	13.2	14.4	17.4	19.7	22.1	17.7
MERCEDES	-58.00	-33.20	24.7	23.4	21.8	17.9	14.2	11.5	11.0	12.7	14.2	17.4	20.2	23.0	17.7
FLORIDA	-56.19	-34.09	23.0	22.2	21.1	16.9	13.4	11.2	10.4	12.1	13.1	16.5	18.8	21.1	16.7
COLONIA	-57.90	-34.50	23.8	22.9	21.5	18.2	14.9	11.8	11.1	12.7	14.1	17.1	19.6	22.2	17.5
LA ESTANZUELA	-57.69	-34.34	23.3	22.4	21.0	17.3	14.0	10.9	10.3	12.0	13.3	16.2	18.8	21.7	16.8
LAS BRUJAS	-56.34	-34.67	23.1	22.4	21.0	17.2	13.8	11.1	10.4	12.1	13.2	16.3	19.0	21.3	16.8
ROCHA	-54.30	-34.50	22.5	22.1	21.2	18.0	14.5	12.1	11.2	12.2	13.1	15.8	18.2	20.5	16.8
CARRASCO	-56.30	-34.80	22.6	22.2	20.8	17.6	14.0	11.4	10.6	11.7	13.2	16.0	18.2	20.6	16.6
PRADO	-56.21	-34.86	23.2	22.7	21.3	17.9	14.5	11.7	11.1	12.4	13.7	16.6	19.0	21.5	17.1

Anexo 2. Temperaturas del aire máximas medias mensuales y anuales (°C)

	LON	LAT	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BELLA UNION	-57.75	-30.25	32.0	30.5	29.0	25.0	21.5	19.0	18.6	21.2	22.7	25.5	27.9	29.7	25.2
ARTIGAS	-56.50	-30.50	32.3	30.6	29.1	25.0	21.3	18.6	18.4	20.9	21.9	25.2	27.9	30.9	25.2
SALTO	-57.90	-31.40	32.8	31.0	29.3	24.9	21.1	18.2	18.1	20.5	22.0	25.3	28.2	31.1	25.2
RIVERA	-55.50	-30.80	30.5	28.7	27.3	23.7	20.5	16.9	16.6	19.9	20.6	23.8	26.5	29.6	23.7
TACUAREMBO	-55.99	-31.71	30.3	29.1	27.6	23.7	19.9	17.1	17.0	19.1	20.1	23.4	26.1	28.7	23.5
MELO	-54.20	-32.30	30.2	29.2	27.8	24.1	20.2	17.2	16.8	18.7	20.0	23.1	25.8	28.6	23.5
YOUNG	-57.65	-32.69	30.9	29.3	27.8	23.3	19.7	16.6	16.2	19.0	20.0	23.4	26.0	29.1	23.4
PAYSANDU	-58.00	-32.40	32.0	30.1	28.5	24.1	20.2	17.1	17.0	19.2	20.7	24.1	27.0	30.0	24.2
P. DE LOS TOROS	-56.50	-32.70	31.1	29.5	27.8	23.6	19.7	16.6	16.2	18.4	19.9	23.3	26.3	29.3	23.5
DURAZNO	-56.50	-33.33	30.6	29.3	27.5	23.3	19.5	16.2	15.7	18.5	19.5	22.7	25.4	28.6	23.1
TREINTA Y TRES	-54.40	-33.20	30.2	29.1	27.6	24.0	20.0	17.0	16.7	18.6	19.8	23.0	25.7	28.5	23.4
MERCEDES	-58.00	-33.20	31.3	29.5	27.8	23.6	19.9	16.6	16.5	18.6	20.3	23.5	26.6	29.6	23.6
FLORIDA	-56.19	-34.09	29.5	28.3	26.9	22.3	18.8	15.9	15.2	17.7	18.7	22.3	25.2	27.6	22.4
COLONIA	-57.90	-34.50	28.6	27.1	25.7	22.0	18.4	14.9	14.4	16.6	18.2	21.4	24.1	27.0	21.5
LA ESTANZUELA	-57.69	-34.34	28.9	27.6	26.1	22.0	18.6	14.9	14.5	16.8	18.2	21.1	24.0	27.4	21.7
LAS BRUJAS	-56.34	-34.67	29.3	28.0	26.5	22.1	18.7	15.7	15.0	17.5	18.5	22.1	25.1	27.4	22.2
ROCHA	-54.30	-34.50	28.0	27.1	25.9	22.4	19.0	16.1	15.4	16.9	17.8	20.8	23.3	26.1	21.5
CARRASCO	-56.30	-34.80	27.3	26.5	25.1	21.7	17.9	15.2	14.5	15.7	17.3	20.2	22.5	25.0	20.7
PRADO	-56.21	-34.86	27.7	26.8	25.3	21.7	18.2	15.2	14.5	16.3	17.5	20.8	23.3	26.0	21.1

Anexo 3. Temperaturas del aire mínimas medias mensuales y anuales (°C)

	LON	LAT	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BELLA UNION	-57.75	-30.25	20.1	19.4	18.3	14.9	11.6	9.8	8.7	9.6	11.4	14.8	16.2	18.7	14.5
ARTIGAS	-56.50	-30.50	19.5	19.0	17.7	14.4	10.7	8.8	8.2	9.4	10.6	13.7	15.5	17.8	13.8
SALTO	-57.90	-31.40	19.7	18.9	17.4	14.0	10.6	8.4	7.6	8.7	10.0	13.4	15.5	17.9	13.5
RIVERA	-55.50	-30.80	18.7	18.4	17.2	14.1	10.8	8.8	8.1	9.3	10.3	13.2	15.1	17.3	13.5
TACUAREMBO	-55.99	-31.71	18.7	18.4	17.1	13.8	10.4	8.1	7.4	8.6	9.8	12.8	14.9	17.2	13.1
MELO	-54.20	-32.30	17.7	17.5	16.0	12.9	9.4	7.2	6.7	7.9	9.0	11.8	13.8	15.8	12.1
YOUNG	-57.65	-32.69	18.8	18.2	16.9	13.5	10.0	7.5	7.0	8.1	9.2	12.4	14.6	17.0	12.8
PAYSANDU	-58.00	-32.40	18.4	17.8	16.6	13.4	10.1	7.6	6.9	8.1	9.3	12.3	14.5	16.8	12.6
P. DE LOS TOROS	-56.50	-32.70	18.7	18.3	16.9	13.5	10.0	7.4	6.7	7.9	9.3	12.3	14.6	17.0	12.7
DURAZNO	-56.50	-33.33	16.9	16.6	15.2	12.1	8.6	6.4	6.0	6.8	7.8	10.9	13.0	15.2	11.3
TREINTA Y TRES	-54.40	-33.20	17.6	17.4	16.1	12.8	9.3	7.2	6.7	7.8	8.9	11.7	13.7	15.7	12.1
MERCEDES	-58.00	-33.20	18.0	17.4	15.9	12.2	8.6	6.4	5.5	6.7	8.2	11.3	13.9	16.3	11.7
FLORIDA	-56.19	-34.09	16.4	16.1	15.2	11.4	8.1	6.5	5.7	6.5	7.6	10.8	12.5	14.7	11.0
COLONIA	-57.90	-34.50	19.0	18.6	17.4	14.3	11.4	8.7	7.8	8.9	10.1	12.9	15.1	17.4	13.5
LA ESTANZUELA	-57.69	-34.34	17.7	17.3	16.0	12.6	9.4	6.9	6.1	7.2	8.4	11.3	13.6	16.1	11.9
LAS BRUJAS	-56.34	-34.67	17.0	16.9	15.6	12.3	9.0	6.5	5.7	6.7	8.0	10.5	13.0	15.1	11.4
ROCHA	-54.30	-34.50	17.0	17.1	16.5	13.7	10.0	8.2	7.0	7.5	8.5	10.8	13.0	15.0	12.0
CARRASCO	-56.30	-34.80	17.9	17.9	16.6	13.5	10.2	7.5	6.7	7.8	9.0	11.7	13.9	16.2	12.4
PRADO	-56.21	-34.86	18.8	18.7	17.3	14.1	10.9	8.3	7.6	8.5	9.9	12.5	14.7	17.0	13.2

Anexo 4. Precipitaciones acumuladas medias mensuales y anuales (mm).

	LAT	LON	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BELLA UNION	-30.20	-57.58	141.4	144.4	145.9	175.6	109.1	90.1	55.3	55.4	96.9	151.0	150.9	132.8	1448.8
B. RIVERA	-30.30	-56.95	151.0	144.6	161.8	191.5	128.5	95.1	75.2	63.5	109.9	156.4	152.7	127.8	1557.9
ARTIGAS	-30.39	-56.51	130.9	155.2	145.0	173.1	130.4	97.8	77.2	71.3	113.2	142.7	153.7	126.3	1516.7
RICARDIÑO	-30.65	-56.17	154.7	157.3	141.4	198.4	135.6	107.6	96.4	78.3	118.7	166.3	142.6	135.2	1632.5
B. BRUM	-30.73	-57.32	150.3	122.7	146.9	178.2	115.1	96.3	52.4	55.5	90.2	146.1	155.1	131.0	1439.7
RIVERA	-30.89	-55.54	136.4	160.4	133.1	181.9	148.3	110.7	91.2	87.0	130.9	149.4	150.4	125.2	1605.0
C. LAVALLEJA	-31.10	-57.03	118.8	137.9	145.8	170.6	111.3	104.5	64.1	65.0	92.3	145.4	127.3	128.0	1410.9
TRANQUERAS	-31.20	-55.75	124.8	135.7	134.5	177.0	148.6	105.7	90.2	79.5	119.8	147.9	138.2	127.1	1529.0
P. ATAQUES	-31.23	-55.35	114.7	128.9	133.4	171.4	140.9	105.1	85.3	83.6	120.1	139.5	134.1	105.4	1462.5
VALENTIN	-31.30	-57.37	122.7	123.9	138.9	171.1	111.1	99.8	57.0	62.7	84.5	131.6	131.4	111.8	1346.5
SALTO	-31.38	-57.97	118.2	129.6	157.7	162.2	95.8	76.0	53.1	58.7	86.6	134.2	141.8	125.3	1339.2
LAURELES	-31.38	-57.97	124.2	127.7	162.9	159.9	103.6	84.3	67.8	67.0	92.8	140.5	128.6	110.5	1369.7
TACUAREMBO	-31.73	-55.98	117.6	137.8	144.7	159.3	126.8	104.1	75.2	79.0	107.1	133.5	120.2	121.4	1426.6
V. EDEN	-31.85	-56.15	123.0	124.5	137.6	169.9	115.5	100.4	57.7	63.6	89.8	133.3	129.3	111.9	1356.5
VICHADERO	-31.82	-54.72	110.1	127.9	127.1	171.4	146.9	125.2	111.5	96.9	119.2	131.8	130.1	107.6	1505.7
Q. CHICO	-32.04	-56.55	95.5	114.1	124.2	152.6	121.3	90.1	80.4	70.6	87.0	90.8	123.9	108.8	1259.2
PAYSANDU	-32.17	-58.08	106.1	125.5	137.8	158.8	102.0	68.3	56.1	55.3	71.5	121.3	123.1	112.9	1238.6
GICHON	-32.37	-57.20	129.7	111.0	131.0	145.8	115.5	79.2	75.4	67.4	84.5	107.6	125.9	119.8	1292.8
MELO	-32.37	-54.19	106.1	126.9	112.6	137.6	136.7	117.0	107.9	105.2	117.1	122.9	121.8	99.6	1411.3
ACHAR	-32.43	-56.18	103.4	137.2	111.4	151.3	139.8	99.8	86.6	86.4	101.8	113.8	111.7	111.8	1355.1
P. DE LA CRUZ	-32.59	-57.37	119.7	112.5	133.6	136.4	102.7	71.0	64.8	71.2	79.2	115.1	109.9	105.5	1221.7
RIO BRANCO	-32.60	-53.38	91.8	125.7	96.4	123.1	122.2	115.7	102.7	95.2	110.1	100.9	105.3	83.5	1272.6
YOUNG	-32.71	-57.62	128.1	125.3	132.3	144.4	107.7	77.4	75.3	60.6	76.2	120.9	123.1	117.5	1288.8
LA PALOMA	-32.44	-55.35	89.8	119.2	104.6	125.8	143.6	117.5	91.9	90.2	100.0	116.4	107.5	119.7	1326.3
C. CARMEN	-32.73	-55.03	107.8	129.8	120.8	164.8	150.4	127.6	117.5	103.4	107.4	113.3	125.7	107.8	1476.4
P. TOROS	-32.81	-56.52	108.1	127.5	114.7	156.3	119.4	99.3	88.4	77.3	95.7	117.7	111.6	105.9	1321.7

Continuación

Anexo 4. Precipitaciones acumuladas medias mensuales y anuales (mm).

DIONISIO	-32.88	-54.27	96.6	124.1	102.7	149.9	131.0	120.6	109.6	100.8	115.8	104.4	113.0	96.0	1364.4
C. CHATO	-33.12	-55.13	97.0	115.3	105.3	136.6	136.1	119.9	110.7	104.3	100.3	120.2	109.0	101.8	1356.4
MERCEDES	-33.25	-58.07	106.9	127.6	141.4	114.9	79.6	68.6	60.7	63.4	74.6	120.5	113.2	117.3	1188.7
MARINCHO	-33.25	-57.13	105.3	117.0	124.6	108.7	120.5	92.3	73.7	71.7	84.3	137.1	120.4	102.0	1257.8
T Y TRES	-33.22	-54.39	104.3	132.1	109.6	132.7	133.2	131.8	118.9	112.9	106.1	109.2	110.6	107.6	1408.9
DURAZNO	-33.35	-56.50	86.6	94.4	94.8	96.9	111.2	103.9	103.1	88.6	92.4	96.4	99.0	91.6	1159.0
TRINIDAD	-33.50	-57.00	107.9	116.9	122.6	105.3	105.4	86.0	74.9	79.0	90.5	135.1	117.0	104.5	1245.0
PALMITAS	-33.52	-57.80	117.6	132.6	141.9	107.3	93.7	68.4	61.3	72.3	77.3	126.4	117.4	115.7	1232.1
C. NIETO	-33.70	-58.08	110.6	121.2	138.7	111.5	85.9	67.1	62.1	64.9	76.5	128.5	120.8	111.1	1198.9
LASCANO	-33.68	-54.22	91.5	128.7	112.7	113.2	118.1	114.5	97.7	105.4	94.0	97.0	97.4	80.2	1250.2
CHUY	-33.70	-53.45	80.2	125.2	104.4	98.1	108.6	104.3	115.0	112.1	90.8	91.3	97.8	70.0	1198.0
PIRARAJA	-33.45	-54.42	98.5	121.6	119.5	129.9	113.6	117.5	105.9	111.4	98.7	113.6	109.9	86.3	1326.4
PINTOS	-33.90	-56.83	98.4	105.9	138.6	106.7	104.9	89.8	74.3	72.2	78.9	117.9	111.5	88.7	1187.7
C. COLORADO	-33.88	-55.53	91.2	114.8	123.2	114.0	111.2	110.4	96.7	96.6	103.3	123.0	101.5	90.4	1276.0
LOS INDIOS	-33.90	-53.72	78.0	107.2	112.3	93.2	92.7	92.8	94.9	92.4	75.2	85.4	86.2	47.4	1057.8
FLORIDA	-34.05	-56.11	94.8	100.0	123.4	110.5	99.4	96.8	83.9	91.2	96.6	121.4	94.2	86.3	1198.3
VELAZQUEZ	-34.03	-54.29	84.3	103.1	121.8	112.0	104.8	104.2	102.6	103.6	92.9	101.4	97.7	67.3	1195.7
CONCHILLAS	-34.22	-57.12	96.7	106.5	131.2	100.3	84.9	61.0	62.0	70.5	71.6	110.0	107.8	96.2	1098.7
MAL ABRIGO	-34.13	-56.91	107.1	104.5	126.9	111.2	110.2	79.5	80.4	85.8	96.3	123.1	107.0	91.0	1222.9
AIGUA	-34.23	-54.77	98.6	104.9	106.2	128.9	88.0	103.2	108.2	97.9	83.8	104.5	95.6	74.9	1194.7
MINAS	-34.38	-55.23	92.4	103.7	106.7	100.5	116.9	107.6	103.9	91.6	82.6	115.1	95.4	85.7	1202.1
COLONIA	-34.45	-57.84	101.3	102.2	134.0	110.6	89.5	67.9	65.3	76.7	72.8	111.6	112.6	100.8	1145.4
ROCHA	-34.49	-54.31	96.9	115.0	126.8	122.1	111.3	115.8	103.6	110.2	89.6	112.2	91.0	75.7	1270.2
LIBERTAD	-34.68	-56.53	92.4	95.0	132.6	105.6	84.5	83.3	72.6	75.7	83.5	109.3	105.6	78.0	1118.0
MATAJOJO	-34.60	-55.10	80.2	99.6	107.4	102.6	102.1	99.9	96.0	95.7	88.2	106.2	99.6	71.4	1149.1
P. DE AZUCAR	-34.80	-55.22	89.5	98.2	106.7	119.3	108.8	107.5	104.3	93.3	85.7	109.7	106.7	73.1	1202.6
CARRASCO	-34.83	-56.01	91.4	85.3	130.6	112.9	94.9	99.5	81.1	86.5	87.9	116.5	104.8	79.0	1170.5

Anexo 5. Humedad relativa del aire medias mensuales y anuales (%).

	LAT	LON	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Anual
BELLA UNION	-30.20	-57.58	65	69	72	76	77	79	76	71	69	68	66	64	71
ARTIGAS	-30.39	-56.51	61	68	70	74	77	79	75	70	69	69	65	61	70
RIVERA	-30.89	-55.54	65	69	72	76	78	79	77	72	72	71	68	64	72
SALTO	-31.27	-57.88	62	67	70	75	78	80	76	72	69	69	65	62	71
TACUAREMBO	-31.70	-55.82	66	70	72	74	77	79	76	73	72	71	68	66	72
PAYSANDU	-32.39	-58.05	62	67	70	75	77	78	74	72	71	70	67	63	71
MELO	-32.37	-54.19	69	72	74	76	79	81	79	77	75	74	71	69	75
YOUNG	-32.71	-57.62	62	68	71	75	78	80	78	74	71	71	66	62	71
P. TOROS	-32.81	-56.52	63	68	71	75	79	81	79	76	73	71	67	63	72
MERCEDES	-33.25	-58.07	64	69	72	76	78	80	77	74	72	72	68	63	72
T. Y TRES	-33.23	-54.25	70	74	76	79	81	83	81	79	77	75	72	70	76
DURAZNO	-33.35	-56.50	65	69	72	76	79	81	79	76	74	72	69	66	73
FLORIDA	-56.19	-34.09	64	68	74	77	79	81	79	77	75	74	69	67	74
COLONIA	-34.45	-57.84	66	70	73	74	75	77	76	73	71	71	68	66	72
ROCHA	-34.49	-54.31	73	75	78	80	82	82	81	79	79	78	75	72	78
MELILLA	-34.78	-56.26	66	70	73	75	78	79	78	75	73	71	69	66	73
CARRASCO	-34.83	-56.01	68	71	74	75	78	79	78	75	74	72	70	68	73
PRADO	-34.87	-56.20	70	73	76	77	79	81	80	78	76	74	72	70	76

Anexo 6. Heliofanía real medias mensuales y anuales (h/día).

	LAT	LON	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Anual
BELLA UNION	-30.20	-57.58	9.6	8.7	7.9	6.2	6.1	5.4	5.7	6.2	6.8	7.8	8.9	9.7	7.4
ARTIGAS	-30.39	-56.51	9.0	8.1	7.6	6.1	5.8	4.8	5.5	6.3	6.5	7.3	8.5	9.0	7.0
RIVERA	-30.89	-55.54	8.6	7.7	7.2	5.9	5.4	4.5	5.1	5.7	6.1	7.0	8.2	8.6	6.7
SALTO	-31.27	-57.88	10.1	9.3	8.6	7.1	6.4	5.1	5.9	6.6	7.1	8.2	9.4	9.8	7.8
TACUAREMBO	-31.70	-55.82	9.1	8.1	7.3	6.0	5.7	4.7	5.3	5.9	6.3	7.1	8.4	8.8	6.9
MELO	-32.37	-54.19	8.7	7.9	7.2	6.3	5.7	4.6	5.0	5.7	6.1	7.1	8.1	8.9	6.8
PAYSANDU	-32.39	-58.05	9.2	8.0	7.5	6.6	6.0	5.1	5.6	6.2	6.7	7.4	8.5	9.0	7.2
YOUNG	-32.71	-57.62	9.2	8.1	7.3	6.1	5.8	4.7	5.2	6.0	6.6	7.3	8.5	9.0	7.0
P. DE LOS TOROS	-32.81	-56.52	9.3	8.1	7.4	6.2	5.5	4.5	5.0	5.8	6.4	7.1	8.5	9.2	6.9
TREINTA Y TRES	-33.23	-54.25	8.6	7.6	7.1	6.1	5.5	4.4	4.7	5.3	5.8	6.8	8.0	8.5	6.5
MERCEDES	-33.25	-58.07	9.3	8.2	7.6	6.0	5.5	4.5	5.1	5.9	6.7	7.4	8.6	8.8	7.0
DURAZNO	-33.35	-56.50	9.2	8.1	7.5	6.2	5.4	4.6	5.0	5.8	6.3	7.3	8.4	9.1	6.9
TRINIDAD	-33.50	-57.00	8.9	7.9	7.0	5.9	5.4	4.1	4.8	5.7	6.3	7.2	8.2	8.6	6.7
LA ESTANZUELA	-34.33	-57.68	9.6	8.8	7.8	6.5	5.8	4.7	5.2	6.1	6.8	7.5	8.6	9.3	7.2
COLONIA	-34.45	-57.84	9.3	8.4	7.6	6.0	5.4	4.4	4.9	5.8	6.6	7.2	8.0	8.8	6.8
ROCHA	-34.49	-54.31	8.8	7.8	7.1	6.1	5.4	4.5	4.7	5.4	6.0	6.6	7.8	8.3	6.5
LAS BRUJAS	-34.67	-56.33	10.1	8.8	7.8	6.4	5.8	4.7	4.9	5.9	6.5	7.6	9.0	9.9	7.3
CARRASCO	-34.83	-56.01	9.0	8.0	7.1	5.9	5.2	4.3	4.6	5.4	6.1	7.0	8.0	8.6	6.6
PRADO	-34.87	-56.20	9.5	8.3	7.1	5.4	5.2	4.2	4.6	5.3	6.0	7.3	8.3	9.1	6.7

Anexo 7. Ocurrencia de heladas agrometeorológicas medias mensuales (días y décimas de ocurrencia).

	LAT	LON	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Artigas	-30.39	-56.51	2.0	6.0	7.0	3.5	1.0	0.0
Rivera	-30.89	-55.54	1.0	4.0	7.0	3.0	1.0	0.0
Tacuarembó	-31.73	-55.98	6.5	10.5	11.0	8.0	5.0	1.0
Salto	-31.39	-57.96	2.0	6.0	7.5	6.0	2.0	0.0
Paysandú	-32.17	-58.19	1.5	6.5	9.0	4.5	2.0	0.0
Melo	-32.37	-54.19	6.0	10.0	10.0	6.0	4.5	1.0
Mercedes	-33.25	-58.07	5.0	11.0	12.0	9.5	5.0	1.0
Treinta y Tres	-33.22	-54.39	3.0	8.0	8.5	5.5	3.0	1.0
Durazno	-33.35	-56.50	5.5	10.0	12.0	9.0	5.0	1.0
Rocha	-34.49	-54.31	3.0	8.0	8.0	7.0	5.0	2.0
Carrasco	-34.83	-56.01	1.0	5.0	7.0	4.5	2.0	0.0
La Estanzuela	-34.33	-57.68	1.0	6.0	9.0	5.0	2.0	0.0

