

RECURSOS HÍDRICOS DE CHILE:

Dr. Roberto Pizarro Tapia



**Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental
Universidad de Talca**

Antecedentes de Contexto-Diagnóstico

La disponibilidad de agua que posee Chile como país alcanza a los 57.000 m³/hab/año, muy por sobre los 6.500 m³/hab/año de la media mundial.

Pero, si se hace una evaluación del promedio ponderado en función de la población existente por las regiones administrativas del país, esa disponibilidad baja a 9.500 m³/hab/año.

Según la Unesco, la mínima disponibilidad de agua para que exista sustentabilidad a las poblaciones humanas, es de 1.700 m³/hab/año.

Antecedentes de Contexto-Diagnóstico

→ De Santiago al norte la disponibilidad del recurso hídrico es en promedio de 1.000 m³/hab/año.

→ De Santiago al sur, se plantea que las ofertas de agua superan a las demandas.

Esta deducción se ve claramente cuestionada por una realidad que señala que, en regiones como la de los Ríos y de los Lagos, donde se superan los 2.000 mm al año, se están verificando hechos crecientes de carencia del recurso hídrico, lo que no solo afecta a los sectores productivos, sino que al consumo humano.

Antecedentes de Contexto-Diagnóstico

Según cifras de la Dirección General de Aguas, entre el año 1992 y el 2006, se verificó en el país un incremento del consumo que ascendió a un 160%. Al 2016 esa cifra ha ascendido casi al 200%, es decir casi 3 veces.

El crecimiento económico de Chile se ha incrementado en casi 3 veces desde el año 1990 a la fecha. Este se ha basado en los sectores tradicionales consumidores de agua, agricultura, minería, turismo, forestal, industria, etc.

Por tanto, se tiene acoplado el crecimiento económico con el consumo de agua, en una ecuación no sustentable.

Antecedentes de Contexto-Diagnóstico

El agua se constituye en la actualidad en el recurso natural más importante en que descansa la estructura productiva, ambiental y de desarrollo económico y social de Chile.

Según cifras de la Delegación Presidencial de Recursos Hídricos, al menos el 60% del Producto Interno Bruto de Chile es explicado por el rol que juega el agua.

Dadas las características geográficas del país, el agua en muchos casos se transforma en un elemento de devastación y de destrucción de bienes físicos y, principalmente, de pérdida de vidas humanas

PROBLEMÁTICA

A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL

1. Variabilidad y Cambio climático



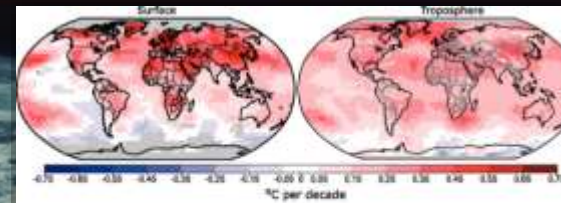
EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Principales Evidencias del Cambio Climático

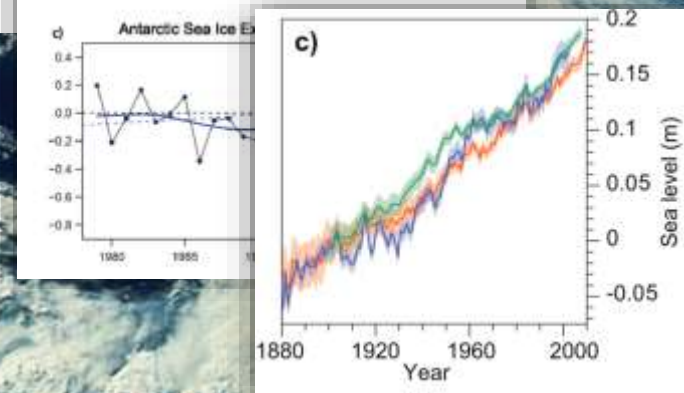
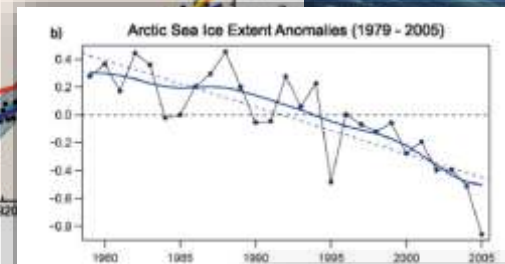
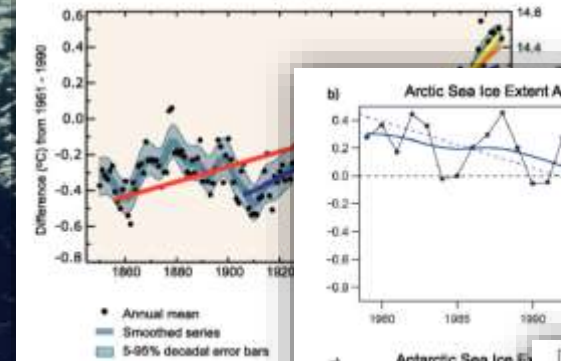
Aumento de la temperatura

Disminución de la Criósfera

Aumento del Nivel del Mar



Fuente: IPCC



Antofagasta



Copiapó



CAMBIO CLIMÁTICO...

...O CARENCIA EN LA GESTIÓN TERRITORIAL??

SUIZA 2005



CRECIDAS

EVENTOS EXTREMOS: CAUDALES MÁXIMOS

Comportamiento de las Crecidas

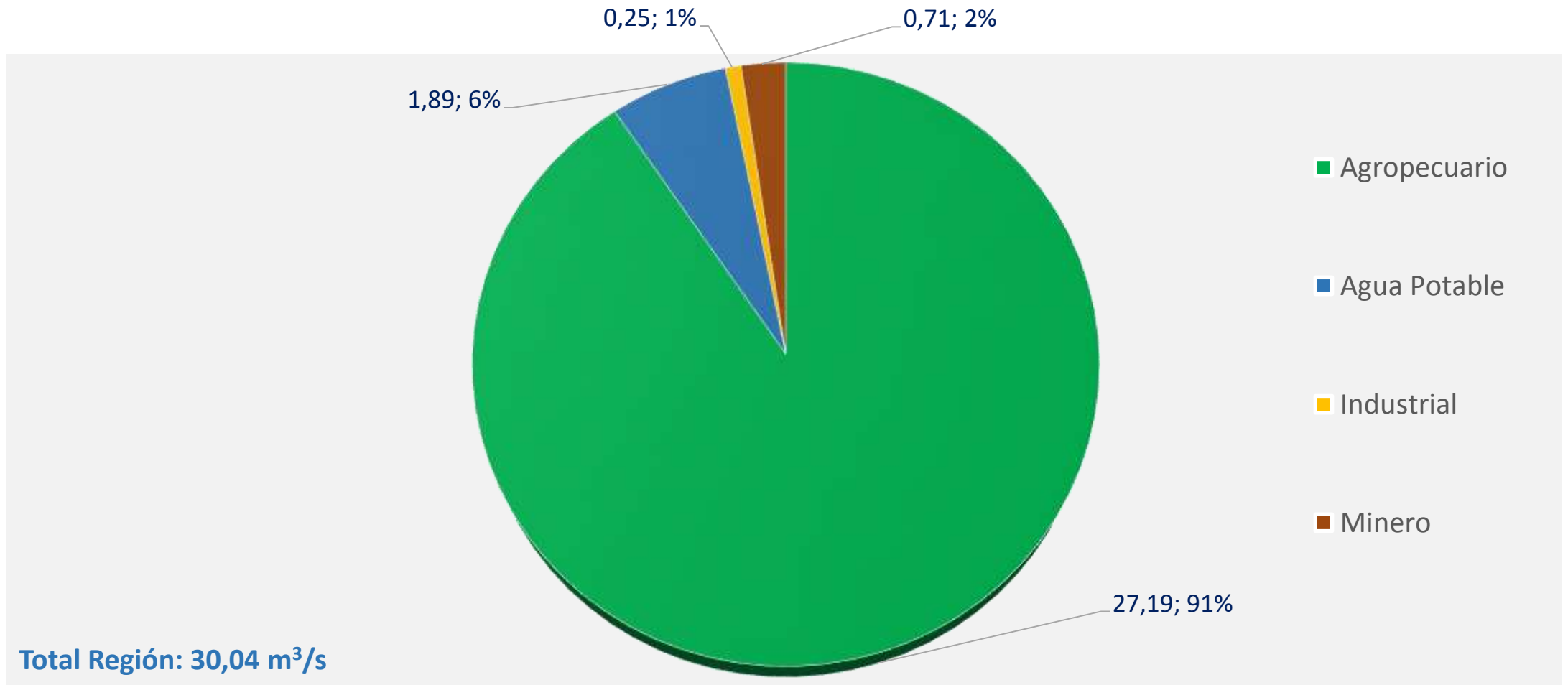


NIVEL FREÁTICO

Agotamiento de los pozos



Consumo de agua m³/s Región de Coquimbo



Metodología

Prueba de Mann-Kendall

- El test estadístico Mann-Kendall ha sido utilizado frecuentemente para calcular la significancia de tendencias en las series de tiempo hidrometeorológicas.

✓ Ventajas:

- ✓ No requiere que los datos provengan de una distribución normal.
- ✓ Puede emplearse aunque falten datos.

❖ Desventajas:

- ❖ Su cálculo es más complejo.

Precipitaciones

Precipitaciones

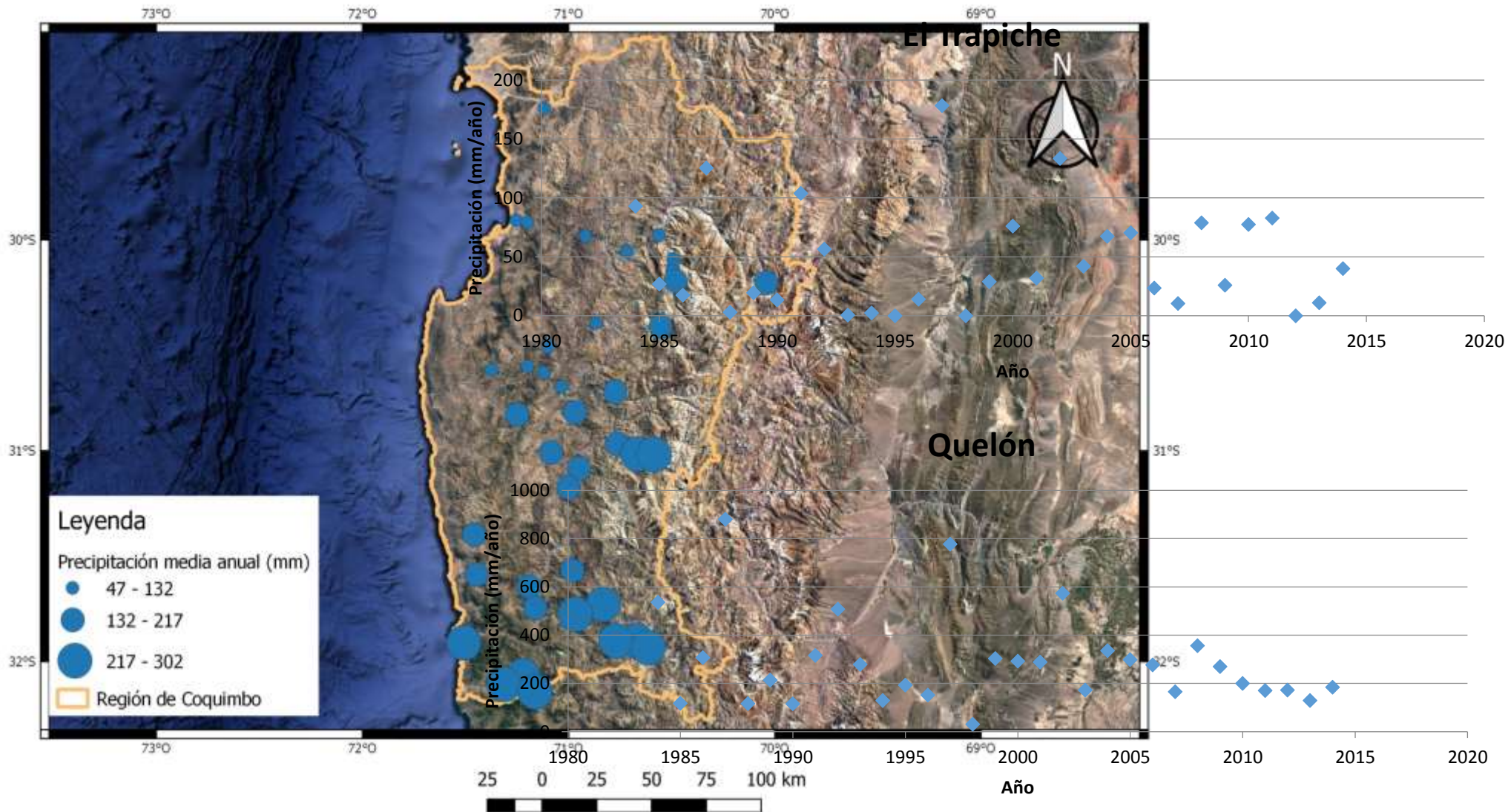
Antecedentes

↓ Las precipitaciones (1984-2014) en mm.

↑ Las estaciones y 30°s en pluviometría entre las latitudes.

↑ La cercanía a los Andes incrementa la precipitación.

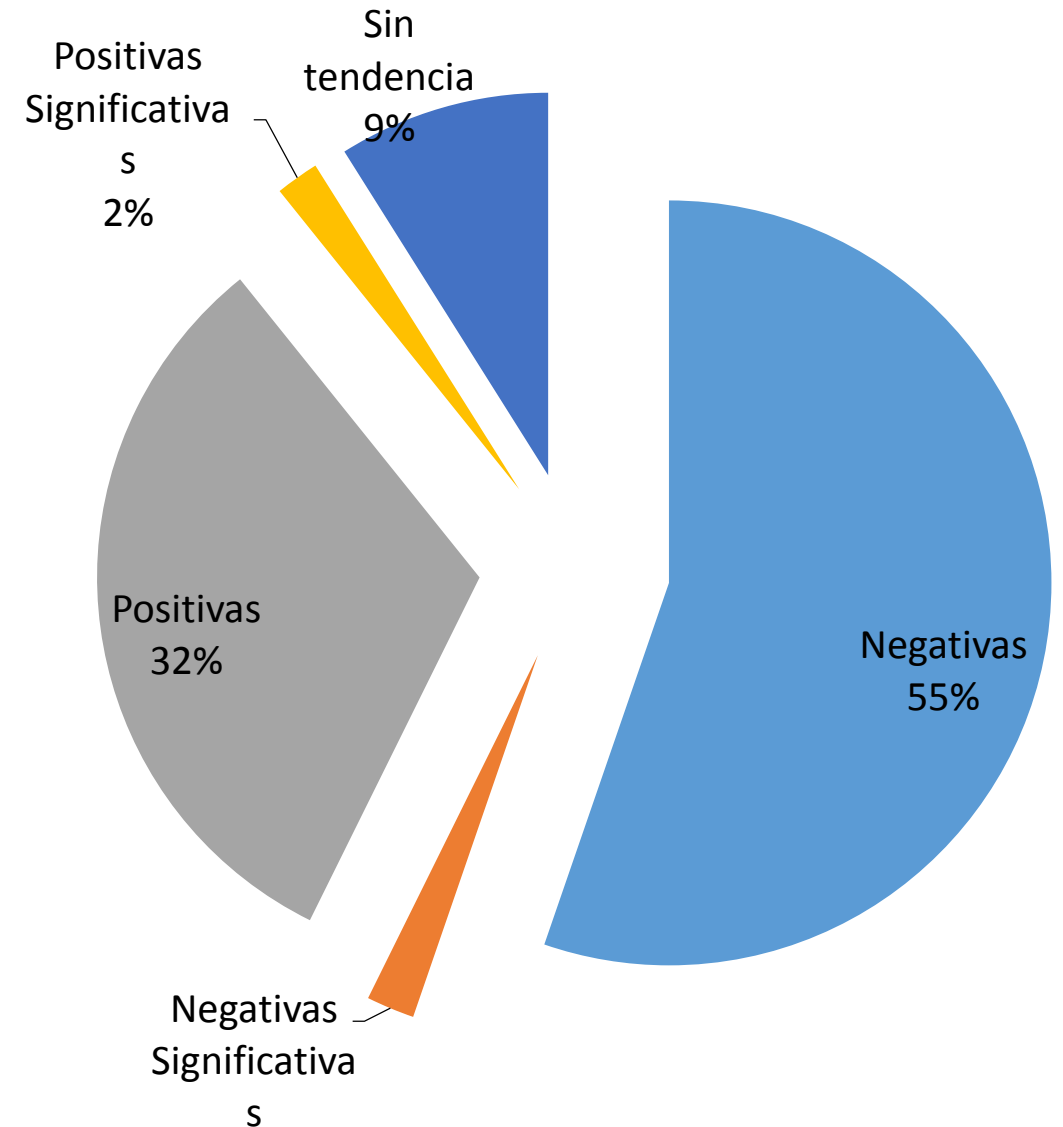
↑ Las precipitaciones en el periodo característico mediterráneo.



Tendencias

- Las precipitaciones fueron analizadas en base a 41 estaciones de la Región de Coquimbo, todas controladas por la DGA.
- ↓ En términos generales, se aprecia que las tendencias en las precipitaciones mensuales tienden a disminuir.
- ↓ Aunque la mayoría de las tendencias son negativas, no se verifica la significancia de las mismas. Dicho de otra forma, la variación de las precipitaciones se encuentra dentro del rango esperado.
- ↑ Aproximadamente un tercio de las precipitaciones son positivas pero al igual que las tendencias negativas estas no son significativas.

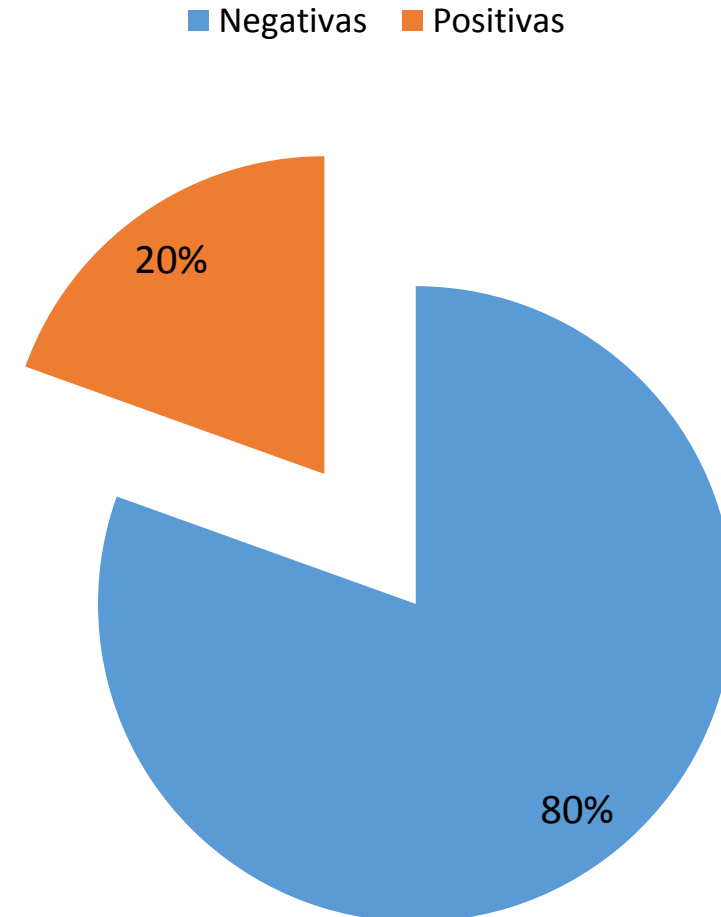
Tendencias precipitaciones (mensuales)



Tendencias

- ↓ A nivel anual, el 80 % de las tendencias analizadas son negativas pero ninguna es significativa.
- ↑ Las tendencias positivas, presentan el mismo patrón que las negativas pero en menor número.

Tendencias precipitaciones (anuales)



Precipitaciones

Tendencias

- Los resultados encontrados al analizar las tendencias en las precipitaciones, no permiten visualizar un cambio significativo en su comportamiento.

Componente	Tendencias	Totales	Totales (%)
Mensual	Negativas	282	57,3
	Negativas Significativas	10	2
	Positivas	166	33,7
	Positivas Significativas	9	1,8
	Sin tendencia	44	8,9
Anual	Negativas	33	80,5
	Negativas Significativas	0	0
	Positivas	8	19,5
	Positivas Significativas	0	0
	Sin tendencia	0	0

Caudales

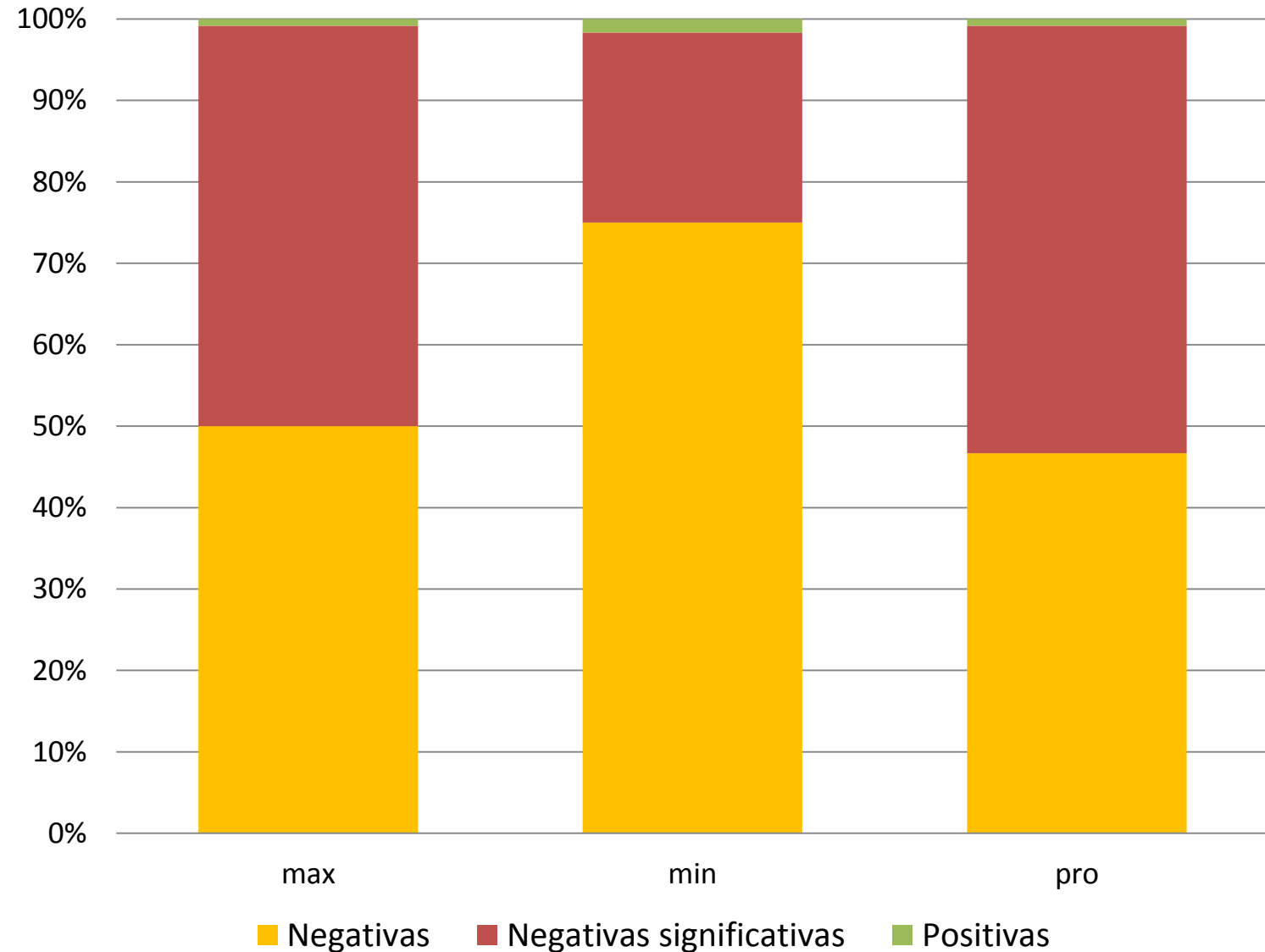
Tendencias

- Los caudales fueron estudiados a nivel de valores anuales y mensuales en 10 estaciones fluviométricas de la Región de Coquimbo, controladas por la DGA.

↓ Los caudales para el periodo 1984-2014, en su componente mensual, presentan tendencia a la baja, concentrándose la mayoría de las tendencias significativas en los caudales medios (pro) y máximos (max).

↑ Las tendencias positivas son ínfimas.

Tendencias caudales (mensuales)

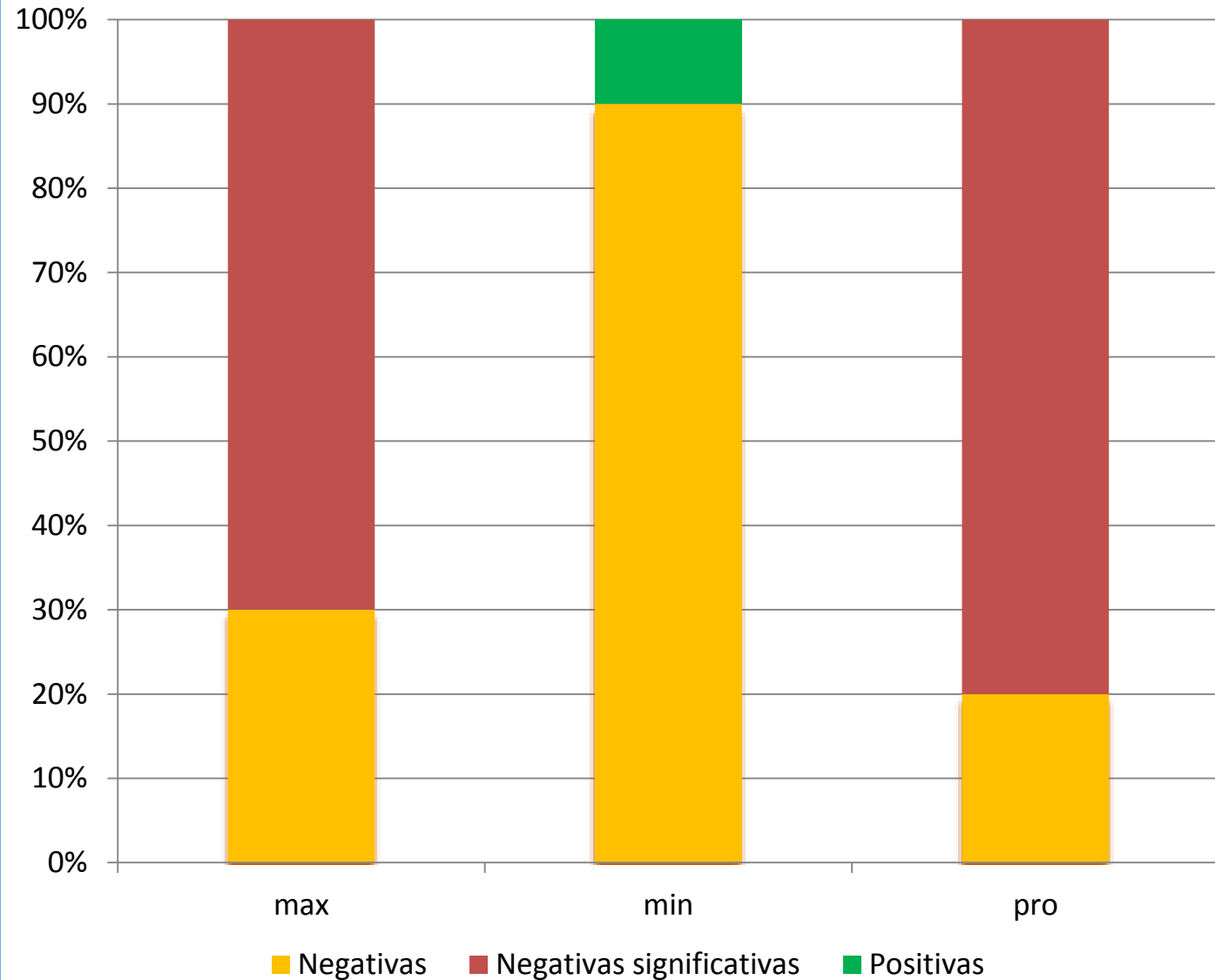


Caudales

Tendencias

- ↓ En el ámbito anual se aprecia que tanto en los caudales máximos como en los promedios, la totalidad de las series son negativas.
- ↓ La mayoría de las tendencias negativas, presentes en los caudales máximos y promedios son significativas.
- ↓ En el caso de los caudales mínimos, el 90% de las series son negativas, pero ninguna es significativa.
- ↑ Los caudales mínimos presentan un 10% de tendencias positivas.

Tendencias caudales (anuales)



Caudales

Tendencias

- De lo anterior, se desprende una situación preocupante, dado que la oferta de agua aportada por los flujos de agua esta decreciendo significativamente.

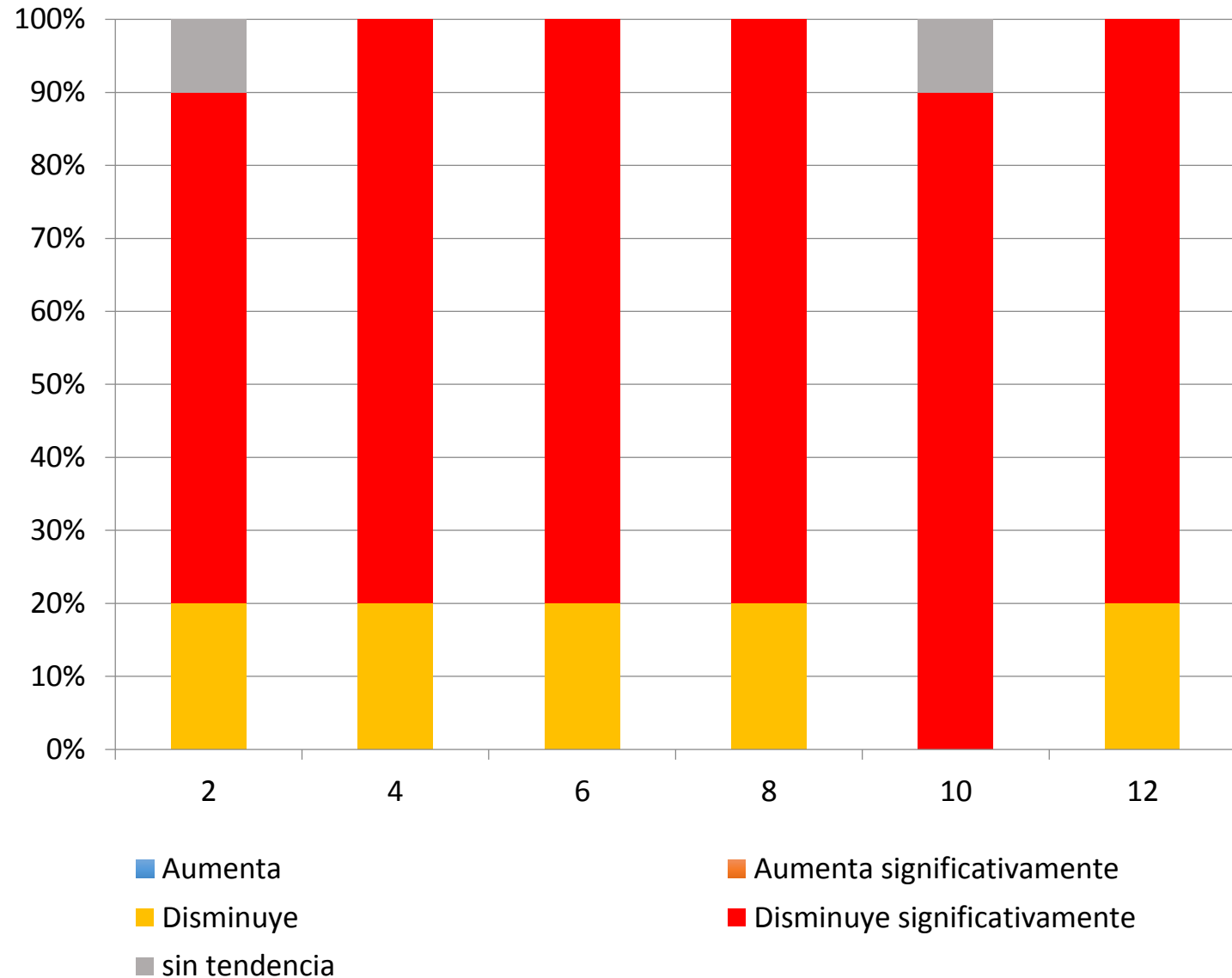
Componente	Caudal	Totales			
		Negativas	Negativas significativas	Positivas	Positivas significativas
Mensual	max	119 (99,2 %)	59 (49,2 %)	1 (0,83 %)	0 (0 %)
	min	118 (98,3 %)	28 (23,3 %)	2 (1,7 %)	0 (0 %)
	pro	119 (99,2 %)	63 (52,5 %)	1 (0,83 %)	0 (0 %)
Anual	max	10 (100%)	7 (70 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	min	9 (90 %)	0 (0 %)	1 (10 %)	0 (0 %)
	pro	10 (100 %)	8 (80%)	0 (0 %)	0 (0 %)

Pozos

Tendencias

- El nivel de las aguas subterráneas fue estudiado en base a 10 pozos de la Región de Coquimbo, todos controlados por la DGA.
- ↓ A nivel mensual se aprecia que la totalidad de las tendencias muestran una disminución en el nivel de los pozos. Además, la mayoría de estas tendencias negativas, son significativas.
- ↑ No se encontraron tendencias que denoten un aumento en el nivel de los pozos.

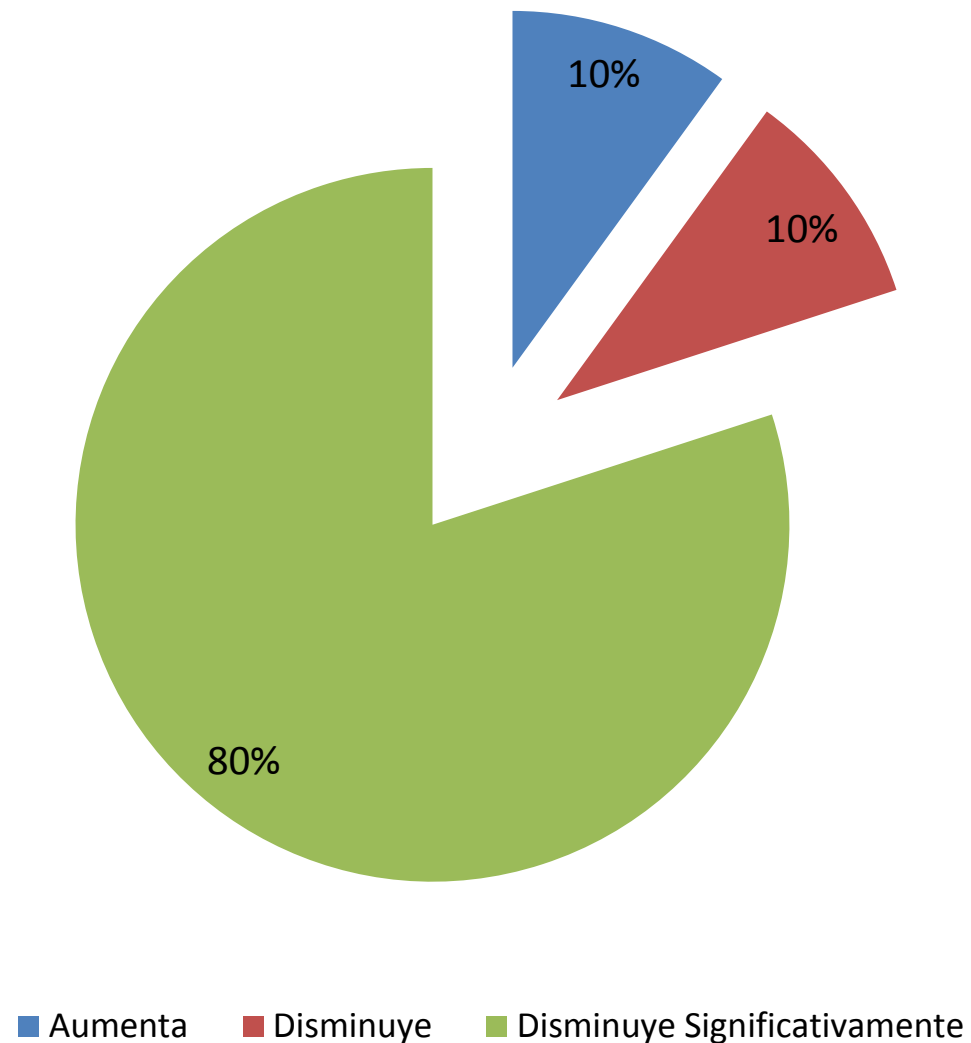
Tendencias del nivel de los pozos (mensual)



Tendencias

- ↓ Al verificar la componente anual de los pozos, se aprecia que un 90% de las tendencias analizadas son decrecientes, de las cuales el 80% son significativas.
- ↑ Se encontró que sólo un 10% de las tendencias anuales son crecientes. Es decir aumenta el nivel estático del pozo.

Tendencias del nivel de los pozos (anual)



Pozos

Tendencias

- De los resultados obtenidos, se desprende que el nivel freático de los pozos analizados ha disminuido constantemente en el tiempo.

Componente	Tendencias	Totales	Totales (%)
Mensual	Aumenta	0	0
	Aumenta Significativamente	0	0
	Disminuye	58	96,8
	Disminuye Significativamente	48	79,9
	Sin tendencia	2	3,4
Anual	Aumenta	1	10
	Aumenta Significativamente	0	0
	Disminuye	9	90
	Disminuye Significativamente	8	80
	Sin tendencia	0	0

Conclusiones

- ◆ Precipitaciones: Las tendencias en las precipitaciones no han mostrado una variación significativa en el tiempo. Situación que se mantienen tanto a nivel mensual como anual. Dicho de otra forma, las precipitaciones de la Región se han mantenido constantes.
- ↓ Caudales:
 - ↓ Máximos: Tanto a nivel mensual (49,2%) como anual (70%), se aprecia un decremento en su valor. Dado que los caudales máximos en la Región son producto del derretimiento nival, un decremento en los mismos indicaría una disminución en las reservas de nieve. Situación que se da al incrementarse la altitud de la isoterma 0°C.
 - ↓ Promedio: Los caudales promedio presentan tendencias a la baja tan a nivel mensual (52,5) como anual (80%). Hecho que podría explicarse por un aumento en el consumo de agua.
 - ↓ Mínimos: Aunque las tendencias son en su mayoría negativas, sólo una quinta parte son significativas. Estos resultados pueden ser producto de la variabilidad natural de los caudales mínimos.
- ↓ Pozos: El nivel de los pozos ha disminuido en forma sostenida y significativa, encontrándose que el 96 y 90 % del las tendencias son negativas y significativas a nivel mensual y anual respectivamente. Este escenario, se produce por una altísima demanda de agua para fines productivos.

Conclusiones

- ◆ Los datos obtenidos en la investigación no permiten concluir respecto al impacto de los sistemas de bombeo fotovoltaico.
- ◆ ¿ Qué planificación realizamos de los recursos hídricos?
- ◆ ¿ Con qué oferta hídrica proyectamos los programas de fomento?

RECURSOS HÍDRICOS DE CHILE:

Dr. Roberto Pizarro Tapia



**Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental
Universidad de Talca**