



Estudios del CURI

*Carlos Ma. Serrentino,
Carlos Ma. Prigioni y Juan Carlos Flores*

**SEÑAL CLIMÁTICA EN LA
CUENCA BINACIONAL DE LA LAGUNA MERIN:
*Incremento pluviométrico intertreintenos genera
posible estrés biótico***

*Consejo Uruguayo
para las Relaciones Internacionales*

10 de mayo de 2014

Estudio N° 02/14

El CURI mantiene una posición neutral e independiente respecto de las opiniones personales de sus Consejeros. El contenido y las opiniones de los “Estudios del CURI” y “Análisis del CURI” constituyen la opinión personal de sus autores.

**SEÑAL CLIMÁTICA EN LA
CUENCA BINACIONAL DE LA LAGUNA MERIN:
*Incremento pluviométrico intertreintenos genera
posible estrés biótico***



**Carlos Ma. Serrentino, Carlos Ma. Prigioni
y Juan C. Flores (i)**

(i) Equipo de Investigadores: **Lic. Carlos Ma. Serrentino**, Coordinador General del Observatorio Social y Ambiental de la Laguna Merin (OSACBLM, Brasil-Uruguay); Maestrando en Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional de Cuyo; Miembro del Comité de Infraestructura del Consejo Uruguayo para las Relaciones Internacionales; Miembro del Directorio de Water Assessment & Advisory Global Network (WASA-GN) y Director Responsable del presente Estudio: carlos.serrentino@adinet.com.uy; **Biól. Carlos Ma. Prigioni**, Investigador Asociado del Museo Nacional de Historia Natural y Antropología, Montevideo, Uruguay; Director de Medio Ambiente de la Intendencia Municipal de Treinta y Tres (Uruguay) y Miembro del OSA-CBLM: cprigioni3@yahoo.com.ar; y **Juan Carlos Flores**, T.U. en Geoinformática (Universidad Nacional de San Luis, Argentina); Especialista en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección y Maestrando en Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional de Cuyo: juancarlosflores19@gmail.com.

Composición de portada:

Diseño: Carlos María Serrentino; Foto Lago Merin: Jussara Pereira (2014); Foto Ranita Scinax Uruguayus: Alejandro Sosa (2014).

Cita del presente Estudio:

Estudio del CURI 2/2014, Serrentino, Carlos Ma.; Prigioni, Carlos Ma.; Flores, Juan Carlos: “Señal climática en la Cuenca Binacional de la Laguna Merin: Incremento pluviométrico intertreintenos genera posible estrés biótico”. Consejo Uruguayo para las Relaciones Internacionales, Montevideo, Uruguay. 2014.

© Advertencia: Los autores autorizan la reproducción sin alteraciones del material contenido en este artículo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y citando debidamente la fuente del presente Estudio.

INDICE

Resumen.	3
Introducción General.	3
A. Unidad de análisis territorial y PNC.	4
A.1. La cuenca como unidad de análisis territorial.	4
A.2. Utilización de períodos normales climatológicos (PNC).	4
A.3. Mapas Isoyéticos seleccionados.	6
B. Mapa Diferencia Isoyético (MID).	7
B.1. Elaboración del MID.	7
B.2. Descripción del MID (1961-1990 versus 1931-1960).	7
B.3. Estructura del MDI.	9
B.4. Evolución temporal de la tendencia.	9
B.5. Estadísticos de la serie de precipitación en la EMTyT.	11
B.5.1. Distribución Gaussiana de los datos pluviométricos.	11
B.5.2. Medias Móviles (EMTyT, Uruguay).	12
B.5.3. Estandarización respecto del índice UE75.	13
B.5.4. Interconexiones en la Cuenca Binacional.	16
B.5.5. Conexiones con el entorno exterior a la Cuenca Merin.	18
B.5.6. Influencia de la continentalidad en diferentes EM.	20
B.6. IPCC, tendencia de las precipitaciones globales.	22
C. Conclusiones. Resumen final.	23
C.1. Utilización del término “señal climática”.	23
C.2. Propuesta de reformulación de la definición de clima.	24
C.3. Incremento sostenido en la precipitación de la CBLM.	24
C.4. IPCC, conexiones globales entre clima y biota.	25
C.5. Señal climática y modificación de ecosistemas en la CBLM.	28
C.5.1. Tamandua tetradactyla.	29
C.5.2. Scinax uruguayus.	30
C.5.3. Crotalus durissus terrificus.	31
C.5.4. Cabassous tatouay.	32
C.5.5. Caiman latirostris.	33
C.6. Consideraciones bióticas anexas para la CBLM.	34
C.6.1. Mamíferos.	34
C.6.2. Reptiles.	35
C.6.3. Anfibios.	35
7. Bibliografía.	37

Señal climática en la Cuenca Binacional de la Laguna Merin: Incremento pluviométrico intertreintenios genera posible estrés biótico.

Serrentino, Carlos Ma.; Prigioni Carlos Ma. y Flores, Juan Carlos

Resumen

El presente trabajo, procura contribuir con las actividades recomendadas a las Partes en el marco del Decenio Internacional de las Naciones Unidas “El agua es vida, 2005-2015”. Exhibe esencialmente dos ejes de investigación: i) Efectuar un análisis estructural comparativo entre dos treintenios consecutivos del siglo XX, de los períodos normales climatológicos estándares 1931-1960 y 1961-1990; y ii) Relacionar sus posibles inconsistencias estadístico-climáticas con el registro de sucesos bióticos debidamente registrados, valorando la posible existencia de mudanzas de especies típicas de la biodiversidad de la Cuenca Binacional de la Laguna Merin (CBLM) (Brasil-Uruguay).

Para ello dentro de la referida Cuenca, se examinará particularmente la estadística pluviométrica de la Estación Meteorológica de Treinta y Tres y como referencia regional, similares datos de las series de las Estaciones Meteorológicas de Rocha (Uruguay) y de Pelotas-RS (Rio Grande do Sul, Brasil).

Del resultado de la pesquisa efectuada, se concluye que se torna imperioso:

a) Tender hacia una nueva definición del clima asumida por las Partes, en momentos que su examen, sus causas, efectos y conexiones con otras disciplinas se torna de vital importancia para las negociaciones dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático; b) Continuar examinando interconexiones entre los períodos normales climatológicos 1931-1960, 1961-1990 y años disponibles del período 1991-2020, así como sus conmutaciones más significativas en sus estructuras isoyéticas ya que, se ha detectado una apreciable **señal climática** en la Cuenca Binacional de la Laguna Merin; y c) Valorar que la referida señal climática, caracterizada por un incremento sostenido en la precipitación en la referida Cuenca Binacional en los últimos 25 años, podría ser considerada como un elemento estresor fitoclimatológico, causante por ende de una posible modificación de ecosistemas y por ende, generadora de mudanzas constatadas de especies típicas en materia de biodiversidad local, particularmente fauna y vegetación de la CBLM (Brasil-Uruguay).

Específicamente, se ha concluido que de la biota de la CBLM, las siguientes especies han sufrido una perceptible ampliación o retracción de su rango de distribución y un posible stress biológico con disímiles consecuencias: **Tamandua tetradactyla** (Oso hormiguero chico), **Scinax uruguayus** (Ranita uruguaya), **Crotalus durissus terrificus** (Serpiente de cascabel), **Cabassous tatouay** (Tatú de rabo molle) y **Caiman latirostris** (Yacaré de hocico ancho).

Introducción general

García Schlee (2007) sintetiza con particular calidez a la Cuenca Binacional de la Laguna Merin (Brasil-Uruguay) como “la Patria común de los Gauchos”. La misma presenta 62.250km², compartidos aproximadamente por igual entre



ambos países; destacándose en su rica historia general el esfuerzo común de mediados del siglo XX, desplegado por profesionales brasileños y uruguayos que desarrollaron por más de 10 años, con el auxilio de las Naciones Unidas, particularmente la FAO, uno de los mejores acuerdos de cuencas transfronterizas que América se ha dado, el *Tratado de Cooperación para el Aprovechamiento y Desarrollo Integrado de los Recursos Naturales de la Cuenca de la Laguna Merín*.

Figura1: Serrentino, Carlos Ma., Caso de Estudio Cuenca Binacional de la Laguna Merín. (Mapa preparado para el III Informe

WWAP/ONU), Unesco, Paris, 2009. (Fuente: TEC Asociados, Montevideo, Uruguay).

Este Acuerdo concebido por muchos “...como una verdadera Carta de conciliación entre Brasil y Uruguay, en la certeza de traducir, al mismo tiempo, los sentimientos de brasileños y uruguayos, especialmente los sentimientos de pueblos fronterizos”¹.

Ello es así, en función de que el alcance del referido Tratado, fue efectivamente de avanzada en materia de gestión integrada de cuencas.

A. Unidad de análisis territorial y PNC.

A.1. La cuenca como unidad de análisis territorial. Es una recomendación que se fortalece y se acuerda durante las deliberaciones de la Segunda Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA), celebrada en la ciudad de Dublín (Irlanda) en enero de 1992. Ello fue concertado, pocos meses antes de la Segunda Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que la hace suya asimismo en sus recomendaciones finales en junio del mismo año.

La CIAMA acordó entre sus principios rectores, particularmente en su Principio No. 1, que “*El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente: Dado que el agua es indispensable para la vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque integrado que concilie el desarrollo económico y social con la protección de los ecosistemas naturales. La gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero*”².

A.2. Utilización de períodos normales climatológicos (PNC). El desarrollo histórico del concepto de normal climatológica ha sido descrito por

¹ Garcia Schlee, Aldyr. “Lagoa Mirim, Pátria comum dos Gaúchos”. (Contribución al III WWAP 2009, Caso de Estudio Lake Merin Basin. Relator: Serrentino, Carlos Ma.). Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 2007.

² Conferencia de las Naciones Unidas sobre Agua y Desarrollo Sostenible. Principios Rectores, Dublín, Irlanda, 1992.

Guttman(1989)³ “...Durante la mayor parte del siglo siguiente el paradigma dominante fue que el clima es fundamentalmente constante para escalas de tiempo de décadas a siglos y las variaciones de este estado constante durante un periodo específico de tiempo se deben al método de muestreo. De este concepto, se deduce que las medias a largo plazo deberían converger hacia ese estado constante cuando se considera un periodo de promediación suficientemente largo”.

Tras muchos debates internacionales, a finales del siglo XIX y principios del XX se fijó un periodo 30 años como el periodo de promediación más adecuado. El concepto de normal climatológica estándar de 30 años data de 1935 cuando en la Conferencia de Varsovia, el Comité Meteorológico Internacional recomendó que se utilizara 1901 – 1930 como periodo estándar mundial para el cálculo de las normales.

En 1956, la OMM recomendó el uso del periodo de 30 años disponible más reciente, que finalizara en el año más próximo que terminara en 0 (que en aquel momento era 1921 – 1950). Esta decisión se tomó, por lo menos en parte, gracias al creciente conocimiento de las fluctuaciones climáticas a largo plazo, aunque un informe en 1967 del grupo de trabajo para la Comisión de Climatología (Jagannathan y otros, 1967) todavía considera que “...en su gran mayoría, *las fluctuaciones climáticas a gran escala están constituidas por variaciones no lineales que a largo plazo oscilan de una forma irregular en torno a un valor medio climatológico*”⁴.

Trewin⁵(2007) manifiesta que, desde hace mucho tiempo las normales climatológicas han tenido dos fines principales. En primer lugar, constituyen una referencia con la que se pueden evaluar las condiciones (en particular las condiciones actuales o recientes) y en segundo lugar se utilizan extensivamente (de forma implícita o explícita) para fines de predicción, como indicador de las condiciones que es probable que se experimenten en un determinado lugar.

Aunque los cambios en otros elementos no han tenido lugar de una forma tan evidente como para la temperatura, no se puede descartar la posibilidad de cambios seculares a largo plazo para esos elementos.

La importancia de estas tendencias seculares radica en que, en un determinado lugar, reducen la representatividad de los datos históricos como indicadores del clima actual, y probablemente del futuro. Además, la existencia de fluctuaciones climáticas que se extienden durante años (Karl, 1988), en cierta medida superiores a las que se pueden explicar mediante la variabilidad aleatoria, sugiere que, incluso sin cambio climático antropogénico a largo plazo, puede que no exista un estado estable hacia el que converja el clima, sino más bien una acumulación de fluctuaciones en múltiples escalas de tiempo.

³ Guttman, Nathaniel B., Statistical Descriptors of Climate. Bull. American Meteorological Society, 70, 602–607. National Climate Data Center, Asheville, USA.1989.

⁴ Función de las Normales Climatológicas en un clima cambiante. WCDMP-Nº. 61. OMM-TD Nº. 1377. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza, marzo de 2007.

⁵Trewin, Blair C. National Climate Centre, Australian Bureau of Meteorology.2007.

La aceptación prácticamente universal del paradigma de que, el clima sufre un cambio secular a largo plazo, todavía no ha producido ningún cambio en las directrices formales de la OMM sobre el periodo apropiado para el cálculo de las normales (incluidas las normales climatológicas estándar). La directriz general de la OMM más reciente sobre normales climatológicas (OMM, 1989), no considera la cuestión de los periodos de promediación, sino que se centra en los elementos o parámetros que se deben utilizar, en los procedimientos de cálculo y en el tratamiento de la falta de datos⁶.

A.3 Mapas Isoyéticos seleccionados. Se seleccionó la serie de datos de la Estación Meteorológica de Treinta y Tres, EMTyT (Uruguay) por su posición estratégica en el sector centro austral de la Cuenca y porque asimismo, se constituye en una de las dos capitales administrativas del Tratado Binacional conjuntamente con la ciudad de Pelotas-RS (originalmente lo fue la ciudad de Porto Alegre-RS).

En este estudio y tomando en consideración lo anterior, los primeros pasos fueron los de obtener los mapas isoyéticos normales climatológicos (MINC) de dos periodos consecutivos y examinar las factibles discrepancias entre los mismos. Se utilizaron las normales climatológicas de la precipitación, uno de los principales elementos climatológicos de superficie de la Cuenca Binacional de la Laguna Merin, para los periodos normales climatológicos (PNC) segundo y tercero del siglo XX que se deseaban contrastar.

i) El primero de los MINC, correspondió al **segundo PNC (siglo XX) 1931-1960, (2pnc_xx)** y fue elaborado en la década de los 60's por la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay (particularmente por el Prof. Juan Battione Chiarino) en el marco del Proyecto de Desarrollo Económico y Social de la Cuenca de la Laguna Merin (Brasil/Uruguay/FAO/PNUD) que, fijara las bases generales de un brillante y referencial Proyecto de desarrollo armónico a nivel de cuencas binacionales.

ii) El siguiente MNIC, correspondió al **tercer PNC (siglo XX) 1961-1990, (3pnc_xx)** (elaborado por Met. Viviana Rolan, MSc. Mario Bidegain y Lic. Carlos María Serrentino), resultó una contribución de verdadera importancia ya que a pesar del transcurso de los años, no se había vuelto a confeccionar – a nivel de toda la Cuenca- un mapa del período antes referido. Tal tarea, fue inserta en el marco de un estudio que le fuera encomendado al Lic. Carlos María Serrentino en 2013 por el *Centro del Agua para América Latina y el Caribe* del Instituto Tecnológico de Monterrey⁷.

Se destaca que ambos mapas fueron elaborados, a pesar de los años transcurridos entre ambos, con similar espíritu artesanal de los profesionales meteorólogos y climatólogos, quienes conocedores de la Cuenca y apoyándose en datos directos recabados por redes de estaciones meteorológicas de ambos países, aplicaron análogas técnicas de análisis.

⁶ Función de las Normales Climatológicas en un clima cambiante. WCDMP-Nº. 61. OMM-TD Nº. 1377. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza, 2007.

⁷ Serrentino, Carlos. Instituto Tecnológico de Monterrey, Centro del Agua para América Latina y el Caribe, Monterrey, México. 2013. Trabajo disponible en http://infoagua.centrodelagua.org/doc/171_File.pdf.

Ambos mapas isoyéticos correspondientes a dos trascendentes PNC, 1931-1960 y 1961-1990, resultaron confrontados habiéndose solucionado previamente discontinuidades cartográficas entre ambos mapas, básicamente en materia de proyección y escala, tarea a cargo del Dr. Carlos Paolino (TEC Asociados). Se verificó del mismo modo que, el intervalo de isoyetas fuera análogo en ambos mapas seleccionados (de 50mm).

Se desea destacar que, ambos mapas son comparables por lo anteriormente reseñado y asimismo tomando en consideración similares densidades de estaciones pluviométricas en ambos períodos normalizados ya referidos.

B. Mapa Diferencia Isoyético (MID).

B.1. Elaboración del MID. Toda vez, que el equipo de profesionales aseguró la debida comparabilidad entre los mapas elaborados oportunamente como fuera expresado ut supra, se procedió a generar el que fuera denominado **mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960)**, entre ambos períodos seleccionados 1961-1990 (3pnc_xx) versus 1931-1960 (2pnc_xx), que luce en la fig. 2 y se analiza en B.2.

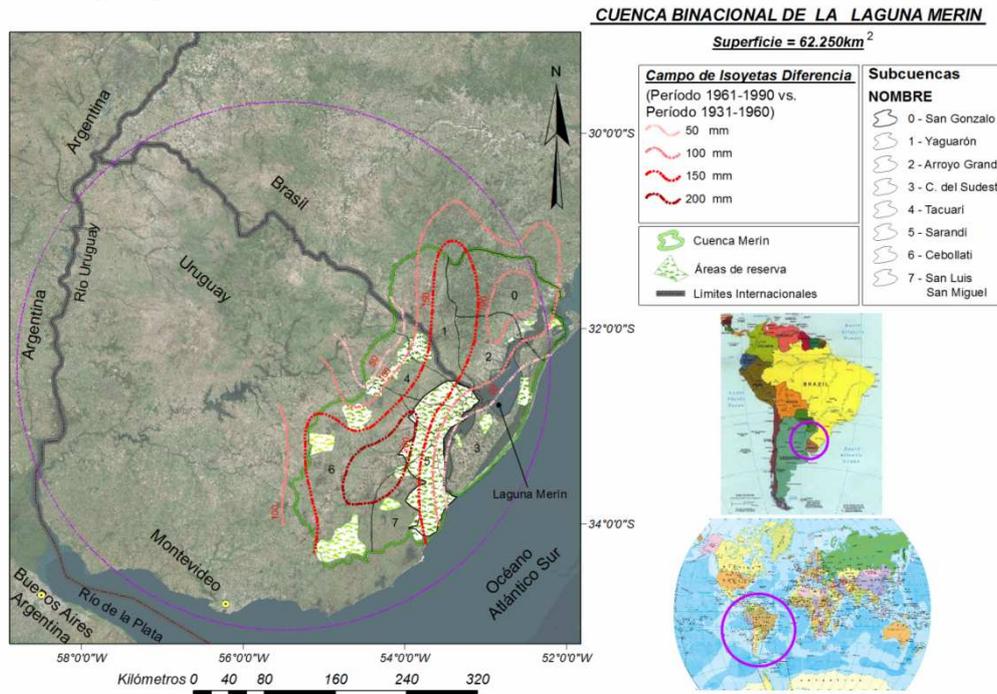


Figura 2: Descripción del Mapa Diferencia Isoyético (MDI) entre el 3pncxx y el 2pncxx. (Autor: Juan C. Flores).

B.2. Descripción del MID. Particularmente reparar en fig. 1, el posicionamiento geográfico estratégico de la EMTyT a los efectos del presente análisis en la Cuenca Binacional.

Del estudio efectuado, entre ambos campos de información isoyéticos puede inferirse manifiestamente que: i) el período 1961-1990 ha resultado, desde el punto de vista de la estructura de la climatología de la precipitación, sobre la Cuenca de la Laguna Merin, notoriamente disímil al período 1931-1960; ii) en valores totales anuales, éstos resultan comparables; iii) esencialmente han habido mudanzas en las estructuras espaciales de los campos pluviométricos referidos.

A los efectos de mejor ilustrar, en la EMTyT, se registró que **el 3pnc_xx, presenta una precipitación anual media de 1.283, 5mm visiblemente superior a la del 2pnc_xx 1931-1960 de 1.114,7 mm, generando un valor medio promedio anual diferencia de +168.8mm** y el porcentaje divergencia promedio anual - entre ambos PNC considerados- es de **+19,97%**, (ver figura 5) con incrementos de 41.6% en el período estival y de 36.4% en el período invernal.

Ello se puede complementar aún más, analizando la muy representativa serie de datos disponible del período 1931-2013, correspondiente a la EMTyT, Departamento de Treinta y Tres (Uruguay). Este período, a pesar de no ser un climatológico estándar, a nuestro entender representa el ponderar la tendencia positiva creciente de la serie pluviométrica, en su extensión inmediata posterior al 3pncxx (parte del cuarto PNC (siglos xx-xxi)).

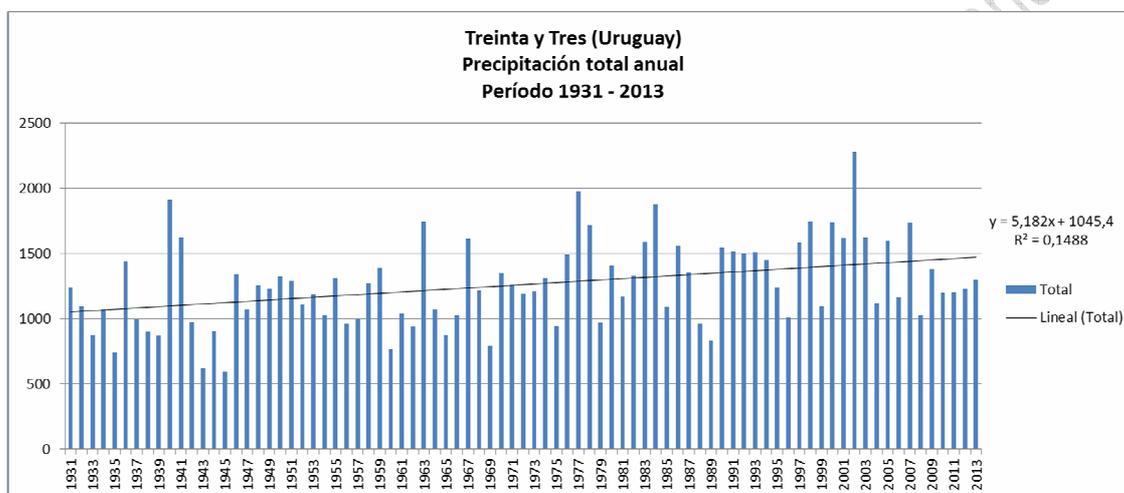


Fig. 3: Precipitación Total Anual, Treinta y Tres, Período 1931-2013.

Retomando la distribución anual de las precipitaciones climatológicas mensuales entre ambos PNC de referencia “3pncxx versus 2pncxx”, que comprende un contraste completo de 60 años consecutivos de datos, podemos concluir que éste fenómeno de incremento de las mismas, es observable asimismo claramente en su fase intra-anual, entre los meses Julio-Febrero.

Distribución del Porcentaje de Diferencia Mensual Normal (3pncxx - 2pncxx)											
(%)											
E1	F2	M3	A4	M5	J6	J7	A8	S9	O10	N11	D12
+25.4	+54.0	-10.7	-32.9	+5.7	-9.5	+63.7	+13.4	+12.9	+7.5	+64.6	+45.5

Cuadro 1: Distribución del porcentaje de diferencia mensual normal (3pncxx-2pncxx).

Mientras que en el intervalo climático Marzo-Junio -con la interesante interrupción para analizar del mes de Mayo que se constituye en un mes anómalo en este análisis puntual que se describe- se podría considerar como no invertido el referido fenómeno en esos meses, entre ambas distribuciones medias mensuales climatológicas consideradas.

B.3. Estructura del MDI. En la misma línea y habiendo considerado la cuenca como un todo, se desprende del análisis efectuado el denominado **mapa diferencia isoyético (MDI) (1961-1990 versus 1931-1960)** y **los respectivos gradientes** (ver figuras 2 y 4). Entre las principales diferencias observadas, de significativa relevancia por sus posibles consecuencias sobre las variables biológicas de la Cuenca de la Laguna Merin objeto del presente estudio, puede visualizarse lo siguiente: i) los **gradientes lineales** respectivos de ambos campos pluviométricos (1961-1990) y (1931-1960) presentan vectores espaciales de direcciones y sentidos diferentes, **N3°47'O** y **N11°58'E** respectivamente; ii) los **gradientes lineales** de ambos campos isoyéticos marcan en el mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960), una rotación de **15°45'** en sentido antihorario; iii) un avance general de las precipitaciones hacia latitudes más altas en el último período 1961-1990; iv) la **isoyeta diferencia de +150mm** encierra en el MDI (1961-1990 versus 1931-1960), el 44.2% de la superficie total de la Cuenca Binacional con un área aproximada a las 2.749.500 hectáreas ó **27.495 kilómetros cuadrados**; y, v) la isoyeta de 1350mm que se hallaba en el segundo período 1931-1960 aproximadamente en el coronamiento norte de la Cuenca, se encuentra en el tercer período normal del siglo XX, **80km** más al sur (en un eje tentativo entre la ciudad fronteriza de Aceguá y la ciudad-puerto de Rio Grande-RS en Brasil, con un núcleo interior de +200mm de valores normales anuales de diferencia entre períodos.

Tal núcleo se ubica en la componente uruguaya de la presente Cuenca Binacional bajo análisis, específicamente sobre las sub cuencas del Río Cebollatí y la de los Arroyos San Luis-San Miguel.

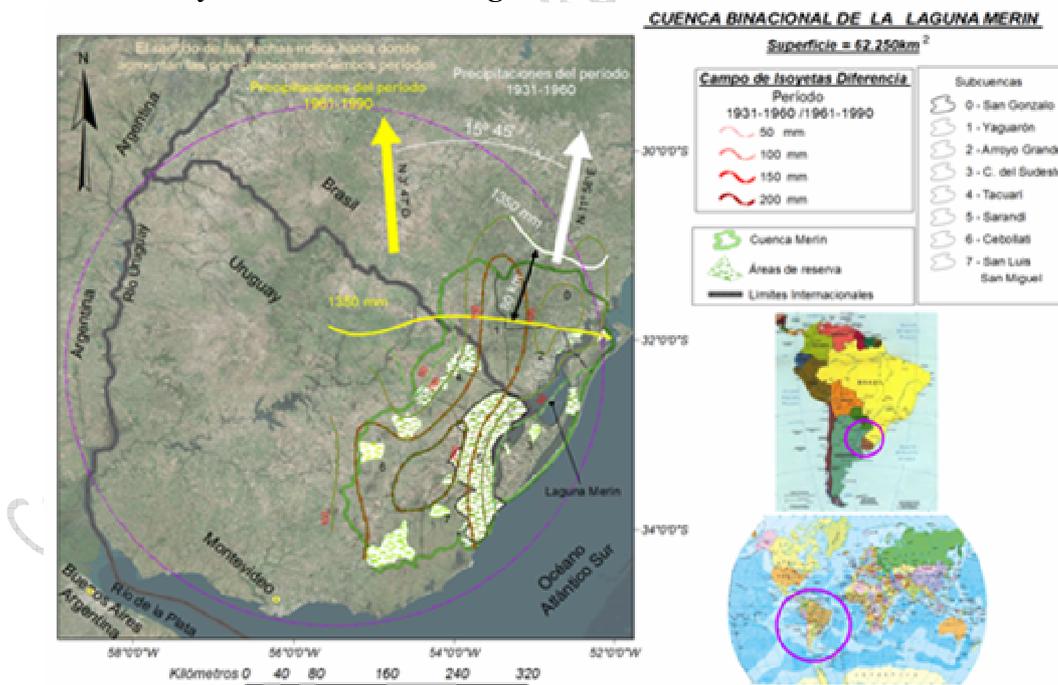


Figura 4: Mapa Diferencia Isoyético y Gradientes respectivos a cada PNC utilizado.

B.4. Evolución temporal de la tendencia. A los efectos, de comprobar la evolución temporal de la tendencia positiva hallada en la serie pluviométrica de la EMTyT, se han contrastado los períodos 1961-2012 versus 1931-1960. Ello, a pesar de que difieren los “delta temporales” de ambos períodos, se considera

válido para analizar la estabilidad de la tendencia de incremento de la precipitación en la Cuenca de la Laguna Merin.

A través de las fig.5 y 6., puede inferirse: i) la sucesión de las precipitaciones medias anuales puede ser considerada como una serie no estacionaria, con tendencia positiva creciente; ii) el porcentaje de diferencia entre los períodos considerados es de **+25,1%**; iii) los incrementos previos entre los porcentajes de diferencia, entre períodos, se incrementa un 26%; iv) el incremento estival es de 46%; v) el incremento invernal es de 22.7%; y vi) se ha venido produciendo una inversión en el mes de junio climatológico de -9.5% (3pncxx-2pncxx) a +2.4% en esta comparación.

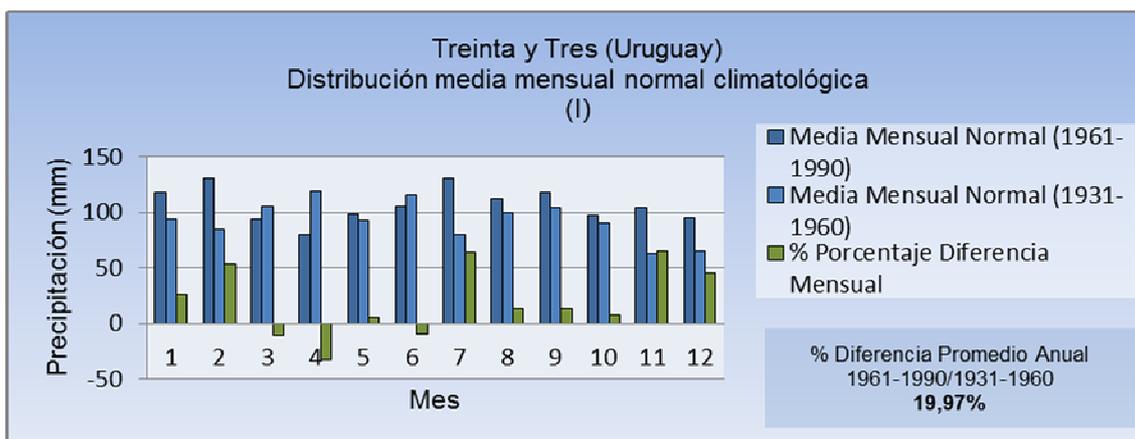


Fig. 5: Distribución Media Mensual Normal climatológica (3pncxx versus 2pncxx).

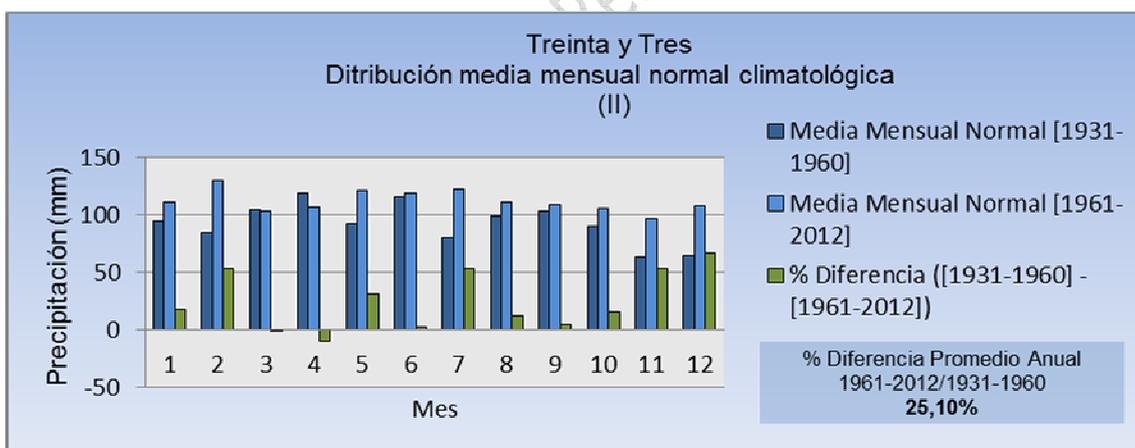


Fig. 6: Distribución Media Mensual Normal climatológica (1961-2012 versus 1931-1960).

La descripción general de la pluviosidad de la estación meteorológica de Treinta y Tres se resume en el cuadro 2. Podría inferirse, que su serie de precipitaciones anuales del período 1931 – 2013, responde fuertemente como se aprecia en la fig. 7, a una función gaussiana de parámetros característicos allí indicados.

EMTyT Lat.: 33°13'54"S; Long.: 54°23'10" W	Rasgos estadísticos de la serie pluviométrica Período: 1931-2013 (mm)
Precipitación Promedio Anual Normal (PMAN) (\bar{X})	1.263
Máxima Precipitación Anual	2.280 (Año 2002) (*)
Mínima Precipitación Anual	597 (Año 1945)
Amplitud Máxima de la precipitación	+1.683
Desviación Estándar (σ)	+322
Distribución normal de la serie anual (al 68%)	941($\bar{X}-\sigma$) - 1.585 ($\bar{X}+\sigma$)
UE75 – Umbral Elegido, al 75% precipitación media anual normal.	947

Cuadro 2: Descripción estadística de la precipitación registrada en la Estación Meteorológica de Treinta y Tres (Uruguay) en el período 1931-2013.

B.5. Estadísticos de la serie de precipitación en la EMTyT.

B.5.1 Distribución Gaussiana de los datos pluviométricos. La función que se describe en la fig. 7, señala la respuesta de la serie de precipitación de la Estación Meteorológica de Treinta y Tres (EMTyT) a la estandarización gaussiana aplicada a la serie. La misma presentó los siguientes parámetros: $\bar{x}=1.263$, $\mu=0$, simétrica, $\sigma=+322$ y del tipo platicúrtica $k= +0,24$.

Los intervalos de clase seleccionados y la descripción de los mismos es la siguiente:

Intervalos	Descripción
-2.5 > Umbral < -2.0	Extremadamente Seco
-2.0 > Umbral < -1.5	Seco
-1.5 > Umbral < -1.0	Moderadamente Seco
-1.0 < Umbral < -0.5	Ligeramente Seco
-0.5 < Umbral < +0.5	NORMAL
+0.5 < Umbral < +1.0	Ligeramente Lluvioso
+1.0 < Umbral < +1.5	Moderadamente Lluvioso
+1.5 < Umbral < +2.0	Lluvioso
+2.0 < Umbral < +2.5	Extremadamente Lluvioso

Cuadro 3: Intervalos de clase utilizados en la estandarización de la serie pluviométrica asumida como referencia para el presente estudio.

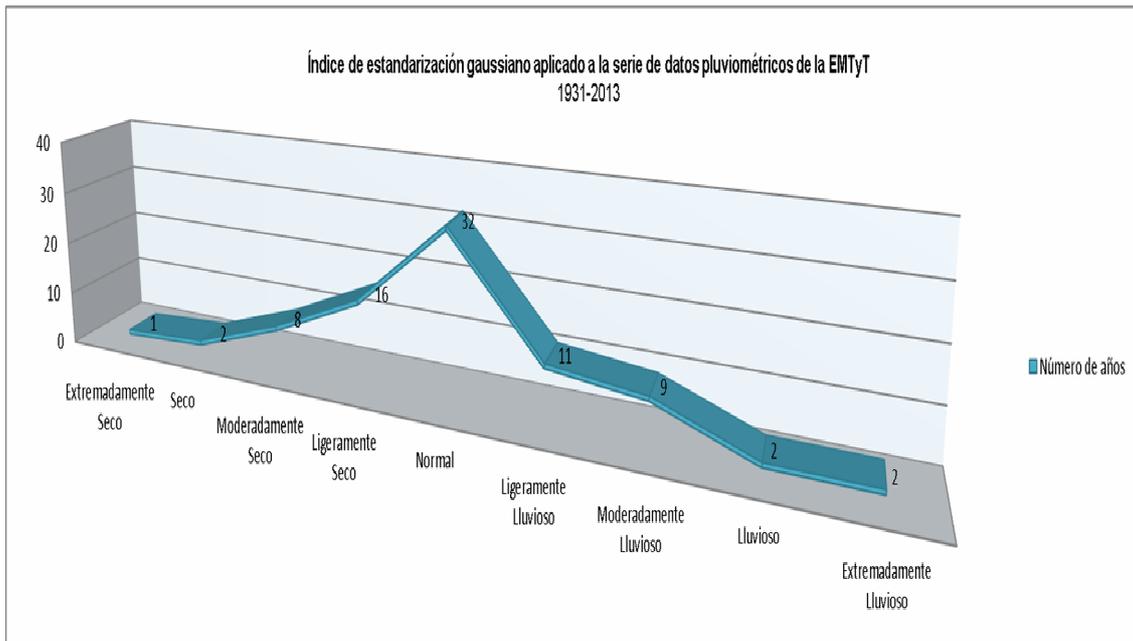


Fig.7: Índice de Estandarización Gaussiano aplicado a la serie de precipitación de la EMTyT. (Período 1931-2013).

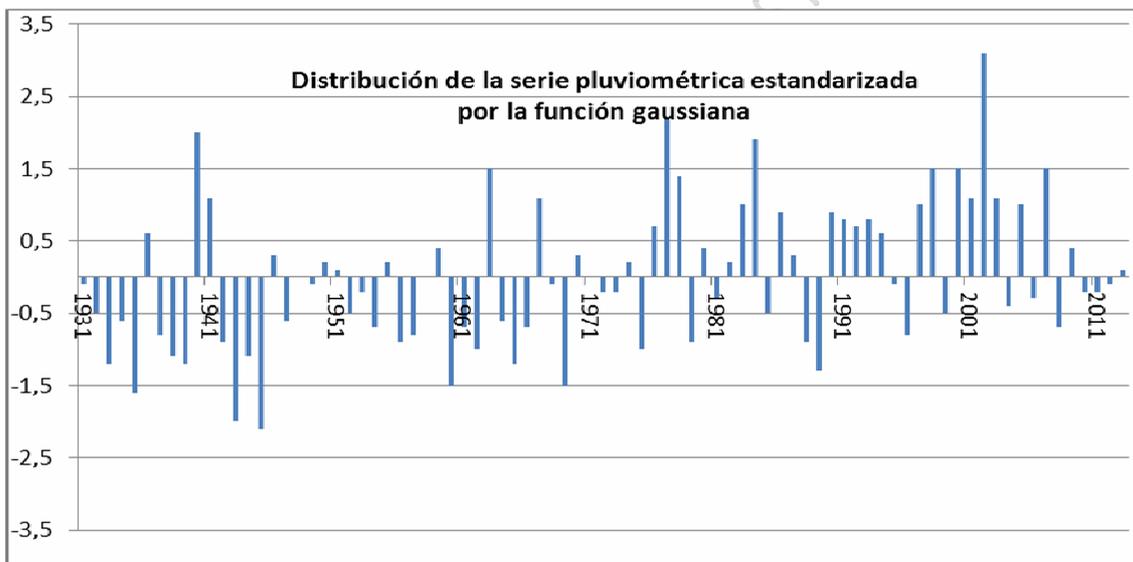


Fig. 8: Distribución por clases de la serie pluviométrica de la EMTyT (1931-2013) estandarizada por la función gaussiana.

B.5.2 Medias Móviles (EMTyT, Uruguay). Fueron aplicados a la serie de datos de precipitación de la estación meteorológica de Treinta y Tres (Uruguay) el análisis de medias móviles a los efectos de lograr desestacionalidades y suavizar las fluctuaciones de plazos cortos. Se advertirá que los valores precipitación presentan una clara tendencia de un uniforme incremento.

Se han aplicado diferentes medias móviles en la extensa serie de datos pluviométricos del período 2pnc_xx 1931-2012 de la Estación Meteorológica de Treinta y Tres. La misma fue tomada como referencia, para elaborar algunas de sus medias móviles para un año, cinco y diez años.

Los siguientes gráficos muestran el comportamiento temporal de las medias móviles de precipitación para 1, 5 y 10 años. En esta etapa del trabajo se desea destacar y valorar debidamente, el apoyo desinteresado del Ing. José Luis Fay de Azambuja, quien colaboró de manera personal con el presente trabajo, examinando la serie de la EMTreinta y Tres y confeccionando sus medias móviles de 1, 5 y 10 años.

Del análisis de los mismos se infiere:

a) serie de media móvil de 1 año: i) señala la variabilidad interanual de la precipitación detectándose que los totales anuales registrados se hallan preferentemente dentro de valores esperados; ii) las variaciones estacionales indica movimientos regulares que se adaptan periódicamente con las estaciones del año; iii) señala en las últimas décadas un progresivo y sostenido incremento de las precipitaciones.

b) series de media móvil de 5 y 10 años: i) indica la amortiguación de la serie y la desestacionalidad de la misma; ii) exhibe una fase marcada de incremento de las precipitaciones en las últimas décadas del período considerado.

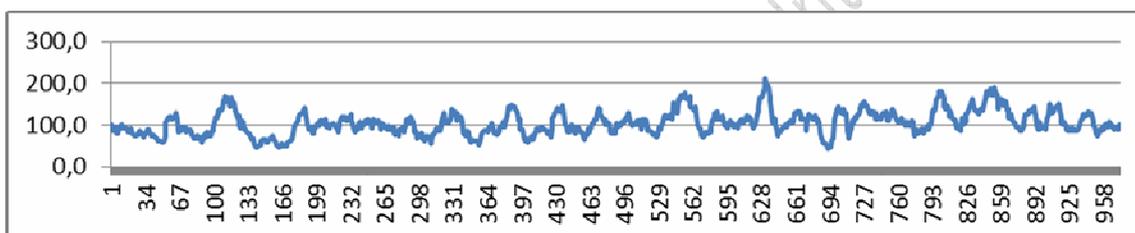


Fig. 9: Treinta y Tres 1931-2012, Media Móvil - 1 año.

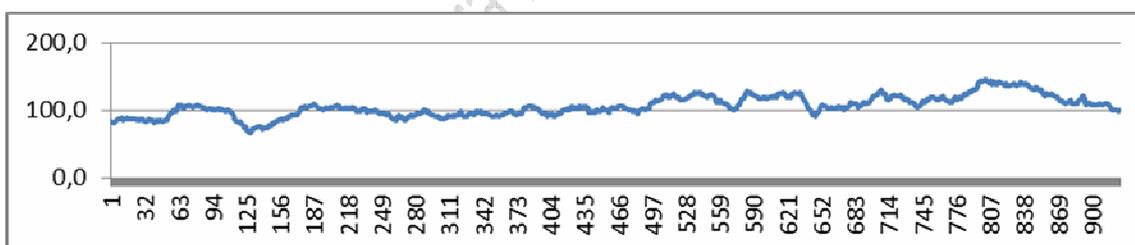


Fig. 10: Treinta y Tres 1931-2012, Media Móvil - 5 años.

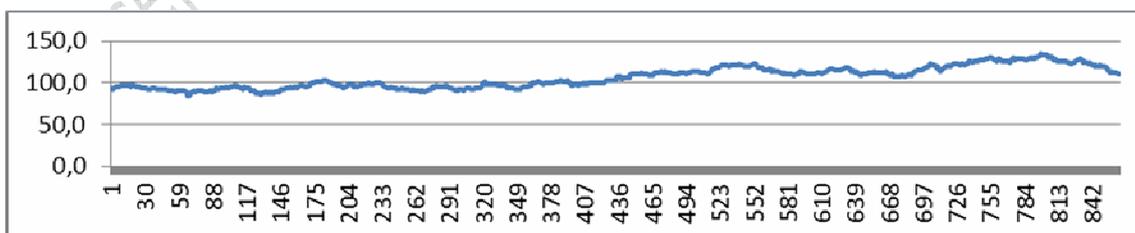


Fig. 11: Treinta y Tres 1931-2012, Media Móvil - 10 años.

B.5.3. Estandarización respecto de UE75. El umbral escogido (UE75), fue definido igual a un 75% de la precipitación media anual normal del período. Se ha utilizado, para el examen correspondiente la misma distribución de intervalos y descripción para categorizar los elementos de la serie, de igual

manera como fuera señalado para la función de estandarización gaussiana ya aludida (ver cuadro 3).

El UE75 suele utilizarse para caracterizar períodos secos y lluviosos expresados en términos de desviación respecto del valor de la Precipitación Promedio Anual Normal (PMAN) referida en cuadro 2. La conclusión más relevante es que, aún resultando a priori un umbral más estricto que el umbral normal utilizado en B.5.1., la curva de distribución resultante podría entenderse con una fuerte impronta gaussiana con asimetría negativa, a pesar de una leve bimodalidad, tal como se expone en la fig. 13.

De acuerdo a esta estandarización UE75, puede considerarse que el 88% de los años resultaron de ligeramente lluviosos a extremadamente lluviosos. Mientras que dentro de un período total de 83 años, la EMTyT ha mostrado exclusivamente 10 de ellos como ligeramente seco siendo la totalidad de los mismos anteriores a la década de los '90s del siglo XX.

Como fuera expresado, el universo muestral, ha sido de 83 años de precipitaciones totales anuales de la estación asumida de referencia (EMTyT) lo que constituye, para países como el Uruguay, una serie temporal considerablemente representativa y de ajustado valor para su utilización en función de que, fuera suministrada con los debidos controles de calidad aplicados por la Autoridad Meteorológica Nacional del Uruguay (Dirección Nacional de Meteorología).

Como una virtual conexión interoceánica en 2002, a ser explorada (ver referencia en cuadro 2), se señala lo expresado por la Autoridad Meteorológica de Chile: "...desde el 2007 la cantidad de precipitación total anual para la zona central de Chile, entre La Serena y Concepción, está bajo el promedio climatológico. La alta frecuencia de precipitación bajo lo normal ha caracterizado a esta última década como una de las más secas de los últimos 60 años. El último año lluvioso presente en Chile central fue observado el año 2002"⁸.

Si bien existen, en consecuencia, claros contrastes con el comportamiento de la serie pluviométrica de la EMTyT, las precipitaciones anómalas ocurridas en faja latitudinal en 2002, podrían ser centro de futuras investigaciones que contribuyan al análisis de posibles interconexiones de escala regional.

⁸ Dirección Meteorológica de Chile. Web www.meteochile.gob.ch Consultada el 24 de febrero de 2014.

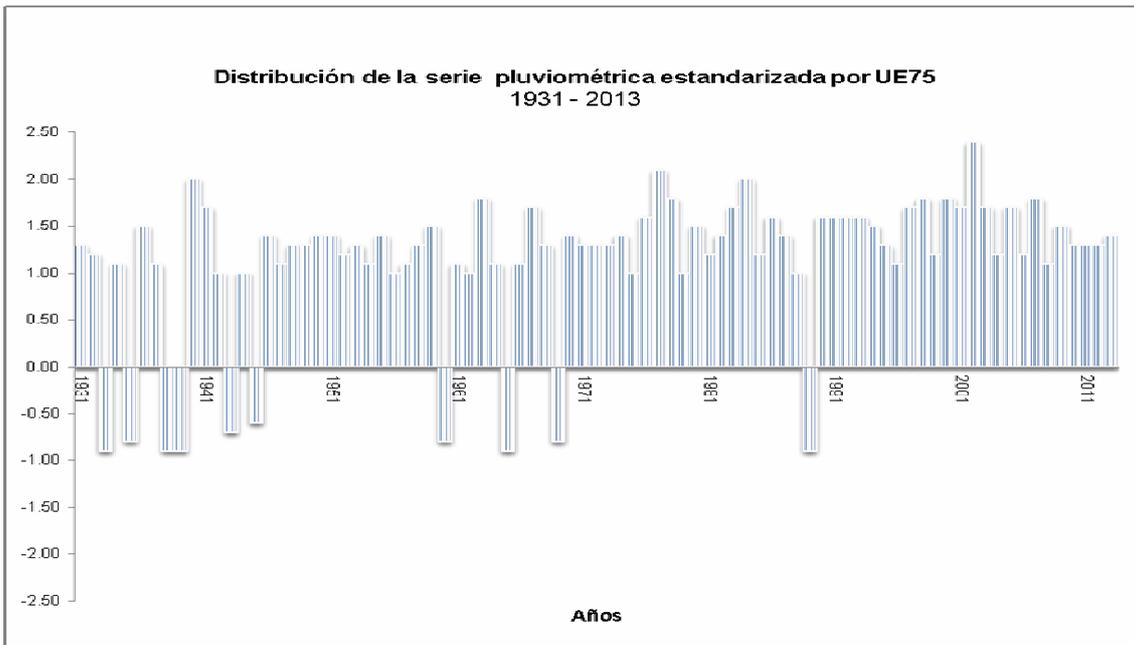


Fig. 12: Distribución por clases de la serie pluviométrica anual de la EMTyT estandarizada por el UE75. (Período 1931-2013)

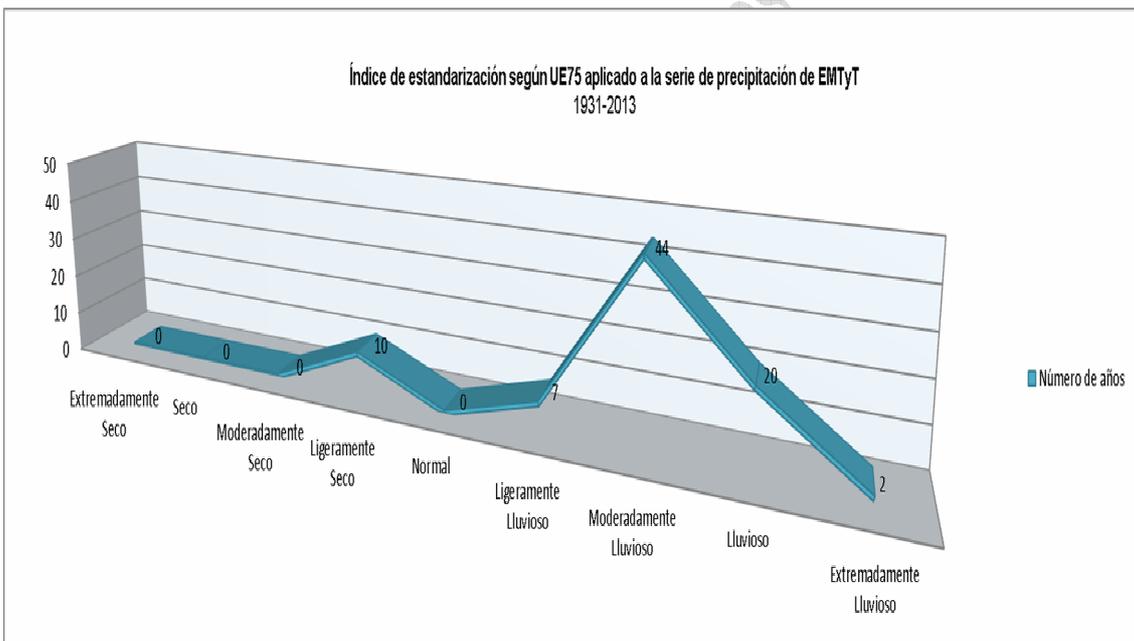


Fig. 13: Índice de Estandarización UE75 aplicado a la serie de precipitación anual de la EMTyT. (Período 1931-2013).

Puede apreciarse en la fig. 12 que la serie estandarizada por UE75, presenta en el período 2pncxx (1931-1960): i) fluctuaciones normales propias de la variabilidad del clima zonal; ii) se registraron 6 (seis) eventos por debajo de la media normal en 15 años consecutivos (sub período 1931-1945), la mitad del período normal, pero en todos los casos dentro del escenario estadísticamente más esperado; iii) excepto en el año 1940 que se registró 1 (un) año lluvioso, los restantes casos del sub período antes indicado, resultaron con precipitaciones por encima de lo normal definidos según tabla descriptiva como ligeramente y moderadamente lluviosas; iv) a partir de 1945 a 1960, no se registraron precipitaciones por debajo de lo normal hasta el final del 2pncxx.

Del mismo modo, la serie estandarizada según el índice UE75 presenta en el período 3pncxx (1961-1990): i) fluctuaciones normales propias de la variabilidad del clima zonal; ii) se registraron 4 casos en 30 años por debajo de lo normal con 3 de ellos en la primera década y 1 caso al final del período; iii) las precipitaciones restantes en todos los casos del período 1961-1990, resultaron por encima de lo normal, según tabla descriptiva como ligeramente lluviosas, moderadamente lluviosas y lluviosas.

B.5.4 Interconexiones en la Cuenca Binacional. Como fuera expuesto en A.1., la cuenca representa en sí, una unidad territorial y como tal, así se comporta su sistema hidrológico asociado y los recursos bióticos presentes en la misma.

Existen notables relictos de biodiversidad en ambos países (Brasil y Uruguay) que interactúan entre sí a lo largo y ancho de la misma, particularmente son de interés los intercambios bióticos en zonas RAMSAR y áreas protegidas existentes en la misma, que ha cimentado una cultura arraigada de reconocido potencial medioambiental.

Con el fin de valorar posibles conexiones en materia de los comportamientos de las series pluviométricas entre zonas distantes de la Cuenca Merin, distintivas de ecosistemas diferentes, se compararon datos de la EMTyT (Uruguay) y EMPelotas-RS (Brasil) que, dada la conformación morfológica de la misma, conformarían así el eje mayor de una suerte de elipse interna, con una distancia entre las mismas de aproximadamente 250km.

Así, en la fig. 14 se expone para un período de 30 años (1970-2000) el comportamiento comparado de las series de precipitaciones de EMTyT y EMPelotas-RS, pudiéndose deducir lo siguiente: i) existe un considerable acompañamiento entre ambas curvas de datos pluviométricos; ii) no obstante, podrían suponerse diferentes atributos de continentalidad en las series; iii) la curva de datos correspondiente a la EMPelotas-RS, luce más atenuada en sus valores extremos que los correspondientes a la EMTyT; y iii) ambas series indican un incremento continuo de las precipitaciones en el período, a partir de un punto de inflexión que podría situarse en el año de 1980, más marcadamente en la EMPelotas-RS que en la EMTreinta y Tres.

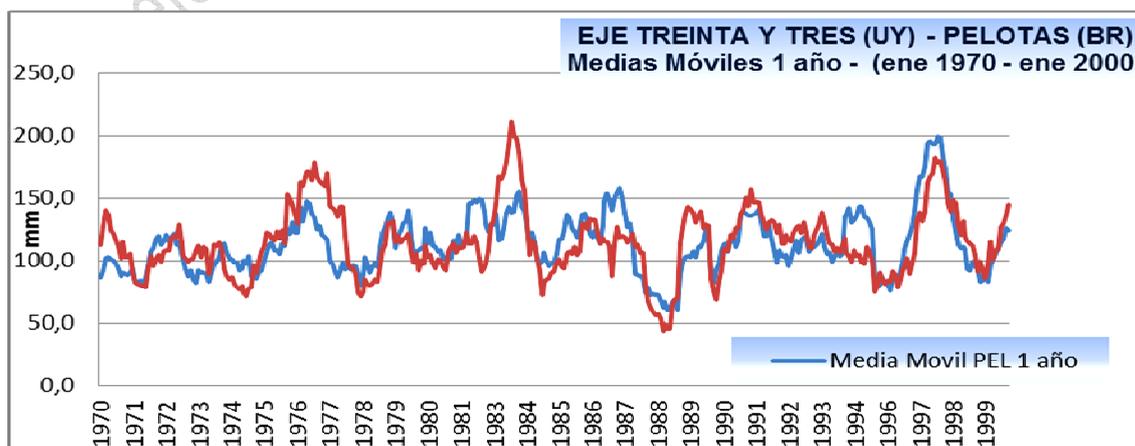


Fig.14: Comportamiento de las series de precipitaciones del Eje Treinta y Tres – Pelotas-RS, Período 1970-2000.

Confirmando la misma línea de razonamiento, Dame (2013) establece que “... **la estación meteorológica (Pelotas) presentó cambios de la tendencia de su serie anual de precipitación en el período 1953-2007.** Las metodologías que utilizan series subdivididas fueron más eficientes en la detección de la alteración de la tendencia comparativamente al test de Mann-Kendall, que utiliza una serie completa (1921 a 2007).

Se observa que, entre los años 1940 a 1979 (40 años), los valores encontrados se encuentran por debajo de 1212,86mm, con un valor medio (1397,50mm), lo que significa que, en el período comprendido entre 1921 y 1940 (1347.02mm), había un tendencia a la disminución del valor de precipitación anual, mientras que en el período de 1980 a 2007 la tendencia era aumentar la cortante, ya que el valor medio del período fue de 1430.91mm”⁹.

Es importante señalar que otros autores, han confirmado también que la precipitación media en EMPelotas-RS (Brasil) ha venido incrementándose; el período 1940-1979 versus 1921-1940 en un 3% y 1980-2007 versus 1940-1979 en un 3%.

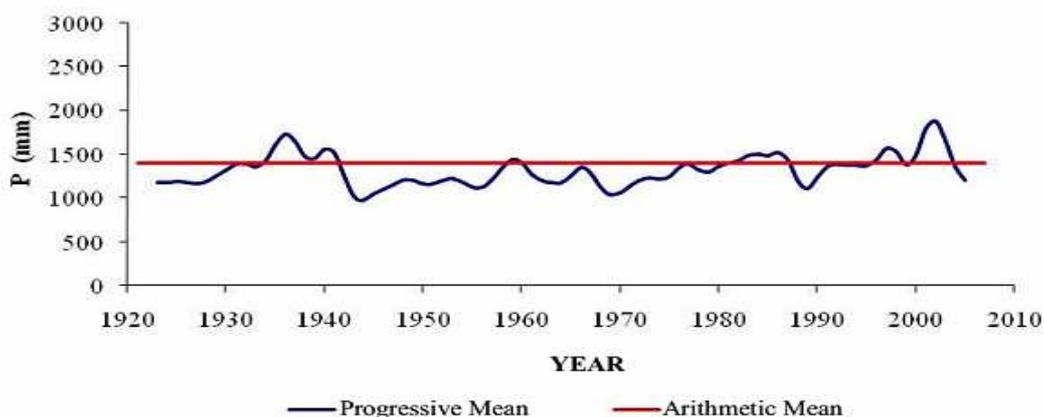


Fig. 15: Media aritmética y progresiva del total anual de precipitación de la estación Pelotas-RS en el período 1921 a 2007. Fuente: Damé, Rita de C.F. et al, 2013. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.33, n.2, p.258-268, mar. /abr. 2013.

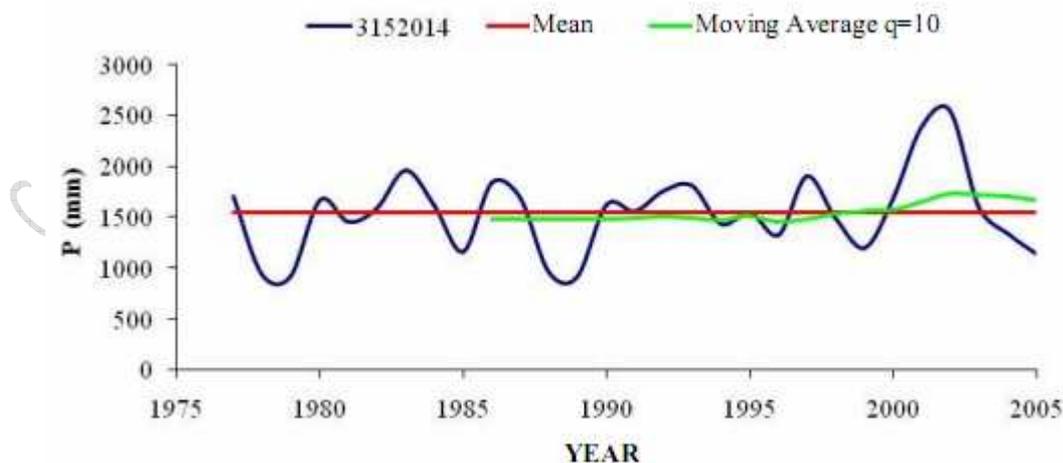


Fig. 16: Serie de precipitación, media y media móvil de la EMPelotas-RS (Brasil). Fuente: Damé, Rita de C.F. et al, 2013. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.33, n.2, p.258-268, mar./abr. 2013.

⁹ Damé, Rita de C. F. et al. “Monotonic trend and change points in southern Brazil precipitation”. Eng. Agríc. 2013; vol.33, n.2, pp. 258-268. ISSN 0100-6916.

En el cuadro 4, se comparan las desviaciones estándares y sus respectivas amplitudes pluviométricas (años históricos de mayor y menor precipitación) entre las EMTyT-UY y la EMPelotas-RS, así como con otras ciudades en diferentes locaciones brasileñas de la Cuenca Binacional.

A los efectos de mejor ilustrar, las ciudad de Treinta y Tres (Uruguay) se halla en el centro sur asutral y Pinheiro Machado-RS (Brasil) en el borde norte de la Cuenca.

Podría inferirse que, las diferentes series representativas de ciudades a lo largo y ancho de la Cuenca Binacional, presentan de manera general, muy similares parámetros estadísticos particularmente en su medida de dispersión “ σ ”.

Las EMTyT y de EMPMachado-RS son representativas de las ciudades mas continentales en la Cuenca y resultan como puede apreciarse notoriamente relacionadas a las series de mayor amplitud pluviométrica.

	Treinta y Tres UY	Pelotas RS	Arroio Grande RS	Yaguarón RS	Pinheiro Machado RS
Desviación Estándar σ (mm)	322	305,4	323,6	361,4	357,9
Amplitud Pluviométrica ΔP (mm)	1.683	1.524,1	1.510,4	1.491,3	1.866,1

Cuadro 4: Tabla comparativa entre Desviación Estandar y Amplitud Pluviométrica de diversas ciudades de la Cuenca Binacional.

B.5.5. Conexiones con el entorno exterior a la Cuenca Merin. Se ha considerado efectuar del mismo modo, un estudio comparado acerca del comportamiento de las precipitaciones entre series de datos de EMTyT (inserta en la Cuenca de la Laguna Merin) y la Estación Meteorológica de Rocha (EMRocha, Uruguay), en la Cuenca Atlántica del Uruguay.

Particularmente (ver figura 17) se ha dispuesto de un extendido período de información, 1961-2012, con el fin de comprobar si la tendencia positiva de incremento de la precipitación también se reflejaba en las vecindades de la Cuenca de la Laguna Merin pero fuera de su área natural de drenaje.

Para ello, se consideraron las valiosas conclusiones de un equipo de investigadores uruguayos quienes, elaboraron dentro de sus análisis, un interesante histograma de precipitación de la EMRocha, situada a 23km aprox. de la costa oceánica del Uruguay y distante aproximadamente 140km de la ciudad de Treinta y Tres y a 290km de la ciudad de Pelotas-RS.

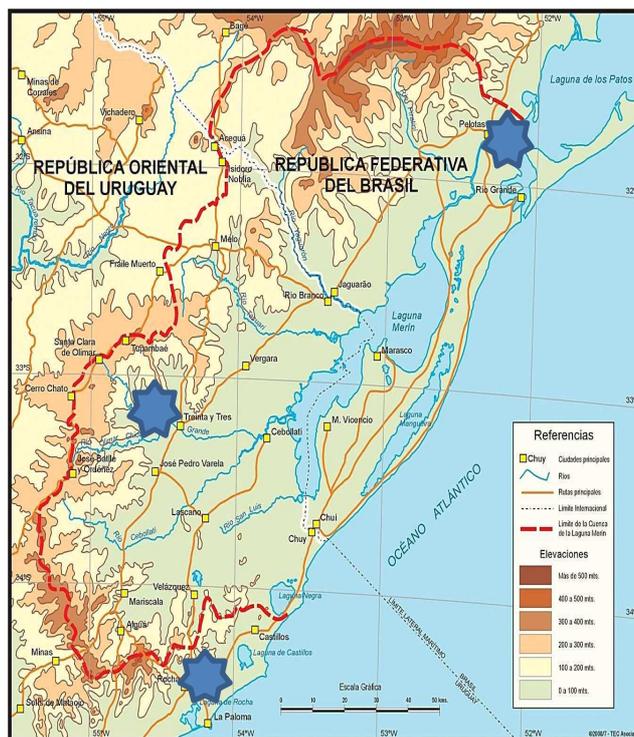


Fig. 17: Mapa referencial de la Cuenca de la Laguna Merin con las EMTreinta y Tres (Uruguay), EMRocha (Uruguay) y EMPelotas-RS (Brasil). (Autor: Dr. Carlos Paolino, TEC Asociados, 2009).

Nagy, Seijo, Verocai y Bidegain (2014)¹⁰ incorporan en su muy interesante trabajo acerca de “*Stakeholders climate perception and adaptation in coastal Uruguay*”, la tendencia de la serie de precipitación 1961-2010 de la EMRocha, ubicada por debajo del borde austral de la Cuenca de la Laguna Merin.

De la figura 18, puede deducirse que la serie de precipitaciones en la EMRocha presenta una fuerte correlación en materia pluviométrica con el incremento de precipitación en la región este del Uruguay (Cuencas de la Laguna Merin y Atlántica) como un todo.

Se destaca en dicha grafica una tendencia análoga a la observada en la EMTreinta y Tres para el período 1931-2012.

¹⁰ Nagy, G., Bidegain, M. et al. “Stakeholder’s climate perception and adaptation in coastal Uruguay”; International Journal of Climate, Changes Strategies and Management: Vol. 6 N°1, 2014, pp63-84, Esmerald Group Publishing Limited 1756-8992. Hamburgo, Alemania, 2014.

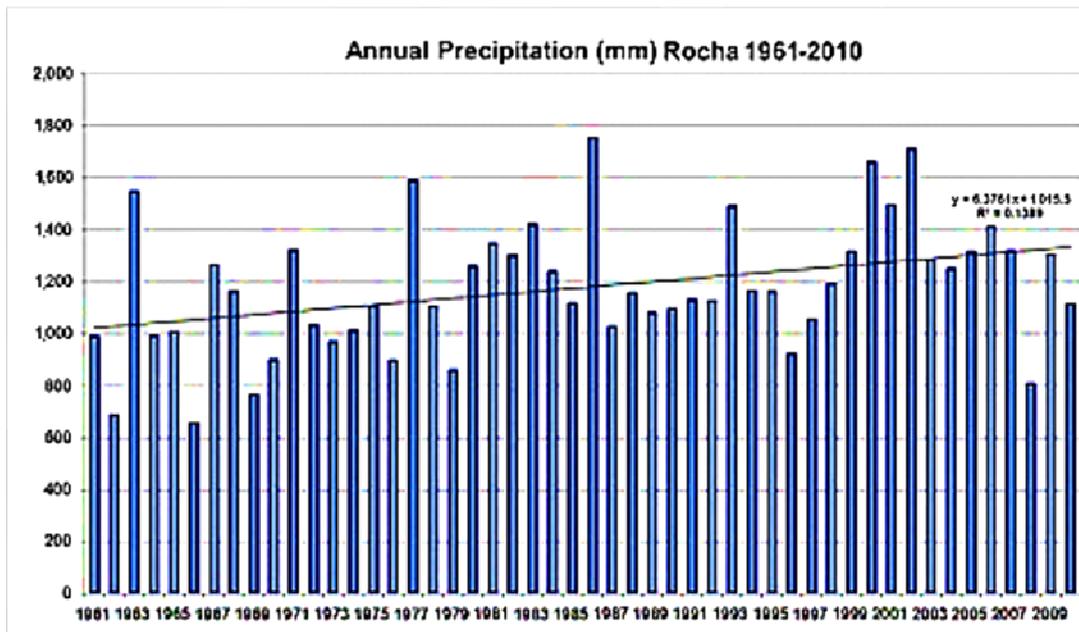


Fig. 18: Serie de tiempo 1961-2010 y tendencia de la precipitación anual en la ciudad de Rocha (Uruguay). (Fuente: Nagy, G., Bidegain, M. et al. “Stakeholder’s climate perception and adaptation in coastal Uruguay”; International Journal of Climate, Changes Strategies and Management: Vol. 6 N°1, 2014, pp63-84. Esmerald Group Publishing Limited 1756-8992. Hamburgo, Alemania, 2014).

B.5.6. Influencia de la continentalidad en diferentes EM. Para evaluar el grado de influencia diferencial oceánica Atlántica, en las respectivas series de diferentes Estaciones Meteorológicas: EMPelotas-RS, EMRocha (Uruguay) y EMTyT (Uruguay), se les aplicó, el Índice de Continentalidad de Gorezyński corregido por Javier del Valle Melendo.

Valle Melendo (1991) señala que, “un Índice de Continentalidad indica en qué medida el clima de un determinado lugar está influido por las características que un continente impone a las masas de aire que hay sobre él. Los continentes se enfrían y calientan mucho más rápidamente que los océanos, por lo que al transmitir sus características térmicas a las masas de aire que descansan sobre ellos, permiten que éstas alcancen temperaturas más extremas (altas temperaturas en verano e intensos fríos en invierno) que las que se registran en masas de aire bajo influencia oceánica. Este efecto es más acusado cuanto más nos alejamos del mar o si hay una barrera topográfica que evite que la acción atemperante del mar penetre hacia el interior”¹¹.

“...Por ello, el grado de continentalidad del clima de un determinado lugar viene dado fundamentalmente por dos parámetros, uno térmico y otro pluviométrico: i) el factor térmico es la amplitud (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío); y ii) el factor pluviométrico lo da la precipitación estival, concretamente el peso específico que las precipitaciones de verano tienen sobre la precipitación total anual.

¹¹ Valle Melendo, J., “Propuesta de un índice climático para evaluar la continentalidad termopluviométrica”. Departamento de Geografía y Ordenación del territorio. Universidad de Zaragoza. E-50009, Zaragoza, España, 1991.

Por lo tanto, la continentalidad de un clima será mayor cuanto más acusada sea la diferencia de temperatura entre el mes más frío y el mes más cálido y cuanto mayor peso específico tengan las precipitaciones de verano en el total anual.

Se ha aplicado a las Estaciones de Pelotas-RS (Brasil), Treinta y Tres (Uruguay) y Rocha (Uruguay) un Índice de Continentalidad elaborado por Gorezyński, corregido por Valle Melondo:

$$I = \left(1.7 * A \frac{1}{\text{sen}(\varphi)} - 20.4 \right) * \left[\frac{\%P.V}{\%P.I} \right]$$

Los parámetros utilizados son, la Amplitud térmica anual de la serie: M_i = Mes más cálido de las Temperaturas medias (°C) versus m_i = Mes más frío de las Temperaturas medias (°C); φ = grados de Latitud y \square es el factor de corrección por ponderación pluviométrica que valora la continentalidad en la fórmula.

Índice de Continentalidad Termopluviométrico de Gorezyński-Valle Melondo (J)		
EMPelotas	EMTreinta y Tres	EMRocha
15.5	16.2	9.3
Euoceánico atenuado	Euoceánico atenuado	Subhiperoceánico acusado

Cuadro 5: Índice Comparativo de Continentalidad Termopluviométrico de Gorezyński-Valle Melondo. (Fuente complementaria: Rivas Martínez, S." Definición de Bioclimas", España. 2008).

Luego de la aplicación y estudio, del Índice de Continentalidad termopluviométrico de Gorezyński-Valle Melondo, a las tres estaciones meteorológicas referencia, Pelotas-RS (Brasil), Rocha (Uruguay) y Treinta y Tres (Uruguay), se concluye que:

- i) particularmente la EMPelotas-RS, la más próxima al eje de navegabilidad de la Cuenca de la Laguna Merin (Laguna Merin y Canal San Gonzalo), aproximadamente situada **a 54 km del Océano Atlántico**, inserta dentro de un núcleo constante omnidireccional de advección de humedad, presenta un $\square=1.02$ significando ello que, el porcentaje de precipitación estival aunque mínimamente es mayor que el invernal.
- ii) las EMTreinta y Tres ($\square=0.985$) y EMRocha ($\square=0.857$), presentan ambas una inversión del régimen pluviométrico estacional ($\square < 1$).
- iii) gran parte de la Cuenca de la Laguna Merin, refleja una zona climática transicional, entre océano y continente, al menos en los primeros 100km de territorio a partir de la línea de costa.
- iv) es significativo que las series de datos de las EMRocha y EMTyT, situadas en el orden de los **23km y 107km del Océano Atlántico respectivamente**, presenten similares comportamientos estadísticos lo que llevaría al razonamiento de que total o parcialmente, *la influencia oceánica* sea de importancia pero que aún bajo tal condición, parece no comportarse como

un elemento inductor ni mitigador de las precipitaciones en ambas EM, a pesar de que la EMPelotas-RS presenta un acompañamiento de la tendencia positiva como fuera expresado y comparativamente una moderación de sus extremos de precipitación;

v) la influencia oceánica, pareciera sí influir notoriamente en la modulación de la amplitud térmica anual regional: EMRocha=10°.8, EMPelotas=10°.9 y EMTreinta y Tres=11°.7;

vi) existen elementos estadísticos similares en las 3 (tres) estaciones consideradas a partir aproximadamente del comienzo de la década de los 80's del siglo XX, marcando paralelamente en sus series, un incremento en las precipitaciones en la región y una disminución clara de los años considerados secos; y

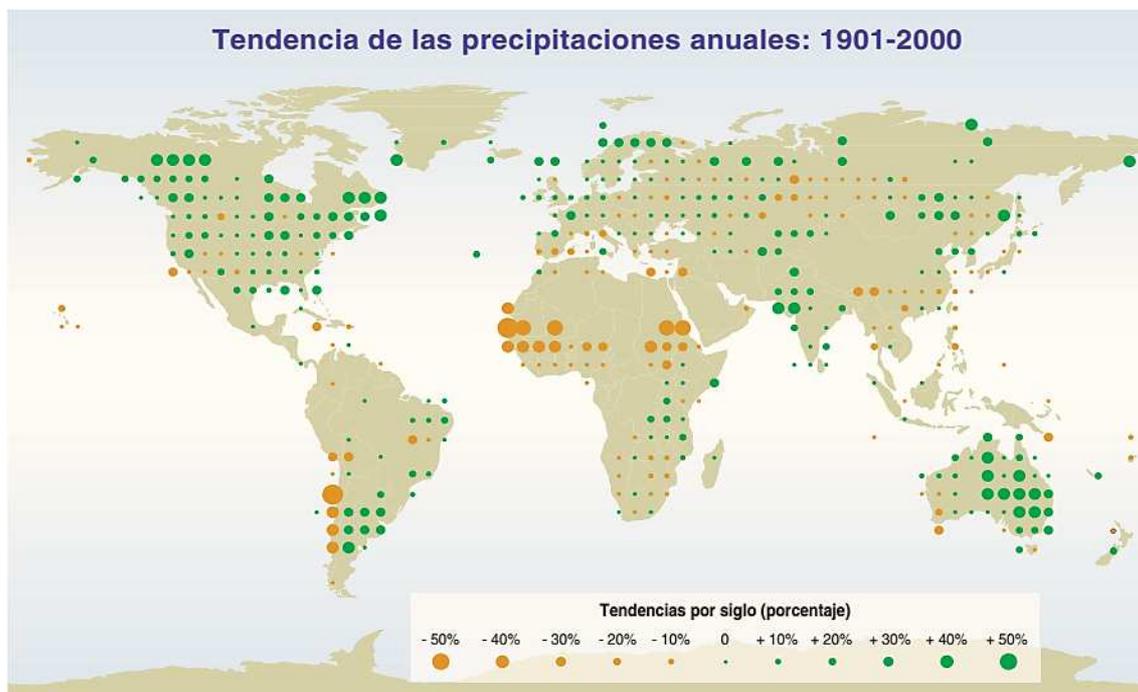
vii) los gradientes de los campos isoyéticos señalados en la figura 4, revelan a partir del período 1961-1990 una reorientación; la que podría ser, prueba directa de la remisión, al menos transitoria, de la influencia oceánica en el campo isoyético de la región bajo análisis.

B.6. IPCC, tendencia de las precipitaciones globales. Pareciera enmarcarse todo lo anterior, en la misma línea de las conclusiones adoptadas hasta el presente por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC/OMM/PNUMA/1988), tal como se ilustra en el cuadro 6.

“...Las tendencias se representan por el área de los círculos; el verde representa un aumento y el marrón una disminución. Estas tendencias se calculan a partir de las anomalías medias anuales cuadrículadas, con el requisito de que los cálculos de las anomalías anuales incluyeran un mínimo de 10 meses de datos. Las tendencias se calcularon sólo para los cuadros que contenían anomalías anuales en, al menos, 66 de los 100 años.

Los registros muestran un aumento general coherente con las temperaturas más cálidas y con una mayor humedad atmosférica, pero las tendencias en las precipitaciones varían enormemente entre las diferentes regiones y los datos sólo se encuentran disponibles para todo el siglo XX en algunas regiones continentales. [SI Figure 2–6a GTI TIE figura 2–25].

Las precipitaciones han aumentado durante el siglo XX en los continentes fuera de los trópicos pero han disminuido en las regiones desérticas de África y América del Sur”.



Cuadro 6: Cambio Climático y Biodiversidad. IPCC, 2002¹²

C. Conclusiones. Resumen final.

C.1. Utilización del término “señal climática”. Por lo expuesto, se considera que estamos en presencia de una *señal climática en la Cuenca Binacional de la Laguna Merin*, que indica ciertamente un incremento intertridecenal (intertreintenos) pluviométrico sostenido y una particular modificación estructural en la arquitectura del campo de precipitación. En el literal **C.5.** se detallará, la correspondencia encontrada entre, tal señal climática con una potencial modificación biótica en la región bajo estudio.

Éste equipo de investigadores y con la prudencia del caso, se siente impedido de utilizar otra calificación diferente a *señal climática* a la contingencia climático-estadística encontrada.

Pero ello no obsta, de que se pueda aseverar que el elemento climático “precipitación” de la Cuenca Binacional de la Laguna Merin, presenta un comportamiento anómalo, que se apoya principalmente en la comparación entre dos treintenos (60 años) de información confiable y que todo ello, dada su persistencia, podría constituirse atinadamente en una duda razonable de cambio climático en la región.

Definir lo hallado bajo otra denominación que la de “señal climática”, sería inadecuado e inconveniente, no por falta de mérito, sino porque respetuosamente, sería contribuir a la proliferación inadecuada de términos utilizados en esta materia.

¹² Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC. CBD, ISBN: 92-9169-104-7. Ginebra, Suiza. 2002.

Resulta deseable que, la propia definición de clima sea revisada a nivel global; a la luz de las diferentes investigaciones en el mundo en esta materia, a efectos de unificar criterios, para evitar mayores galimatías en esta temática clave para la vida en todas sus formas y así, facilitar el cumplimiento de los compromisos asumidos por las Partes.

C.2. Propuesta de reformulación de la definición de clima. Se considera que debe ser revisada a la brevedad la definición de clima. Existen a nivel internacional, diferentes definiciones y se entiende que ello no facilita los estudios y negociaciones actuales. Así, se presentan diferentes acepciones en uso del concepto **clima**, según diferentes fuentes significativas:

- i) el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), define clima como: “...el estado promedio del tiempo y más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años”¹³;
- ii) el Glosario de la Dirección Nacional de Meteorología de Uruguay, basado en las Directivas de la OMM, establece que clima es: “...el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un período largo de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad”¹⁴ ;y
- iii) la Real Academia Española¹⁵ establece que clima que es: “...el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región”.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), en su Artículo 1 “Definiciones”, no incorpora una definición de clima.

Se considera que, la definición tradicional de “clima” y posteriores ajustes acordados oportunamente a nivel global en diferentes foros, no reflejan la complejidad conceptual que se debiera transmitir como marco de investigación, negociación y para estimular el debido cumplimiento de los compromisos asumidos por las Partes.

Se ha considerado oportuno contribuir, para el análisis general, con elementos de propuesta que tiendan hacia una ajustada definición del clima, como se expresa: *el estado medio del tiempo atmosférico de un lugar o región dados en un período representativo de años que se conforma por un eje de valores normales y su respectiva banda de fluctuación, de amplitud estadísticamente esperada.*

¹³ Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, Suiza. 224 págs. 2008.

¹⁴ Glosario Meteorológico. Web de la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay. <http://meteorologia.gub.uy/index.php/glosario>. Consultada el 14 de febrero de 2014.

¹⁵ <http://lema.rae.es/drae/?val=clima>. Consultada el día 12 de febrero de 2014.

C.3. Incremento sostenido en la precipitación de la CBLM. El 3pnc_xx (1961-1990), presenta una precipitación anual media de 1.283, 5mm visiblemente superior a la del 2pnc_xx (1931-1960) de 1.114,7mm, generando un valor medio promedio anual diferencia de +168.8mm y el porcentaje divergencia promedio anual - entre ambos PNC considerados- es de **+19,97%**, (ver figura 5) con incrementos estacionales de +41.6% en el período estival y de +36.4% en el período invernal.

Sumado a ello, la región de la CBLM en su totalidad, presenta una señal climática relacionada con un incremento sostenido de su precipitación en los últimos 25 años. Con mayor énfasis, tal señal se ha detectado en el sector centro sur de la referida Cuenca Binacional.

Adicionalmente, a lo extensamente señalado a lo largo del presente estudio, se ha graficado asimismo el climodiagrama ombrotérmico de Walter y Gausen. Éste señalaría para la serie de datos de EMTyT un estado medio de características húmedo a hiperhúmedo durante todo el año para el período 1931 a 2013 lo que condice con todo lo anterior. El referido diagrama ombrotérmico (ver fig. 19) asimismo no muestra evidencias de períodos secos en la serie de datos utilizados.

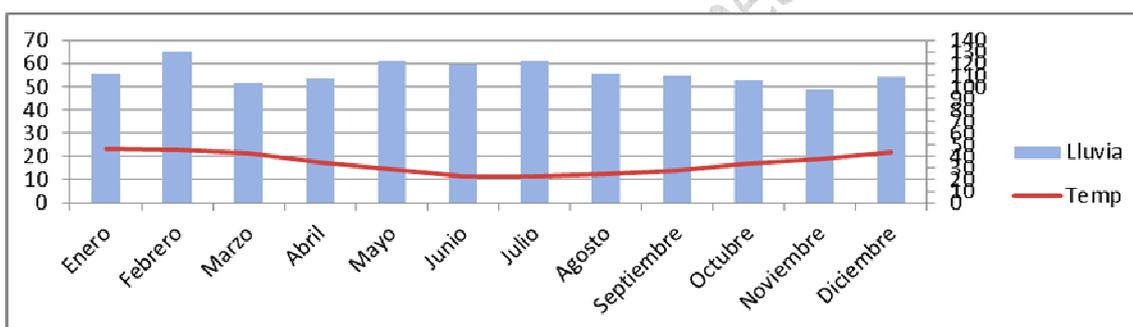


Fig. 19: Diagrama Ombrotérmico de Gausen para la EMTyT. Período: 1931-2013.

C.4. IPCC, conexiones globales entre clima y biota. Respecto a la movilidad de especies en relación con fluctuaciones climáticas, el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) ha señalado respecto a la movilidad de especies que, dado ciertas forzantes climáticas, particularmente “...la temperatura y los regímenes de humedad son algunas de las variables clave que determinan la distribución, crecimiento, productividad y reproducción de plantas y animales. Los cambios hidrológicos pueden influir en las especies de diversas maneras, pero los procesos mejor conocidos son los que relacionan la disponibilidad de humedad con los umbrales intrínsecos que gobiernan los procesos metabólicos y reproductivos (Burkett et al., 2005)”,

“...Los cambios en el comportamiento de especies, la reducción del número de miembros de una especie y la pérdida de especies pueden producir cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas afectados. Estos cambios pueden, a su vez, producir pérdidas en otras especies, y un efecto en cascada sobre la biodiversidad y la apertura del sistema a invasiones de especies no autóctonas y por ende una mayor alteración. Por eso, los impactos del cambio climático, y sus efectos sobre la biodiversidad, pueden ser también evaluados en el ámbito de ecosistemas y dentro del contexto de determinados ecosistemas y

su distribución dentro de paisajes naturales. También deben evaluarse dentro del marco de los regímenes cambiantes de alteraciones, variabilidad climática y fenómenos extremos.

Independientemente del cambio climático, se espera que la biodiversidad disminuya en el futuro debido a presiones múltiples, en particular al aumento del uso intenso de los suelos y la destrucción asociada de hábitats naturales o seminaturales. Las presiones más importantes sobre el hábitat son la degradación, la pérdida y la fragmentación (e incluso la unificación de hábitats, especialmente en el caso de masas de agua dulce), la introducción de especies invasoras, y los efectos directos de tratamientos químicos y mecánicos sobre la reproducción, dominio y supervivencia”.

“...Las rachas de desarrollo y extinción de especies parecen estar a veces asociadas, a largo plazo, con cambios en el clima, aunque las oscilaciones moderadas en el clima no favorecen necesariamente el desarrollo de especies, a pesar de forzar cambios en su emplazamiento geográfico. Muchas de las especies de nuestro planeta ya se encuentran en riesgo de extinción debido a presiones que surgen de procesos naturales y de actividades humanas. El cambio climático se va a añadir a estas presiones, especialmente en el caso de aquellas especies que necesitan una gama climática limitada y/o un hábitat bastante restringido. [GTII TIE Secciones 5.2.3 y 5.4.1]”.

“...Nuestros conocimientos ecológicos más básicos sugieren que este paradigma del ‘movimiento de ecosistemas’ es muy improbable que ocurra en realidad debido a diferencias en la tolerancia climática de las distintas especies dentro del ecosistema, la variabilidad genética dentro de muchas de ellas, sus diferentes longevidades, sus distintas capacidades migratorias, y los impactos de especies invasoras.

Se trata de un paradigma de trabajo idealizado que, tiene como ventaja el empleo de la relación bien demostrada entre emplazamiento de un ecosistema y clima existente, para estimar la nueva distribución del ecosistema en escenarios con climas cambiados. Así y todo, las simulaciones de este tipo son útiles para estudiar escenarios del cambio climático y sus efectos potencialmente importantes.

El segundo enfoque, conocida como ‘modificación de ecosistemas’, asume que a medida que el clima y otros factores ambientales cambien, se produzcan cambios *in situ* en la composición y dominio de las especies. La población de algunas de estas especies disminuirá o se extinguirá localmente, mientras que la de otras aumentará.

La longevidad de los individuos, la estructura de la edad de las poblaciones existentes, y la llegada de especies invasoras moderarán estos cambios. El resultado será ecosistemas de tipos bastante diferentes de los que vemos hoy en día. Los datos paleoecológicos indican que en el pasado existieron unos tipos de ecosistemas muy parecidos a los que existen ahora, pero también se vieron combinaciones de especies dominantes no observadas hoy”.

“...El problema con este enfoque de **‘modificación de ecosistemas’** es que es muy difícil de utilizar para algún pronóstico práctico sobre posibles cambios,

debido a la falta de información detallada sobre la distribución actual de cada una de las especies y a nuestro inadecuado conocimiento de sus interacciones. Por lo tanto, la mayoría de los estudios regionales y mundiales que intentan evaluar los impactos potenciales del cambio climático han tenido que utilizar el enfoque de ‘movimiento de ecosistemas’.

También tienen limitaciones, a la hora de estimar los cambios en la distribución de las vegetaciones, ya que incluyen la suposición implícita y a menudo inválida, de que las poblaciones de animales sigan los componentes de la vegetación de un ecosistema. Sin embargo, los estudios experimentales y de observación han mostrado muchas situaciones en las que los animales responden al cambio climático mucho antes de que tenga lugar ningún cambio importante en la vegetación”.

El IPCC evaluó el efecto del cambio climático en los sistemas biológicos con la evaluación de 2.500 estudios publicados. De estos estudios, 44 que incluyeron cerca de 500 taxones cumplieron con los siguientes criterios: 20 o más años de datos recogidos; la medición de las temperaturas como una de las variables; los autores del estudio encontraron importantes cambios estadísticos en el parámetro biológico/físico y en la temperatura medida; y una importante correlación estadística entre la temperatura y el cambio en el parámetro biológico/físico. Algunos de estos estudios investigaron los diferentes taxones (por ejemplo, pájaros e insectos) en el mismo documento.

“...De un total de 59 plantas, 47 invertebrados, 29 anfibios y reptiles, 388 pájaros, y 10 especies de mamíferos, aproximadamente un 80 por ciento mostraron cambios en el parámetro biológico medido (entre ellos el principio y final de la época de cría, cambios en las pautas de migración, cambios en la distribución de plantas y animales, y cambios en el tamaño de los cuerpos), de la forma que se esperaba dado el calentamiento mundial, mientras que el 20 por ciento mostró cambios en el sentido contrario. La mayoría de estos estudios se llevaron a cabo (debido a las decisiones de financiación de estudios a largo plazo) en áreas templadas y latitudes altas y en algunas zonas de altitudes altas. Estos estudios muestran que algunos ecosistemas que son particularmente sensibles a cambios en el clima regional (por ejemplo los ecosistemas de latitudes y altitudes altas) ya se han visto afectados por cambios en el clima. [SI P2.21 y GTII TIE Secciones 5.2 y 5.4]”.

“...Muchas especies han mostrado cambios en su morfología, fisiología y conducta asociados con cambios en las variables climáticas. Por ejemplo, las tortugas pintadas han crecido más durante los años más cálidos y han llegado antes a su madurez sexual durante una serie de años calurosos; el peso de la rata magueyera de América del Norte (*Neotoma sp.*) ha disminuido con el aumento de temperatura durante los últimos ocho años; el ciervo joven (*Cervus elaphus*) de Escocia ha crecido más rápidamente durante las primaveras más cálidas, lo que ha llevado a un aumento en el tamaño del cuerpo de los adultos; y algunas ranas han empezado a croar antes o con mayor fuerza para atraer a los machos durante los años cálidos. [GTII TIE Sección 5.4.3.1.3].

“...Se han observado cambios en la distribución de las especies vinculados a cambios en factores climáticos. Se ha observado un desplazamiento en gamas y

densidades de animales (asociado probablemente al clima) en la mayoría de los continentes, en las regiones polares y dentro de los principales grupos taxonómicos de animales (es decir, los insectos, anfibios, pájaros, y mamíferos) [GTII TIE Secciones 5.4.3.1.1 y 13.2.2.1]¹⁶.

C.5. Señal climática y modificación de ecosistemas en la CBLM.

Teniendo en consideración lo anterior así como la experiencia local alcanzada dentro de la Cuenca de la Laguna Merin (Brasil-Uruguay) por el Biol. Carlos Prigioni, relacionada con la biología de determinadas especies típicas de la misma, se procedió al examen de correlacionar tal señal climática ya con aspectos fitoclimatológicos (examinando la posible relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y sus comunidades en la región Merin), utilizando para ello, registros de determinados individuos en sus hábitats naturales habituales.

En función de lo antes referido, se considera fuertemente probable que las condiciones de incremento sostenido de la precipitación particularmente desde los comienzos de la década de los '90s, pueda estar relacionada a un posible estrés biótico en ciertas especies existentes en la Cuenca Binacional.

Se ha centrado el análisis en las siguientes especies: i) *Tamandua tetradactyla* (Oso hormiguero chico); ii) *Scinax uruguayus* (Ranita uruguaya); iii) *Crotalus durissus terrificus* (Serpiente de cascabel); iv) *Cabassous tatouay* (Tatú de Rabo Molle); y *Caiman latirostris* (Yacaré de hocico ancho).

Fue comparado, el **mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960)** con patrones de las 5 especies ya reseñadas, específicamente las más sensibles de vertebrados tetrápodos y se examinó la existencia de posibles modificaciones de ecosistemas en la Cuenca de la Laguna Merin ("ecosystem modification"), según terminología utilizada por el IPCC.

Las conclusiones se expondrán en los mapas correspondientes a cada una de las mismas, habiéndose elaborado un mapa por especie en el que se establecerán los registros de avistamientos versus las isolíneas del MDI (mapa diferencia isoyético). El diseño de los mapas estuvo a cargo del colega argentino Juan C. Flores.

El orden será respectivamente **Tamandua tetradactyla** (Oso hormiguero chico), **Scinax uruguayus** (Ranita uruguaya), **Crotalus durissus terrificus** (Serpiente de cascabel), **Cabassous tatouay** (Tatú de Rabo Molle) y el **Caiman latirostris** (Yacaré de hocico ancho).

Se señala para cada una de las especies, sobre el MDI (mapa diferencia isoyético) la ubicación del **centro de masa** de cada una de las muestras dado por el conjunto de los registros **de avistamiento** o contactos para cada especie, los años asociados y sus **elipses de desviación estándar al 68%, 95% y 98%**, siendo la más representativa la primera de las antes referidas.

¹⁶ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC. CBD, ISBN: 92-9169-104-7. Ginebra, Suiza. 2002.

C.5.1. *Tamandua tetradactyla*.

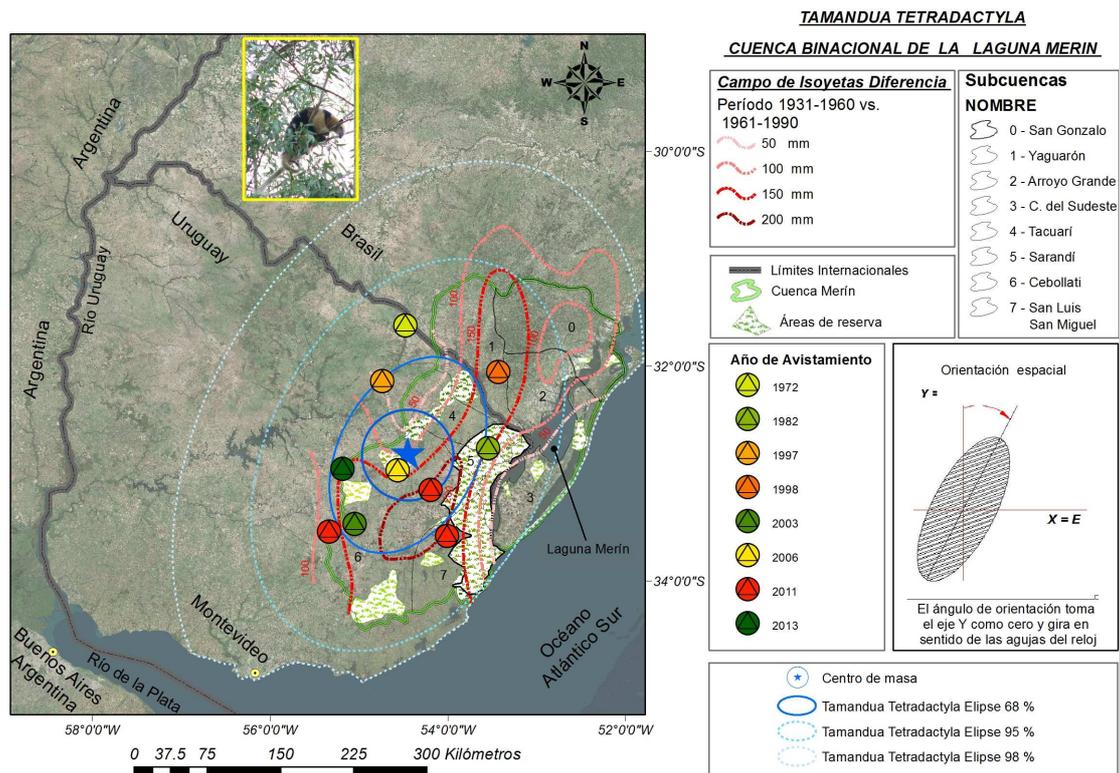


Fig. 20: Mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960) y registros de *Tamandua tetradactyla*.

El oso hormiguero chico (*Tamandua tetradactyla*) es una especie poco conocida en nuestro país y con registros originales y excepcionales de su frontera Este y Norte con el Brasil. El primer registro corresponde a las Puntas de la Sierra de Carpintería, Laguna Formosa, en el Departamento de Cerro Largo (Uruguay).¹⁷

En cuarenta años más tarde, esos registros excepcionales se han transformado en regulares con más de media docena de avistamientos y/o capturas anuales.

También aquí podemos considerar una australización (ver fig.20) con registros mucho más sureños en los últimos años y que también coinciden con la isoyetas de aumento promedio.

¹⁷ Ximénez, A. 1972. Hallazgo de *Tamandua tetradactyla* (Linne, 1758) en el Uruguay. Neotrópica 18: 134-136.

C.5.2. Scinax uruguayus.

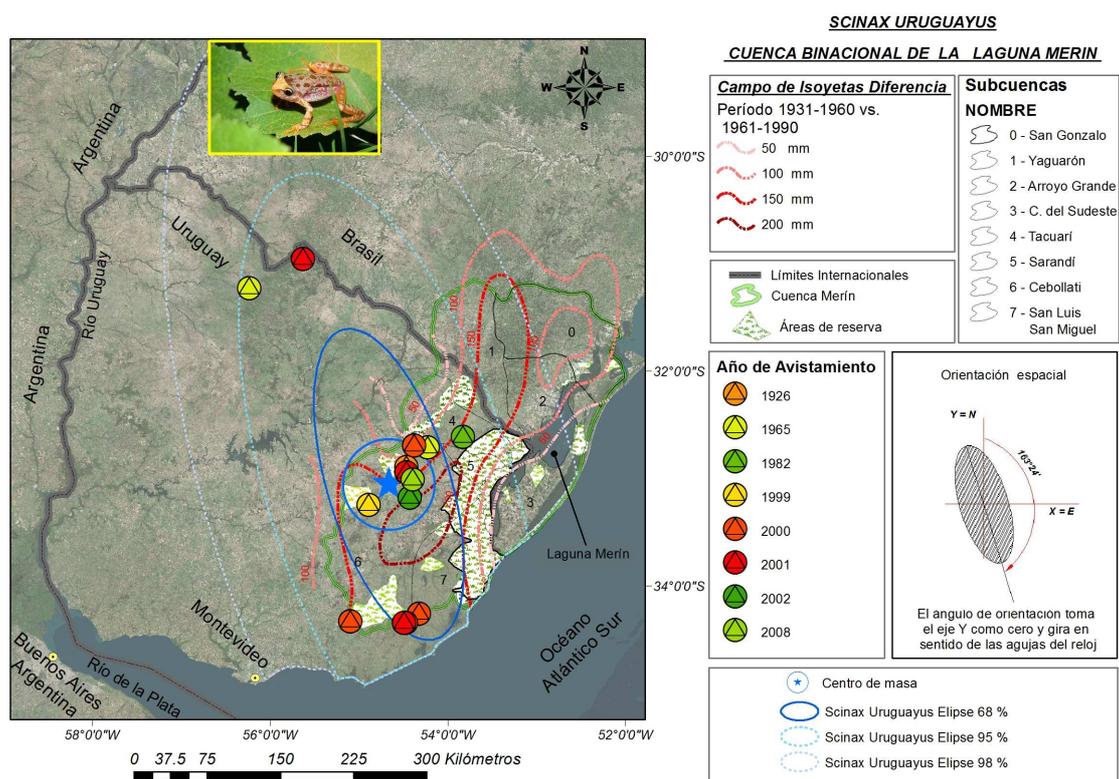


Fig.21: Mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960) y registros de *Scinax uruguayus*.

La ranita uruguaya (*Scinax uruguayus*) fue descrita en 1944 en base a material proveniente de la Quebrada de los Cuervos (Departamento de Treinta y Tres, Uruguay) colectado en 1926 por la expedición del Field Museum of Chicago (Schmidt, 1944). Recién se vuelven a colectar ejemplares en 1965, próximo al Rio Tacuarí (Departamento de Cerro Largo, Uruguay) y en 1982, a 20 km al SW de Paso del Dragón en el mismo Departamento.

Cabe destacar que, es una especie que la intensidad y peculiaridad de su canto la hace inconfundible e imposible que pasara inadvertida para zoólogos del Museo Nacional de Historia Natural de Uruguay o la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República (Uruguay). Los registros del año 2000 y 2001 para las Sierras de Carapé (Departamentos de Maldonado y Rocha, Uruguay) constituyen registros mucho más australes que la localidad típica.

Todos los registros de la Cuenca se relacionan fuertemente con el Mapa Diferencia Isoyético quedando por tanto incluidos dentro del área de mayor incremento de lluvias entre los períodos normales climatológicos considerados.

C.5.3. *Crotalus durissus terrificus*.

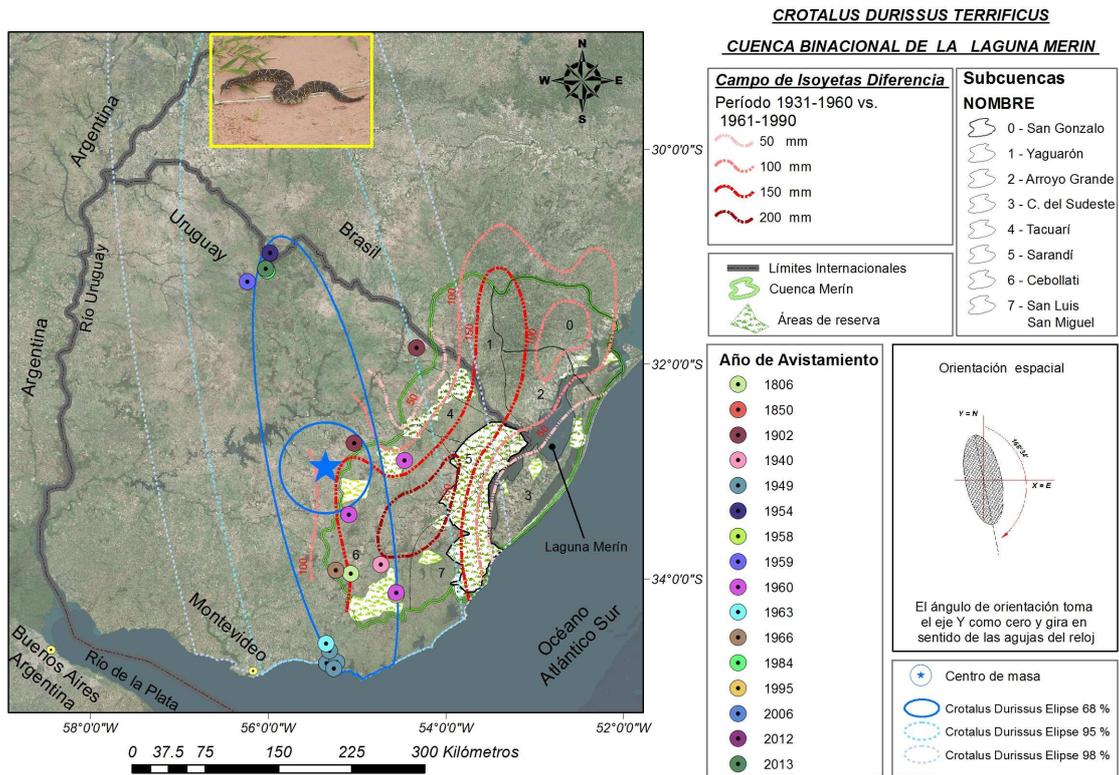


Fig. 22: Mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960) y registros de *Crotalus durissus terrificus*.

Respecto de la serpiente de cascabel (*Crotalus durissus terrificus*), si se observa la fig. 22, es posible comprobar que la mayoría de los sitios resultan fundamentalmente comprendidos dentro de las áreas delimitadas por las isolíneas diferencia de incremento pluviométrico de +100mm a +150mm.

Es posible que, un aumento en las precipitaciones haya hecho extender la cobertura vegetal de cerros, asperezas y serranías, reduciendo la absorción calórica solar, de las rocas que con su refracción, posibilitan la acción de este cazador nocturno que, por esa causa, posee un restringido horario de actividad.

Fines de los 50 y mediados de los 60 son las fechas para las últimas colectas de este reptil al sur del Rio Negro.

C.5.4. Cabassous tatouay.

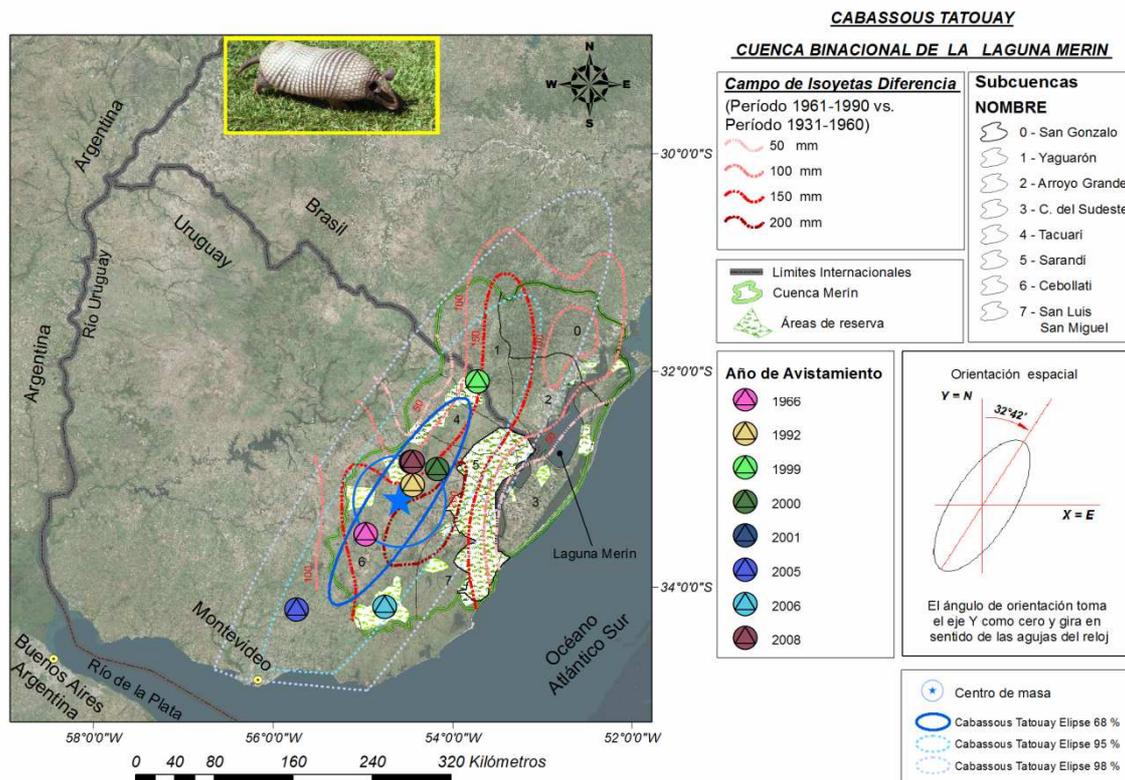


Fig. 23: Mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960) y registros de Cabassous tatouay.

El Tatú de rabo molle (*Cabassous tatouay*), fue referido originalmente para la localidad de Zapicán en el Departamento de Lavalleja (Uruguay)¹⁸, dos registros para la localidad de Bolívar, Departamento de Florida (límite con el Departamento de Canelones) y asimismo en la localidad de Aiguá, Departamento de Maldonado (Uruguay). Todo ello, pareciera indicar un desplazamiento hacia el sur de sus avistamientos, coincidiendo además respecto del MDI con las isóneas desde +50mm hasta +200mm de incremento pluviométrico promedio.

Además de esa “australización” pasó a ser de una especie con registros casi excepcionales, a contar con varios registros anuales, por ejemplo en el Departamento de Treinta y Tres (Uruguay).

¹⁸ Ximenez, A. y F. Achaval. 1966. “Sobre la presencia en el Uruguay del tatú de rabo molle *Cabassous tatouay* (Edentata-Dasyopodidae)”. Comunicaciones Zoológicas del Museo Nacional de Historia Natural de Montevideo, 9(109): 1-5.

C.5.5. Caiman latirostris.

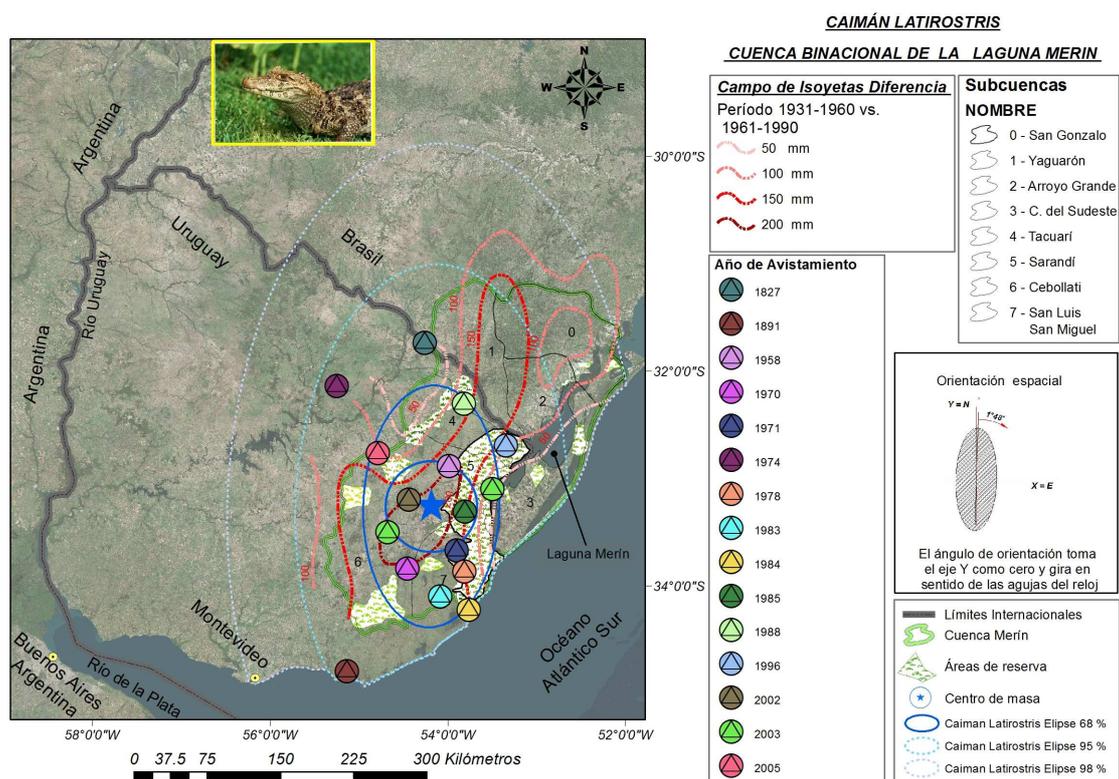


Fig. 24: Mapa diferencia isoyético (1961-1990 versus 1931-1960) y registros de Caiman latirostris.

El yacaré o caimán de hocico ancho (*Caiman latirostris*), si bien era conocido en los Departamentos de Artigas, Salto, Paysandú y Tacuarembó, fue citado por primera vez para el Este de Uruguay en base a un ejemplar colectado en los bañados de Laguna Negra, Departamento de Rocha¹⁹.

El registro de la Laguna del Diario, Maldonado, de 1891 (Borteiro et al, 2006) pudo deberse quizás al arrastre de camalotales en crecientes excepcionales, provenientes de los ríos Uruguay y Paraná, en donde este reptil hubiese arribado a la costa e ingresado en una laguna que originalmente poseía conexión con el mar.

A diferencia de otras especies citadas en este trabajo y posiblemente por tratarse de una especie que habita ecosistemas de humedales vegetados, su presencia pudo haber pasado inadvertida. Por ende, ese registro de 1983 pudo haber sido tardío. De hecho, posteriormente pudo ser fotografiada una piel de un yacaré capturado 13 años antes de la construcción de la represa de India Muerta (Departamento de Rocha, Uruguay). De cualquier manera, una vez más la figura 25, señala 13 localidades que coinciden plenamente con el área de incremento de lluvias según el MDI. Con anterioridad al registro de 1983 se conocía la existencia de este reptil para el área protegida de Taim, Norte de Laguna Merin, Rio Grande del Sur, Brasil.

¹⁹ Achaval, F. y H. San Martín. 1983. Presencia del yacaré de hocico ancho (*Caiman latirostris*) (Daudin 1801) (Crocodilia, Alligatoridae) en el Departamento de Rocha, Uruguay. Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay, I (2ª época): 11-15.

C.6. Consideraciones bióticas anexas para la CBLM.

C.6.1. Mamíferos. Dentro de este orden, se dan como extintos el jaguar (*Panthera onca*), el Ciervo de los Pantanos (*Ozotoceros dichotomus*), el Oso Hormiguero Grande (*Myrmecophaga tridactyla*) y el Pecarí de Collar (*Tayassu tayassu*) en tanto otros como el Lobo Grande de Río (*Pteronura brasiliensis*), el puma (*Puma concolor*) y el Aguara Guazú (*Chrysocyon brachyurus*) están considerados como en peligro crítico. (Gonzalez & Martínez 2010).

El jaguar o tigre americano habría sido extremadamente abundante y son varias las crónicas de viajeros que relatan la presencia de varios individuos juntos. Toller (Arredondo, 1957; Lope De Souza (Arredondo op.cit.)) así como el Informe de la Comisión Delimitadora entre España y Portugal, 1785 (Becker, edición de 1925).

El médico inglés Toller y el navegante portugués Lope de Souza, arriban a costas del Río de la Plata durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH) en donde las condiciones climáticas habrían sido más áridas y frías que las actuales.

Si bien la única especie de pecarí cuya presencia está confirmada (Mones y Ximenez, 1980) es el de collar (*Tayassu tayassu*) las referencias de pieles muy numerosas (Toller, Mawe) hace pensar, además, en la presencia de alguna otra especie *Tayassuidae* (*Tayassu pecari*, a confirmar).

Toller les refiere en la costa. El bosque y sobre todo el matorral psamófilo costero, indudablemente se debía constituir originalmente en una barrera casi infranqueable que en forma continua se desarrollaba desde la boca del río Uruguay, a través de la costa del Río de la Plata y del Océano Atlántico. La presencia del matorral psamófilo original con espesos matorrales de espina de cruz (*Colletia sp.*) y cactáceas de mediano y gran porte (*Opuntia sp.* *Cereus sp.*), habrían constituido un buen refugio para estos *Tayassuidae*. Cabe destacar que la llegada de Toller (1715) coincide con el mínimo Maunder de la PEH donde existieron condiciones más frías y más áridas que las actuales.

El oso hormiguero grande (*Myrmecophaga tridactyla*), con tan solo dos registros, posiblemente se encontraba en el extremo austral de su distribución.

Cabe destacar que la referencia de Christison (en Mones y Ximenez, 1980) coincide casi exactamente con el llamado mínimo Dalton de la PEH.

El aguara guazú (*Chrysocyon brachyurus*) fue registrado por cronistas y naturalistas del siglo XIX y comienzos del XX. Su presencia recién fue confirmada en 1989 (Villalba, 1990; Ximenez y Olazarri, 1991) y reiterada posteriormente (Prigioni y Sappa, 2003). Su hábitat incluye pastizales altos y pajonales salpicados de islas de bosques.

La irrupción del ganado doméstico (1611), puede haber generado una perturbación importante en la disminución de los pajonales y en la altura de los pastizales sumado a las condiciones de temperatura y aridez de la PEH. Es evidente el aumento progresivo a través del tiempo, en la frecuencia de aparición de dos mamíferos, Tatú de rabo molle (*Cabassou tatouay*) y Oso

Hormiguero Chico (*Tamandua tetradactyla*) y su localización francamente más austral en los últimos 30 o 40 años.

Con respecto a la primera de estas dos especies el Tatú de Rabo Molle, su primer registro para nuestro país data de 1966, localidad de Zapicán (Departamento de Lavalleja, Uruguay), para 39 años después avanzar casi 2° (dos) grados en latitud sur (aproximadamente 222km), sin perjuicio del registro en localidades intermedias y su hallazgo en otras localidades como se aprecia en la figura 23.

Cosa similar ha ocurrido con el Oso Hormiguero Chico con un primer registro para el año 1972 donde también 33 años después ha avanzado en dirección más de 2° (dos) grados en latitud Sur (aprox. 222 km), según fig. 20 que se proporciona en C.5.1.

C.6.2. Reptiles. Como fuera expresado, la víbora de cascabel (*Crotalus durissus terrificus*) se considera extinta en parte de su distribución en el Uruguay. Las poblaciones del sur del Rio Negro, registran sus últimos ejemplares colectados hacia fines de los '50s o comienzos de los '60s del siglo XX (Prigioni et al, 2013).

Un aumento en las precipitaciones y por consiguiente en la vegetación de sistemas serranos podría haber afectado a este reptil, debido a la termorregulación de las poblaciones de esta especie, basada en la refracción térmica nocturna de las rocas. (Prigioni et al en preparación). Además, resta definir la identidad genética de las poblaciones ubicadas sobre la Cuchilla de Haedo y las posiblemente extintas de la Cuchilla Grande (Uruguay).

Si se observa la fig. 22, podemos apreciar que la mayoría de las localidades donde existían serpientes de cascabel (poblaciones del sur) hoy desaparecidas, están dentro o próximas a la región de la cuenca delimitada entre las isoclinas diferencia del MDI, +100mm y +150mm.

C.6.3. Anfibios. El declinio de especies como la Rana Motor (*Argenteohyla siemersi*) y el Escuerzo Grande (*Ceratophrys ornata*) presentan muchas dudas en el momento de analizar las posibles causas. El escuerzo grande es una especie con ciclos de estivación prolongados (de meses y aun años) y de actividad regulada por las lluvias. Hace más de 35 años que no se registran.

La aparición de varias especies, nuevas para el país, en los últimos años como *Dendropsophus minutus*, (Olmos y Prigioni, 1997), *Scinax aromothyella* (Prigioni et al, 2005), *Leptodactylus furnarius* (Zank, C. 2008)), *Hypsiboas albopunctatus* (Kwet, 2002) y *Physalaemus cuvieri* (Maneyro y Beheragaray, 2007) quizás obedezca a un aumento de su rango geográfico por modificaciones en las precipitaciones, desplazándose hacia localizaciones más australes.

Otras como *Pleurodema bibroni* y *Physalaemus henseli* se hicieron raras durante décadas para reaparecer nuevamente.

Un hongo, *Batrachochytrium dendrobatidis* es el causante de una seria disminución de poblaciones y de extinción de anfibios en todo el mundo. Bosch (2009) señala que, este hongo quitridio sobrevive a temperaturas tan bajas

como 4°C, pero sin embargo deja de crecer a los 28°C y muere a partir de los 31°C. Su temperatura óptima de desarrollo es 23°C. En los últimos años, han aumentado sensiblemente los días con temperaturas entre 21°C y 27°C, momento en que los anfibios son más vulnerables ante el hongo²⁰.

Toranza et al (2011) destacan que: “...La tendencia de cambio en la distribución de las especies muestra principalmente un corrimiento de los rangos de distribución hacia latitudes altas (Parmesan et al. 1999) o zonas de mayor altitud (Chen et al. 2009; Leonoir et al. 2008).

Los autores consideran dos escenarios de posibles variaciones: i) Especies escenario A2 (cambio severo): *Scinax uruguayus*, *Physalaemus cuvieri*, *Physalaemus riograndensis*, *Leptodactylus furnarius*.; y ii) Especies escenario B2 (cambio moderado): *Dendropsophus minutus*, *Scinax uruguayus*, *Leptodactylus furnarius*”.

Araújo y Rahbek (2006) señalan que “...los corrimientos que podrían darse en la distribución de las especies hacia el sur y el aumento de la riqueza local en el eje norte-sur, coinciden con estudios realizados para toda América (Blaustein et al. 2006) y con las proyecciones de cambios en la anfibios del Hemisferio Norte”.

Lawler et al. (2010) establece que “...también, debe tenerse en cuenta que en esta tesis sólo se modelaron especies nativas, pero estudios previos sugieren que podría darse una ganancia de especies en el futuro, por el desplazamiento del límite sur de distribución de varios anfibios subtropicales”.

La aparición reciente de anfibios como *Physalaemus cuvieri*, *Leptodactylus furnarius*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Dendropsophus minutus* y *Scinax aromothyella* estarían respaldando lo antedicho por Toranza et al.

Las figuras del presente estudio de investigación, evidencian un posible desplazamiento hacia latitudes más australes de alguna de las especies de anfibios manejadas dentro de los llamados escenarios A2 y B2 por los citados autores (*Scinax uruguayus*) en coincidencia con el MDI que muestra un incremento de +200mm anuales de precipitación entre PNC, en el núcleo registrado en el centro sur de la Cuenca Binacional.

Esta última especie mencionada, originalmente colectada en Quebrada de los Cuervos (Treinta y Tres, Uruguay) por la expedición del Field Museum de Chicago en 1926, tal como ha ocurrido con otros mamíferos hoy se registra prácticamente 2° (dos) grados (aprox. 222km) más al Sur.

Las cuatro especies seleccionadas, evidencian un avance hacia el sur durante las últimas décadas: ***Cabassous tatouay***, ***Scinax uruguayus***, ***Tamandua tetradactyla***, ***Caimán latirostris*** y ***Crotalus durissus*** a la cual, ésta última especie mencionada, el aumento de precipitaciones podría haber influido inversamente, en una severa reducción numérica de su poblaciones o aún estar extinta.

²⁰ Bosch, Jaime. investigador del Museo Nacional de Ciencias Naturales. “Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes”. Donostia, San Sebastián, España. 2003.

La desaparición de especies, como el pecarí de collar y la no ocurrencia de aguara guazú durante décadas, sugieren como causa posible, entre otras, modificaciones en las comunidades vegetales a partir de un aumento en las precipitaciones desde mediados del siglo XIX (Deschamps, 2003) sumado ello, al incremento pluviométrico en la Cuenca de la Laguna Merin, comprobado en el presente estudio, a partir de la última década del 3pcnxx 1961-1990.

Costa Delgado y Thomas (2012) señalan que, plantas y animales de América del Norte y Europa se alejan de la línea del ecuador a un ritmo de 20 cms por hora. Esto hace un promedio de 17,6 kms cada diez años. (Universidad de York, 2012; consultado en internet en junio de 2014).

Como ya fuera establecido, el avance al sur como el tatú de rabo molle, el oso hormiguero chico, el yacaré y la ranita uruguaya coinciden con la zona con aumento evidente de registros pluviométricos durante los últimos 30 años. Las poblaciones al sur del Rio Negro (Uruguay) de la serpiente de cascabel estarían extintas, manejándose como hipótesis de trabajo asperezas y zonas serranas más vegetadas y por ende más sombreadas, generando en consecuencia dificultades para un cazador nocturno poiquilotermo que basa su energía y actividad durante la noche en la refracción nocturna de rocas con menos o nulas horas de energía solar directa, durante el día.

La reducción numérica, la aparente desaparición de poblaciones de especies durante décadas (*P.bibroni*, *P.henseli*) y aun la extinción de formas con ciclos vitales con periodos prolongados de estivación (*C.ornata*), si bien debe probarse, podrían vincularse a mayores precipitaciones interactuando con enfermedades emergentes como el quitridio.

Sin duda que esta preliminar y respetuosa contribución debe ser respaldada con nuevos seguimientos fitoclimatológicos de las especies, las que habrían sufrido una expansión austral, retraído o aún desaparecido por modificaciones ambientales generadas por un significativo y constante incremento en las precipitaciones a nivel general en la Cuenca Binacional de la Laguna Merin.

7. Bibliografía.

- 7.1. Achaval, F. y H. San Martin.1983. "Presencia del yacaré de hocico ancho (*Caiman latirostris*), (Daudin 1801), (Crocodylia, Alligatoridae)" en el Departamento de Rocha, Uruguay. Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay, I (2ª época): 11-15.
- 7.2. Adams, Jennifer P. 2005. "Home range and behavior of the timber rattle snake *Crotalus horridus*". Tesis magistral. 2005, Marshall University. 98 pp.
- 7.3. Arredondo, Horacio. 1957. "Viajeros visitantes del Uruguay". Revista de la Asociación Amigos de la Arqueología Tomo XV: 8-486.
- 7.4 Borteiro C., Prigioni C., García J.E., Tedros M., Gutiérrez F. & Kolenc F. 2006. "Geographic distribution and conservation status of *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae) in Uruguay". Phyllomedusa 5(2): 97-108.
- 7.5. Borteiro, Claudio, Carina Nieto y Francisco Kolenc. 2007. Notes on Geographic Distribution, 98, "Amphibia, Anura, Hylidae, *Scinax aromothyella*: Distribution extension and habitat". Check List 2007, 3(2).

- 7.6. Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008. "El Cambio Climático y el Agua". Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, Suiza. 224 págs. 2008.
- 7.7. Becker, J. 1925 (1785). "Diario de la Primera Partida de la Demarcación de Límites entre España y Portugal". Publicación de la Real Sociedad Geográfica. Tomo I y II. Imprenta del Patronato de Huérfanos de Intendencia e Intervención militares. Caracas 1925.
- 7.8. Bosch, Jaime. Investigador del Museo Nacional de Ciencias Naturales. "Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes". Donostia, San Sebastián, España. 2003.
- 7.9. Canavero, Naya y R. Maneyro. 2001. "Leptodactylus furnarius Sazima y Bokermann". 1978 (Anura: Leptodactylidae). Cuadernos de Herpetología, Novedades Zoogeográficas 1581): 89-91.
- 7.10. Costa Delgado, L. & Chris Thomas. 2012. http://historico.elpais.com.uy/especiales/digital/salud/espsalu_663098.asp
- 7.11. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Agua y Desarrollo Sostenible. "Principios Rectores". Dublin, Irlanda, 1992.
- 7.12. Damé, Rita de C. F. et al. "Monotonic trend and change points in southern Brazil precipitation". Eng. Agríc. 2013, vol.33, n.2, pp. 258-268. ISSN 0100-6916.
- 7.13. Deschamps Jorge R., Osvaldo Otero, Eduardo P. Tonni. "Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX". Documentos de Trabajo de la Universidad de Belgrano, N° 109, 18 pp. 2003.
- 7.14. Dirección Meteorológica de Chile. Web www.meteochile.gob.cl consultada el 24 de febrero de 2014.
- 7.15. "Función de las Normales Climatológicas en un clima cambiante". WCDMP-N°. 61. OMM-TD N°. 1377. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza, marzo de 2007.
- 7.16. Garcia Schlee, Aldyr. "Lagoa Mirim, Pátria comum dos Gaúchos". (Contribución al III WWAP 2009, Caso de Estudio Lake Merin Basin. Relator Serrentino, Carlos Ma.). Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 2007.
- 7.17. Gonzalez, E.M. & J.Martinez. 2010. "Mamíferos de Uruguay. Guía de campo e introducción a su estudio y conservación". Banda Oriental, 463 pp.
- 7.18. Glosario. Web de la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay. Consultada el 14 de febrero de 2014. <http://meteorologia.gub.uy/index.php/glosario>.
- 7.19. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. "Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC". CBD, ISBN: 92-9169-104-7. Ginebra, Suiza. 2002.
- 7.20. Guttman, Nathaniel B., "Statistical Descriptors of Climate". American Meteorological Society, 70, 602-607. National Climate Data Center. Asheville, USA. 1989.
- 7.21. Kwet, A., Solé, M. Miranda, T., Melchior, J., Naya, D. & Maneyro, R. (2002): "First record of *Hyla albopunctata* Spix, 1824 (Anura: Hylidae) in Uruguay", with comments on the advertisement call. – Boletín de la Asociación Herpetológica Española 13 (1-2): 15-19.
- 7.22. Maneyro R. y Beheragaray M., 2007. "First record of *Physalaemus cuvieri* Fitzinger 1826 (Amphibia: Leiuperidae) in Uruguay with comments on the anuran fauna along the borderline Uruguay-Brazil". Boletín Sociedad Zool. Uruguay 2a. época 16: 36-41.

- 7.23. Mawe, J. 1812. "Travels in the interior of Brazil, particularly in the gold and diamond districts of that country, by authority of the Prince Regent of Portugal, including a voyage to the Rio de la Plata, and an historical sketch of the revolution of Buenos Ayres". Starhan & Preston, London.
- 7.24. Mones, A. y A. Ximenez. 1980. "Hallazgo de dos mamíferos extintos del Uruguay". Revista de la Facultad de Humanidades y Ciencias, Serie Ciencias Biológicas 1 (12): 201-206.
- 7.25. Mones, A. y J. Olazarri. 1991. "Confirmación de la existencia de *Chrysocyon brachyurus* (Illiger) en el Uruguay (Mammalia: Carnivora: Canidae)". Com. Zool. Museo Hist. Nat. Montevideo, 12 (174): 1-6
- 7.26. Nagy, G., Bidegain, M. et al. "Stakeholder's climate perception and adaptation in coastal Uruguay"; International Journal of Climate, Changes Strategies and Management: Vol. 6 N°1, 2014, pp63-84, Esmerald Group Publishing Limited 1756-8992. Hamburgo, Alemania, 2014.
- 7.27. Olmos, A. y C. Prigioni. 1997. *Hyla minuta* Peters, 1872. "Un nuevo Hylidae para el Uruguay (Amphibia: Anura: Hylidae)". Acta Zoológica Platense 1: 1-7.
- 7.28. Prigioni Carlos; Borteiro, Claudio; Kolenc, Francisco; Colina Marcelo; González; Enrique M., 2013. "Geographic distribution and apparent decline of *Crotalus durissus terrificus*" (Laurenti 1768; Serpentes, Viperidae) in Uruguay. Cuadernos de. Herpetología, 27 (2): 3 pp.
- 7.29. Prigioni, C. & A. Sappa. 2003. "Aguara guazú (*Chrysocyon brachyurus*) en el área natural protegida Potrerillo de San Teresa". Acta Zoológica Platense 1(6): 1-8
- 7.30. Prigioni, Carlos, C. Borteiro, M. Tedros y F. Kolenc. 2005. "Scynax aromothyella, Geographic distribution". Herpetological Review 36: 464.
- 7.31. Prigioni, Carlos, A. Sappa y C. Berlinck. 2006. "Registro reciente de la presencia de *Pteronura brasiliensis* Rengger, 1830 (Carnivora: Mustelidae) en el Uruguay". Acta Zoologica Platense 1(8): 1-10.
- 7.32. Serrentino, Carlos. "Cuenca Binacional de la Laguna Merin". Instituto Tecnológico de Monterrey, Centro del Agua para América Latina y el Caribe, Monterrey, México. 2013. Trabajo disponible en http://infoagua.centrodelaagua.org/doc/171_File.pdf.
- 7.33. Schmidt, K.P. 1944. "New frogs from Misiones and Uruguay". Zoological Series of Field Museum of Natural History 29(9): 153-160.
- 7.34. Toller, William. 1715. (1955). "Historia de un viaje al Rio de la Plata y Buenos Aires desde Inglaterra". Año MDCDXV. Revista Histórica. (2)33(67-69): 201-263.
- 7.35. Toranza, Carolina, Alejandro Brazeiro y Raúl Maneyro .2011. "Efectos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad: El caso de los anfibios de Uruguay". Trabajo enmarcado en los resultados de la Tesis de Maestría titulada: "Riqueza de anfibios de Uruguay: Determinantes ambientales y posibles efectos del cambio climático". Maestría en Ciencias Biológicas. PEDECIBA-Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República (2011).
- 7.36. Tozetti, A., V. Vettorazzo & M. Martins. 2009. "Short-term movements of the south American rattlesnake (*Crotalus durissus*) in southeastern Brazil". Herpetological Journal 19: 201-206.2009.
- 7.37. Trewin, Blair C.; National Climate Centre, Australian Bureau of Meteorology.2007.

- 7.38. Valle Melendo, J., “Propuesta de un índice climático para evaluar la continentalidad termopluviométrico”. Departamento de Geografía y Ordenación del territorio. Universidad de Zaragoza. E-50009, Zaragoza, España, 1991.
- 7.39. Villalba-Macías, Juan S. 1990. “Nuevo mamífero para Uruguay”. *Alerta (Traffic Sudamérica)* 1 (1): 10.
- 7.40. Yamashita, Carlos, Mauro De Paula Valle .1993. “On the linkage between *Anodorhynchus* macaws and palm nuts, and the extinction of the glaucous Macaw”. *Bulletin of The British Ornithologists' Club* Volume 113: 53-60.
- 7.41. Zank, Caroline, Ígor Luís Kaefer, Patrick Colombo, Rodrigo Lingnau, Alfredo Pedroso dos Santos-Jr ,Camila Both, Fernanda Maurer D’Agostini , Rodrigo Caruccio Santos y Sonia Zanini Cechin . 2008. “Amphibia, Anura, Leptodactylidae, *Leptodactylus furnarius*: Rediscovery and distribution extension in the state of Rio Grande do Sul, Brazil”. *Notes on Geographic distribution. Check List* 4 (1): 89–91, 2008.
- 7.42. Web <http://lema.rae.es/drae/?val=clima>. Consultada el día 12 de febrero de 2014.
- 7.43. Ximenez, A. y F. Achaval. 1966. “Sobre la presencia en el Uruguay del tatú de rabo molle *Cabassous tatouay* (Edentata-Dasyopodidae)”. *Comunicaciones Zoológicas del Museo Nacional de Historia Natural de Montevideo*, 9(109): 1-5.
- 7.44. Ximénez, A. 1972. “Hallazgo de *Tamandua tetradactyla* (Linne, 1758) en el Uruguay”. *Neotrópica* 18: 134–136.

Consejo Uruguayo para las Relaciones