

Precipitaciones durante 2021 en Santa Cruz y Sur de Chubut

Análisis de las lluvias registradas durante el año
2021 y su relación con el período normal
1995 – 2014



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Precipitaciones durante 2021 en Santa Cruz y Sur de Chubut

¹ Boris Gastón Díaz

² Leandro R. Almonacid

³ Bonfili Oscar

⁴ Javier González

⁵ Erica Colombani

¹ Mg Sci Ing Forestal. INTA EEA Santa Cruz. Mahatma Gandhi 1322 (CP9400) Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. Correo-e: diaz.boris@inta.gob.ar

² Ing. Rec. Nat. Convenio INTA CR Patagonia Sur – Municipalidad de Río Gallegos. Correo-e: almonacid.r.leandro@inta.gob.ar

³ Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Oficina Meteorológica Río Gallegos. Correo-e: oscar.bonfili@gmail.com

⁴ Lic. Teledetección y SIG. INTA EEA Chubut. Correo-e: gonzalez.javier@inta.gob.ar

⁵ Mg Sci Ing Agrónoma. INTA EEA Chubut. Correo-e: colombani.ERICA@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En años recientes, diferentes zonas de la Patagonia Austral atraviesan recurrentes alteraciones en la producción estacional y anual de precipitaciones, en especial descensos, percibidas por la sociedad en general y por el sector agropecuario en particular, como severos, continuos y de gran impacto negativo para la economía regional, frecuentemente denominadas como ‘sequías’.

El conocimiento de la precipitación y su dinámica es central para la comprensión del clima, para la planificación en la agricultura, en la ganadería, así como en la hidrología, entre otros (Almonacid y otros, 2021). Incluso, en un contexto de cambio climático global y las incertidumbres que este fenómeno desencadena en relación con el ambiente y la productividad, este conocimiento es fundamental para el establecimiento de lo que puede considerarse la ‘situación normal’, un paso previo para luego, caracterizar y cuantificar tendencias de cambio y evaluar anomalías.

En diversos lugares del mundo, y de Patagonia en particular, se describen recurrentes fenómenos anómalos en relación con las precipitaciones, la alteración de los patrones y tendencias conocidos, y una creciente sucesión de eventos de sequía. Sin embargo, y no obstante la frecuencia con la cual se utilizan cotidianamente conceptos como el de ‘cambio climático’, en regiones como Santa Cruz y sur de Chubut, el conocimiento aún es escaso como para cuantificarlo o aún, describir apropiadamente el significado y magnitud de estos cambios y si representan una tendencia.

En 2021, Almonacid y otros propusieron un lapso de 20 años, entre 1995 y 2014 (PMA95–14), como un período de referencia, normalizado, de base para la caracterización de la precipitación, su distribución y variabilidad espacial y temporal, incluso para la zonificación de áreas con comportamientos homogéneos (Almonacid y otros, 2022). Este ejercicio capitalizó un esfuerzo conjunto de búsqueda de registros pluviométricos históricos iniciado en 2006 con la creación del SIME (Sistema Integrado Meteorológico de Santa Cruz), mediante Ley No.2895 en el ámbito del SIT SantaCruz y de un acuerdo de cooperación entre el Gobierno de Santa Cruz y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en 2009.

El año 2021 fue percibido regionalmente como un año particularmente ‘seco’, en términos de las láminas totales de precipitación líquida registradas. Sin embargo, el fenómeno no resultó homogéneo ni en espacio ni en intensidad, incluso observándose situaciones inversas en algunas zonas dispersas.

El objetivo del presente trabajo consiste en el análisis de la situación particular de lluvias registradas durante el año 2021 en la región austral de Patagonia, entre el centro – sur de Chubut y el sur de Santa Cruz, y su comparación con el período de referencia PMA95–14 para la región.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a las siguientes personas e instituciones sin cuya desinteresada contribución a través del aporte de datos y registros meteorológicos propios, opiniones y descripciones de la realidad del fenómeno precipitaciones en la región, hubiera resultado difícil, sino imposible, alcanzar el presente producto: a Pablo Sturzenbaum del establecimiento agropecuario (Ea.) Rupai Pacha; a Tomás Ibáñez y Rodolfo Álvarez Bento, del Ea.

Glencross; a Gervasio Humano, responsable de la red de estaciones meteorológicas de INTA EEA Santa Cruz; a Gonzalo Sánchez, del Ea. Chali Aike; a José Caram y César Guatti, del Ea. La Carlota; a Robert y Claire Lemaire, de los Ea. Chank Aike y Cañadón de las Vacas; a Claudio Pamich, del Ea. Monte Dinero; a Javier Álvarez Berto, de los Ea. Punta Loyola y La Porfiada; a Rodolfo Christiansen, Andrea Persoglia, Gina Lipka, Liliana Sanmartino y Martín Roa de las Agencias de Extensión Rural de INTA EEA Santa Cruz en Río Turbio, Gobernador Gregores, Puerto Deseado y Los Antiguos, respectivamente; a Javier González, de INTA EEA Chubut; a María Silvina Sturzenbaum, Coordinadora de Extensión de INTA EEA Santa Cruz; a Verónica Gargaglione, Coordinadora de Investigación de INTA EEA Santa Cruz; a Luis Imaz, del Ea. y lodge de pesca Río Capitán; a Graciela Tello, de la Unidad Académica Río Turbio de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA); a Jim Sama, del Ea. Las Vegas; a Federico Kennard, del Ea. La Argentina; a Roberto Jhonston, del Ea. Stag River; a Mario Arbilla, del Ea. Ruben Aike; a Teddy Halliday, del Ea. Los Pozos; a Enrique Ibáñez Puig, del Ea. El Cazador; a Steven y Gregory Paul Aldrige, del Ea. Laguna La Colorada; a Juan Pablo Leiva y Santiago Sosa Lovato, de la empresa Patagonia Gold en los yacimientos mineros La Paloma y La Bajada - El Tranquilo; a Fernando Salomone, de la empresa minera Cerro Vanguardia; a Rudy DeFerrari, del Ea. Los Eucaliptos; a Christian Curtze, del Ea. Corpie Aike; y, finalmente, a Lorena Martínez, guardaparque del Parque Nacional Los Glaciares en la Sección Lago Viedma.

FINANCIAMIENTO

El presente informe técnico consiste en una contribución del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Santa Cruz, a través del proyecto '*Banco de Datos Hidrometeorológicos (BDHM)*', iniciado en la Cartera 2013 de proyectos del PRET Zona Sur (Componente 1.c2013.2.91.3.8), integrado al Proyecto Específico 1.33.0.2.2 del Programa Nacional Agua de INTA (Componente: 1.c2013.1.33.2.1). En el BDHM se integra geoinformación hidroclimática parcialmente generada por las instituciones participantes de la iniciativa, a partir de estudios específicos o bien por datos compilados y validados mediante procedimientos de la World Meteorological Organization (WMO), ordenados y documentados, procedentes de diversas fuentes de acceso público o privados.

Durante el período 2019 – 2022, los procesos sobre estos datos son financiados por el Proyecto Estructural de INTA 2019-PE-E2-I041-001 '*Aportes para la gestión integrada de*

los recursos hídricos (GIRH) en cuencas del Sistema Agroalimentario Argentino' y el Proyecto Disciplinario de INTA 2019-PD-E3-I061-001 'Caracterización diagnóstica de la variabilidad climática actual y de la vulnerabilidad de las producciones agropecuarias por efecto del Cambio Climático'.

MATERIALES Y MÉTODOS

Región de interés

El área se encuentra en la región sur de la Patagonia continental, entre los paralelos 43° y 53° de latitud sur y los 65° y 72° de longitud oeste, cubriendo la totalidad de la provincia de Santa Cruz y parcialmente centro-sur del Chubut, en 13 grandes regiones hidrográficas propuestas por Diaz y otros (2021), (Figura 1; Tabla 1).

La región está bajo la influencia del cinturón de viento del oeste del Hemisferio Sur, siendo al sur de 40°S notablemente persistentes durante todo el año (Villalba y otros, 2003). El clima en esta región es templado o frío templado, con un patrón de distribución de las isotermas influenciado por un gradiente latitudinal y la elevación de la cordillera de Los Andes (Villalba y otros, 2003).

La interacción de las masas de aire húmedo provenientes del Pacífico con la cordillera de Los Andes determina un fuerte gradiente oeste – este de precipitación a lo largo de la región alcanzando un máximo estimado cerca de la cresta andina, con valores entre 2.000-4.000 mm/año (Villalba y otros, 2003; Garreaud, 2009; Bianchi y otros, 2016) hasta más de 9.000 mm/año en el sector del Campo de Hielo Sur (DGA, 1987; Schwikowski y otros, 2013; Schaefer y otros, 2015; Sauter, 2019). En cambio, la mayor parte de la estepa patagónica, al este de la cordillera, recibe menos de 200 mm/año (Paruelo y otros, 1998; Garreaud y otros, 2013; Bianchi y otros, 2016). Sobre este ambiente, la distancia entre la cordillera y el mar, en el extremo oriental del continente, explica más del 90 % de la variabilidad espacial de la precipitación media anual (Jobbágy y otros, 1995).

Datos de precipitación utilizados y procesamiento

Se trabajó con 99 series de datos de lluvias mensuales almacenadas, catalogadas y documentadas en el Banco de Datos Hidrometeorológicos de INTA EEA Santa Cruz (BDHM). El BDHM se actualiza periódicamente con registros procedentes de

diversas fuentes públicas de datos como (i) la Dirección General de Aguas (DGA) de la República de Chile, (ii) el SMN de la República Argentina, (iii) la red de estaciones meteorológicas de INTA a través del proyecto SIPAS, y una (iv) red de estaciones meteorológicas particulares, no convencionales, propiedad de establecimientos agropecuarios, empresas mineras y petroleras instaladas en la región (Montserrat y otros, 2016). Los datos seleccionados cumplen una secuencia temporal continua entre enero de 1995 y diciembre de 2021.



Figura 1. Ubicación de las Regiones Hidrográficas (RHs) en la Patagonia Austral que cubren el territorio de Santa Cruz y otras regiones con recursos hídricos compartidos. Extraído de Diaz y otros, (2021).

SISTEMA	DERRAME	UH	DOMINIO	AREA
Rio Simpson	Pacífico	01	Binacional	12.182,6
Rio Senguer	Endorreico	02	Argentina	50.672,9
Rio Chubut *	Atlántico	03	Argentina	63.446,5
Golfo San Jorge	Atlántico	04	Argentina	30.455,7
Lago Buenos Aires	Pacífico	05	Binacional	28.475,7
Rio Deseado	Atlántico	06	Argentina	33.855,2
Planicie Central	Endorreico	07	Argentina	40.936,7
Lago San Martin	Pacífico	08	Binacional	14.047,6
Rio Santa Cruz	Atlántico	09	Argentina	29.291,0
Rio Seco	Atlántico	10	Argentina	23.910,3
Rio Vizcachas	Pacífico	11	Binacional	8.693,3
Rio Coyle	Atlántico	12	Argentina	29.424,0
Rio Gallegos	Atlántico	13	Binacional	19.351,4
Rio Chico (Central)	Atlántico	14	Argentina	34.141,8

Tabla 1. Zonificación y codificación propuestos para el territorio provincial. Extraído de Diaz y otros (2021). Donde: * Solo se analiza en el presente trabajo la subcuenca Río Chico, con recursos hídricos compartidos entre jurisdicciones. Su delimitación y cálculo de área procede de SSRH (2010); el ‘derrame’ es el que corresponde al nivel N1; El ‘Dominio’ consiste en la jurisdicción nacional; el área está expresada en km².

Se realizó un control de calidad y homogeneización de la base de datos, control de outliers y modelización de datos faltantes siguiendo procedimientos estandarizados por WMO (Alexandersson, 1986; Stěpánek, 2003; Stěpánek y otros, 2009; Llano y Penalba, 2011; WMO, 2012; Kashani y Dinpashoh, 2012; Stěpánek, 2015). Un detalle completo de los procedimientos aplicados puede encontrarse en Almonacid y otros (2021).

Análisis del 2021 y su modelización espacial

Para establecer la situación particular de las precipitaciones registradas durante el año 2021 se calculó, para cada estación pluviométrica, la relación porcentual entre éstas y las láminas promedio anual y estacionales registradas en el período de referencia PMA95–14, de forma de detectar las anomalías ocurridas, en exceso o defecto:

$$r_{2021-20y} = \frac{lám_{21}}{lám_{95-14}} * 100$$

Donde: **lám21**, lámina estacional o anual registrada entre enero y diciembre de 2021; **lám95-14**, lámina promedio estacional o anual para el promedio de 20 años entre 1995 y 2014; **r2021-20y**, representación porcentual de lo llovido durante un momento de interés de 2021 y su correspondiente en el período de referencia 1995 – 2014.

Para lograr una representación espacial continua sobre el territorio y el desarrollo posterior de cartografía temática, se ensayó una interpolación espacial mediante el método ‘Kriging Ordinario’, uno de los más robustos y comúnmente utilizados para predecir el comportamiento de variables en regiones con escasez de datos (Webster y Oliver, 2007; Berndt y Haberlandt, 2018). Un mayor detalle sobre su significado y ajustes puede consultarse en Almonacid y otros (2021).

Visualización de resultados

A efectos del presente informe, se implementó un semáforo mediante una escala de colores y descriptores (arbitrarios) para facilitar la interpretación de resultados de anomalías durante 2021, en relación al promedio 1995 – 2014:

	0 a 25%	Significativa variación -		95 a 105%	Sin variación
	25 a 50%	Importante variación -		105 a 125%	Ligera variación +
	50 a 75%	Moderada variación -		125 a 150%	Moderada variación +
	75 a 95%	Ligera variación -		> 150%	Importante variación +

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación media en la región

La precipitación media anual en el período PMA95–14, osciló entre extremos mínimos de 120 – 130 mm/año en el centro-norte de la provincia de Santa Cruz (SC) y centro oeste del Chubut (CH), hasta máximos de 780 mm/año para en el suroeste de SC, alcanzando valores extremos medios del orden de los 1.700 mm/año, en el

suroeste de CH, en la región del río Simpson (Anexo I.1). Más del 60 % del territorio analizado recibe anualmente tan solo entre 200 y 300 mm/año (Tabla 2), mientras que láminas mayores se presentan en proximidad de la cordillera de Los Andes, donde en una distancia menor a 100 km, de este a oeste y hasta su eje central, la PMA95-14 aumenta desde 200 a unos 750 mm/año.

La costa marítima, al este de CH y SC, presenta una PMA95-14 ligeramente mayor que la franja central, con regímenes de lluvias entre los 200 y 300 mm/año, con ligeras variaciones latitudinales, de entre los 200 – 270 mm/año entorno al Golfo San Jorge, 260 mm/año en el estuario del Río Santa Cruz y Bahía de Puerto San Julián, 250 mm/año en el estuario del río Coyle y entre 270 y 290 mm/año en el estuario del río Gallegos. Finalmente, sobre el Campo de Hielo Patagónico Sur, en la cresta de la cordillera andina, las lluvias pueden fácilmente superar valores anuales de 2.000 – 4.000 mm y hasta 9.000 mm (DGA, 1987; Villalba y otros, 2003; Garreaud, 2009; Schwikowski y otros, 2013; Bianchi y otros, 2016; Schaefer y otros; Sauter, 2019).

Otoño es la estación con mayor precipitación promedio (PMA95-14) en la mayoría de los puntos con registros, con un promedio de 77 mm/año en SC y CH (Figura 2). Unas pocas excepciones a esta regla, la representan zonas del sureste de SC (Río Gallegos) y centro (Gobernador Gregores), en las cuales los momentos anuales más húmedos son el verano y el invierno, respectivamente (Figura 2; Anexo I.2). No obstante, la variabilidad interanual es importante en prácticamente todos los puntos con registros en la región, especialmente entorno al otoño y el invierno (observable a través del comportamiento de los intercuartiles y los desvíos estándar), en general entre coeficientes de variación de 29,0% a 89,1% dependiendo de las estaciones en cuestión. Esta situación no permite establecer diferencias claras y significativas en las precipitaciones entre estaciones, para diferentes localidades de registro.

Durante el verano, gran parte del territorio se encuentra por debajo de la isohieta de 60 mm (I_{60}), con 3 regiones particularmente menos lluviosas, por debajo de la I_{30} : (i) el tramo medio de la RH09 del río Santa Cruz, en su embocadura sobre el lago Argentino, (ii) el tramo medio – superior de la RH06 del río Deseado y el tramo inferior del río Senguerr en la RH02 y (iii) el tramo superior del RH02 en las nacientes del río Senguerr (Anexo I.2).

Durante otoño e invierno, las I_{30} desaparecen y las I_{40} quedan acotadas a territorios pequeños e interiores en el centro y oeste de SC y noroeste de CH, con un corrimiento de las I_{60} desde la costa hacia el oeste. Sobre la franja cordillerana no ocurren desplazamientos significativos en las isohietas si bien en estas estaciones comienzan las precipitaciones de nieve, de las cuales se carece de registros históricos en buena parte de la región de interés, lo que dificulta su cuantificación y análisis.

Finalmente, la primavera es la estación menos lluviosa de la región (Figura 2), con un predominio de superficies bajo la I₆₀ (Anexo I.2).

	PMA	VAEq	PMv	PMo	PMi	PMp
RH01 – Rio Simpson *	519,8	609,6	87,7 (16,9 %)	152,9 (29,4 %)	196,8 (39,7 %)	82,3 (15,8 %)
RH02 – Rio Senguer	221,6	11.226,8	41,5 (18,8 %)	64,0 (28,9 %)	75,1 (33,9 %)	40,9 (18,5 %)
RH03 – Rio Chubut **	229,9	2.509,9	52,9 (23,0 %)	75,5 (32,8 %)	62,4 (27,1 %)	39,1 (17,0 %)
RH04 – Golfo San Jorge	236,6	7.206,7	54,5 (23,0 %)	75,2 (31,8 %)	66,0 (27,9 %)	41,0 (17,3 %)
RH05 – Lago Buenos Aires *	238,0	2.143,7	46,3 (19,5 %)	75,5 (31,7 %)	75,5 (31,7 %)	40,7 (17,1 %)
RH06 – Rio Deseado	184,0	6.224,2	37,9 (20,6)	54,6 (29,7 %)	58,2 (31,6 %)	33,2 (18,0 %)
RH07 – Planicie Central	189,1	7.741,9	48,1 (25,4 %)	53,9 (28,5)	55,7 (29,5 %)	31,4 (16,6 %)
RH08 – Lago San Martín*	367,3	2.868,7	78,7 (21,4 %)	111,8 (30,4 %)	108,7 (29,6 %)	68,2 (18,6 %)
RH09 – Rio Santa Cruz	249,6	7.414,2	63,0 (25,2 %)	78,4 (31,4 %)	66,7 (26,7 %)	41,5 (16,6 %)
RH10 – Rio Seco	229,5	5.502,6	64,2 (28,0 %)	61,7 (26,9 %)	67,4 (29,4 %)	36,2 (15,8 %)
RH11 – Rio Vizcachas *	264,9	553,2	61,7 (23,3 %)	73,8 (27,9 %)	59,7 (22,5 %)	69,7 (26,3 %)
RH12 – Rio Coyle	202,8	5.967,7	64,6 (31,9 %)	58,8 (29,0 %)	51,5 (25,4 %)	27,9 (13,8 %)
RH13 – Rio Gallegos	283,6	5.469,6	83,5 (29,5 %)	88,3 (31,1 %)	61,9 (21,8 %)	49,8 (17,6 %)
RH14 – Rio Chico	229,6	7.847,8	50,9 (22,2 %)	64,9 (28,3)	65,5 (28,5 %)	48,3 (21,0 %)
Promedio / Total	226,6	73.286,3	54,2	67,3	65,5	39,7

Tabla 2. Producción media anual de lluvias en las Regiones Hidrográficas (RHs) de Santa Cruz y sur del Chubut, durante 1995–2014. PMA, precipitación media anual, en mm; VAEq, volumen anual equivalente, en hm³; PMv, lluvia media de verano; PMo, lluvia de otoño; PMi, lluvia de invierno; PMp, lluvia de primavera; (*) solo se detallan láminas y volúmenes producidos en el sector argentino de las RHs; () solo la Subregión Hidrográfica (SH) del río Chico, compartida entre SC y CH. La ponderación final de láminas se realizó por superficie de las diferentes RHs.**



Figura 2. Distribución estacional de precipitaciones promedio, en el período 1995 – 2014, en diferentes localizaciones de Santa Cruz y Chubut.

Las RHs del Río Simpson (RH01) y Lago San Martín – O'Higgins (RH08) son las de mayor régimen pluviométrico de la región, con valores anuales promedio por sobre los 300 mm, una situación marcadamente por sobre el promedio regional de 226,6 mm/año y, muy especialmente, de las regiones con menores láminas anuales como RH06 del Río Deseado (184,0 mm) y RH07 Planicie Central (189,1 mm), (Tabla 2).

El volumen equivalente de estas lluvias anuales alcanza a 76.286,3 hm³ con un importante desequilibrio territorial en su distribución, en parte debido a las láminas y, por otra parte, a las superficies representativas de cada RH. Es importante tener presente que, en los cálculos presentados para el caso de regiones hidrográficas con

recursos hídricos compartidos, solo se han tomado en consideración las proporciones de lluvias caídas en territorio argentino cuando la RH fuera de vertiente pacífica. En el caso de vertientes atlánticas, como la RH13 del Río Gallegos, los cálculos son completos para su superficie (Tabla 1).

Situación de lluvias en 2021, ¿se trató de un año particularmente poco lluvioso?

El año 2021 fue percibido regionalmente como un año particularmente 'seco', en términos de las láminas totales de precipitación líquida registradas. Sin embargo, el fenómeno no resultó homogéneo ni en espacio ni en intensidad, incluso observándose situaciones inversas en algunas zonas dispersas.

No obstante haberse presentado una importante variabilidad regional en la situación de lluvias en ambas provincias analizadas, en especial dentro de cada una de la RH que componen el territorio, solo en dos RHs se presentó una situación promedio entorno a la normalidad (RH04 y RH14), dos presentaron anomalías en alza (RH 08 y RH 09) y las restantes, anomalías en baja (RH01, RH02, RH03, RH05, RH06, RH07, RH10, RH11, RH12 y RH13), (Tabla 2).








En el extremo sur de Santa Cruz, en las RH12 y RH13 (Ríos Gallegos y Coyle, respectivamente), la baja en los registros de precipitación anual osciló entre un 51,7 % – 59,5 % respecto a las láminas del PMA95-14, con un ligero incremento en la RH11 (Río Vizcachas), de hasta un 80,0% (Tabla 3). En particular, la franja central y costera de estas RH evidenció las situaciones más secas, con hasta un 40% de láminas de lluvia respecto a PME95-14 o, lo que es similar, un 60% menos precipitación que durante el período de referencia (Figura 3). Algunos pequeños sectores, como en el noroeste de la RH 12 Río Coyle, y en las cabeceras de los ríos El Zurdo y Ci Aike (Chico Sur), en el centro sur de la RH 13 Río Gallegos, evidenciaron una situación promedio de precipitación, similar a PMA95-14, o incluso una ligera alza (110 a 120% respecto a PMA95-14).

La zona más afectada por las anomalías de precipitación de 2021, en estas RHs, ocurrió en la región comprendida entre La Esperanza, Camusu Aike, Lemarchand y Las Horquetas, en donde tan solo se registraron lluvias por un equivalente de entre 2,5 y 20,3 % de las lluvias anuales esperadas (Figura 3). A modo de ejemplo, en Ea. La Porfiada, en el centro norte de la RH12 del río Coyle, los registros de 2020 y 2021 totalizaron unos 79,1 y 74,5 mm/año en relación con un PMA95-14 de 177,4 mm y máximos absolutos registrados de entre 242,0 y 306,0 mm entre 1995 y 2021 (Figura 4). Con la excepción de unas pocas zonas durante el invierno, el resto de las

estaciones para el sur de Santa Cruz fue notablemente deficitario en lluvias, en especial la primavera y luego el verano (Tabla 3). La RH12 del Río Coyle fue la más afectada entre todas éstas (Anexo II.1).

En términos absolutos, en la zona central – sur de esta región (mayor parte de la RH12 Río Coyle y centro de la RH13 Río Gallegos), durante la primavera, se documentaron láminas precipitadas extremas mínimas de entre 1,9 y 10,2 mm (Anexo III.1). Durante el verano entre 4,2 y 9,9 mm, ligeramente hacia el suroeste.

	a_21-20y	v_21-20y	o_21-20y	i_21-20y	p_21-20y
RH01 – Río Simpson *	80,5 %	103,9 %	85,4 %	77,6 %	75,5 %
RH02 – Río Senguer	95,4 %	95,1 %	102,5 %	92,8 %	83,7 %
RH03 – Río Chubut **	85,2 %	63,8 %	110,2 %	90,5 %	48,9 %
RH04 – Golfo San Jorge	100,0 %	100,7 %	138,1 %	91,5 %	63,2 %
RH05 – Lago San Martín *	73,9 %	121,6 %	67,1 %	56,0 %	71,4 %
RH06 – Río Deseado	92,1 %	146,2 %	103,8 %	67,2 %	71,6 %
RH07 – Planicie Central	98,7 %	153,3 %	93,4 %	61,2 %	76,7 %
RH08 – Lago San Martín *	126,4 %	114,2 %	86,5 %	100,0 %	224,0 %
RH09 – Río Santa Cruz	132,8 %	38,8 %	85,7 %	113,3 %	240,4 %
RH10 – Río Seco	85,4 %	110,1 %	94,5 %	57,3 %	70,9 %
RH11 – Río Vizcachas *	80,0 %	40,8 %	88,5 %	108,2 %	63,7 %
RH12 – Río Coyle	51,7 %	32,8 %	59,1 %	80,2 %	22,1 %
RH13 – Río Gallegos	59,5 %	46,4 %	43,8 %	113,0 %	39,4 %
RH14 – Río Chico	100,5 %	106,0 %	98,0 %	83,0 %	82,3 %
PROMEDIO (ponderado)	92,7 %	96,7 %	93,5 %	83,4 %	86,4 %

Tabla 3. Proporción porcentual de las precipitaciones líquidas medias, en cada una de las grandes RHs de Santa Cruz y sur del Chubut, en 2021 en relación al período de referencia 1995–2014. Ra 21-20y, relación de las lluvias medias anuales; Rv 21-20y, relación de las lluvias de verano; Ro 21-20y, relación de las lluvias de otoño; Ri 21-20y, relación de las lluvias de invierno; Rp 21-20y, relación de las lluvias de primavera; (*) solo se detalla láminas y volúmenes producidos en el sector argentino de las RH; (**) solo la Subregión Hidrográfica (SH) del río Chico, compartida entre SC y CH. Intensidades de color cambiantes enfatizan rangos de exceso o déficit de lluvias durante 2021 en relación al PMA95-14:  >50% de excedencia;  entre 25 – 50% de excedencia;  entre 0 – 25% de excedencia;  sin modificación;  entre 0 – 25% de déficit;  entre 25 – 50% de déficit;  >50% de déficit.

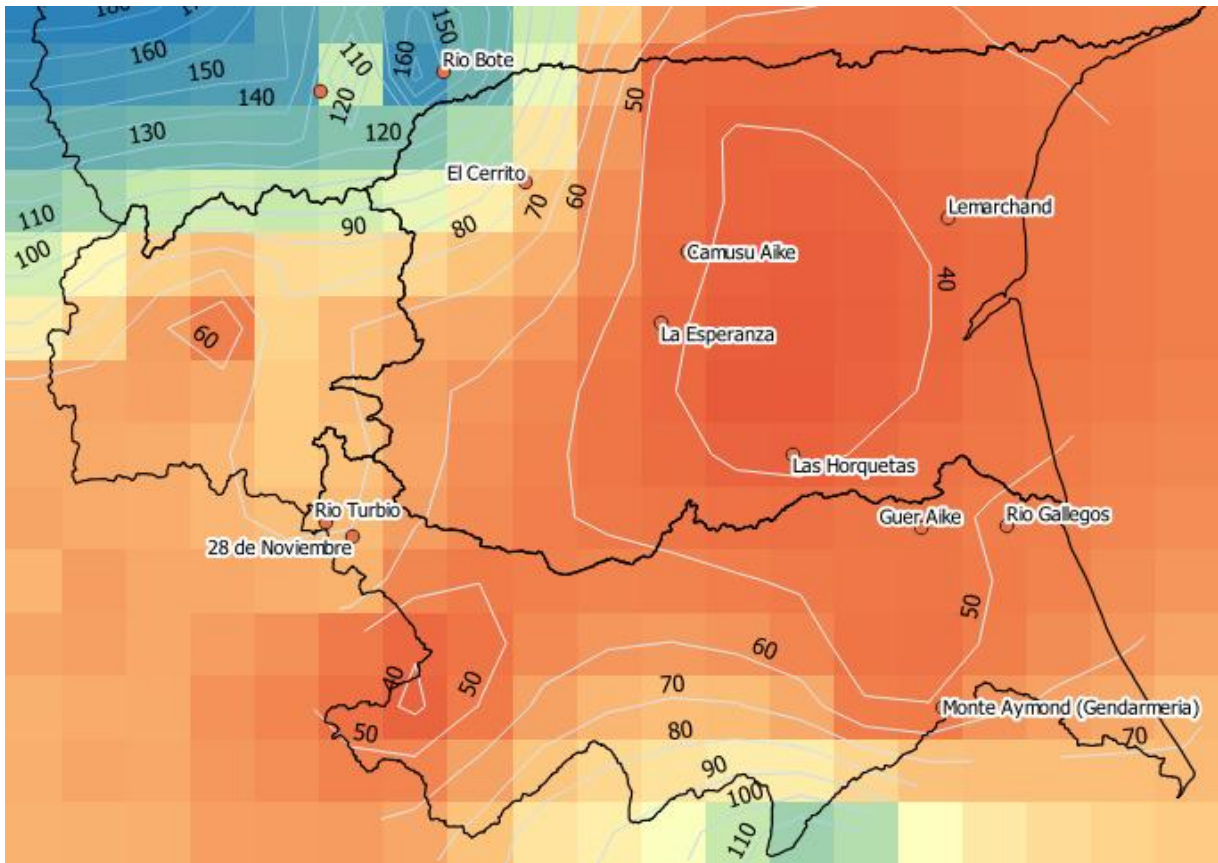


Figura 3. Isolíneas de igual proporción porcentual de lluvias totales anuales durante 2021 en relación al promedio del período de referencia 1995–2014, en RHs del sur de Santa Cruz.

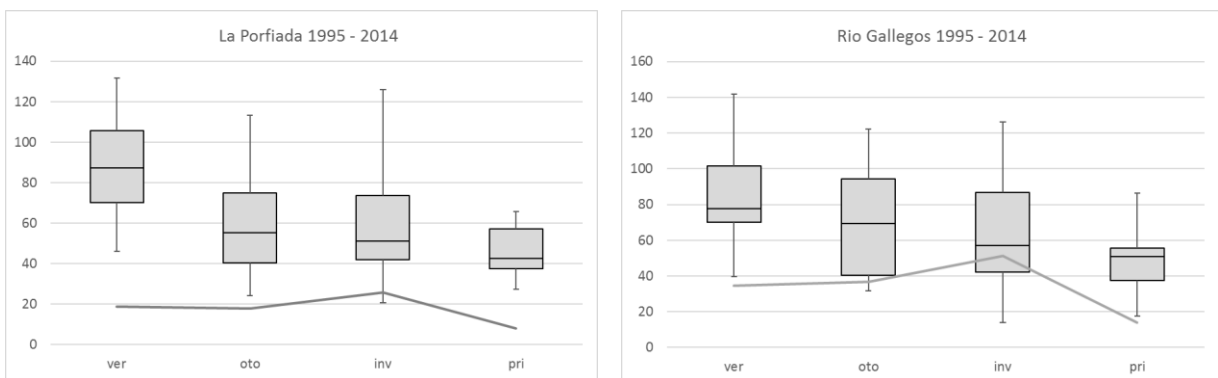


Figura 4. Distribución estacional de precipitaciones promedio y desvíos, en el período 1995–2014 (gráfico de cajas y barras) en diferentes localizaciones del centro – sur de Santa Cruz y situación de lluvias durante 2021 (trazo gris).

La región central de Santa Cruz es, en términos generales, una de las menos lluviosas de la provincia, prácticamente durante todo el año (Anexo I.1 y I.2). Durante 2021, el descenso en la producción de lluvias anuales, resultó más moderada que en el sur, si bien con fuertes contrastes entre zonas con importantes excedencias por sobre el PMA95-14 (126,4 % a 132,8 % en promedio en las RH08 y RH09) y otras con un promedio por debajo (85,4% a 98,6% en las RH07 y RH10), (Tabla 2). Dentro de todas las RHs se presentaron importantes heterogeneidades, desde zonas con escasas lluvias, del orden del 50,0% o menos y hasta un 90,0% de la PMA95-14, como los tercios medio y bajo de la región de los ríos Chico y Chalia (RH14), tercio sur de la RH 10 (Río Seco) y tercios medio e inferior del río Santa Cruz (RH 09), hasta zonas de importantes excedencias de lluvias como el tercio superior de la RH 09 del río Santa Cruz (Figura 6), en especial entorno a la cuenca del río de las Vueltas (Figura 5), con láminas acumuladas de entre 120,0% y hasta un 280,0%.

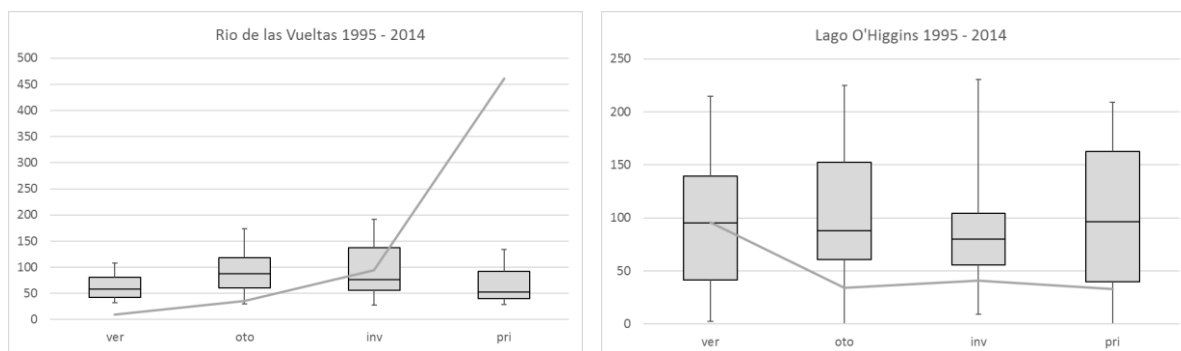


Figura 5. Distribución estacional de precipitaciones promedio y desvíos, en el período 1995–2014 (gráfico de cajas y barras) en diferentes localizaciones del centro – norte de Santa Cruz y situación de lluvias durante 2021 (trazo grisado).

En términos absolutos, durante el verano, la mayor proporción del territorio recibió una lámina acumulada entre 10 y 20 mm, bastante similar a lo ocurrido en la primavera incluso con amplios sectores con valores extremos entorno a 1,9 y 5,9 mm (Anexo III.2). Otoño e invierno se mantuvieron como las estaciones relativamente más húmedas, en especial entorno al Golfo San Jorge, con I₅₀ a I₈₀ y la precordillera y cordillera, mayormente por sobre la I₆₀.

En el norte de SC y sur de CH se presentó, durante el 2021, un mosaico de situaciones, desde extremos secos entorno a Los Antiguos y Perito Moreno (45,9% a 65,7% de las lluvias documentadas en el PMA95-14); en Alto Rio Senguer, en el

centro – occidental de la RH 02 Río Senguer (60,0% a 81,9% de la PMA95-14); entorno a Bosque Petrificado, en el centro de Chubut (59,1% a 62,7% de la PMA95-14); y extremos húmedos, como la franja costera entorno al Golfo San Jorge (RH04 y este de la RH06), con láminas acumuladas entre un 100,0% y hasta un 140,0 % de las lluvias del período PMA95-14, el norte de la RH02 Río Senguerr, al sur de Tecka y al noreste de Paso Guenguel, con hasta un 160,0 % de precipitaciones (Figura 7).

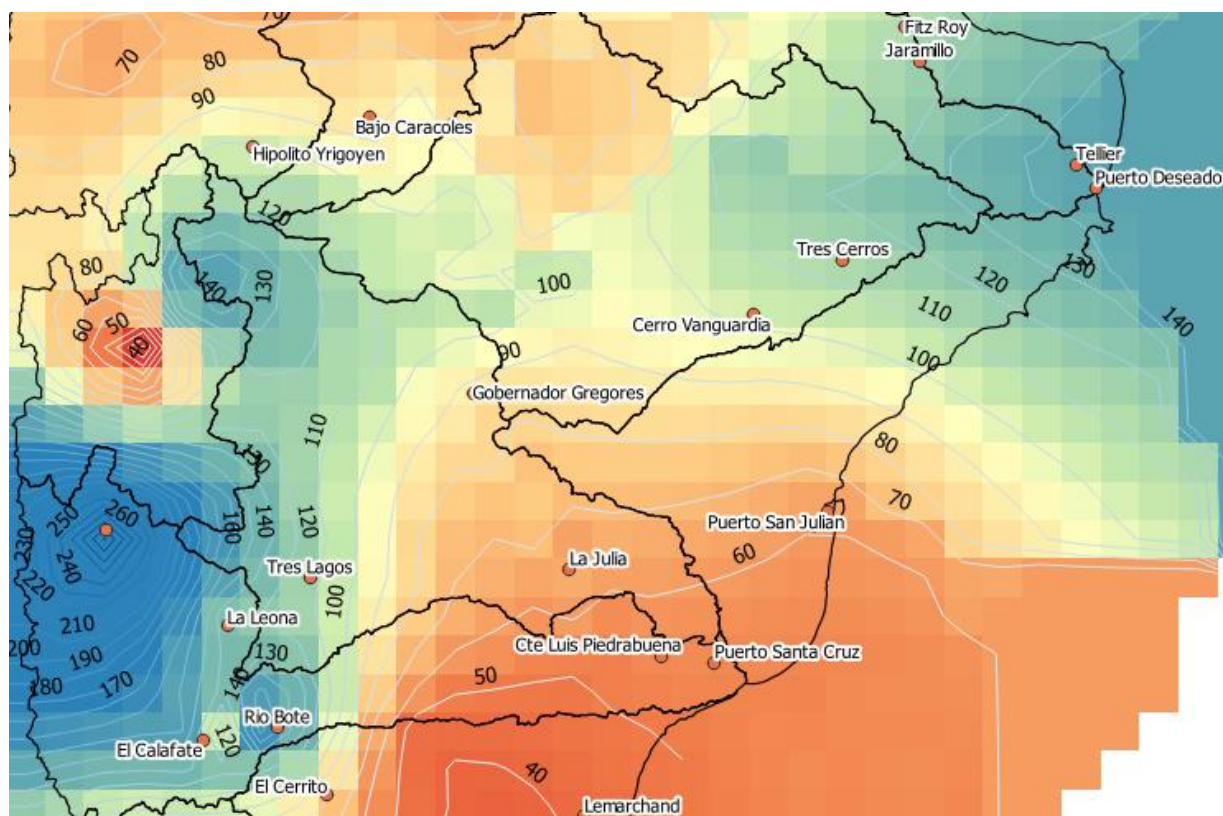


Figura 6. Isohietas de igual proporción porcentual de lluvias totales anuales durante 2021 en relación al promedio del período de referencia 1995–2014, en RHs del centro - norte de Santa Cruz.

Este patrón de distribución del comportamiento de lluvias durante el año se replica en las diferentes estaciones con la única excepción del verano, en el cual la zona noroeste de la RH02 resultó notablemente menos lluviosa que lo esperado, con valores por debajo del 40% respecto al PMA95-14 (Anexo II.3). En esta estación, las precipitaciones por debajo de lo esperado se concentraron en la porción central de Chubut, siendo en el resto del territorio analizado notablemente por sobre el promedio, con porcentajes por sobre el 200%.

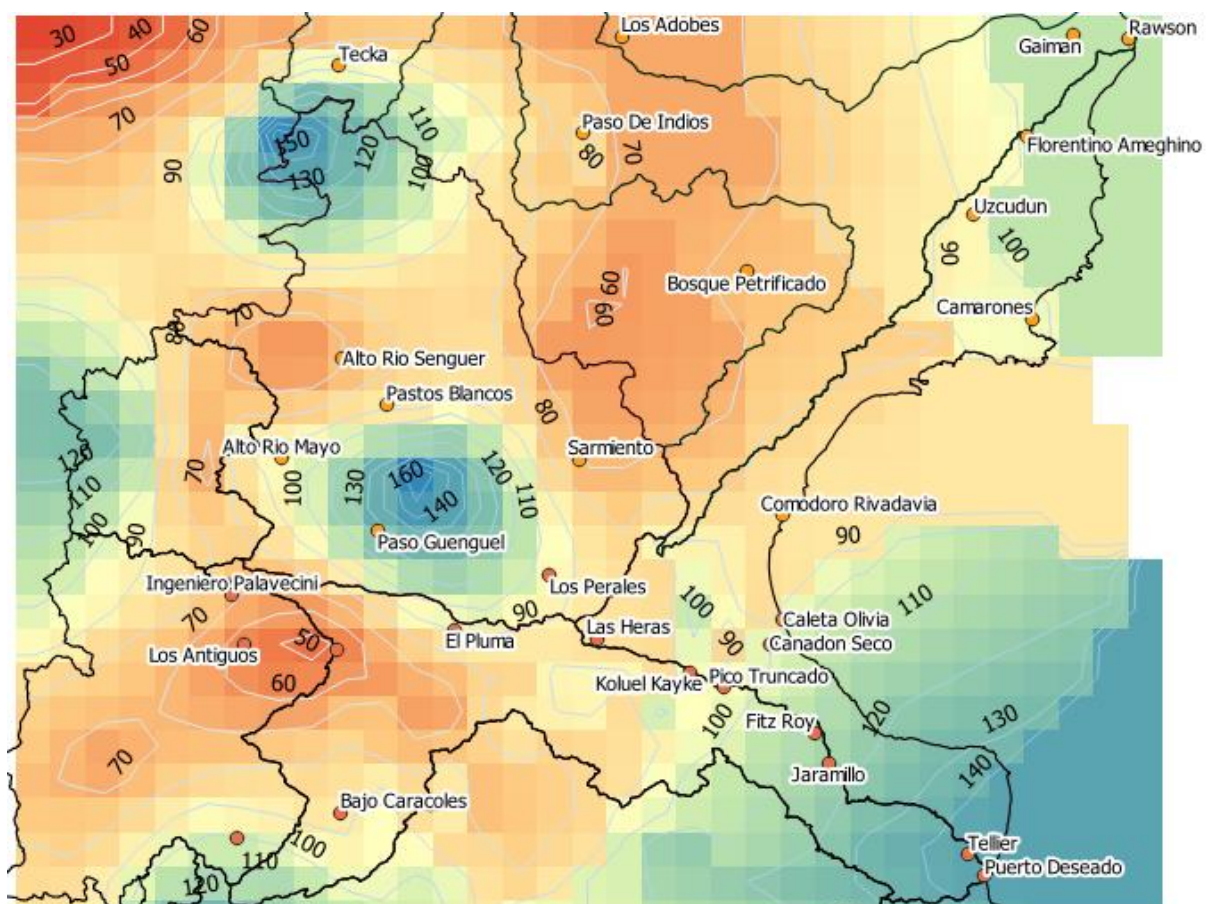


Figura 7. Isolíneas de igual proporción porcentual de lluvias anuales durante 2021 en relación al promedio del período de referencia 1995–2014, en RHs del norte de Santa Cruz y centro – sur de Chubut.

CONCLUSIONES

- Las lluvias anuales durante el año 2021 presentaron un mosaico de situaciones, desde regiones hidrográficas con valores por debajo del promedio de lo registrado durante el período 1995–2014, entre un 80,0% y 98,7%, hasta regiones con un importante incremento, entre 126,4 y 132,8%, siendo el promedio regional de un 92,7%. Situaciones particularmente críticas se observaron al sureste y noroeste de Santa Cruz, en particular a escala de RH en la región del río Coyle, en donde se registraron los valores de precipitación más bajos del año. También existieron

importantes zonas con escasas lluvias como las nacientes del río Deseado (RH06), la región de los lagos Carrera – Buenos Aires (RH05), centro oeste de la RH02 del río Senguerr, RH08 del Lago San Martín – O’Higgins y RH11 del río Vizcachas – Serrano.

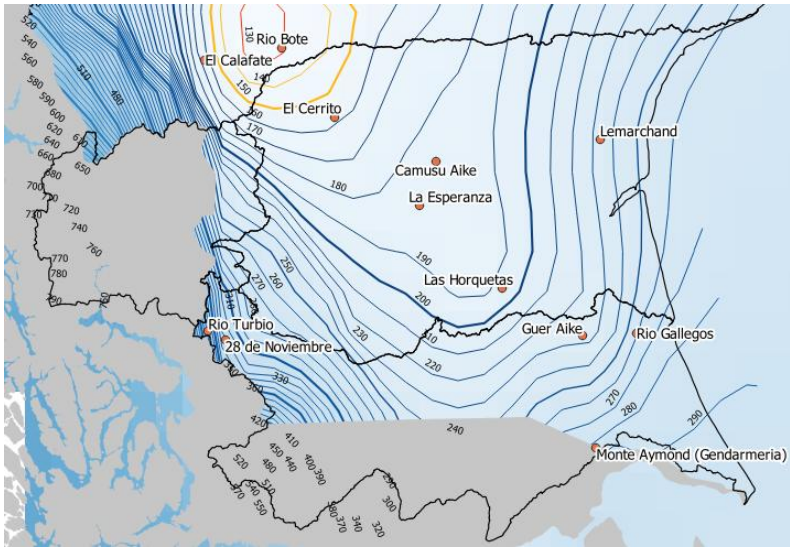
- Importantes superficies del territorio también acusaron más lluvias durante 2021 en relación al PMA95-14, como los tramos medio y alto de la RH09 del río Santa Cruz, zona alta del río Chico Central (RH14), buena parte del Golfo San Jorge y algunos nodos en la región del río Senguerr. En ocasiones en estas zonas se registraron niveles de precipitación por sobre el 200% de las láminas totales anuales esperadas.
- Las estaciones presentaron comportamientos que difieren del patron espacial observado en el anual. El verano, por ejemplo, presentó dos grandes comportamientos en la región, por un lado un claro predominio de mayor precipitación en relación al PMA95-15 desde la porción media de la RH02, en el centro y sur de Chubut hasta el centro de la provincia de Santa Cruz. El resto de la región se presentó notablemente menos lluviosa, con extremos por debajo del 20% del PMA95-14 en la región del río Coyle y al noroeste del Senguerr. La primavera, por su parte resultó en un claro predominio de escasas lluvias en todo el territorio, con pocas y dispersas excepciones en las cuales se registraron lluvias por sobre el promedio, como en las cuencas altas de RH14 y RH09. Otoño e invierno evidenciaronn mosaicos cambiantes en el espacio, para ambos tipos de patrones.
- La situación descrita en el presente informe aún consiste en un conocimiento parcializado del comportamiento de las precipitaciones dado que en la región se carece de registros nivométricos, actuales o históricos, a escala regional. Durante el invierno y comienzos de la primavera, estas contribuciones al almacenamiento del suelo, a la recarga de mantos de nieve y hielo en zonas englasadas, como así también de acuíferos y escurrimientos de superficie pueden ser considerables, aunque por el momento desconocidas. En años recientes, estas precipitaciones también se han percibido como decrecientes no obstante lo cual no resulta posible un ejercicio cuantitativo de tal fenómeno, hasta el momento.
- De lo expuesto puede concluirse que no toda la región experimentó el fenómeno de escasez de lluvias de igual manera e intensidad. Durante el 2021 se presentó un mosaico de situaciones contrastantes, entre niveles de escasez significativa de lluvias, en relación a lo esperado, y comportamientos contrarios, con láminas anuales y estacionales extraordinariamente altas.

BIBLIOGRAFIA

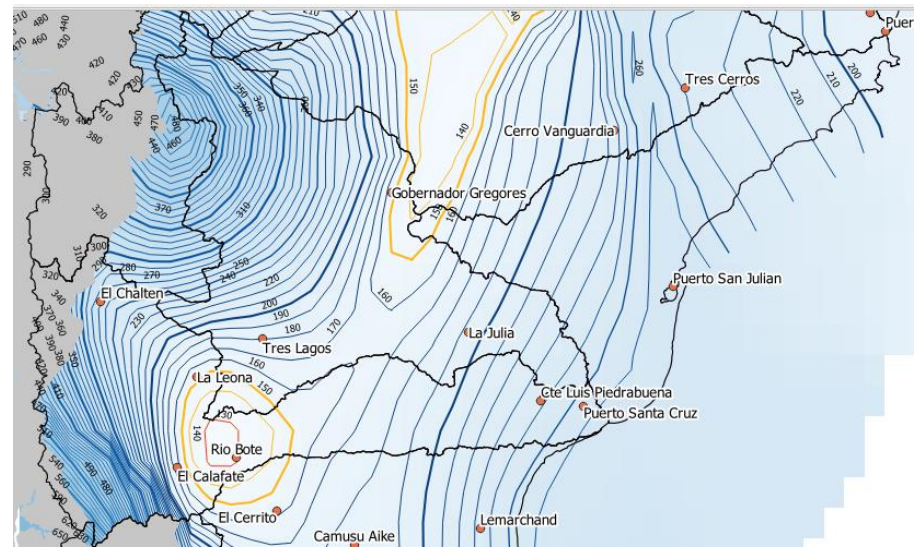
- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, Vol. 6, 661 - 675.
- Almonacid, L., Pesacg, N., Diaz Boris, G., Bonfili, O. & Peri, P.L. (2022). Nueva base de datos reticulada de temperatura para la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Meteorológica* 47(1): 1-12.
- Almonacid, L., Pessacg, N., Diaz, B.G., Bonfili, O. & Peri, P.L. (2021). Nueva base de datos reticulada de precipitación para la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Meteorológica* Vol.46(2), 27-54.
- Berndt, C. & Haberlandt, U. (2018). Spatial interpolation of climate variables in Northern Germany - Influence of temporal resolution and network density. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15: 184 - 202.
- Bianchi, E., Villalba, R., Viale, M., Couvreaux, F. & Marticorena P. (2016). New precipitation and temperature grids for northern Patagonia: Advances in relation to global climate grids. *Journal of Meteorological Research*, 30: 38 - 52.
- DGA (1987). Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, Santiago, Chile. <https://snia.mop.gob.cl/sad/SUP1540.pdf>
- Diaz Boris, G., Giménez, M., Almonacid, L., Gaspari, F., Bertinat, M. & Peri, P.L. (2021). Delineación y codificación de cuencas hidrográficas en la Patagonia Austral. *Boletín Geográfico*, año LXIII, No.43(2), 51 – 69.
- Garreaud, R.D. (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences.*, 22, 3 - 11.
- Garreaud, R.D., Lopez, P., Minvielle, M. & Rojas, M. (2013). Large-Scale Control on the Patagonian Climate. *American Meteorological Society*, Vol. 26, 215-230 p.
- Jobbágy, E.G., Paruelo, J.M. & León, R.J. (1995). Estimación del régimen de precipitación a partir de la distancia a la cordillera en el noroeste de la Patagonia. *Ecología Austral*, 5, 47 - 53.
- Kashani, M. H. & Dinpashoh, Y. (2012). Evaluation of efficiency of different estimation methods for missing climatological data. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26: 59-71.
- Llano, M.P. & Penalba, O. (2011). A climatic analysis of dry sequences in Argentina. *International Journal of Climatology*, 31: 504-513.
- Monserrat, M. C., Diaz, B. G., Bonfili, O., Almonacid, L. (2016). Banco de datos hidrometeorológicos de Santa Cruz. Presentado en: 3er encuentro de

- Investigadores en Formación de Recursos Hídricos (IFRH, 2016), 6 y 7 de octubre, Ezeiza, Buenos Aires, 8p.
- Paruelo, J. M., Beltrán, A., Jobbágy, E., Sala, O., Golluscio, R. A. (1998). The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral*, 8, 85-101.
- Sauter, T. (2019). Revisiting extreme precipitation amounts over southern South America and implications for the Patagonian Icefields. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2019, 225, 20p.
- Schaefer, M., Machguth, H., Falvey, M., Casassa, G., Rignot, E. (2015). Quantifying mass balance processes on the Southern Patagonia Icefield. *The Cryosphere* 9(1), 25 – 35. doi:10.5194/tc-9-25-2015.
- Schwikowski, M., Schläppi, M., Santibañez, P., Rivera A., Casassa G. (2013). Net accumulation rates derived from ice core stable isotope records of Pío XI glacier, Southern Patagonia Icefield. *The Cryosphere* 7(5), 1635 – 1644. doi:10.5194/tc-7-1635-2013.
- Stěpánek, P. (2003). AnClim - software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. Of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB.
- Stěpánek, P. (2015). AnClim and ProClimDB software for data quality control and homogenization of time series. *Geophysical Research Abstracts*, Vol.17. www.climahom.eu.
- Stěpánek, P., Zahradniček, P., Skalák, P. (2009). Data quality control and homogenization of air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic in the period 1961 - 2007. *Advances in Science and Research*, 3, 23 -26.
- Villalba, R., Lara, A., Boninsegna, J.A., Masiokas, M., Delgado, S., Aravena, J.C., Roig, F.A., Schmelter, A., Wolodarsky, A. & Ripalta, A. (2003). Large-scale temperature changes across the southern Andes: 20th-century variations in the context of the past 400 years. *Climatic Change*, 59, 177 – 232.
- Webster, R. & Oliver, M.A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley & Sons, Ltd (Second, Vol. 1).
- WMO. 2012. Standardized precipitation index user guide. WMO No.1090, Switzerland. 24p.

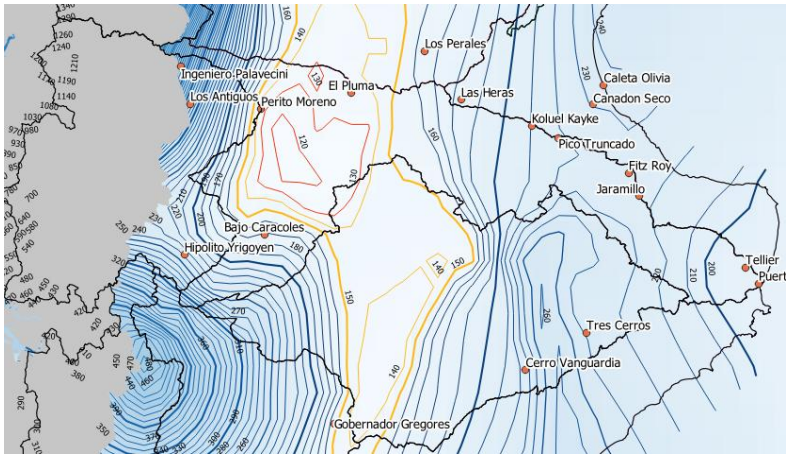
ANEXO I.1. Isohietas anuales del período PMA95–14.



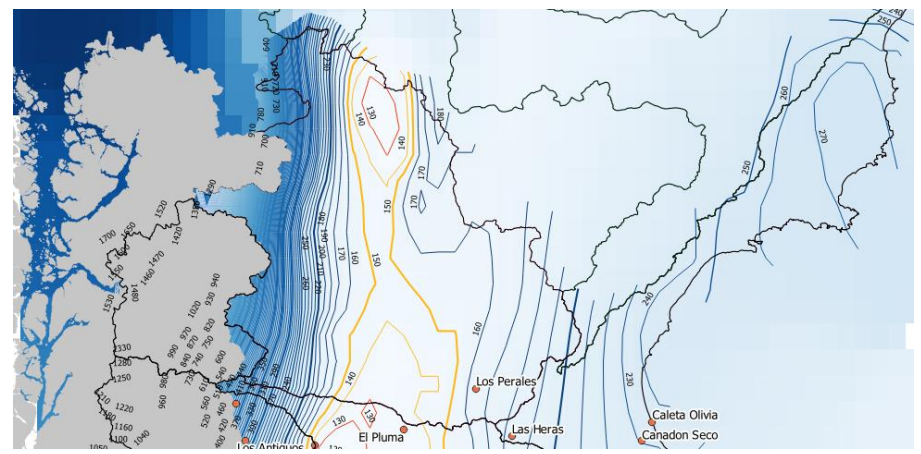
Región sur de Santa Cruz y Magallanes (RH13, RH12 y RH11)



Región central de Santa Cruz (RH08, RH09, RH14, RH10)

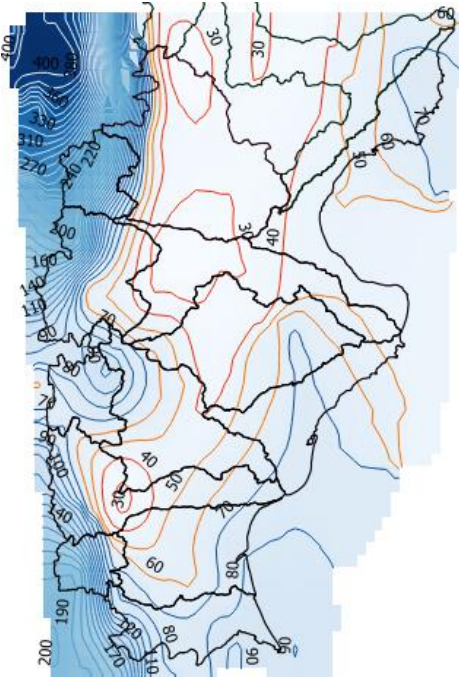


Región norte de Santa Cruz y sur de Chubut (RH07, RH06, RH05, RH04)

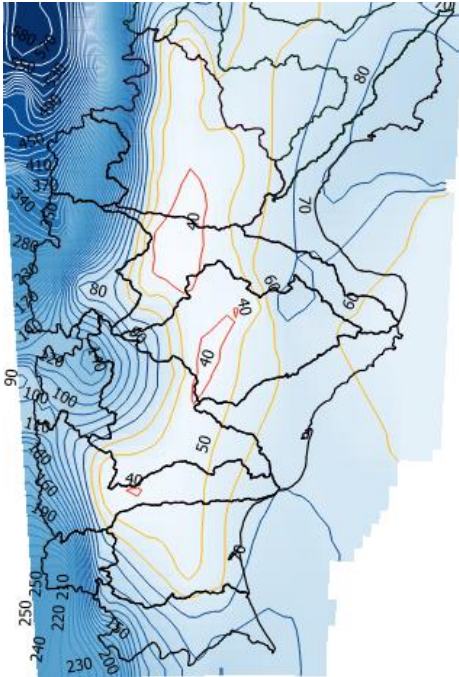


Región sur de Chubut (RH01, RH02, RH03, RH04)

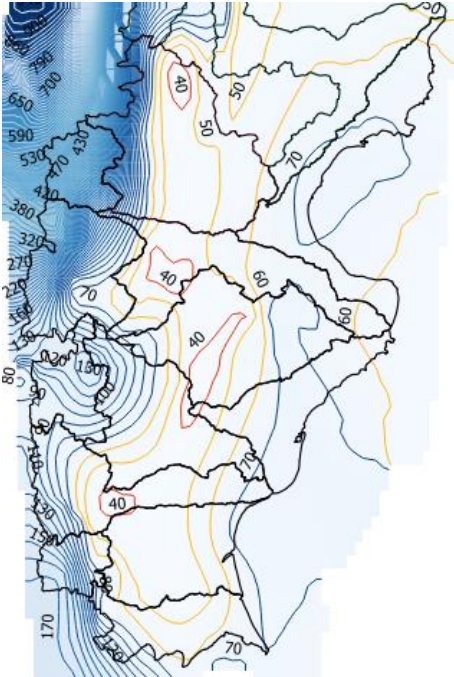
ANEXO I.2. Isohietas medias estacionales del período PMA95-14



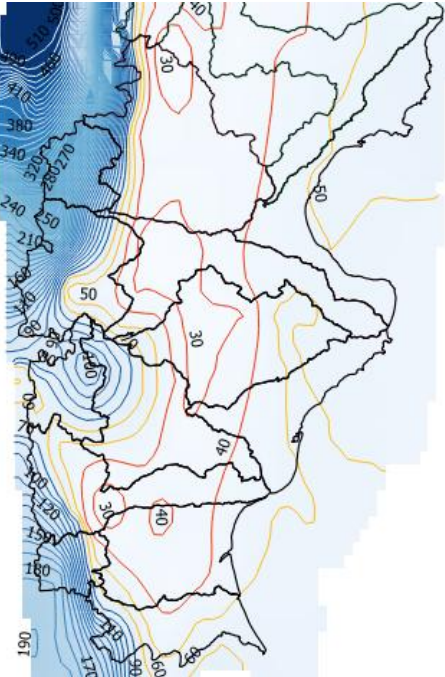
Verano



Otoño

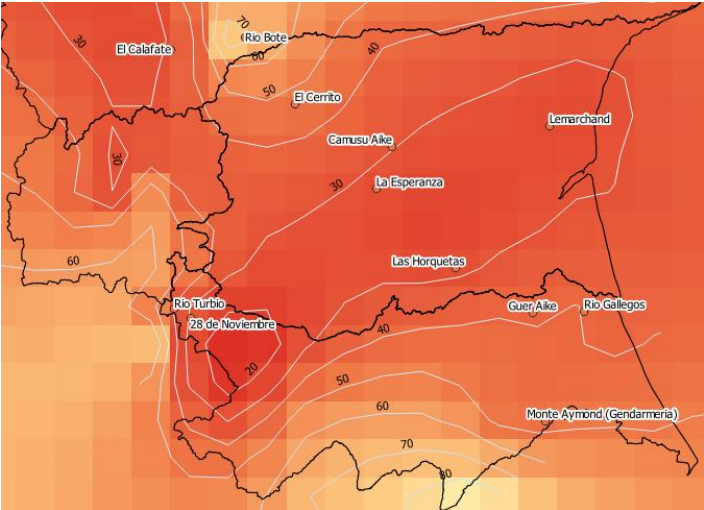


Invierno

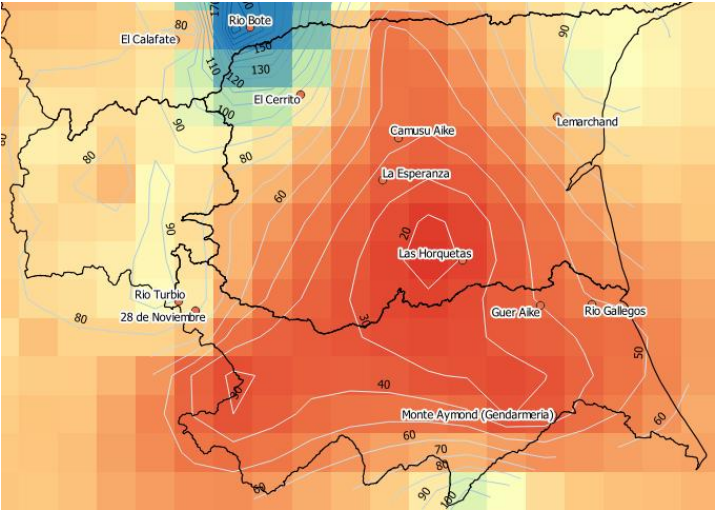


Primavera

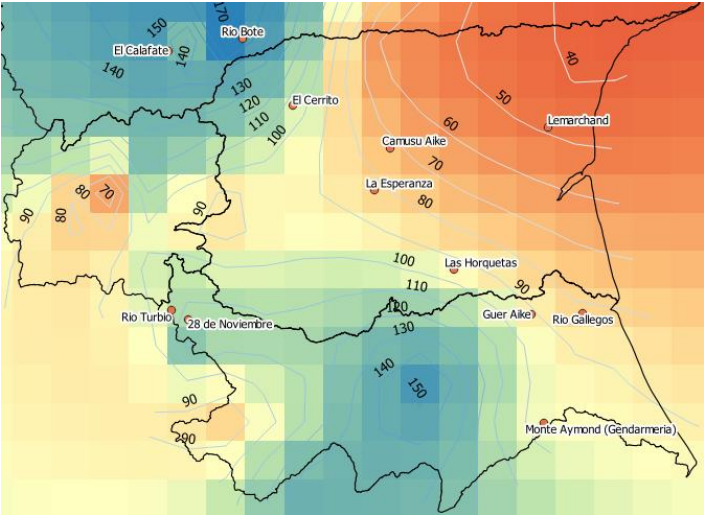
ANEXO II.1. Isolinias estacionales de anomalía en la precipitación de 2021, en relación al período PMA95–14, para la región sur de Santa Cruz.



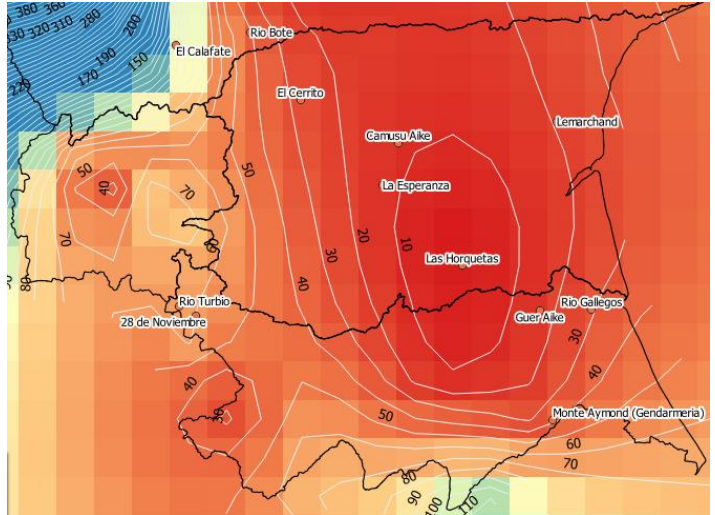
Verano



Otoño

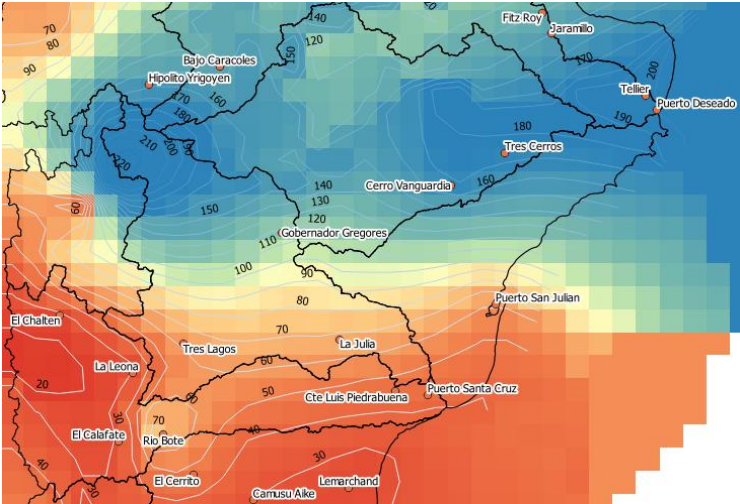


Invierno

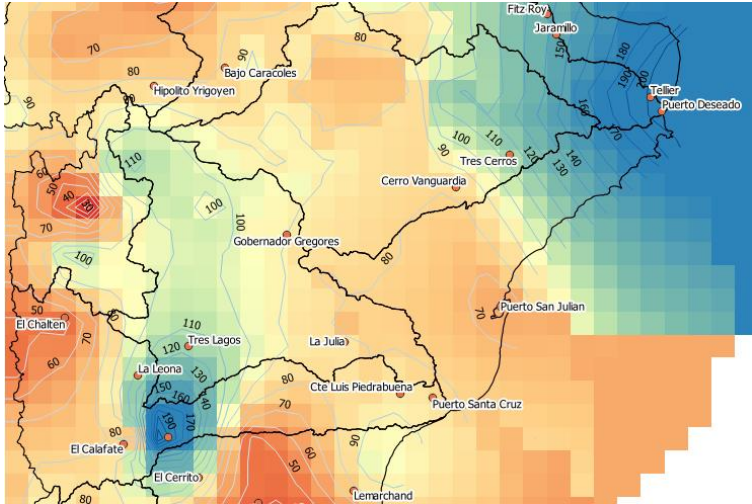


Primavera

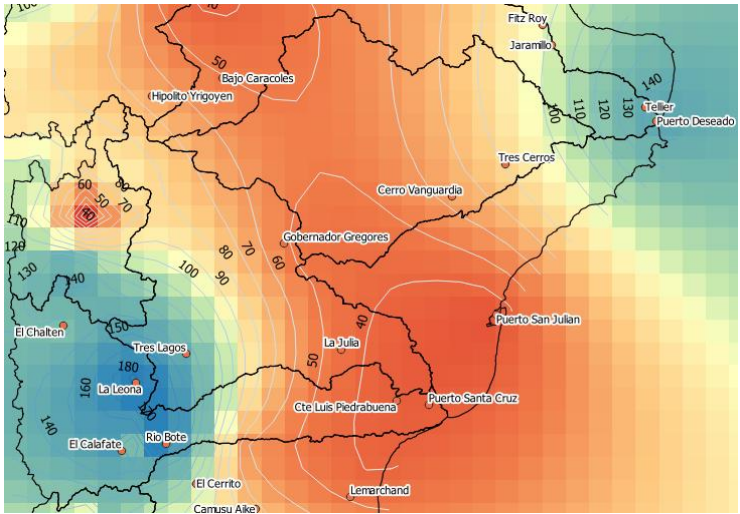
ANEXO II.2. Isolneas estacionales de anomalía en la precipitación de 2021, en relación al período PMA95-14, para el centro de Santa Cruz.



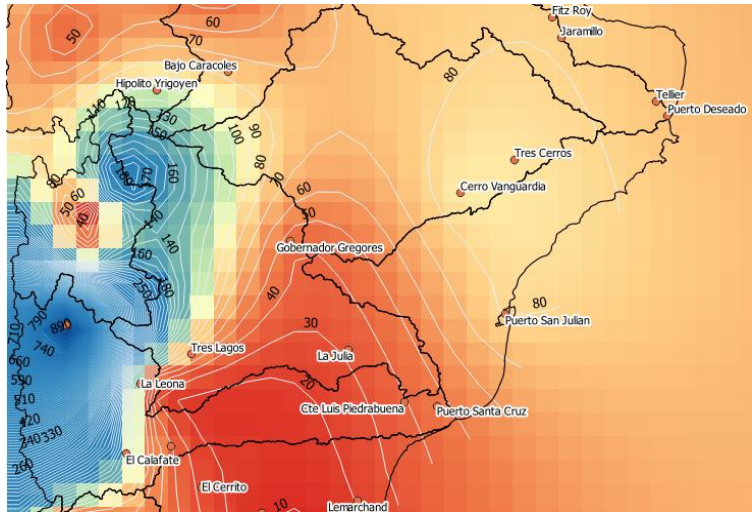
Verano



Otoño

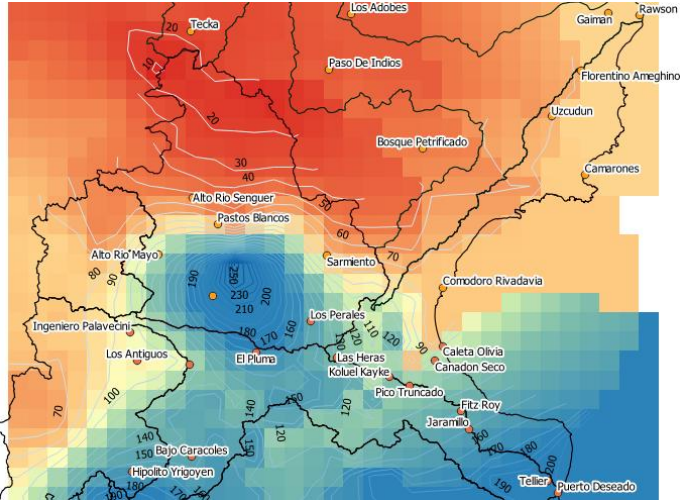


Invierno

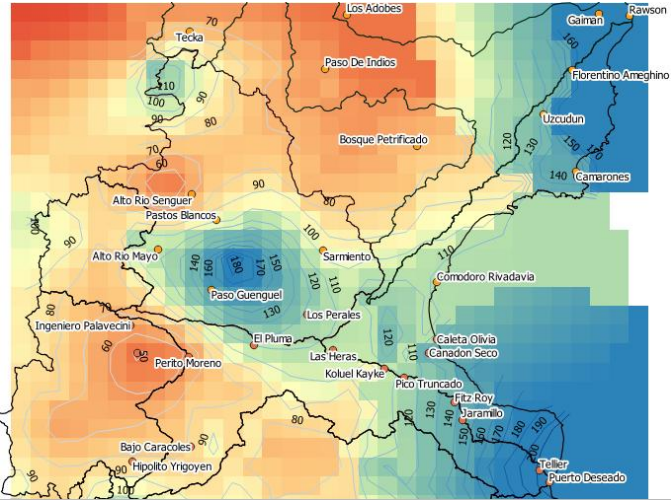


Primavera

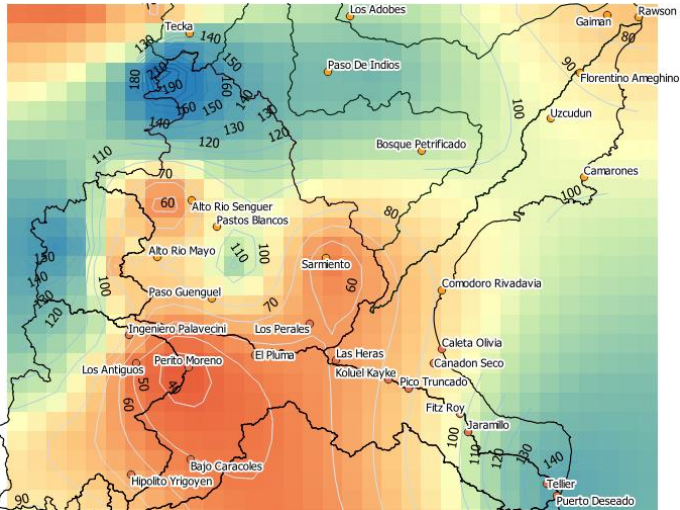
ANEXO II.3. Isolinias estacionales de anomalía en la precipitación de 2021, en relación al PMA95–14, en el norte de Santa Cruz y sur de Chubut.



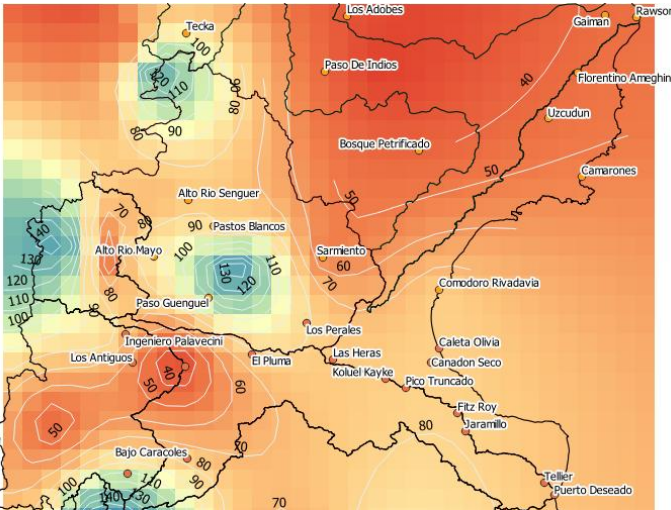
Verano



Otoño

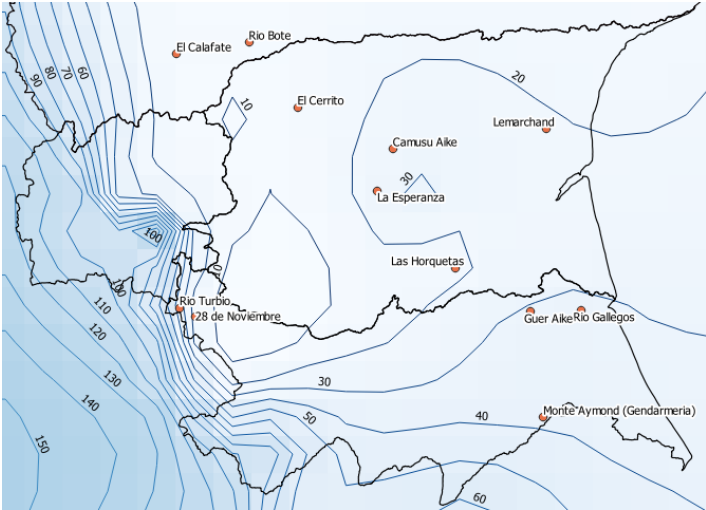


Invierno

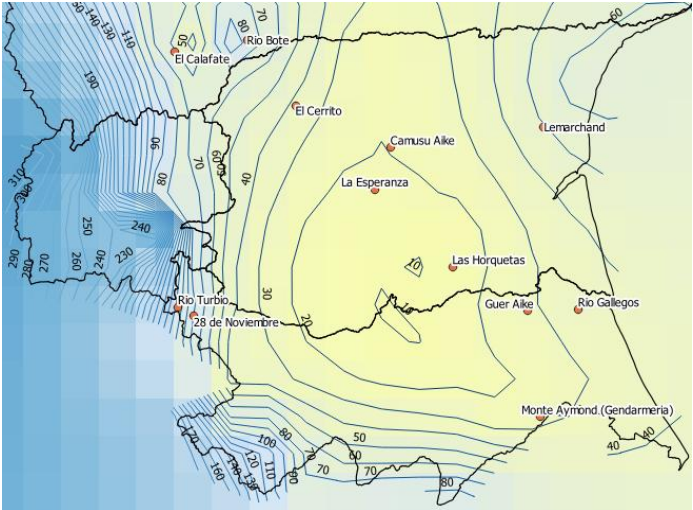


Primavera

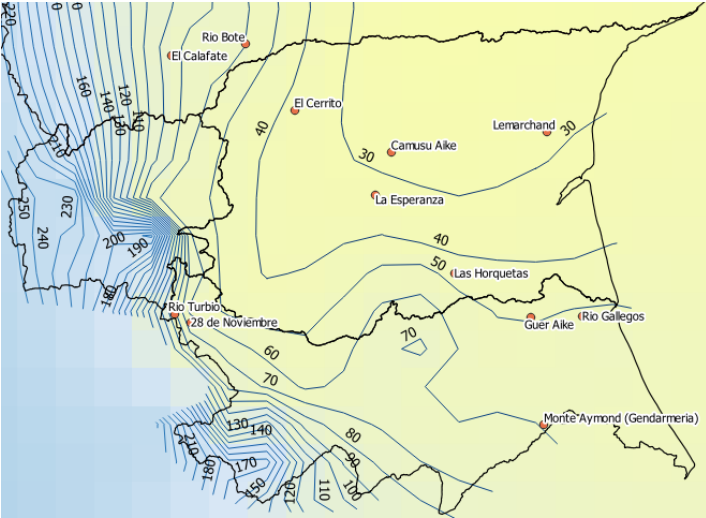
ANEXO III.1. Isohietas estacionales de 2021, para la región sur de Santa Cruz, expresadas en mm.



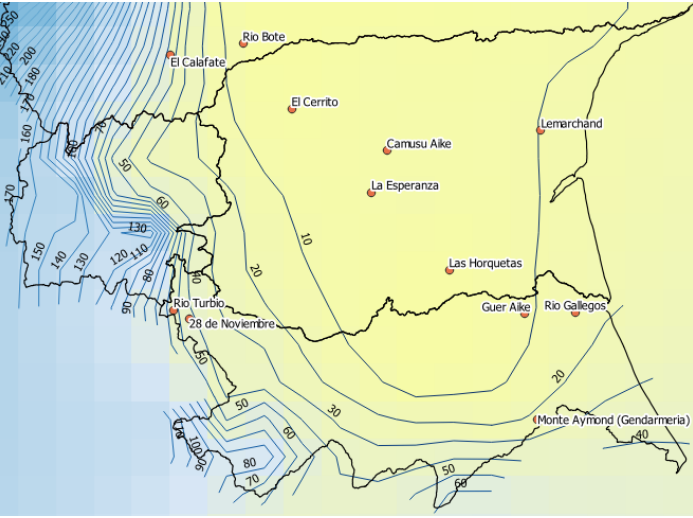
Verano



Otoño

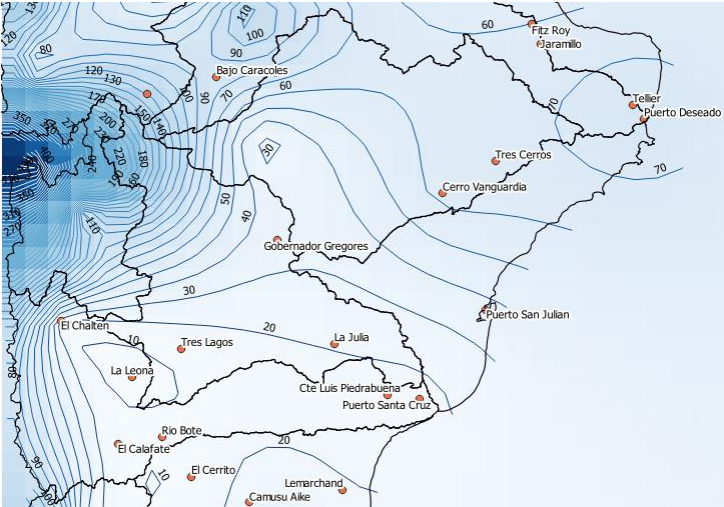


Invierno



Primavera

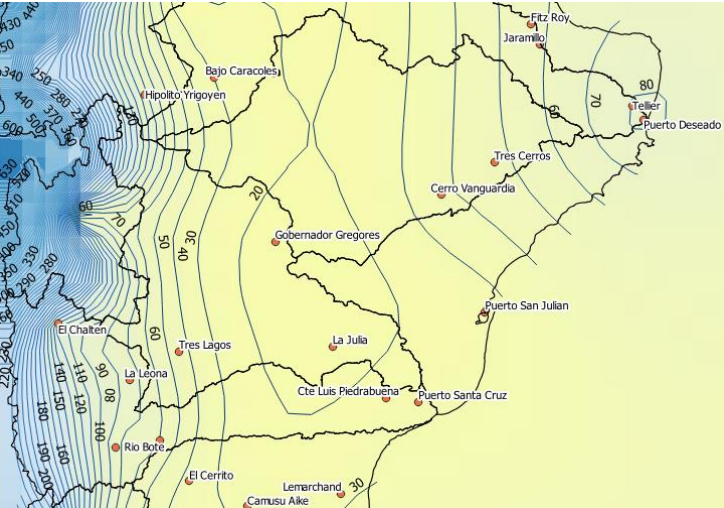
ANEXO III.2. Isohietas estacionales de 2021, para el centro de Santa Cruz, expresadas en mm.



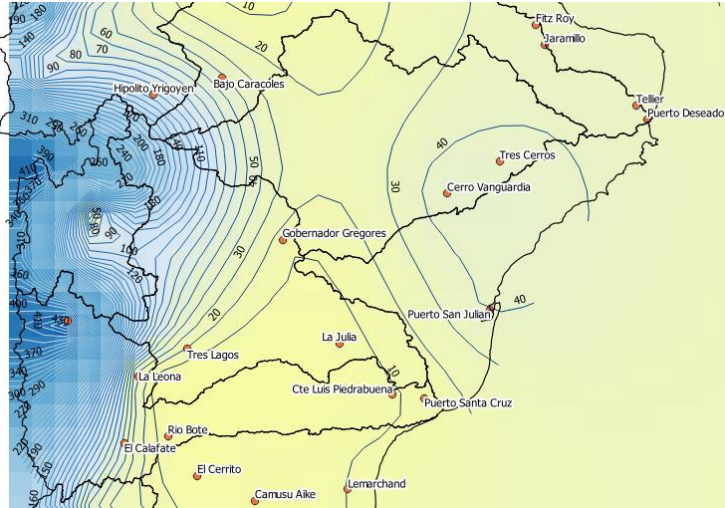
Verano



Otoño



Invierno



Primavera

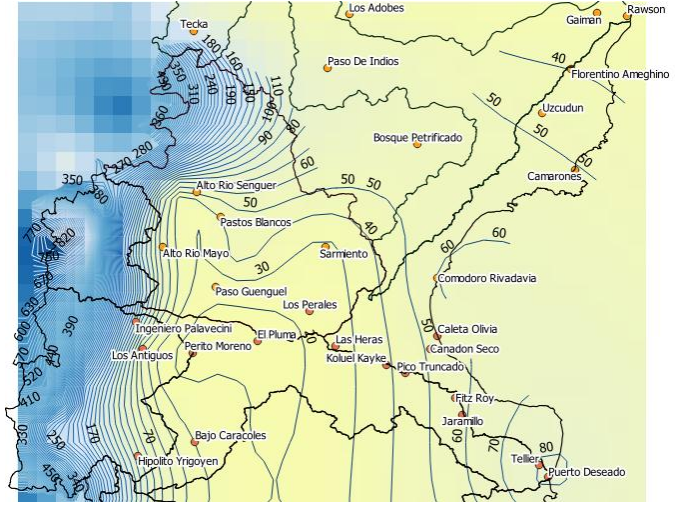
ANEXO III.3. Isohietas estacionales de 2021, en el norte de Santa Cruz y sur de Chubut, expresadas en mm.



Verano



Otoño



Invierno



Primavera