



**Dirección
General de
Aguas**

Ministerio de
Obras Públicas

Gobierno de Chile

RÍO COPIAPÓ: PRECIPITACIONES, CAUDALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Felipe Pérez Peredo | División de Hidrología | Dirección General de Aguas

felipe.perez@mop.gov.cl



INTRODUCCIÓN

- En marzo 2015 y mayo 2017, se presentaron en la Cuenca de Río Copiapó, eventos extremos con consecuencias trágicas.
- Anterior al evento, la cuenca fue afectada por un período prolongado de escasez hídrica.
- Estos eventos significaron, hidrológicamente, un aumento en los registros de caudales y un aumento en el volumen del Embalse Lautaro.
- Los escurrimientos provocados por las lluvias fueron registrados, en la parte alta de la cuenca, por la estación fluviométrica Río Copiapó en Pastillo.
- Estos eventos han provocado cambios en la estadística de la estación fluviométrica.



OBJETIVO

En la Zona Alta del Río Copiapó

- Conocer y contrastar los registros de precipitaciones, caudales medios mensuales y registros de pozos, a contar de marzo 2015.
- Identificar los impactos de tales eventos en la estadística y estimación de caudales.





ESTACIONES A USAR

Caudales:

- E.F. Río Copiapó en Pastillo

Precipitaciones:

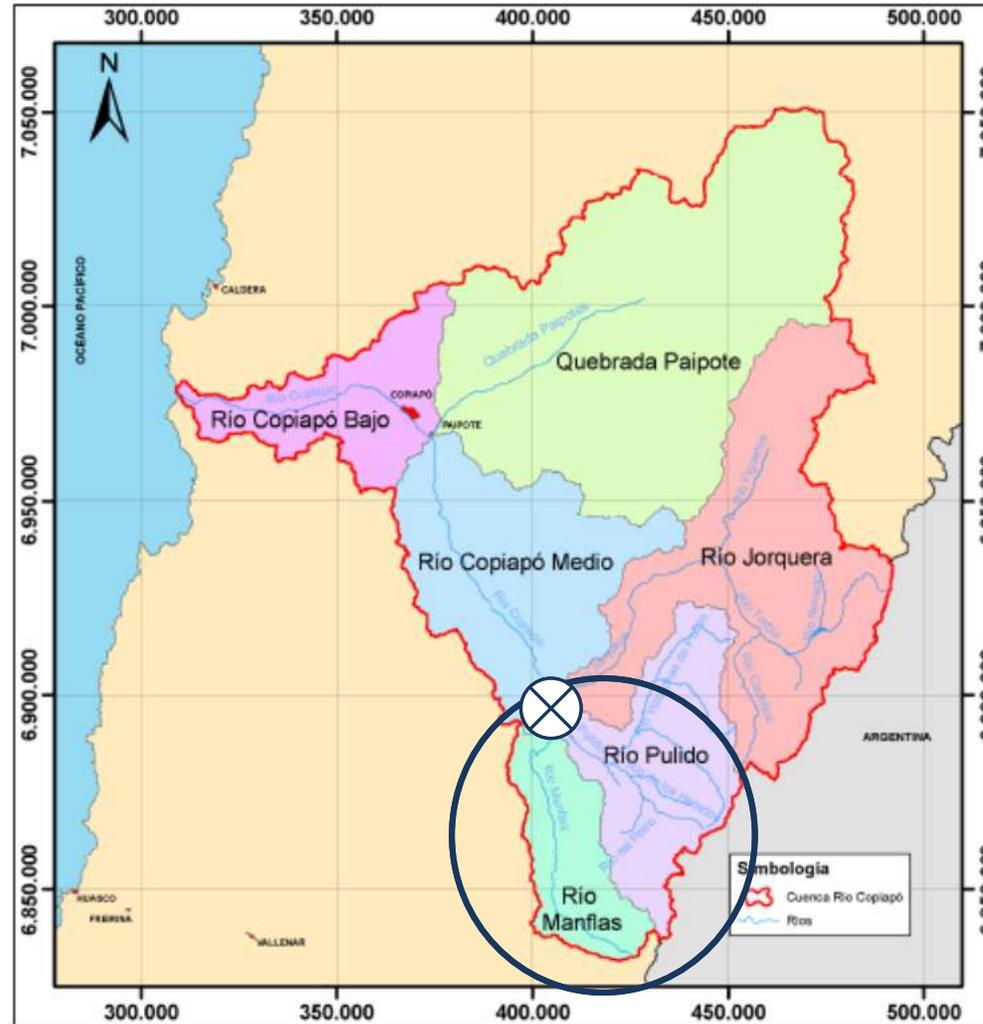
- Manflas Hacienda
- Iglesia Colorada

Pozos:

- Iglesia Colorada
- Quebrada Cerrillos Amancay
- Hacienda Maria Isabel



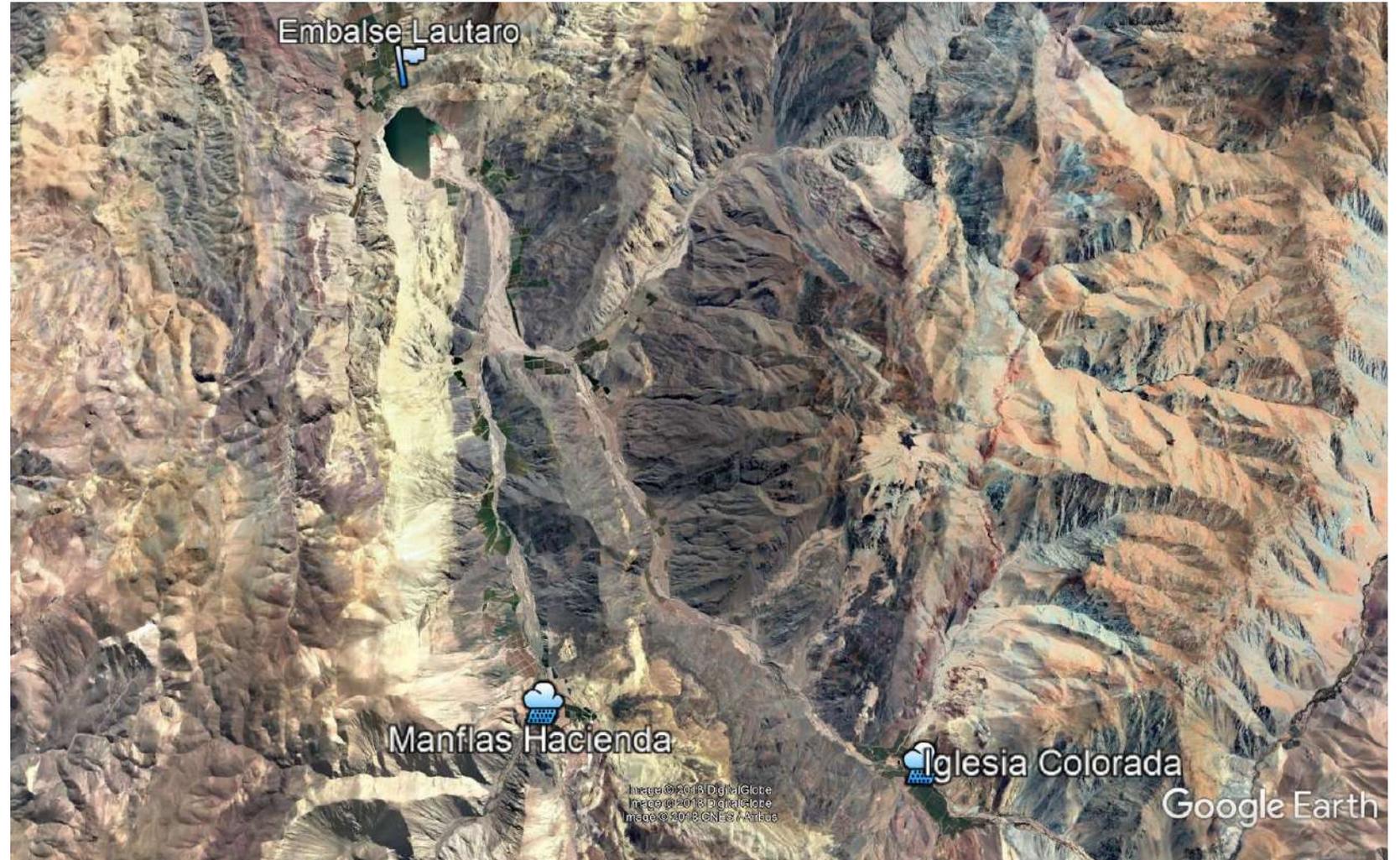
ZONA DE ANÁLISIS



Emb. Lautaro



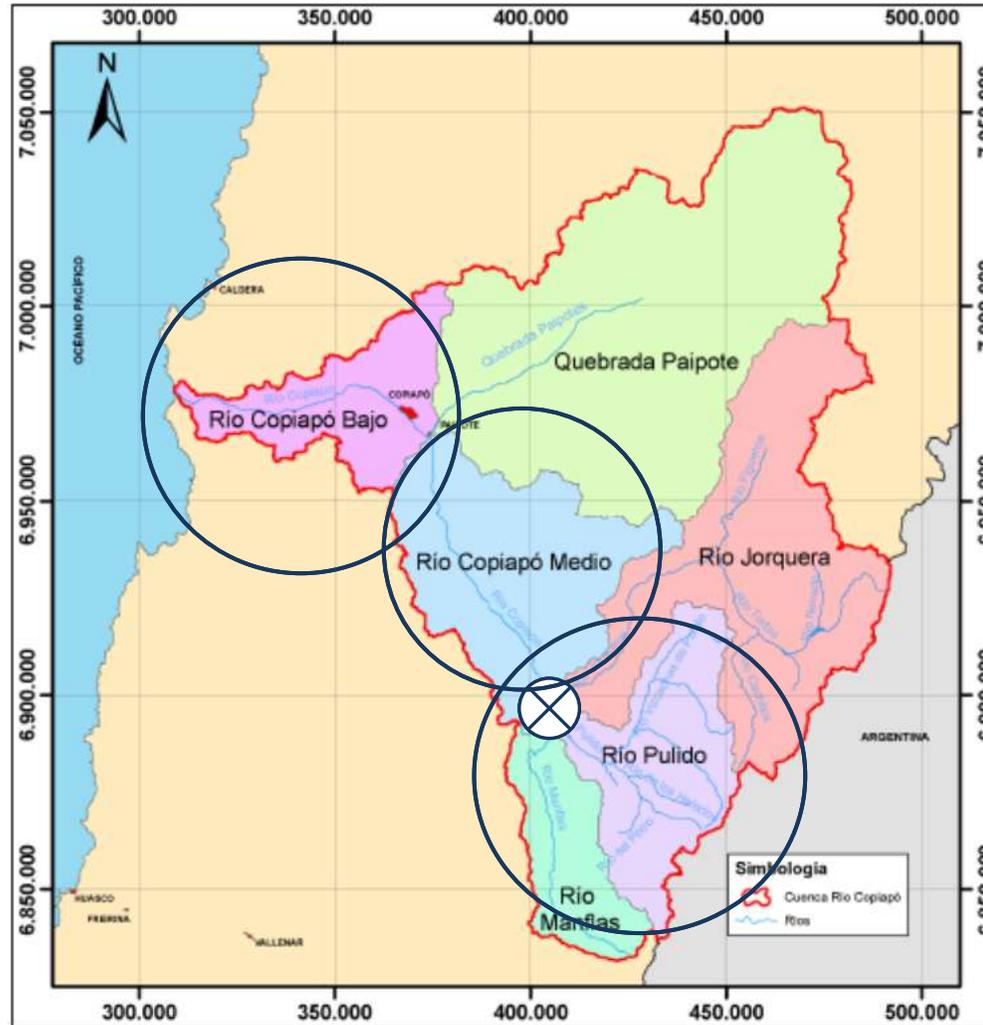
ESTACIONES METEOROLÓGICAS



ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICAS



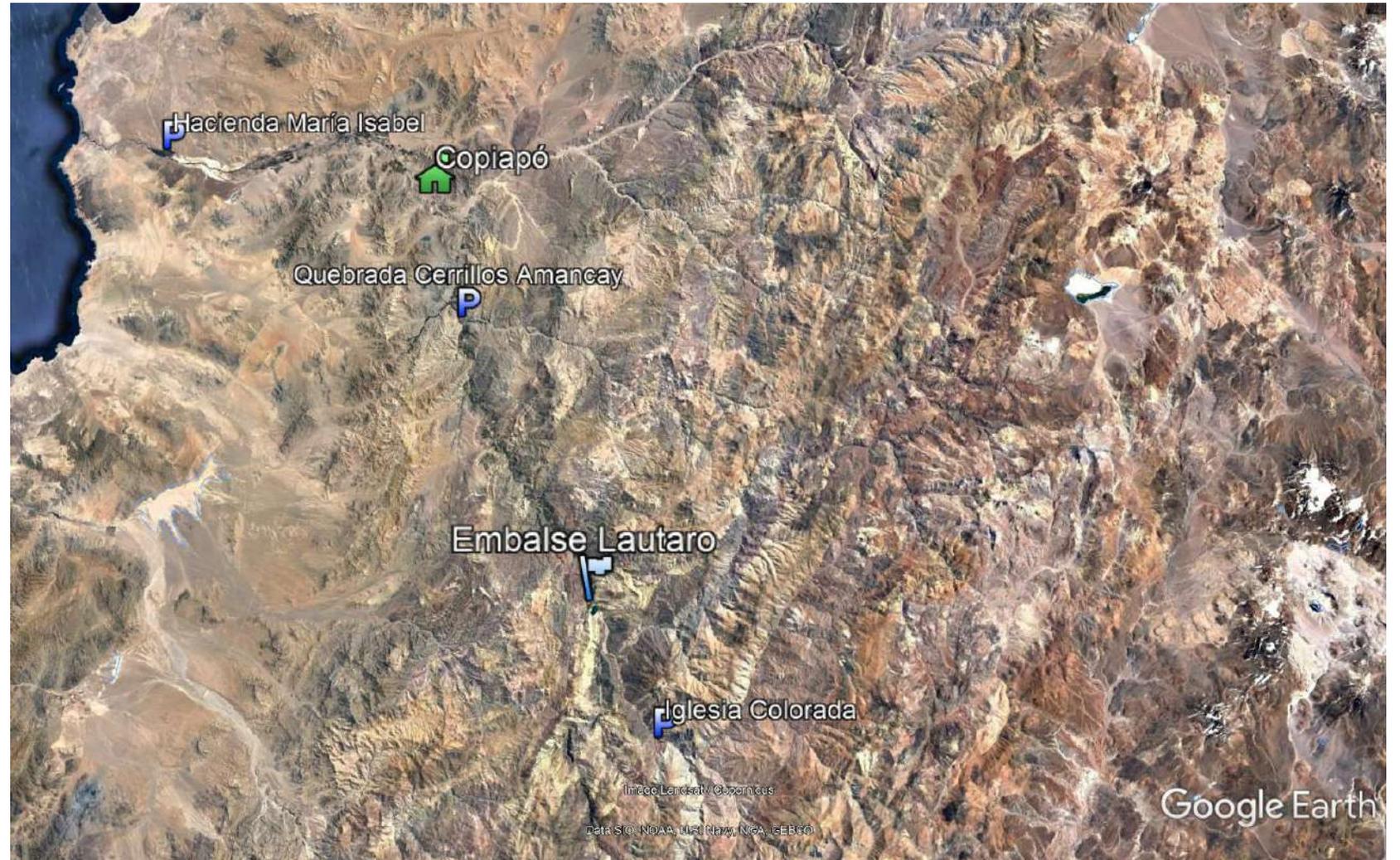
POZOS



Emb. Lautaro



POZOS



¿CÓMO FUE EL EVENTO DE 2015?

emol Nacional
Santiago | Miércoles 06 de mayo del 2019 | Actualizado 06:35

emol.social
Ingresar | Registrarse

e Noticias Economía Deportes Espectáculos Tendencias Autos Servicios [O] [W] 360

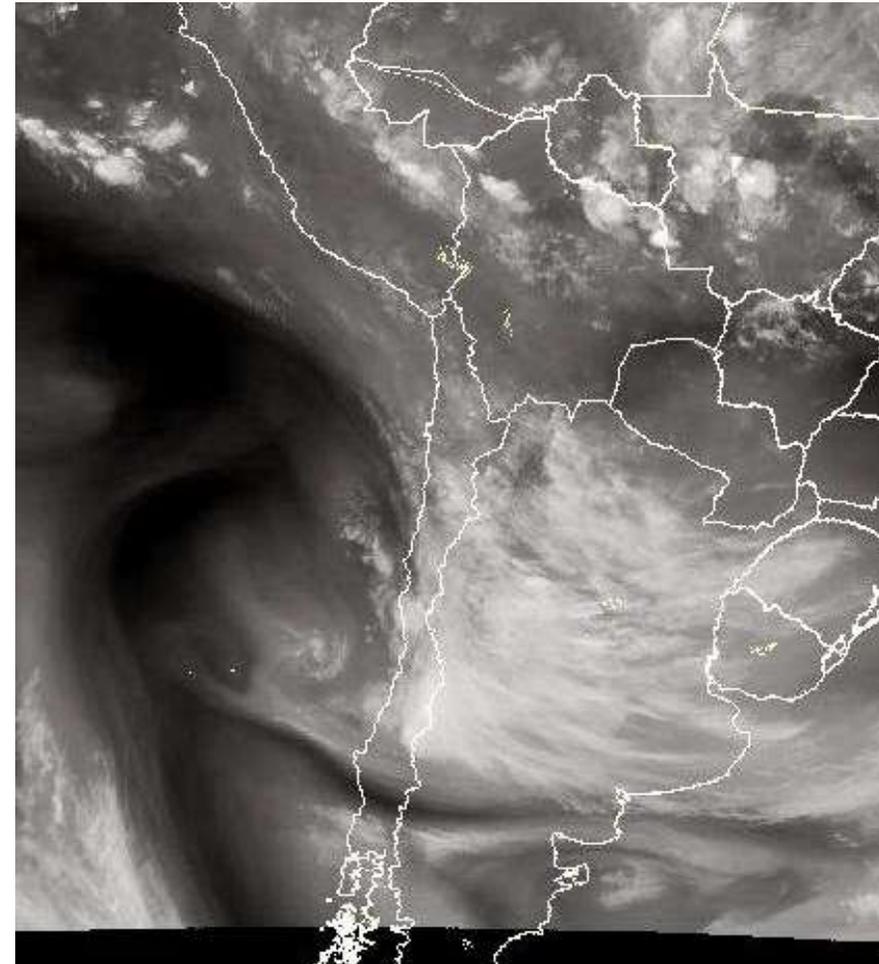
Chile Mundo Tecnología Educación Documentos Multimedia

Buscar  [amarillos.com](#) 

Meteorología anuncia más lluvia en Atacama y no descarta nuevo desborde de río Copiapó

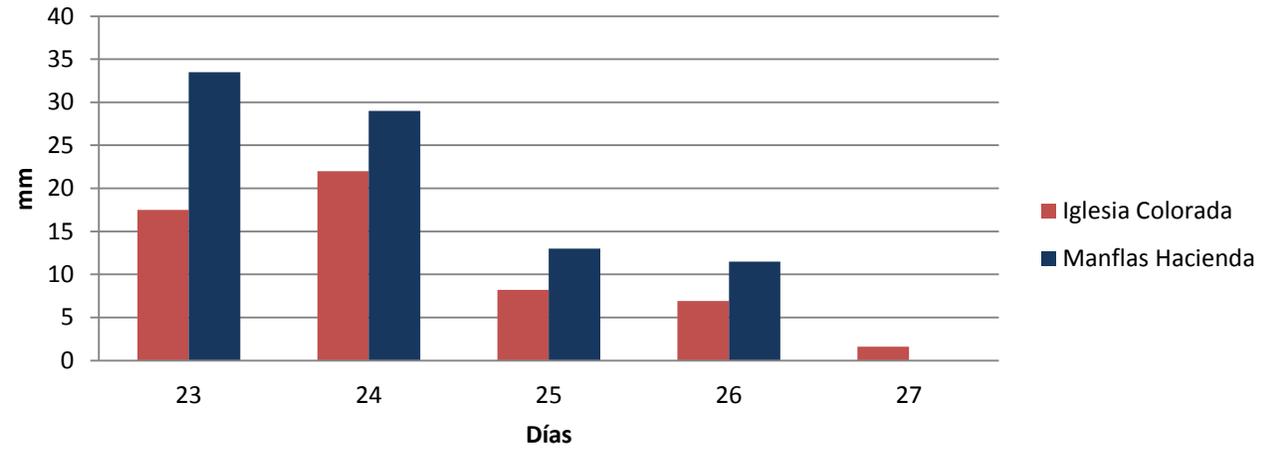
Se estima que se registrarán hasta 30 mm de agua caída entre esta tarde y la madrugada de mañana debido a cambios en el núcleo frío de altura.

26 de Marzo de 2015 | 17:42 | Por Francisco Águila Vega, Emol

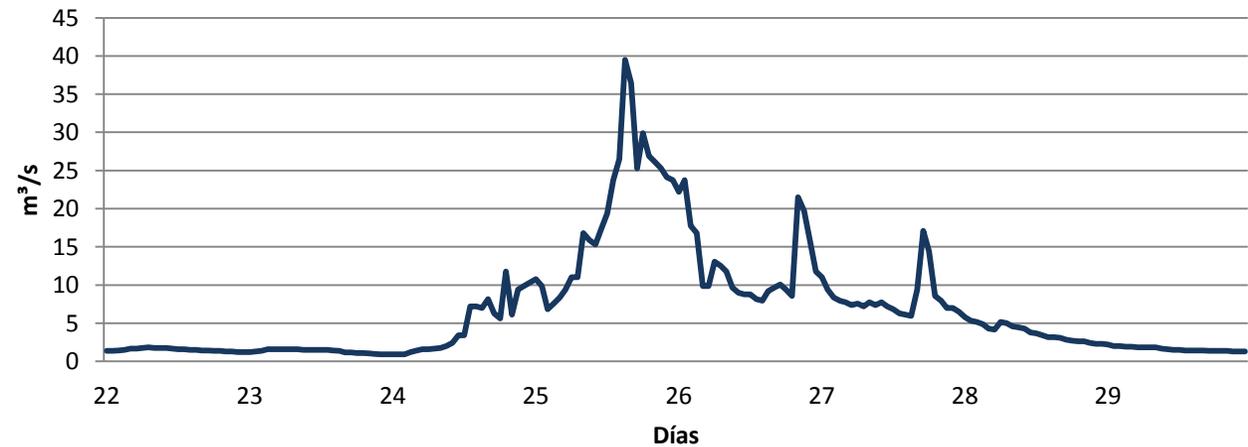


CAUDALES Y PRECIPITACIONES MARZO 2015

PRECIPITACIONES-MARZO 2015 (mm)



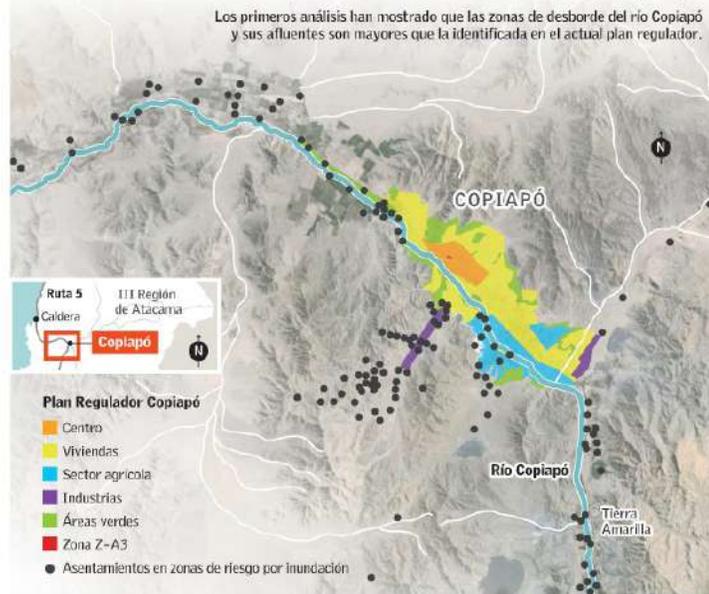
Hidrograma Crecida Copiapó en Pastillo (22-29 03/2015)



EFFECTOS DEL EVENTO MARZO 2015

Sectores afectados por las inundaciones en Copiapó

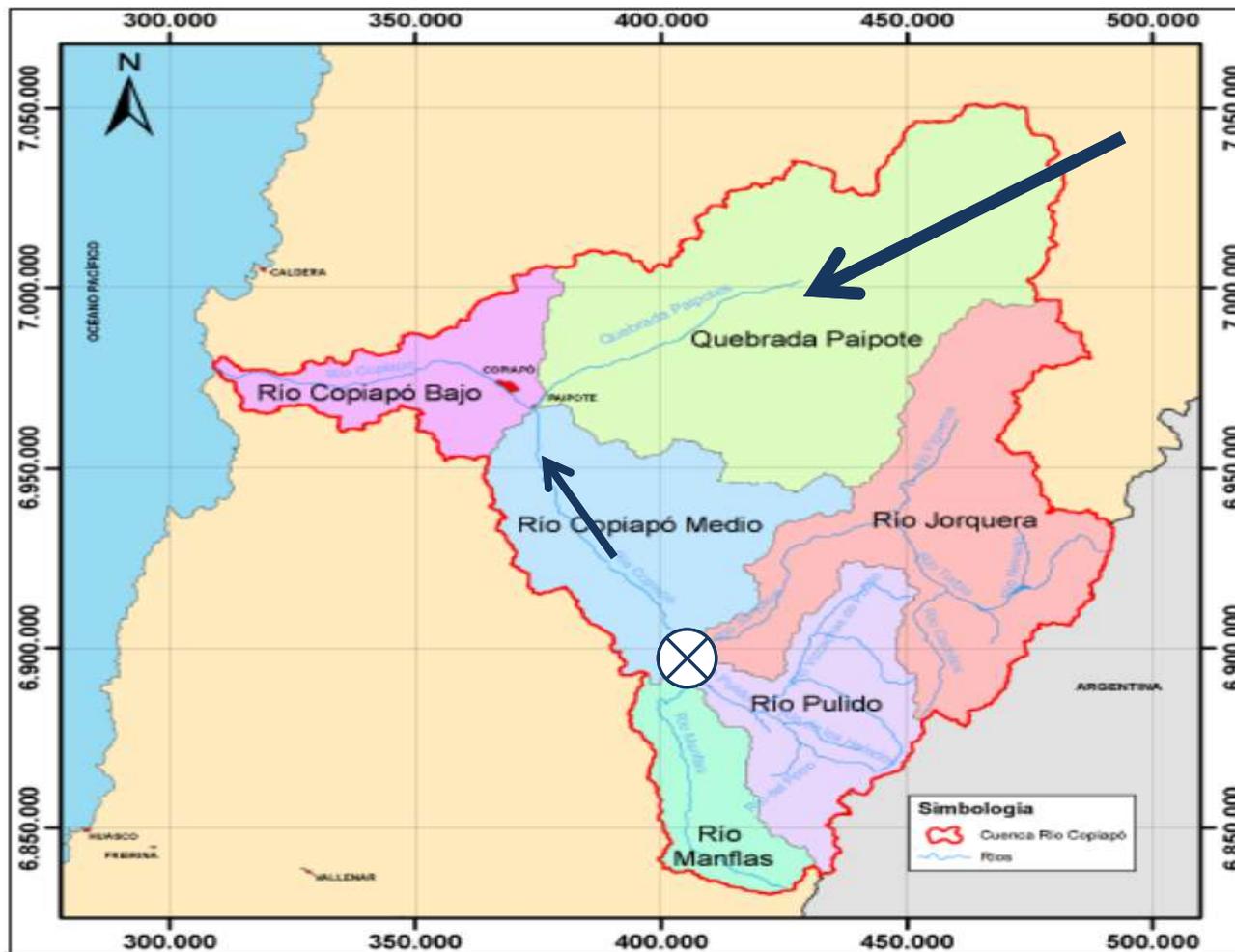
Los primeros análisis han mostrado que las zonas de desborde del río Copiapó y sus afluentes son mayores que la identificada en el actual plan regulador.



Fuente: ASS Vision Inmobiliaria

EL MERCURIO





⊗ **Emb. Lautaro**



¿CÓMO FUE EL EVENTO DE 2017?



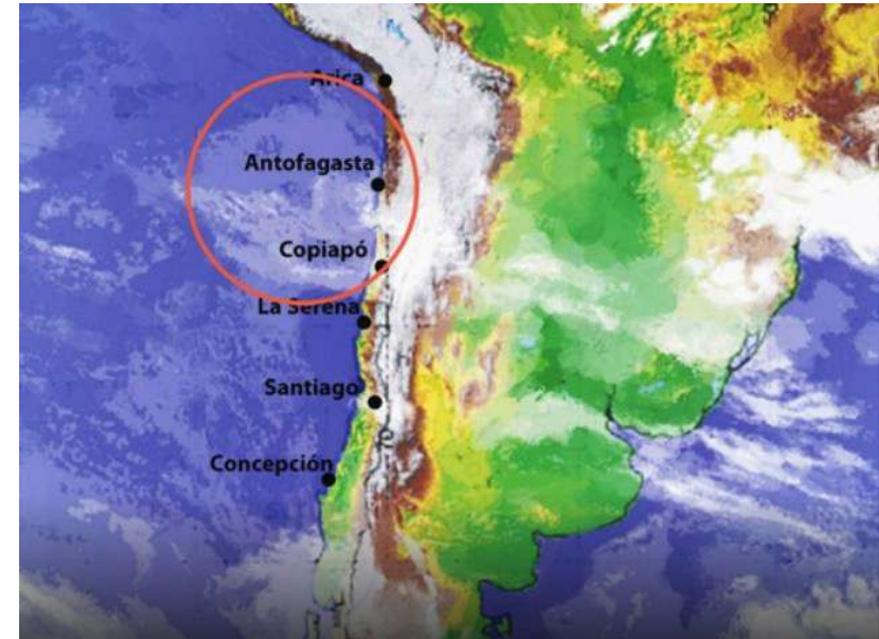
🏠 Portada Nacional ▾ Internacional ▾ Economía ▾ Deportes ▾ Tendencias ▾ Opinión ▾ Reportajes ▾

Nacional

viernes 12 mayo de 2017 | Publicado a las 22:53 - Actualizado a las 00:42

Intensas precipitaciones causan anegamientos en calles de Copiapó

Publicado por: Carina Almarza



Espectacular tormenta eléctrica e intensas lluvias despertaron a copiapinos [VIDEOS]

A eso de las 6:00 de la mañana comenzó llover en la capital de Atacama.



Por Equipo El QueHa...
8.344 Lecturas

17 de Marzo, 2017 14:03

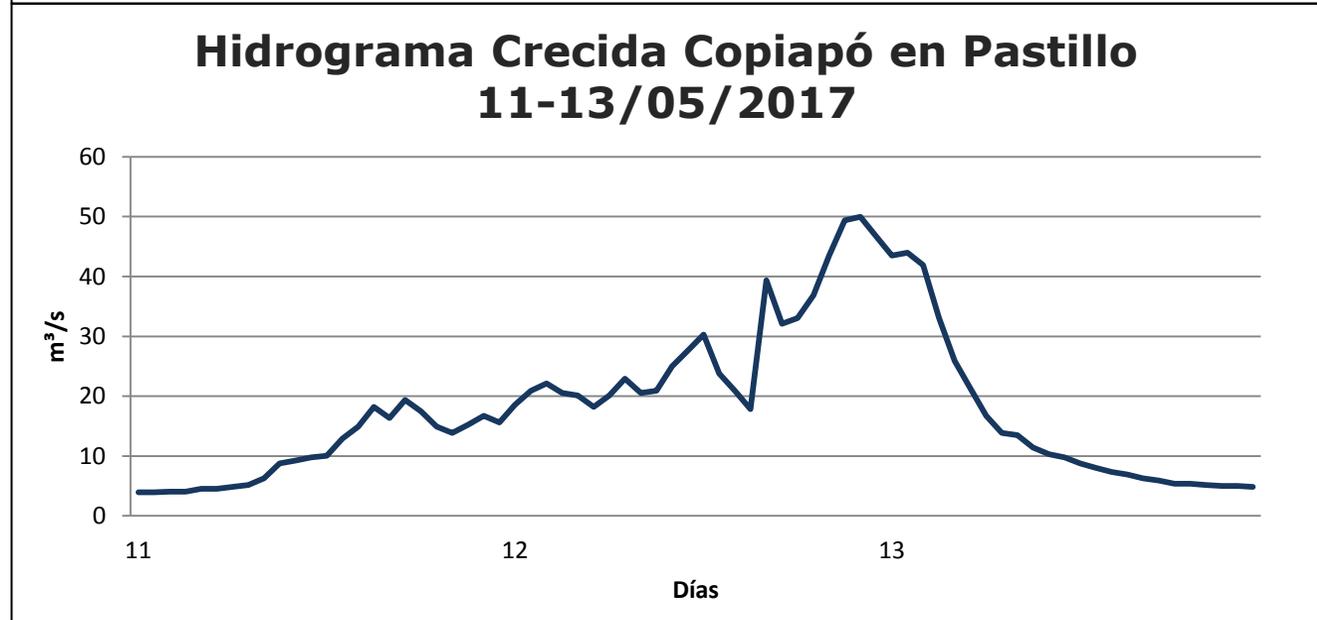
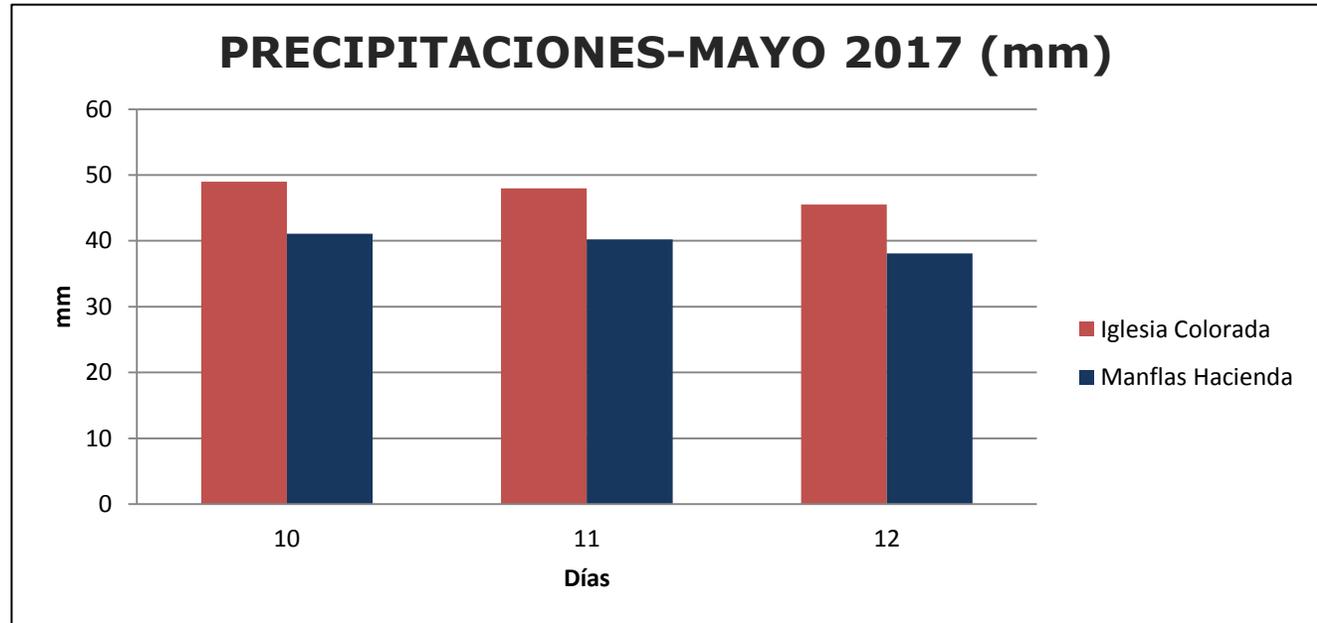
Comentar

Un luminoso y mojado despertar tuvieron los habitantes de Copiapó, ya que una tormenta eléctrica e intensas lluvias afectan a la capital regional desde las 6.00 horas de esta mañana.

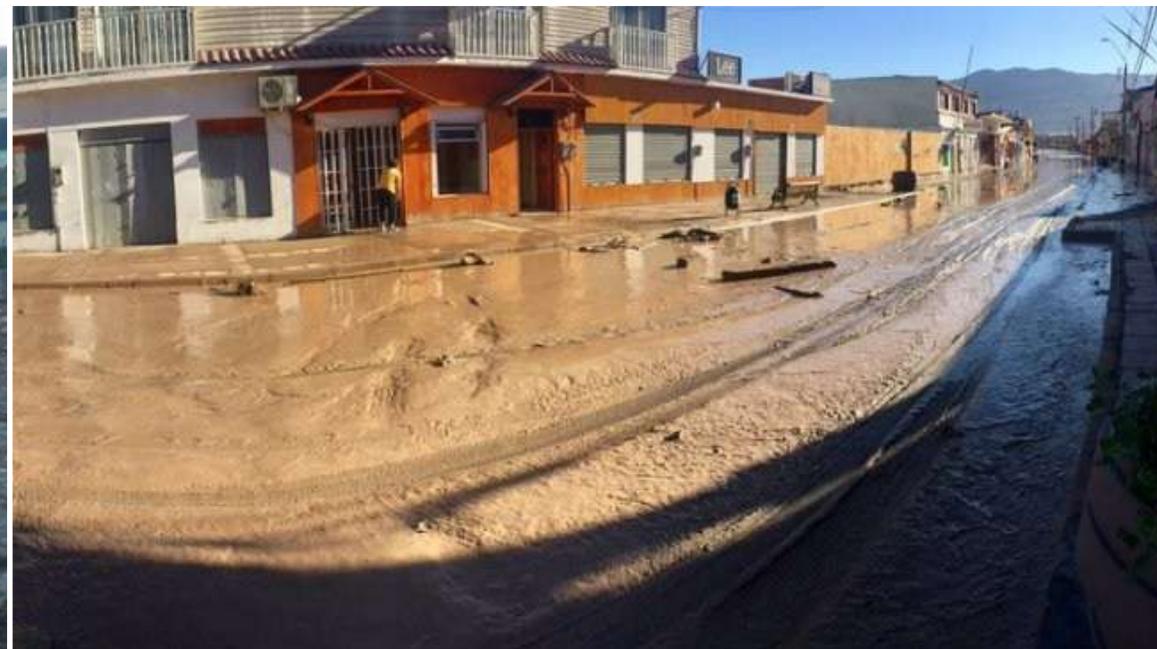
Como medida de precaución desde la Seremi de Educación suspendieron las clases en Tierra Amarilla y Copiapó en todos los niveles.

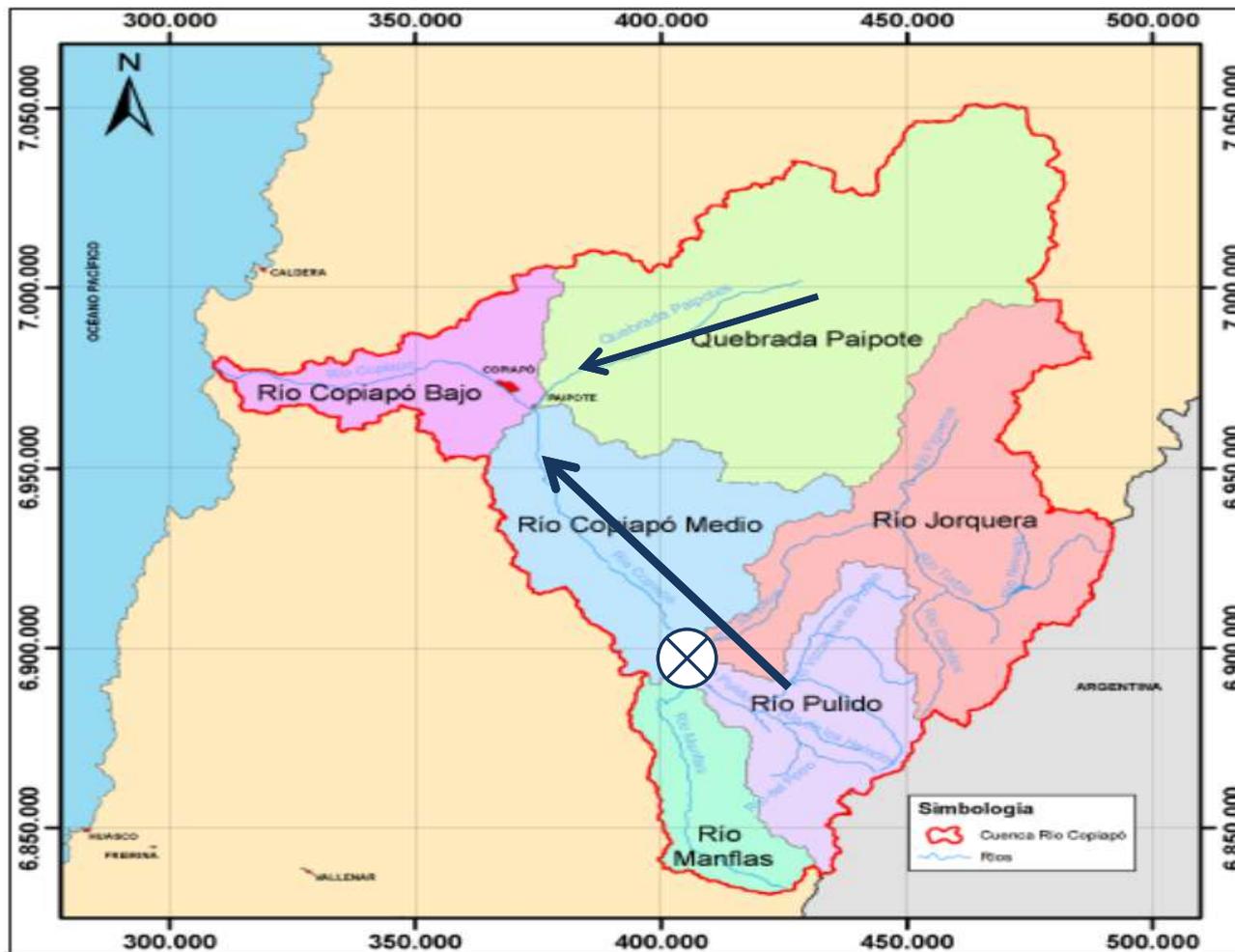


CAUDALES Y PRECIPITACIONES MAYO 2017



EFFECTOS DEL EVENTO MAYO 2017





Emb. Lautaro

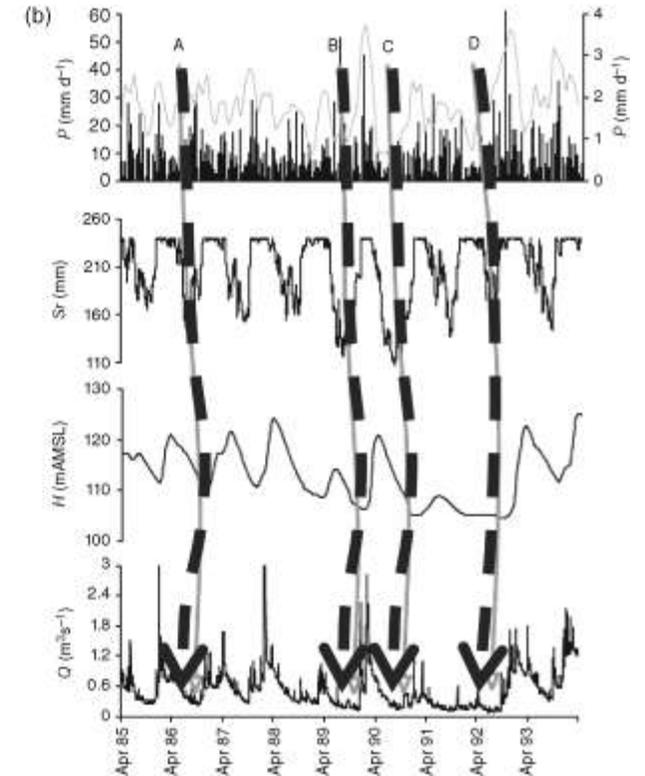
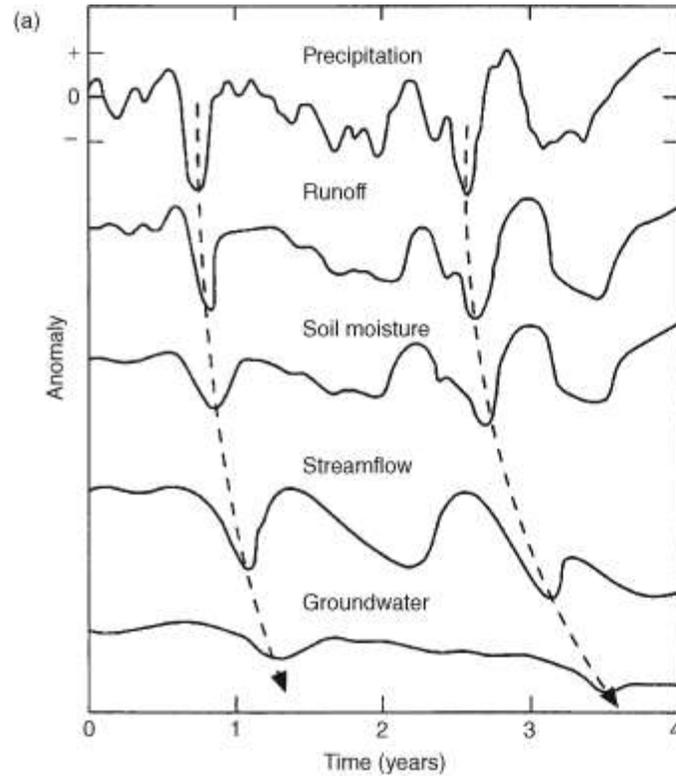


**¿QUE EFECTOS HIDROLÓGICOS
GENERÓ LA LLUVIA?**



COMPORTAMIENTO TEÓRICO

- PRECIPITACIONES
- CAUDALES
- A. SUBTERRÁNEAS

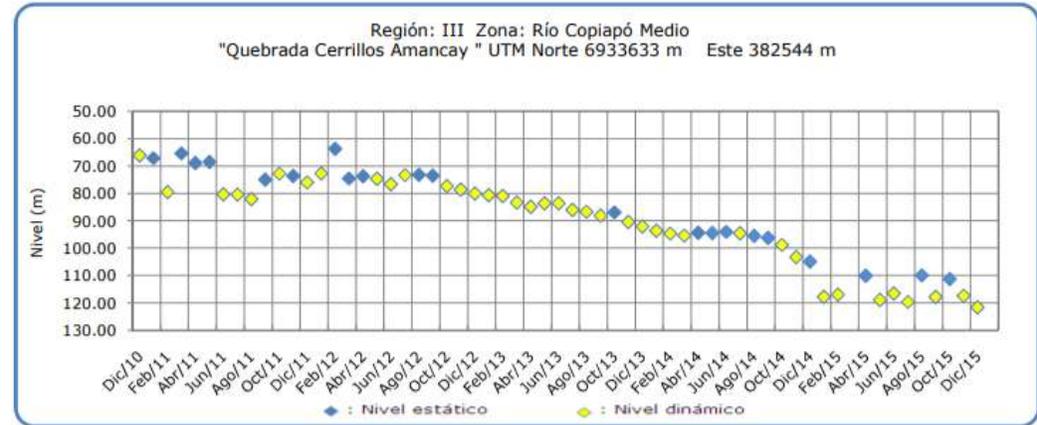


**¿QUE PASÓ CON LOS POZOS DESDE
MARZO 2015?**

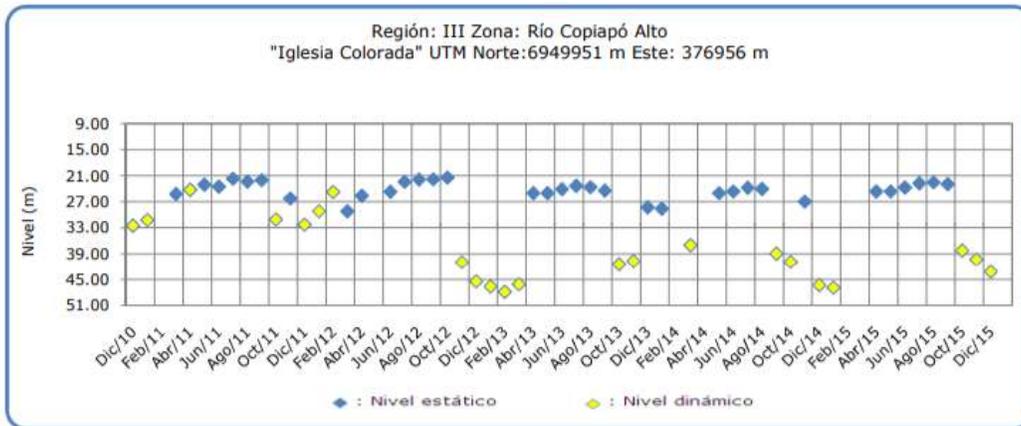


POZOS COPIAPÓ 12/2015

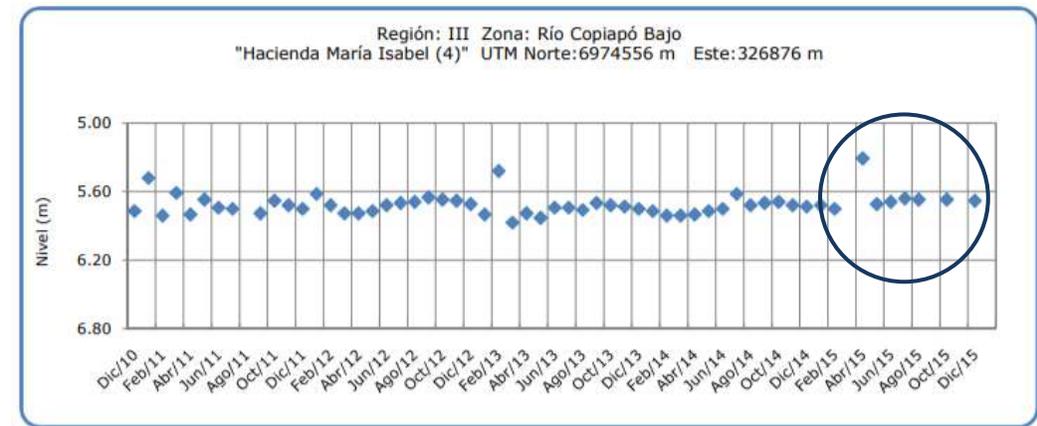
Copiapó Medio



Copiapó Alto



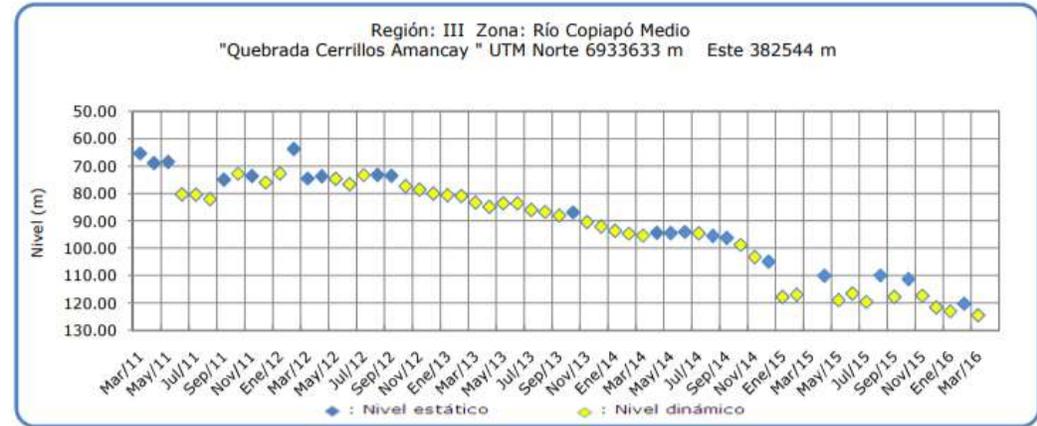
Copiapó Bajo



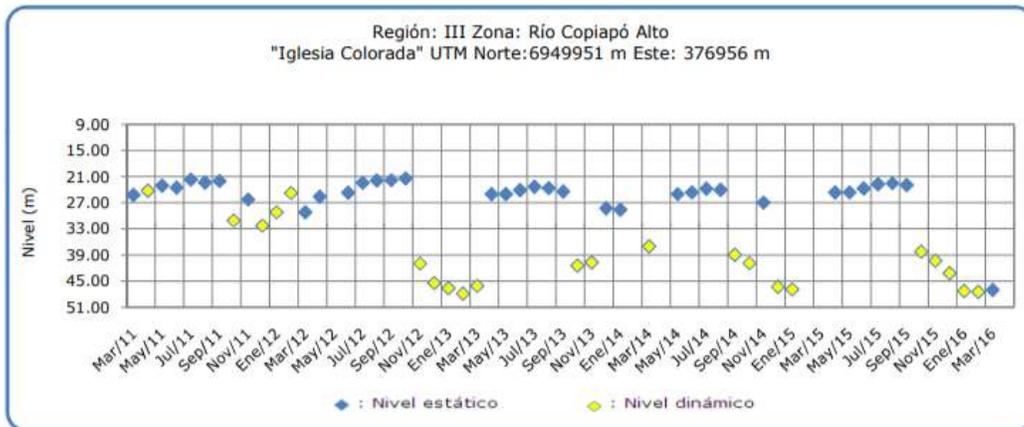
POZOS COPIAPÓ

1 AÑO DESPUÉS

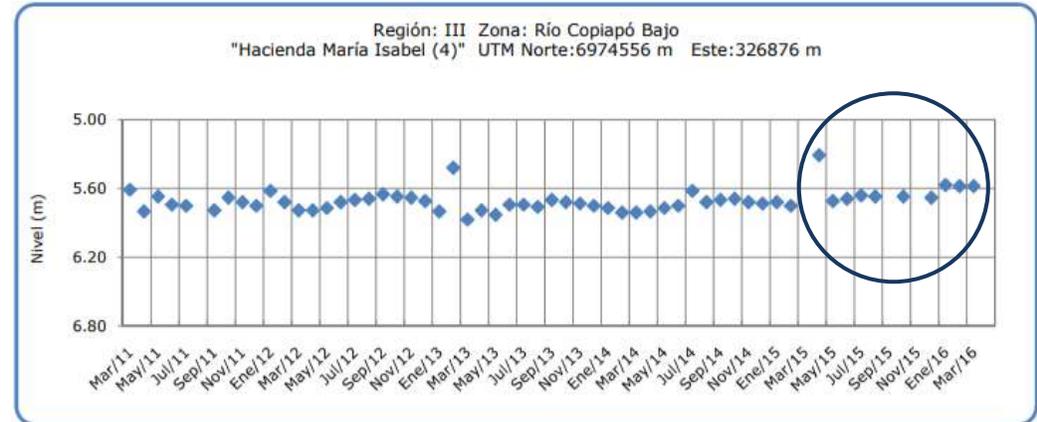
Copiapó Medio



Copiapó Alto

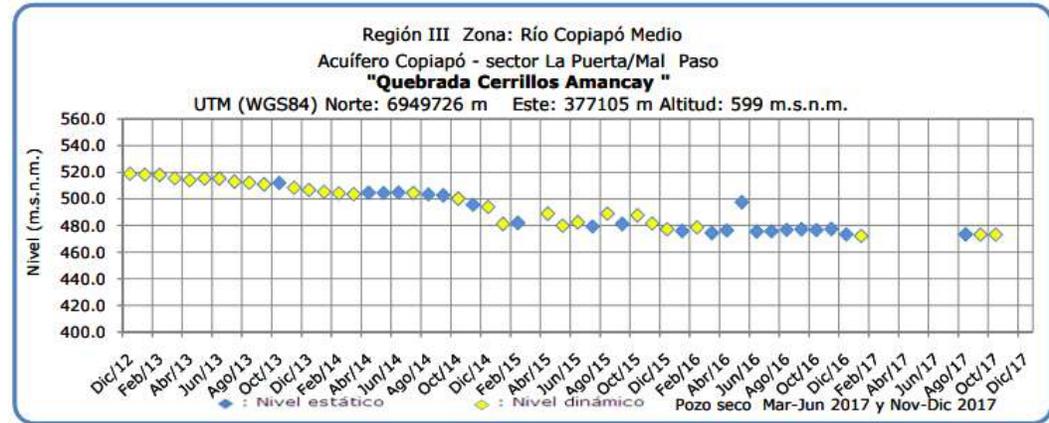


Copiapó Bajo

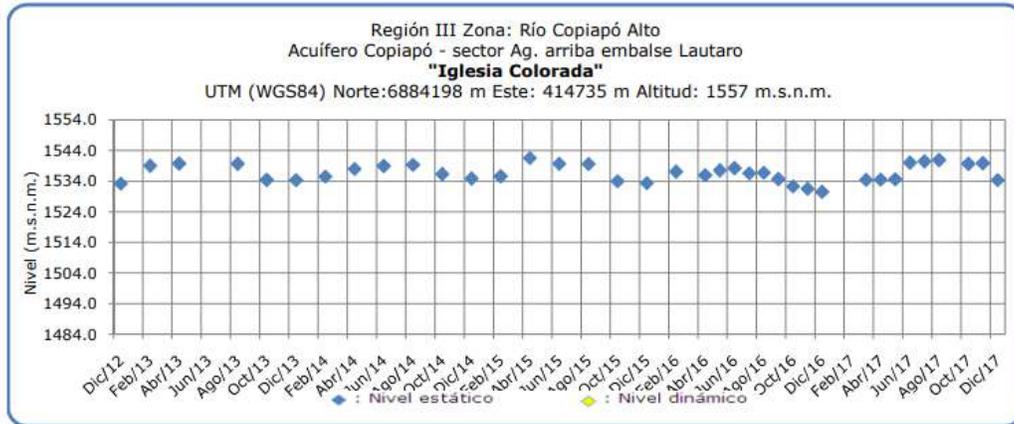


POZOS COPIAPÓ HASTA DIC/2017

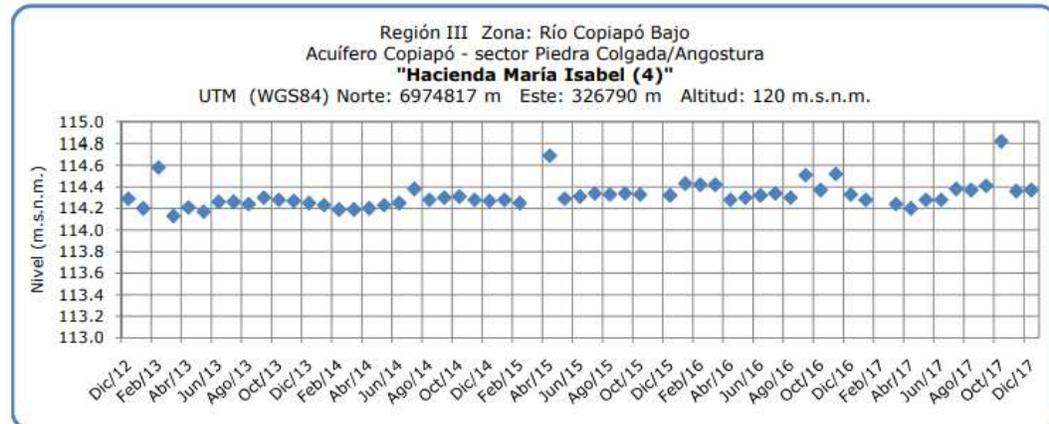
Copiapó Medio



Copiapó Alto



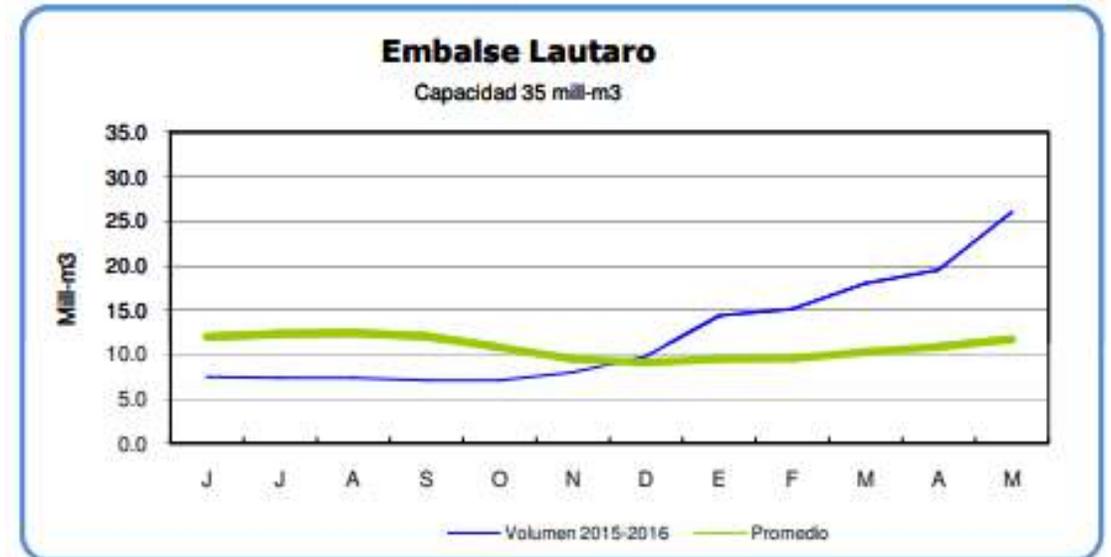
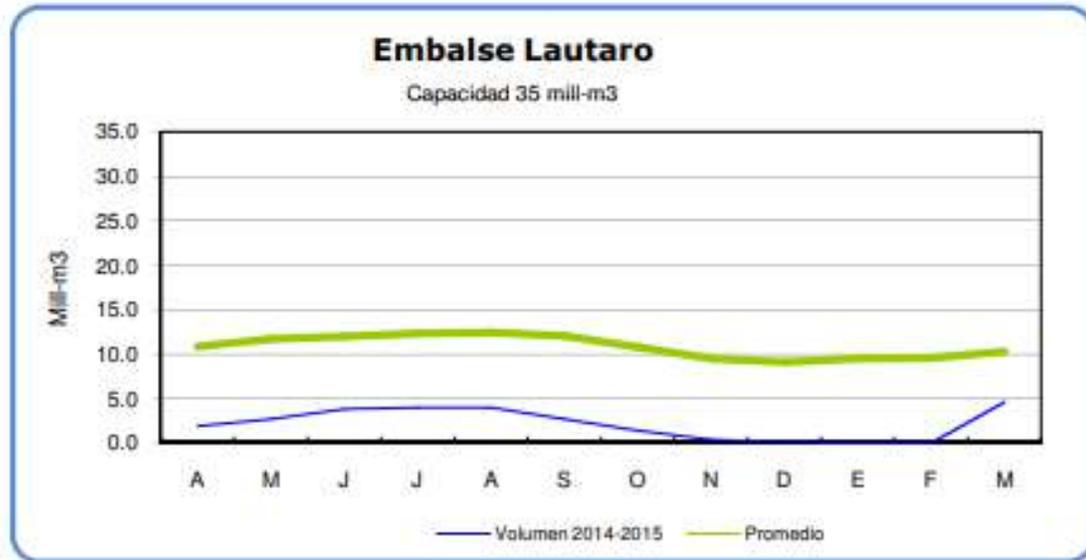
Copiapó Bajo



**¿DONDE SE HAN REFLEJADO LAS
PRECIPITACIONES DEL 2015 EN LA
CUENCA DEL COPIAPÓ?**

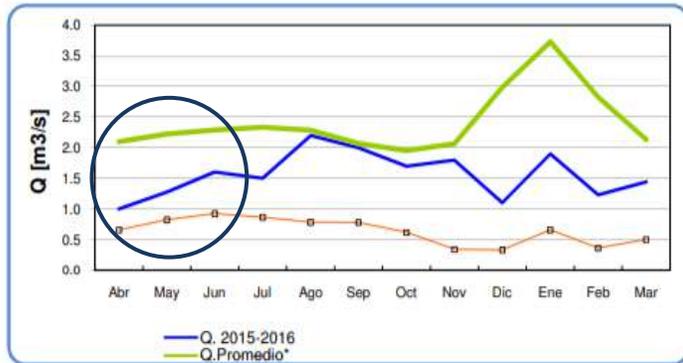


EMBALSE LAUTARO



CAUDALES MEDIOS MENSUALES COPIAPÓ EN PASTILLO

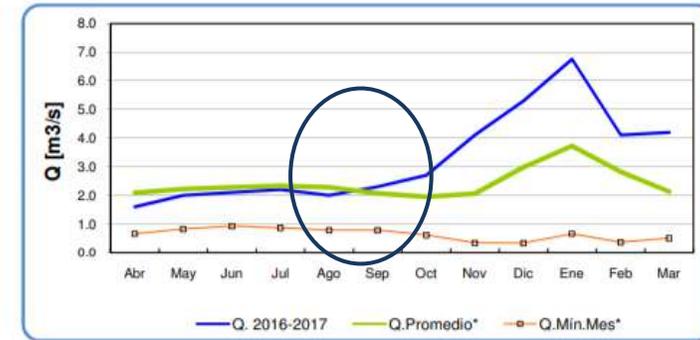
Río Copiapo en Pastillo *



	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q. 2015-2016	1.0	1.3	1.6	1.5	2.2	2.0	1.7	1.8	1.1	1.9	1.2	1.4
Q.Promedio*	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	2.1	3.0	3.7	2.8	2.1
Q.Min.Mes*	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	0.3	0.3	0.7	0.4	0.5

* Reemplaza a Río Copiapó en La Puerta por destrucción de esta.

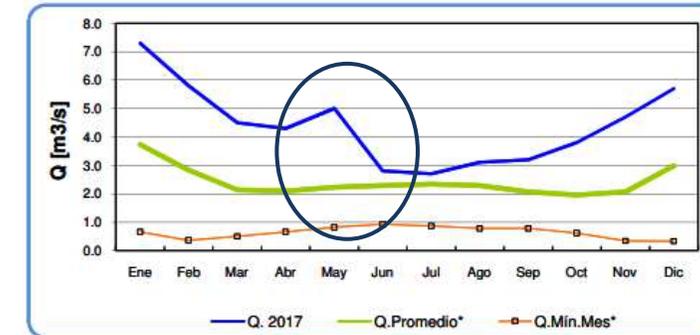
Río Copiapo en Pastillo *



	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q. 2016-2017	1.6	2.0	2.1	2.2	2.0	2.3	2.7	4.1	5.3	6.8	4.1	4.2
Q.Promedio*	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	2.1	3.0	3.7	2.8	2.1
Q.Min.Mes*	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	0.3	0.3	0.7	0.4	0.5

* Reemplaza a Río Copiapó en La Puerta por destrucción de esta.

Río Copiapo en Pastillo *

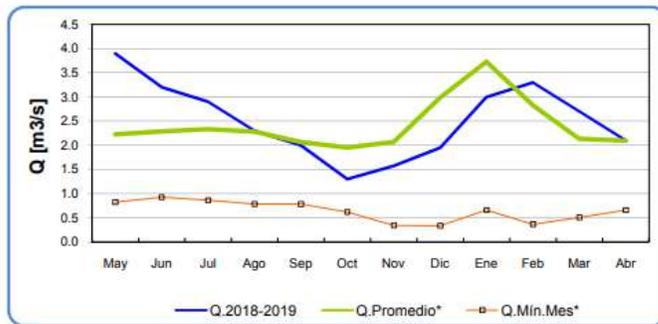


	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q. 2017	7.3	5.8	4.5	4.3	5.0	2.8	2.7	3.1	3.2	3.8	4.7	5.7
Q.Promedio*	3.7	2.8	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	2.1	3.0
Q.Min.Mes*	0.7	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	0.3	0.3

* Reemplaza a Río Copiapó en La Puerta por destrucción de esta.

SITUACIÓN HASTA 04/2019

Río Copiapo en Pastillo *

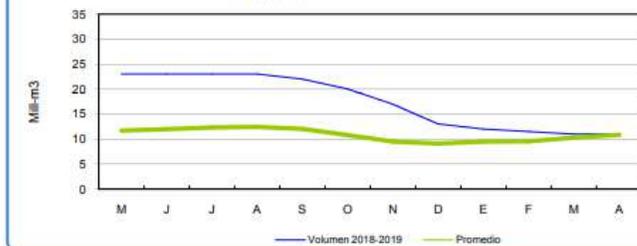


	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Q.2018-2019	3.9	3.2	2.9	2.3	2.0	1.3	1.6	1.9	3.0	3.3	2.7	2.1
Q.Promedio*	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	2.1	3.0	3.7	2.8	2.1	2.1
Q.Min.Mes*	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	0.3	0.3	0.7	0.4	0.5	0.7

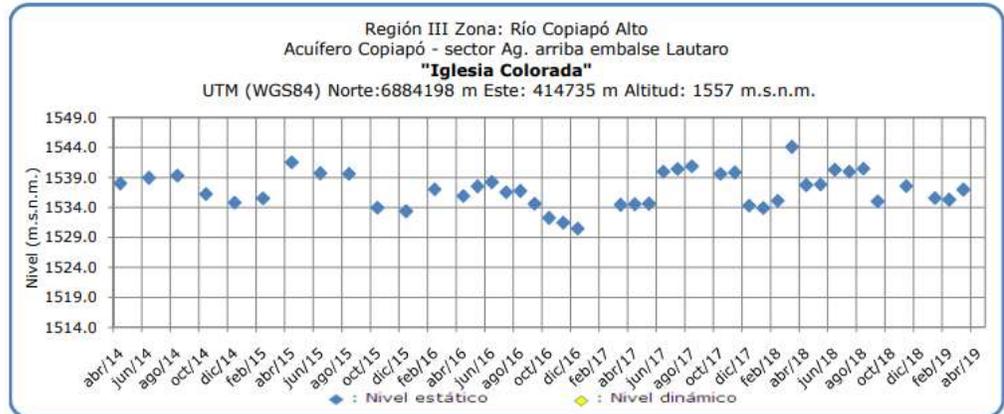
* Reemplaza a Río Copiapó en La Puerta por destrucción de esta.

Embalse Lautaro

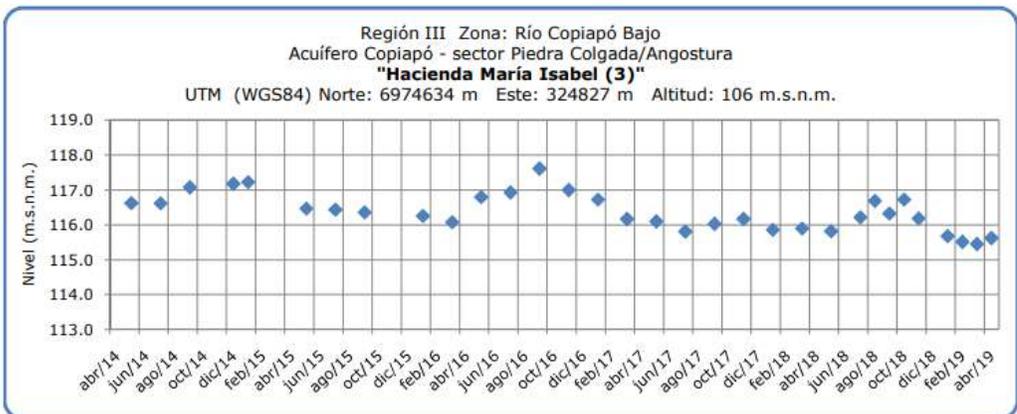
Capacidad 35 mill-m3



Copiapó Alto



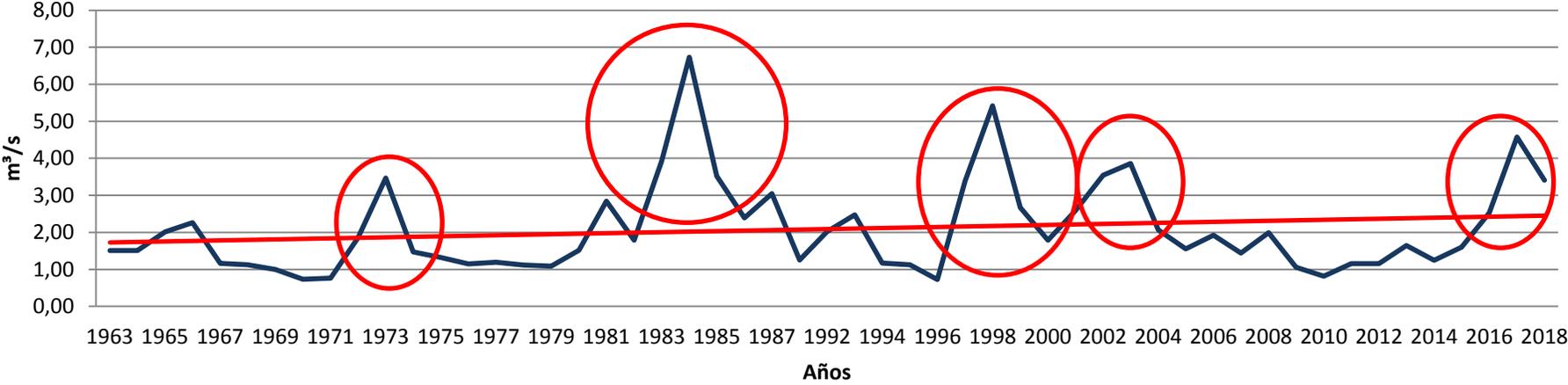
Copiapó Bajo



ESTADÍSTICA CAUDALES



Caudales Medios Anuales



CAUDALES INSTANTÁNEOS

CAUDALES MEDIOS E INSTANTANEOS DIARIOS MAXIMOS Y MINIMOS

Estación RIO COPIAPO EN PASTILLO
 Código BNA 03430003 - 8 Latitud S : 028° 00' 13 UTM Norte : 6 902 002 mts
 Altitud : 1 300 Longitud W : 069° 58' 37 UTM Este : 403 931 mts
 Cuenca : RIO COPIAPO SubCuenca Rio Copiapo Medio (entre R. Jora) Area de Drenaje 7 467.00 km

Estadística Oficial AÑO : 2015

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PROM.	1.00	1.57	3.00	1.34	1.48	1.50	1.31	1.70	1.96	1.70	1.76	0.90
MAX. DIA	3.20 4	3.28 6	19.70 25	1.73 10	2.20 31	2.18 8	2.22 13	2.57 31	3.77 2	2.45 24	3.45 15	1.28 16
MIN. DIA	0.33 14	0.39 26	0.39 1	0.78 6	1.04 1	1.13 11	0.46 14	0.92 11	1.24 24	1.30 14	1.19 30	0.00 21
INST. MAX. DIA	8.71 4	6.60 6	39.51 25	1.93 15	2.42 30	2.52 8	6.46 13	2.94 31	4.28 2	2.94 24	5.06 15	1.53 1
INST. MIN. DIA	0.20 14	-0.59 28	-2.80 2	0.56 6	0.93 3	0.91 11	0.22 14	0.75 10	1.11 24	0.98 20	0.86 25	-0.68 24

CAUDALES MEDIOS E INSTANTANEOS DIARIOS MAXIMOS Y MINIMOS

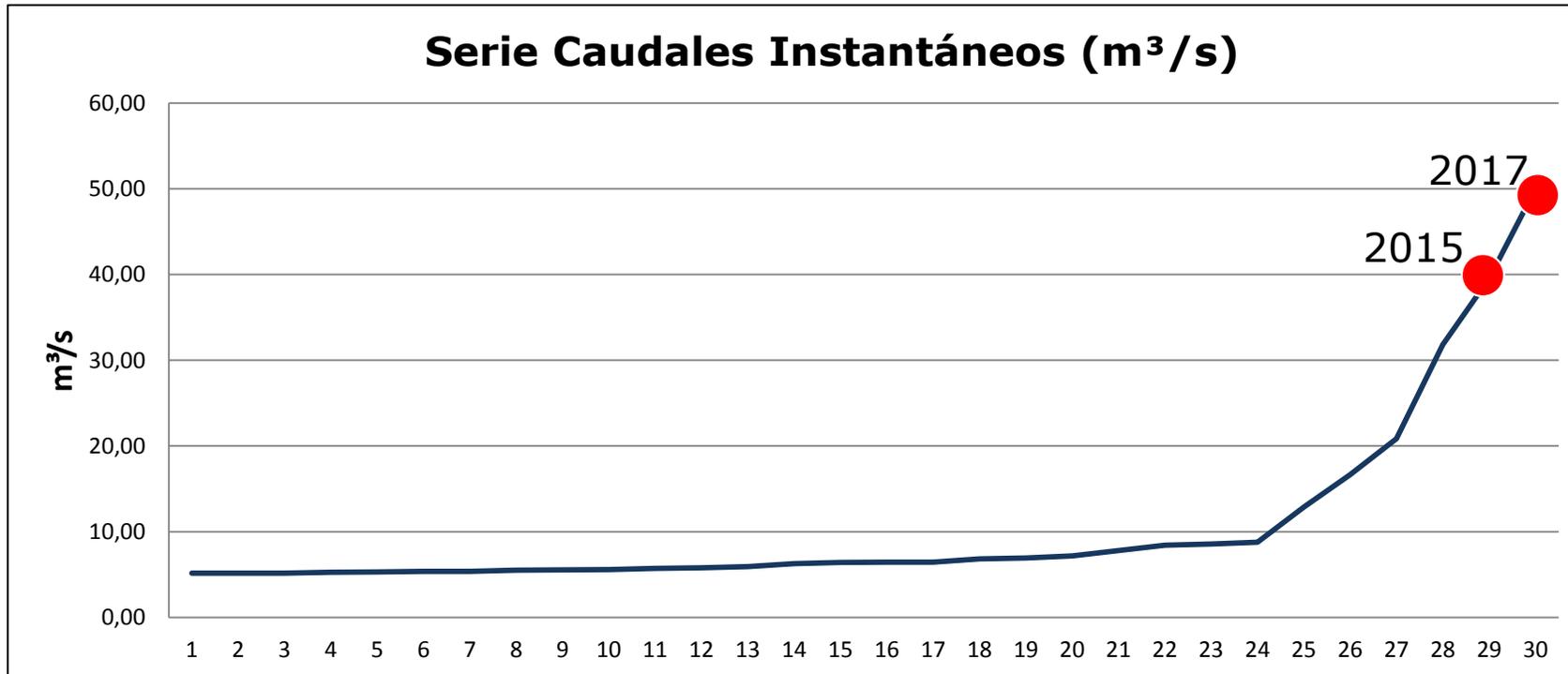
Estación RIO COPIAPO EN PASTILLO
 Código BNA 03430003 - 8 Latitud S : 028° 00' 13 UTM Norte : 6 902 002 mts
 Altitud : 1 300 Longitud W : 069° 58' 37 UTM Este : 403 931 mts
 Cuenca : RIO COPIAPO SubCuenca Rio Copiapo Medio (entre R. Jora) Area de Drenaje 7 467.00 km

Estadística Oficial AÑO : 2017

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PROM.	7.39	7.80	4.53	4.28	4.95	2.75	2.66	3.13	3.21	3.83	4.65	5.70
MAX. DIA	8.69 23	9.37 27	6.94 1	4.47 2	29.00 12	3.95 8	3.29 18	3.45 23	3.55 20	4.19 31	6.06 19	7.23 25
MIN. DIA	5.13 2	6.75 23	3.02 9	3.95 30	2.47 30	2.07 12	2.19 16	2.71 2	2.94 14	3.56 5	4.14 7	4.67 6
INST. MAX. DIA	14.91 23	18.21 27	7.79 1	4.52 1	49.95 12	5.17 8	3.65 18	3.72 14	3.72 20	4.39 29	6.48 18	10.28 26
INST. MIN. DIA	4.99 1	5.90 28	2.85 9	3.78 30	2.37 29	1.87 15	2.50 25	2.46 2	2.81 14	3.26 4	4.07 2	4.22 6

COPIAPO EN PASTILLO

Caudales Instantáneos $>5 \text{ m}^3/\text{s}$ desde el año 1963



AJUSTE UTILIZANDO GUMBEL

$$F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}} \quad \text{Para } -\infty \leq x \leq \infty$$

Donde:

x : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

e : Constante de Neper.

$$d = \frac{1}{0,779696 * S} \quad ; \quad \mu = \bar{x} - 0,450047 * S$$

GUMBEL PRE Y POST EVENTOS (2015-2017)

SITUACIÓN PRE	
Período Retorno (años)	(m ³ /s)
5	13
10	16
20	19
30	21
50	24
100	27
200	30
300	32

SITUACIÓN POST	
Período Retorno (años)	(m ³ /s)
5	19
10	25
20	31
30	35
50	39
100	45
200	51
300	54

OTROS ANTECEDENTES DE CRECIDAS SIMILARES EN LA CUENCA

Fecha	Evento, descripción
1655	Fuertes temporales y aluviones después de una gran sequía. El sector de Nantoco se queda estéril. Después solo plantaciones de alfalfa.
1746	Una extensa sequía provoco un déficit de trigo en el valle Copiapó.
1792	El río Copiapó se sequió, gran época de sequía en la Región Atacama
1821 - 1834	Fuerte precipitaciones
1827	Fuertes precipitaciones, antes gran sequía. Se reporta lluvias torrenciales, con fuertes inundaciones de las calles de Copiapó. Especialmente el agua bajó por la Quebrada Paipote y el valle Copiapó. (Revista Copiapó Extraordinaria, 1932); Un fenómeno de todo el norte Chico en este año.
1833	Lluvias (16.8)
1848	R.A. Philippi habla de fuerte lluvias en el desierto Atacama (aquí) Inundaciones río Salado y Chañaral
1850 - 1855	Fuertes precipitaciones (promedio 40,5 mm anuales) sequía: 3 años sin precipitaciones en Copiapó
1856 - 1858	1856: Inundaciones río Huasco Pero en Chañaral 1858: Fuertes lluvias provocan inundaciones del río El Salado, Pueblo Hundido. 132 mm de precipitaciones. (Ortlieb, 1994)
1859 - 1867	Época con precipitaciones 9 años con un promedio de 24,3 mm / anuales 1860: Sumamente lluvioso en el Norte de Chile.
1868 - 1876	Periodo seco; 9 años con un promedio de 5mm /anuales (La excepción 1871: 28mm)
1877 - 1891	Periodo lluvioso: 15 años con un promedio de 27,7 mm anuales.
1877	Chañaral con daños por inundaciones. Además Chañarillo hasta Coquimbo entre otros, en varios eventos. (Ortlieb, 1994). El evento de 1877 afecto casi todo Chile desde del sur hasta Caracoles en el desierto de Atacama. Especialmente llovió 23 y 31 de julio.
1880	Inundaciones del río Huasco (mal tiempo entre Huasco y Choapa)
1888	14. 8.:Fuerte inundaciones en Copiapó: Probablemente un aluvión destruye los sectores de la ciudad ubicadas en las cercanías de las riberas del río Copiapó. Una gran cantidad de personas no sobrevive este desastre natural. Testigos reportan un gran ruido antes de las inundaciones. Muchas víctimas fueron sorprendidas por la entrada súbita de las aguas en sus casas. Las lluvias se mencionan entre Copiapó hasta Concepción. Después en diciembre problemas con los deshielos por fuerte aumento de la temperatura.
1891	Inundaciones río Huasco hasta al sur (La Ligua y río Choapa)
1892 - 1893	seco (0mm)
1894	lluvia (37mm): 20. de Julio y 12 de Agosto aluviones cortan las líneas FFCC a Chañarillo. véase
1895 - 1896	seco (0mm)
1897 - 1905	9 años muy lluviosos (promedio de 42,mm por año)

Fuente: <http://www.geovirtual2.cl/Clima/Histclima01.htm>

CONCLUSIONES

- En cuencas desérticas y con períodos de escasez prolongados, como es el río Copiapó, el impacto de las precipitaciones pueden tomar meses. No se aprecia en los registros un comportamiento lineal entre ellos.
- Cambios en los caudales instantáneos para períodos de retorno.
- Empezar a considerar antecedentes históricos al momento de diseñar o predecir.





**Dirección
General de
Aguas**

Ministerio de
Obras Públicas

Gobierno de Chile