



Universidad Católica del Norte
ver más allá



“Evaluación de los impactos ambientales asociados a la salinización del acuífero de Pan de Azúcar, Región de Coquimbo”

Alumnos Memoristas

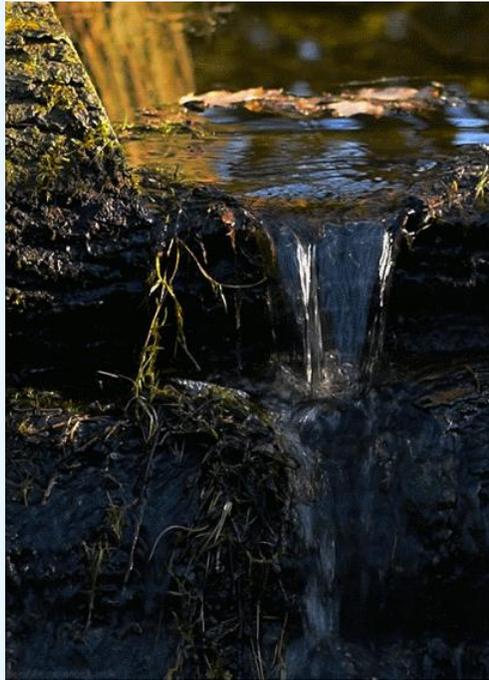
Tatiana Palta Henríquez
Consuelo Salinas Rojas
Vitto Vicentelo Muñoz

Profesor Guía

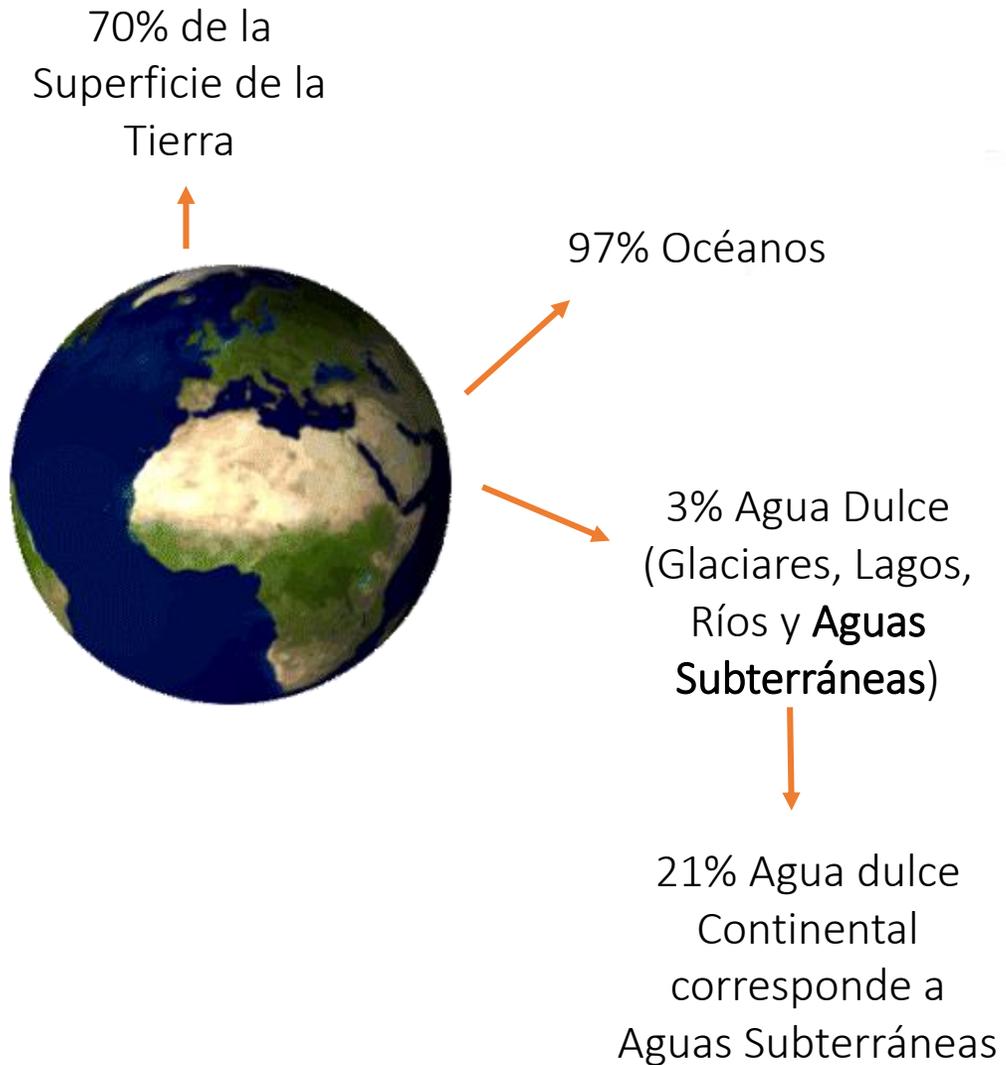
Ernesto Cortés Pizarro

Coquimbo, 14 de Enero del 2019

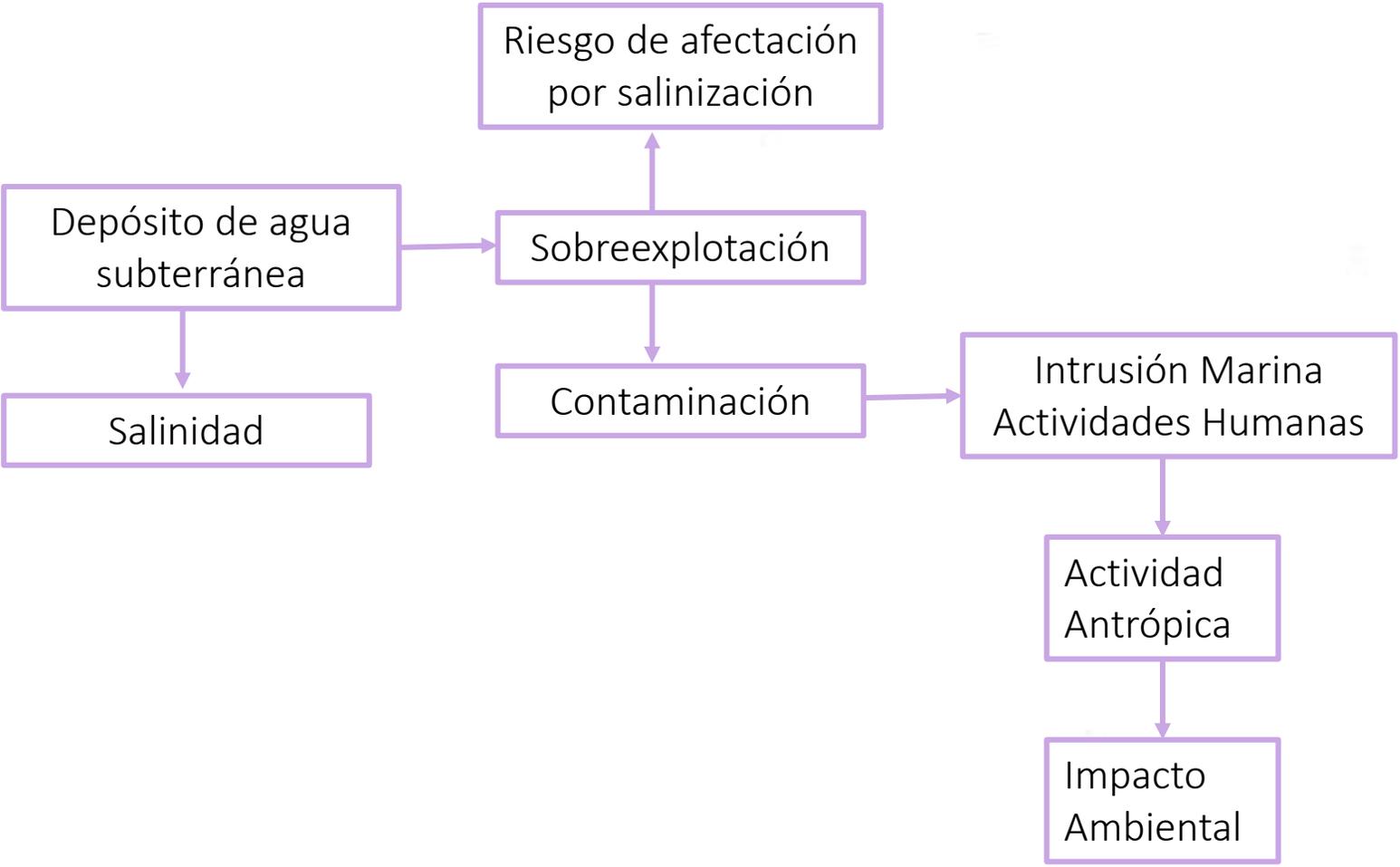
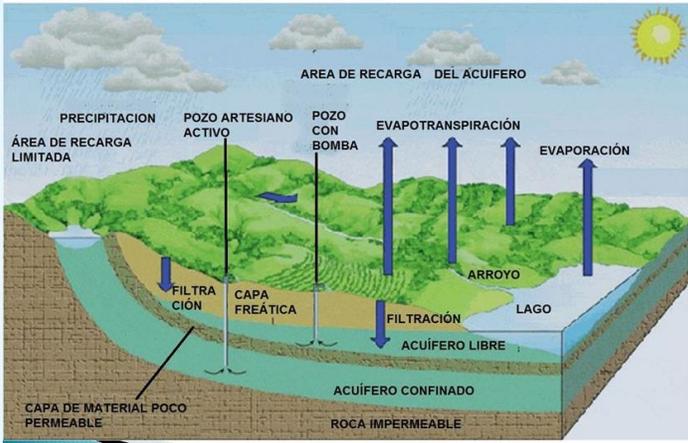
INTRODUCCIÓN



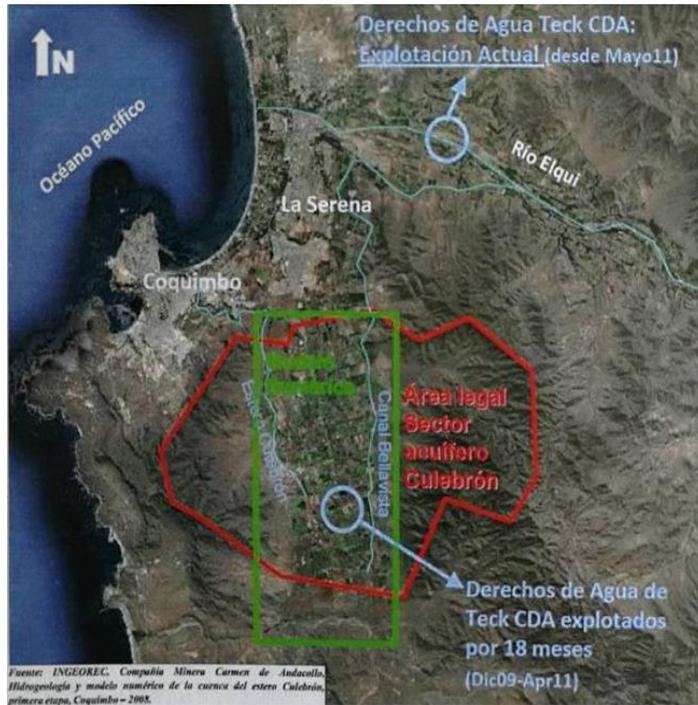
INDISPENSABLE



Acuífero



INTRODUCCIÓN



- 1 Comuna de Coquimbo.
- 2 Superficie de 211 km².
- 3 Fuente de recarga Canal Bellavista.
- 4 Recursos Hídricos:
 - 67% uso agrícola
 - 19% explotación minera
 - 14% agua potable



OBJETIVOS



Objetivo General

- Evaluar los impactos ambientales de actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar, Región de Coquimbo.

Objetivos Específicos

- Recopilar información pertinente a la problemática del acuífero de Pan de Azúcar de la Región de Coquimbo.
- Determinar el estado de salinización del acuífero de Pan de Azúcar.
- Cuantificar los impactos ambientales que son generados por las actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar

Recopilar información pertinente a la problemática del acuífero de Pan de Azúcar de la Región de Coquimbo.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Búsqueda de información relacionada con el tema.

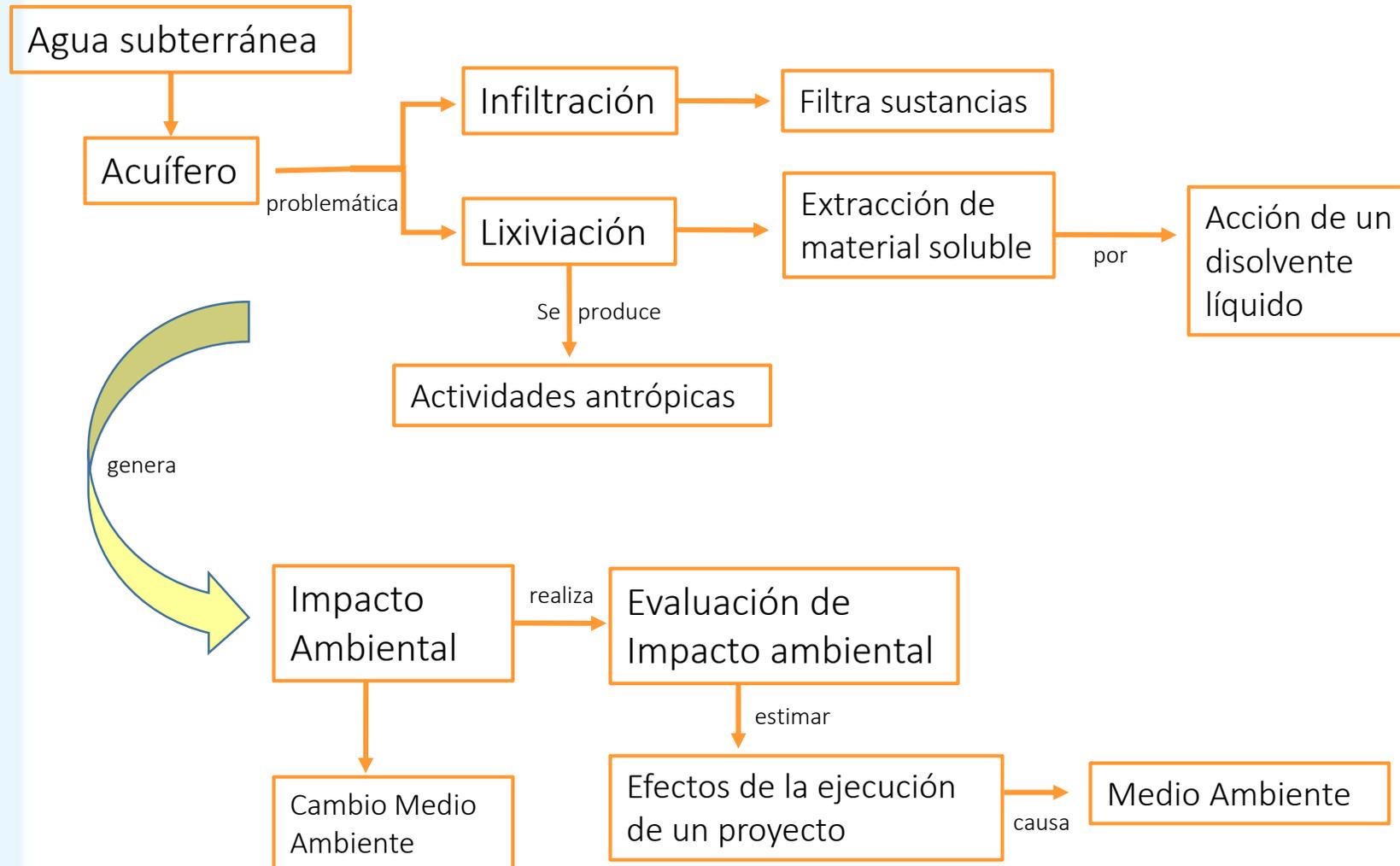
La Propuesta de selección de pozos de monitoreo sector Pan de Azúcar. Proyecto FIC: Monitoreo y Control Preventivo de la Salinización en acuíferos

- Para el tratamiento de la información se elaboró una matriz como herramienta de sistematización

Título – Autor	Contenido	Concepto	Bibliografía

(Fuente: Elaboración propia)

RESULTADOS



DISCUSIÓN



Se realizan procesos de origen natural o antrópicos.

El agua subterránea puede ser contaminada.

La actividad agrícola, es probablemente la causa más generalizada e importante de contaminación.

Se podría generar un impacto ambiental debido a los procesos naturales y actividades antrópicas existentes en el lugar.



CONCLUSIÓN

- ❖ La calidad del agua del acuífero puede ser afectada por lixiviación e infiltración, dada por las actividades antrópicas existentes en el lugar.
- ❖ Causas que más afectaría al Acuífero Pan de Azúcar:



Determinación del estado de salinización del acuífero Pan de Azúcar

MATERIALES Y MÉTODOS 1: Muestreo acuífero Pan de Azúcar

Los pozos evaluados para el muestreo fueron seleccionados en cumplimiento de los objetivos declarados por el Proyecto FIC.

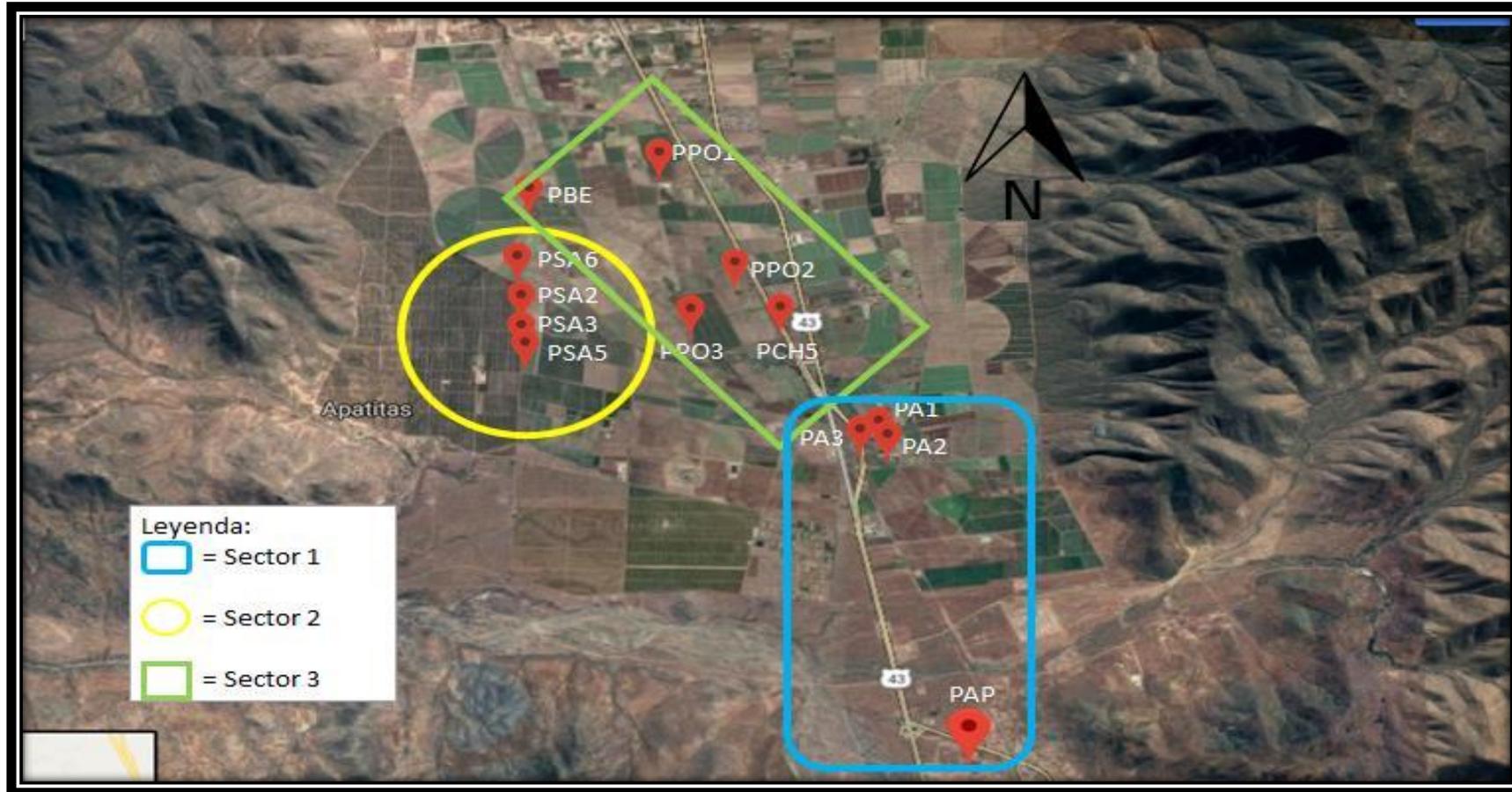
A los pozos seleccionados se les otorgó una codificación

Se procedió a dividir los pozos en sectores, según la actividad antrópica (sanitaria y agrícola) realizada en el lugar. Los sectores son:

- ✓ Sector 1: Actividad sanitaria correspondiente a Aguas del Valle
- ✓ Sector 2: Actividad agrícola correspondiente a la Olivocultura
- ✓ Sector 3 : Actividad agrícola correspondiente a la Hortalicultura

RESULTADOS 1: Muestreo acuífero Pan de Azúcar

- ❖ Los pozos registrados son 103 (de los cuales 13 fueron evaluados en esta memoria)
- ❖ Considerando la factibilidad de acceso (caminos, autorización de titular) los pozos muestreados fueron los siguientes



(Fuente: Elaboración propia)

DISCUSIÓN 1: Muestreo acuífero Pan de Azúcar

Debido a la alta demanda del recurso y a su explotación, es necesario monitorear constantemente los acuíferos.

El acuífero Pan de Azúcar presenta una gran importancia.

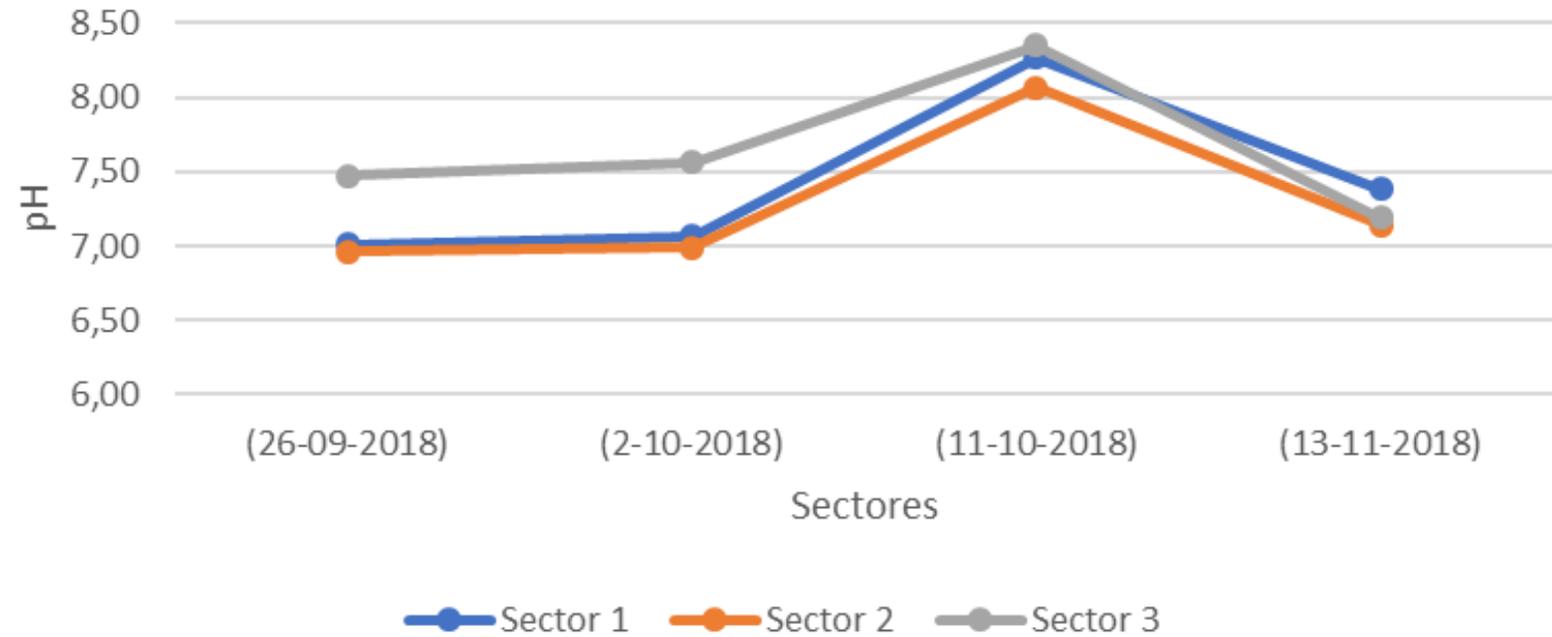
MATERIALES Y MÉTODOS 2: Caracterización *in situ*

- ❖ Mediante el muestreo *in situ* se obtuvieron los resultados en detalle de los parámetros fisicoquímicos.
- ❖ Se procedió a realizar gráficos con cada parámetro por sectores para ver el comportamiento de estos.

RESULTADOS 2: Caracterización *in situ*

❖ pH

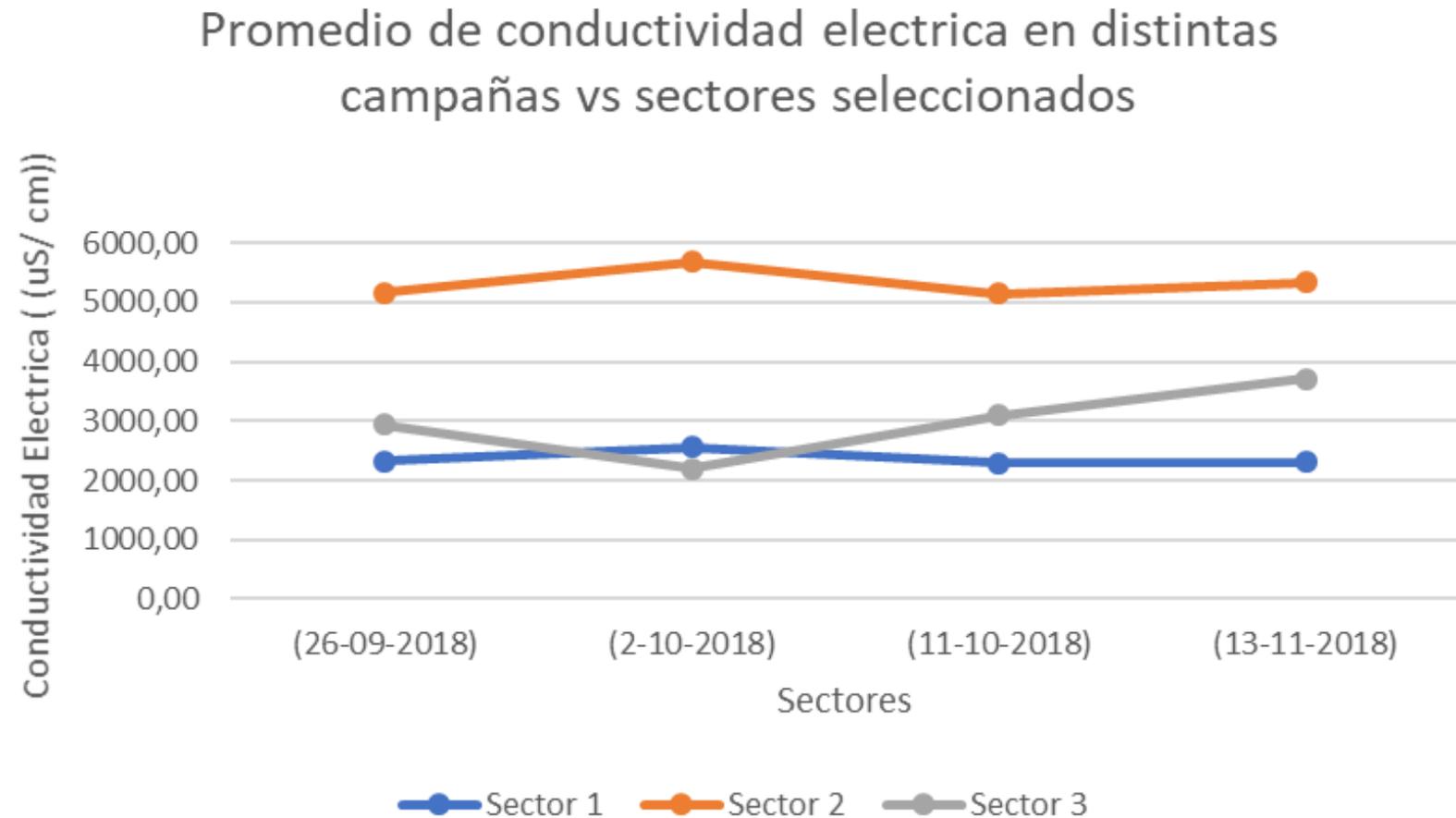
Promedio de pH en distintas campañas vs sectores seleccionados



(Fuente: Elaboración propia)

RESULTADOS 2: Caracterización *in situ*

❖ Conductividad

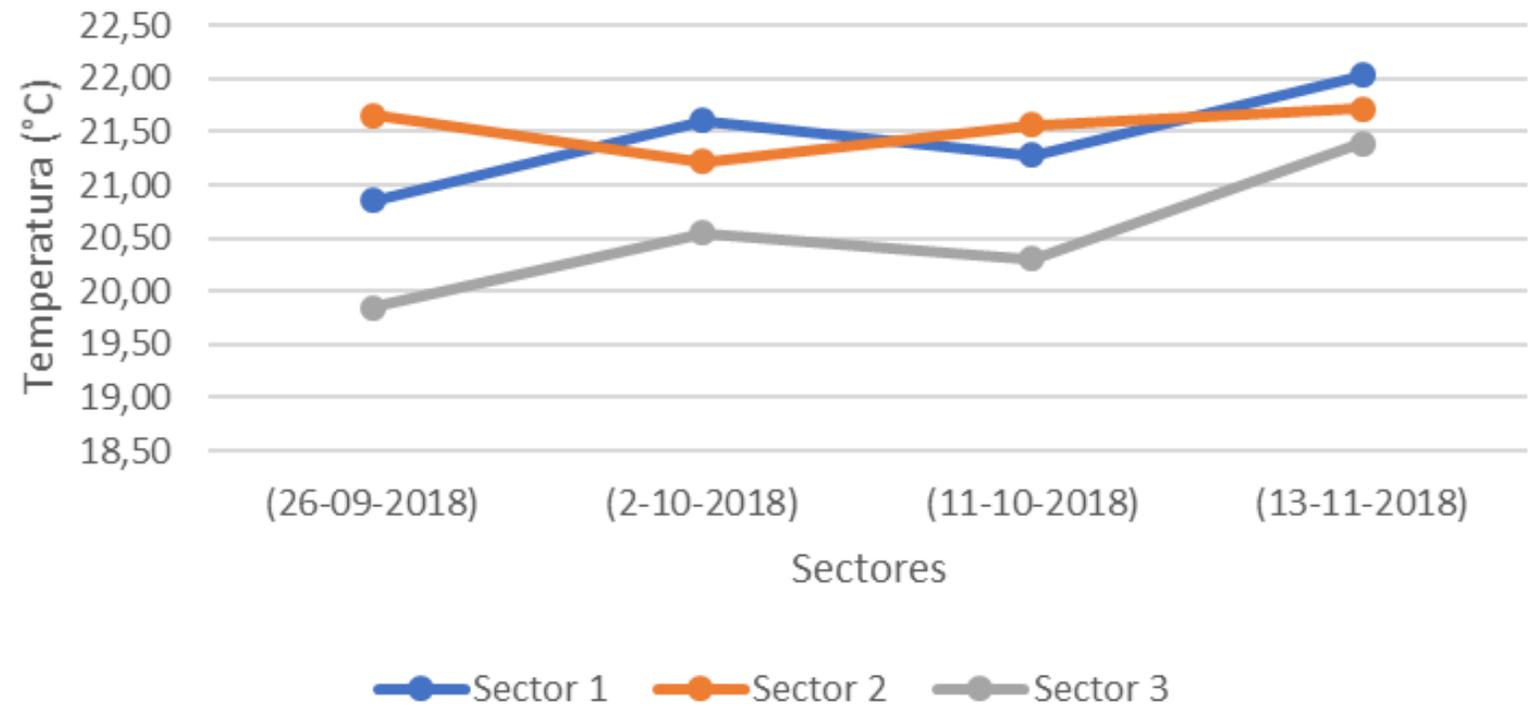


(Fuente: Elaboración propia)

RESULTADOS 2: Caracterización *in situ*

❖ Temperatura

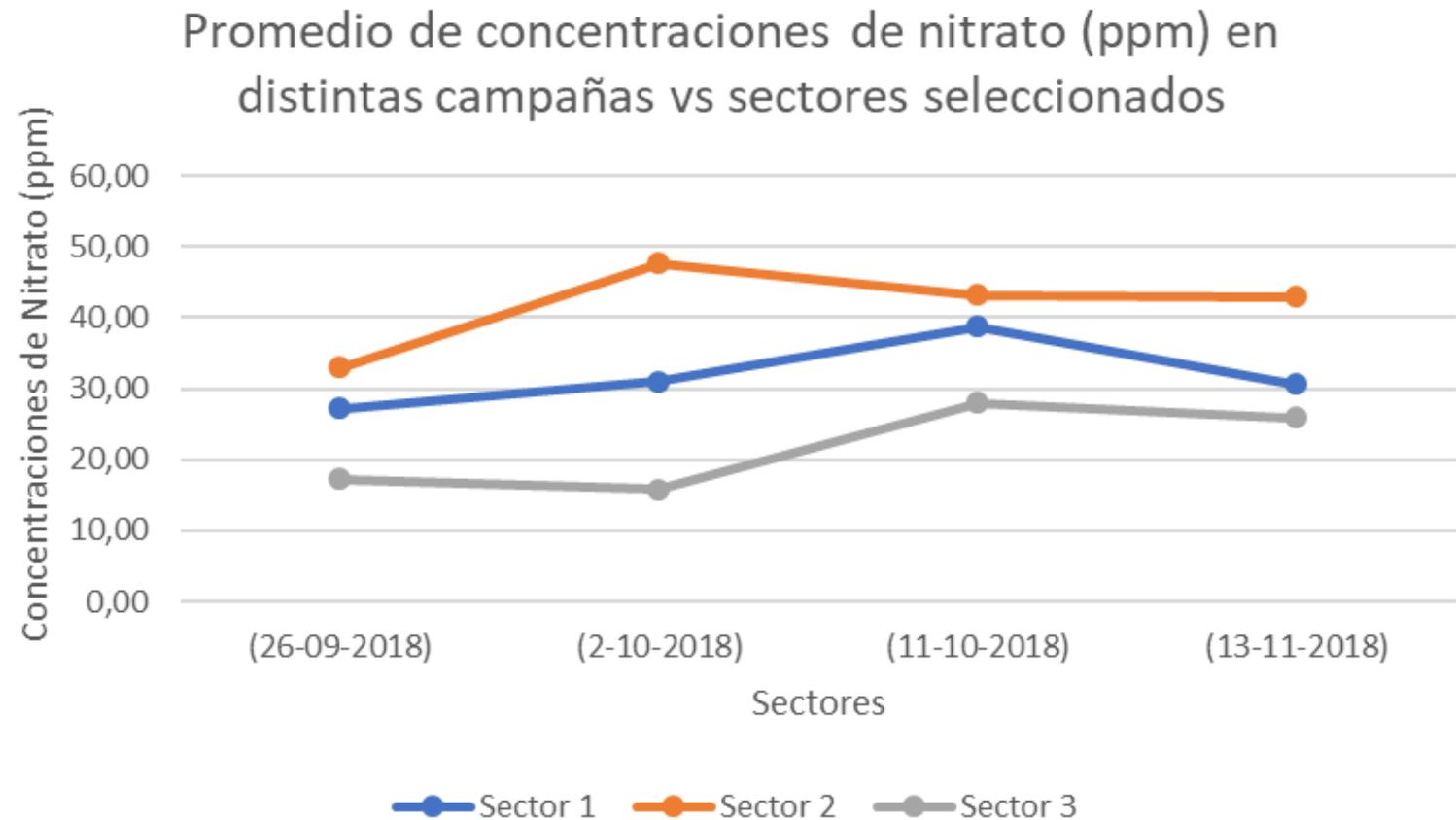
Promedio temperatura en distintas campañas vs sectores seleccionados



(Fuente: Elaboración propia)

RESULTADOS 2: Caracterización *in situ*

❖ Nitrato

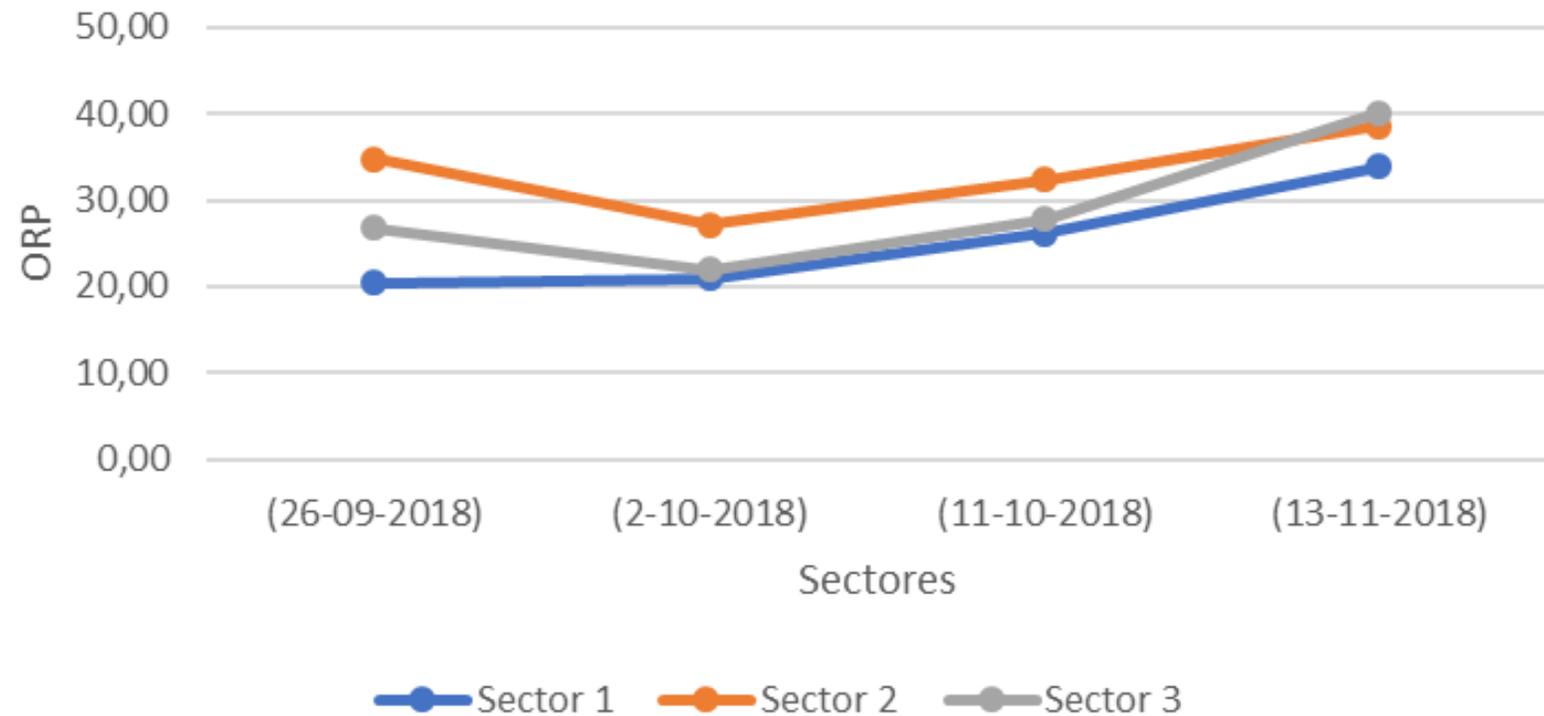


(Fuente: Elaboración propia)

RESULTADOS 2: Caracterización *in situ*

❖ Potencial Redox (ORP)

Promedio ORP en distintas campañas vs sectores seleccionados

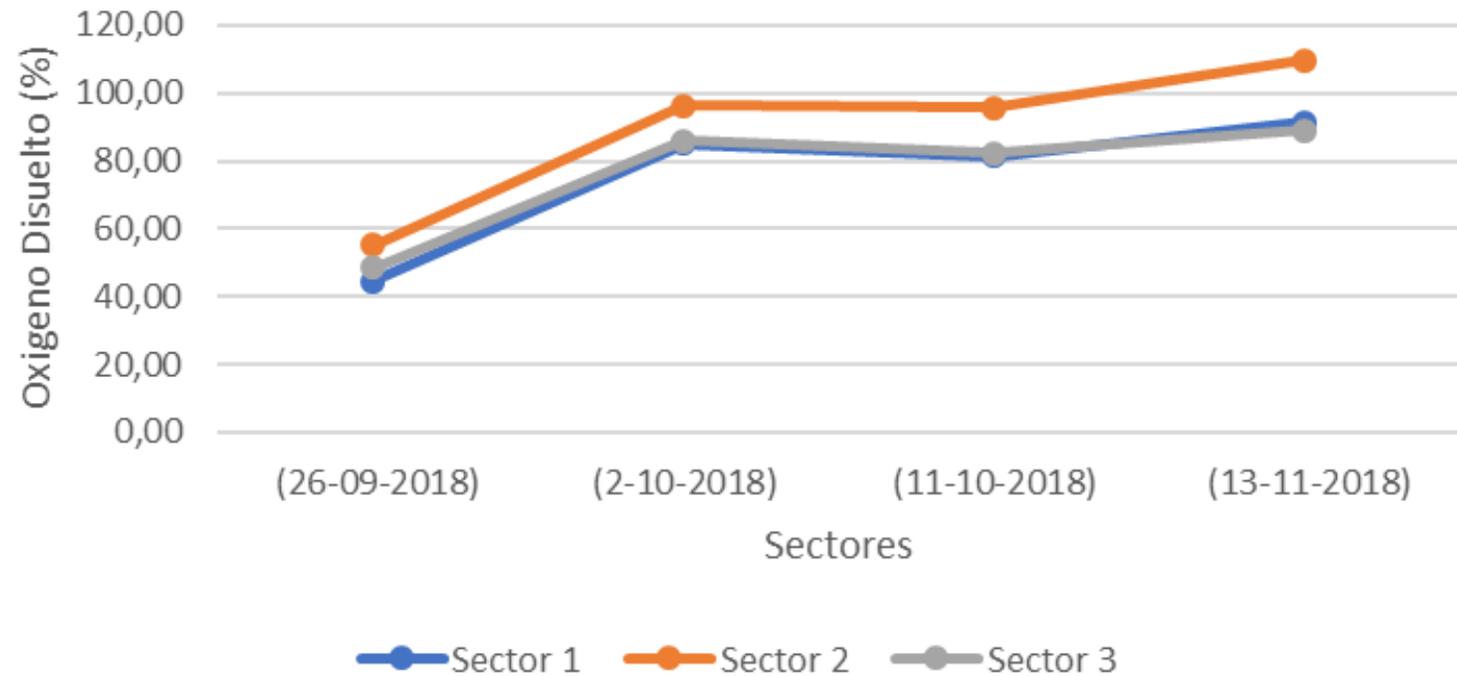


(Fuente: Elaboración propia)

RESULTADOS 2: Caracterización *in situ*

❖ Oxígeno disuelto (OD)

Promedio de OD (%) en distintas campañas vs sectores seleccionados



(Fuente: Elaboración propia)

DISCUSIÓN 2: Caracterización *in situ*

Factores que modifican el pH.



Polución, lluvia acida y contaminantes a través de disposiciones atmosféricas.

Factores que afectan la temperatura del agua subterránea.



Variaciones estacionales del calor.

En aguas subterráneas que corresponden a soluciones muy diluidas.



La conductividad específica varía directamente con la cantidad de minerales disueltos en el agua.

DISCUSIÓN 2: Caracterización *in situ*

El alto contenido de nitrato en aguas de pozo.



Puede deberse a flujo directo de agua superficial en el pozo.

En todos los pozos el potencial redox es oxidante.



Bajo potencial de transferencia de electrones.

El OD del agua subterránea.



Generalmente es muy bajo.

CONCLUSIÓN 2: Caracterización *in situ*

Pozo Pomarolli 1 alcanza un máximo de 9,45 (pH básico).



Reacciones químicas basificantes.

Cuarta campaña, mayor temperatura.



Fecha cercana a estación de verano.

Sector 2 es el que presenta la tendencia mayor de los datos de conductividad.



Altas cantidades de sales.

CONCLUSIÓN 2: Caracterización *in situ*

Altos valores de nitrato, pueden ser generados debido al incremento del uso de fertilizantes.



Debido al sector agrícola.

Pozo con mayor potencial redox.



Sector 2 (PSA2, PSA3, PSA5 y PSA6)

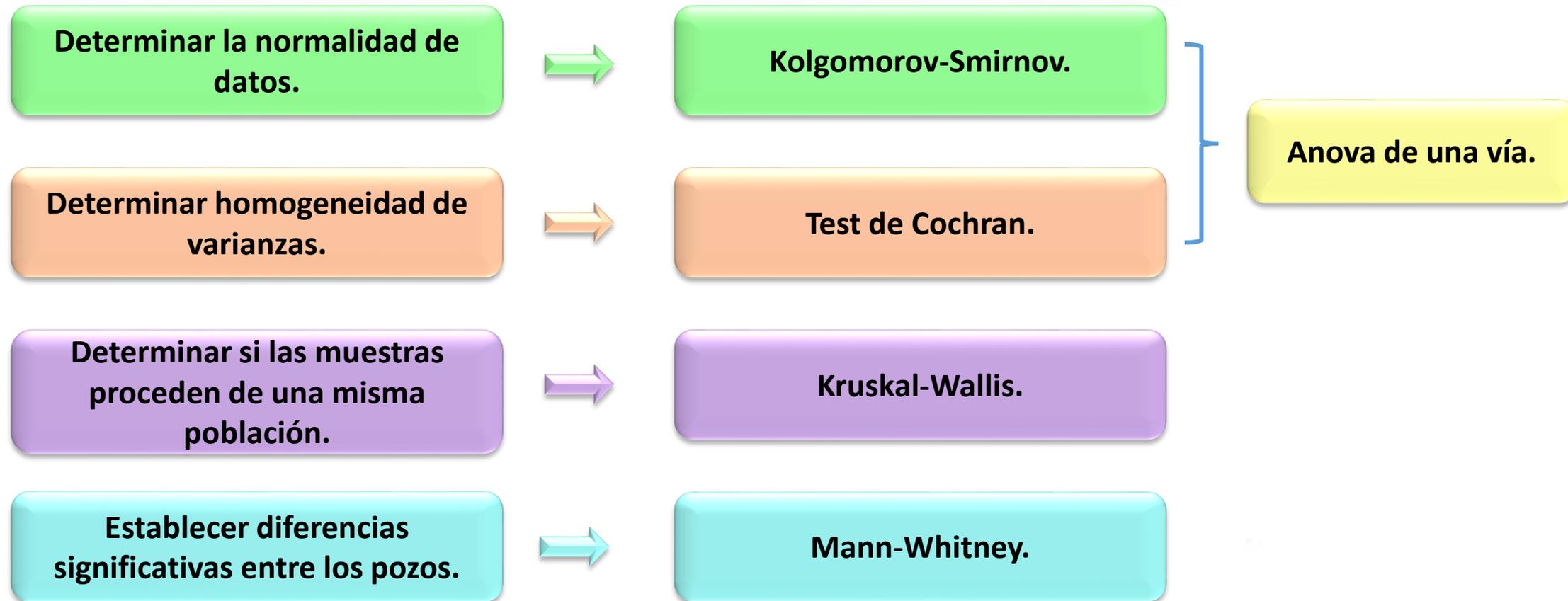
Los valores normales de oxígeno disuelto están entre 7 y 8 mg/L (Derisio, 1992).



Ambiente oxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS 3: Análisis estadístico

❖ Se utilizó estadística inferencial.



RESULTADOS 3: Análisis estadístico

- ❖ Nitratos y potencial redox son los únicos que poseen una distribución normal de los datos.

Diferencias significativas				
Conductividad	Sí	Excepto PBE	➔	PAP y PCH5
Temperatura	Sí	Sobretudo PA2	➔	PA1 y PSA2
Nitratos	Sí	Excepto PBE	➔	PSA3

DISCUSIÓN 3: Análisis estadístico

Con respecto a nitrato.

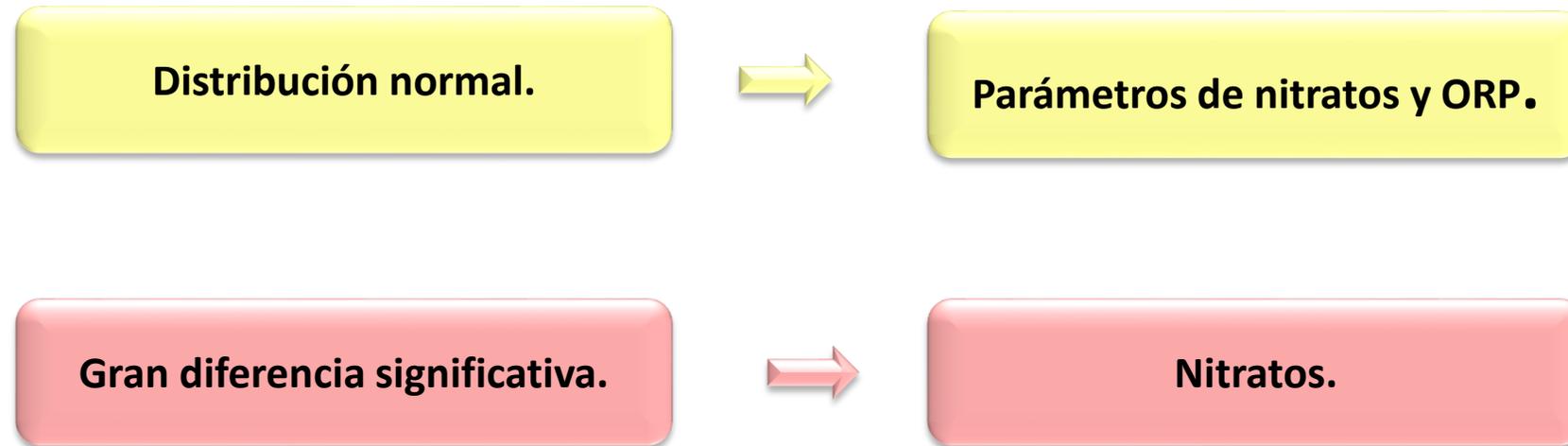


Pozo PSA3 difiere con la mayoría de los pozos.



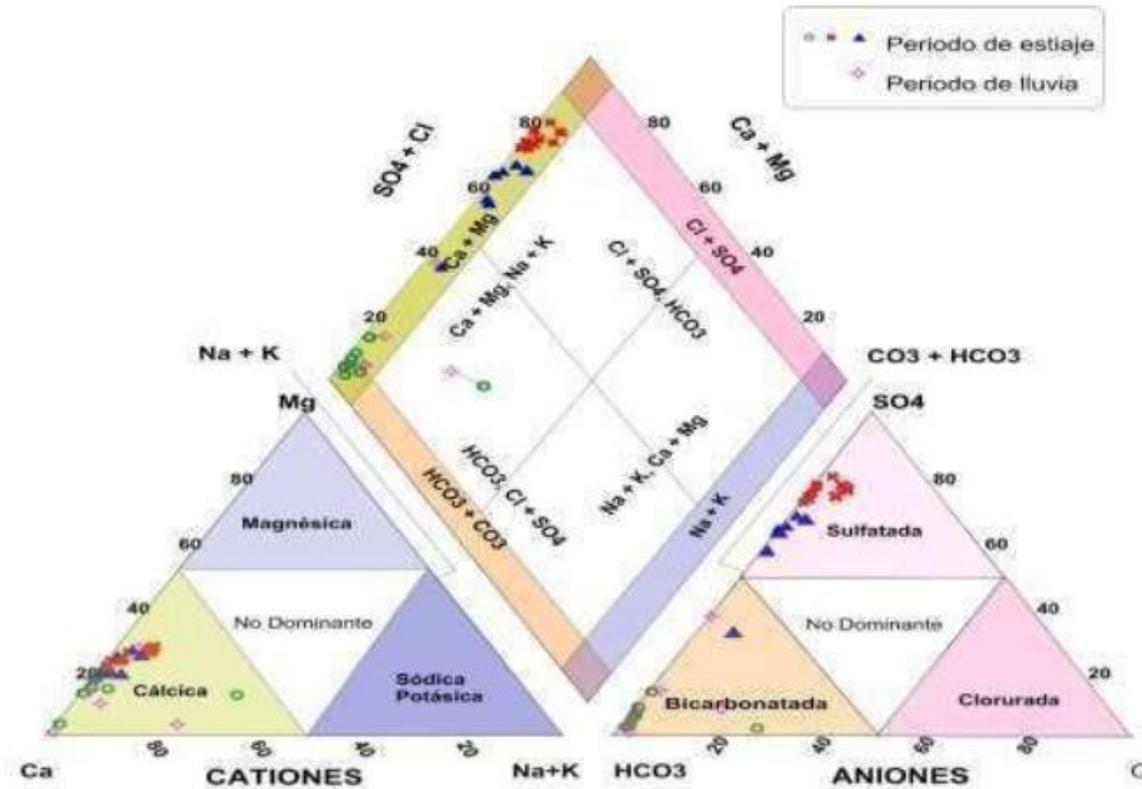
Uso agrícola para riego de los olivos.

CONCLUSIÓN 3: Análisis estadístico



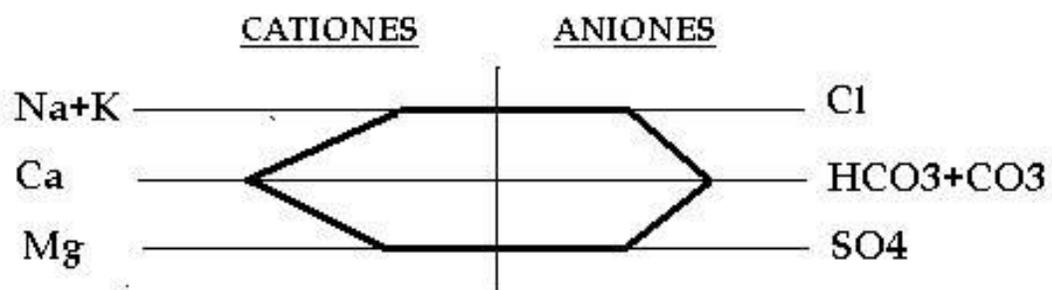
MATERIALES Y MÉTODOS 4: Caracterización hidrogeoquímica del Acuífero Pan de Azúcar

❖ Diagramas de Piper-Hill:

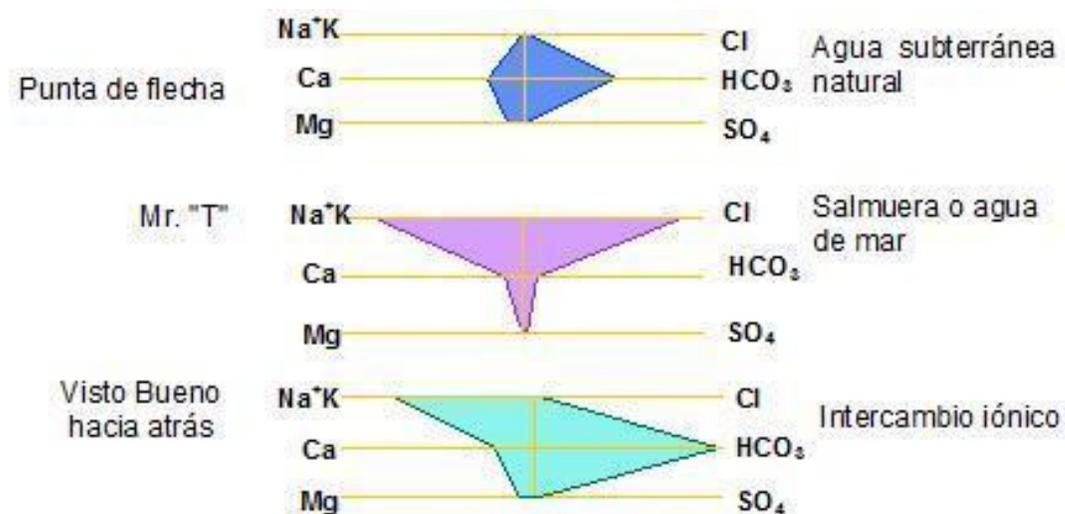


(Fuente: Fagundo *et al.*, 2013)

❖ Diagramas de Stiff:



(Fuente: Fagundo *et al.*, 2013)



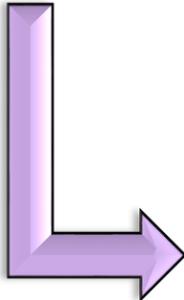
(Fuente: Fagundo *et al.*, 2013)

Criterios para establecer el estado de salinización del acuífero Pan de Azúcar

$$\text{❖ Estado de Salinización} = \frac{\text{Grado Homogeneidad} + \text{Grado Salinización}}{2}$$

❖ Grado de homogeneidad del estado de salinización

EJEMPLO:

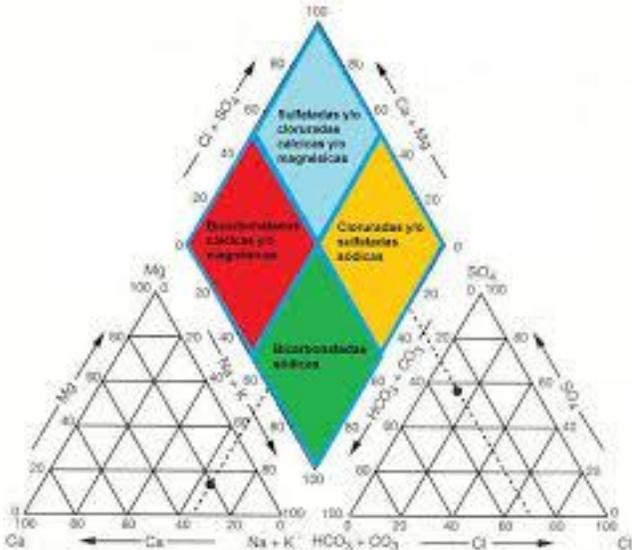


Interpretación Escala Likert	Grado de homogeneidad
1	Muy Alta
2	Alta
3	Media
4	Baja
5	Muy Baja

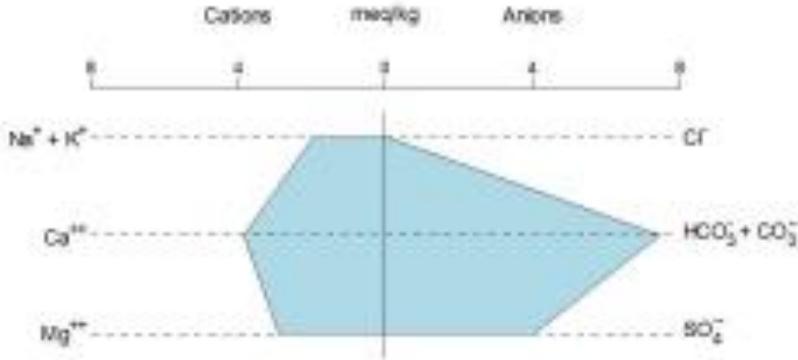
(Fuente: Elaboración propia)

Criterios para determinar el grado de homogeneidad del estado de salinización

A) Criterio de homogeneidad en base a Diagrama de Piper – Hill



B) Criterio de homogeneidad en base a Diagrama de Stiff.



$$\text{❖ Grado de Homogeneidad} = \frac{\text{Grado Homogeneidad Piper} + \text{Grado Homogeneidad Stiff}}{2}$$

Criterios para determinar el grado de salinización del estado de salinización

- Conductividad

Para la clasificación del grado de salinización del cuerpo de agua, se utilizó una adaptación de la NCh 1333 of 78 de cada pozo.

- Dureza del agua

Se utilizó la clasificación de la dureza por CaCO_3 (mg/l) en el agua establecida por la Organización Mundial de la Salud.

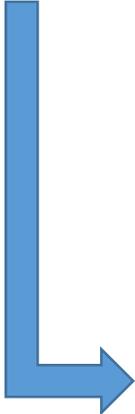
❖ ***El promedio de la conductividad y dureza permitió determinar el grado de salinización efectivo en el acuífero.***

RESULTADOS 4: Caracterización hidrogeoquímica del Acuífero Pan de Azúcar

❖ Clasificación de las aguas según Diagrama de Piper-Hill

N° Tipos de Agua	Clasificación (%)	
3	Tipo Ca-Cl	84,6
	Tipo Ca-HCO ₃	7,7
	Tipo Ca-SO ₄	7,7

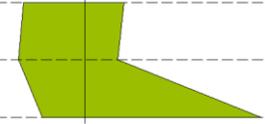
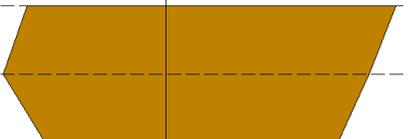
(Fuente: Elaboración propia)



Número de tipo de agua	Grado de Homogeneidad	Evaluación de grado de homogeneidad
1	Muy baja	3
2	Baja	
3	Media	
4	Alta	
5 o más	Muy alta	

(Fuente: Elaboración propia)

❖ Clasificación de las aguas según diagrama de Stiff

Clasificación total (%)		Diagrama de Stiff
Intercambio Iónico	86,4	
Agua Subterránea Natural	7,7	
Sin Clasificación	7,7	

(Fuente: Elaboración propia)

Porcentaje del tipo de agua predominante	Homogeneidad	Evaluación del grado de Homogeneidad
[100%-90%]	Muy Alta	2
[90%-80%]	Alta	
[80%-70%]	Media	
[70%-60%]	Baja	
[60%-50%]	Muy Baja	

(Fuente: Elaboración propia)

❖ Grado de Salinización

A) Conductividad

Promedio por Sector	Evaluación de grado de salinización
Promedio Sector 1	3
Promedio Sector 2	2
Promedio Zona 3	3
Promedio Total del Sector Estudiado	2,6
Evaluación de Grado de Salinización	Media – Alta

(Fuente: Elaboración propia)

❖ Grado de Salinización

B) Dureza

Promedio por Sector	Evaluación de grado de salinización
Promedio Sector 1	1
Promedio Sector 2	1
Promedio Zona 3	1
Promedio Total del Sector Estudiado	1
Evaluación de Grado de Salinización	Muy Dura

(Fuente: Elaboración propia)

❖ Estado de Salinización

Criterios	Promedio Grado de Homogeneidad		Promedio Grado de Salinización		Promedio de Estado de Salinización
	Criterio de Piper	Criterio de Stiff	Criterio de Conductividad	Criterio de Dureza	
Acuífero Pan de Azúcar	Medio (3)	Alta (2)	Media-Alta (2,6)	Muy Dura (1)	Alta (2)
Promedio	2,5		1,8		

(Fuente: Elaboración propia)

DISCUSIÓN 4: Caracterización Hidrogeoquímicos del Acuífero Pan de Azúcar

Diagrama de Piper-Hill

```
graph LR; A[Diagrama de Piper-Hill] --> B[El sector 1 presenta agua clorurada cálcica (PA1, PA2 y PA3) y bicarbonatada cálcica (PAP) .]; A --> C[El sector 2 presenta agua clorurada cálcica en su totalidad]; A --> D[El sector 3 presenta agua clorurada cálcica (PPO1, PPO2, PPO3, PBE) y sulfatada cálcica (PCH5).];
```

El sector 1 presenta agua clorurada cálcica (PA1, PA2 y PA3) y bicarbonatada cálcica (PAP) .

El sector 2 presenta agua clorurada cálcica en su totalidad

El sector 3 presenta agua clorurada cálcica (PPO1, PPO2, PPO3, PBE) y sulfatada cálcica (PCH5).

DISCUSIÓN 4: Caracterización hidrogeoquímica del Acuífero Pan de Azúcar

Diagrama de Stiff

A diagram titled "Diagrama de Stiff" is shown in a rounded orange box on the left. Three orange arrows point from this box to three separate rounded orange boxes on the right, each containing a specific finding.

Para pozos que presentan tipo de agua intercambio iónico, la concentración de anión bicarbonato es constante.

Pozo PAP tiene una apariencia similar al tipo de agua subterránea natural.

El pozo PCH5 presenta un tipo de agua "sin forma".

CONCLUSIÓN 4: Caracterización hidrogeoquímica del Acuífero Pan de Azúcar

Diagrama de Stiff.



El acuífero Pan de Azúcar presenta tres tipos de aguas: Intercambio iónico, aguas subterráneas natural y sin clasificación.

Diagramas de Piper-Hill.



Los tipos de aguas presentes son: agua clorurada cálcica (Ca-Cl), aguas bicarbonatada cálcica (Ca-HCO₃) y aguas sulfatadas cálcicas (Ca-SO₄).

Cuantificar los impactos ambientales que son generados por las actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar

MATERIALES Y MÉTODOS : Cuantificar los impactos ambientales que son generados por las actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar

❖ Matriz de causa efecto:

Natural
Existencia
de
Biosfera
Terrestre
de
Importancia
Biológica
de
Componente

Actividad antrópica	Componente Ambiental	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	Importancia	Clasificación

(Fuente: Cortes, 2018)

❖ Importancia del impacto.

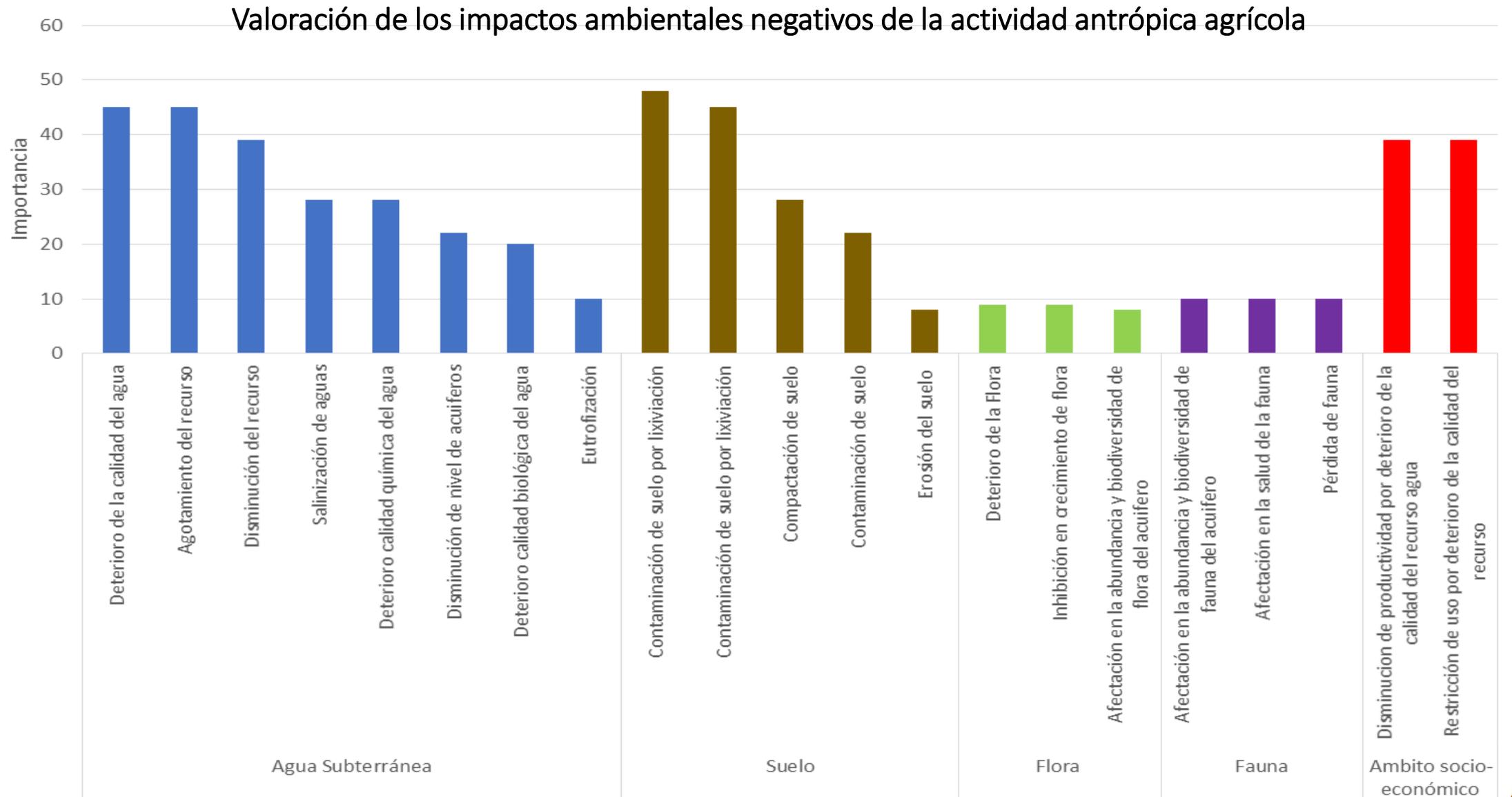
VALOR DEL IMPACTO	NIVEL O SIGNIFICADO (-)	NIVEL O SIGNIFICADO (+)
(0-10]	MUY BAJO O NULO	MUY BAJO O NULO
(10-20]	BAJO	BAJO
(20 – 30]	MEDIO BAJO	MEDIO BAJO
(30 – 40]	MEDIO	MEDIO
(40 – 50]	MEDIO ALTO	MEDIO ALTO
>50	ALTO	ALTO

(Fuente: Adaptación Cortes, 2018)

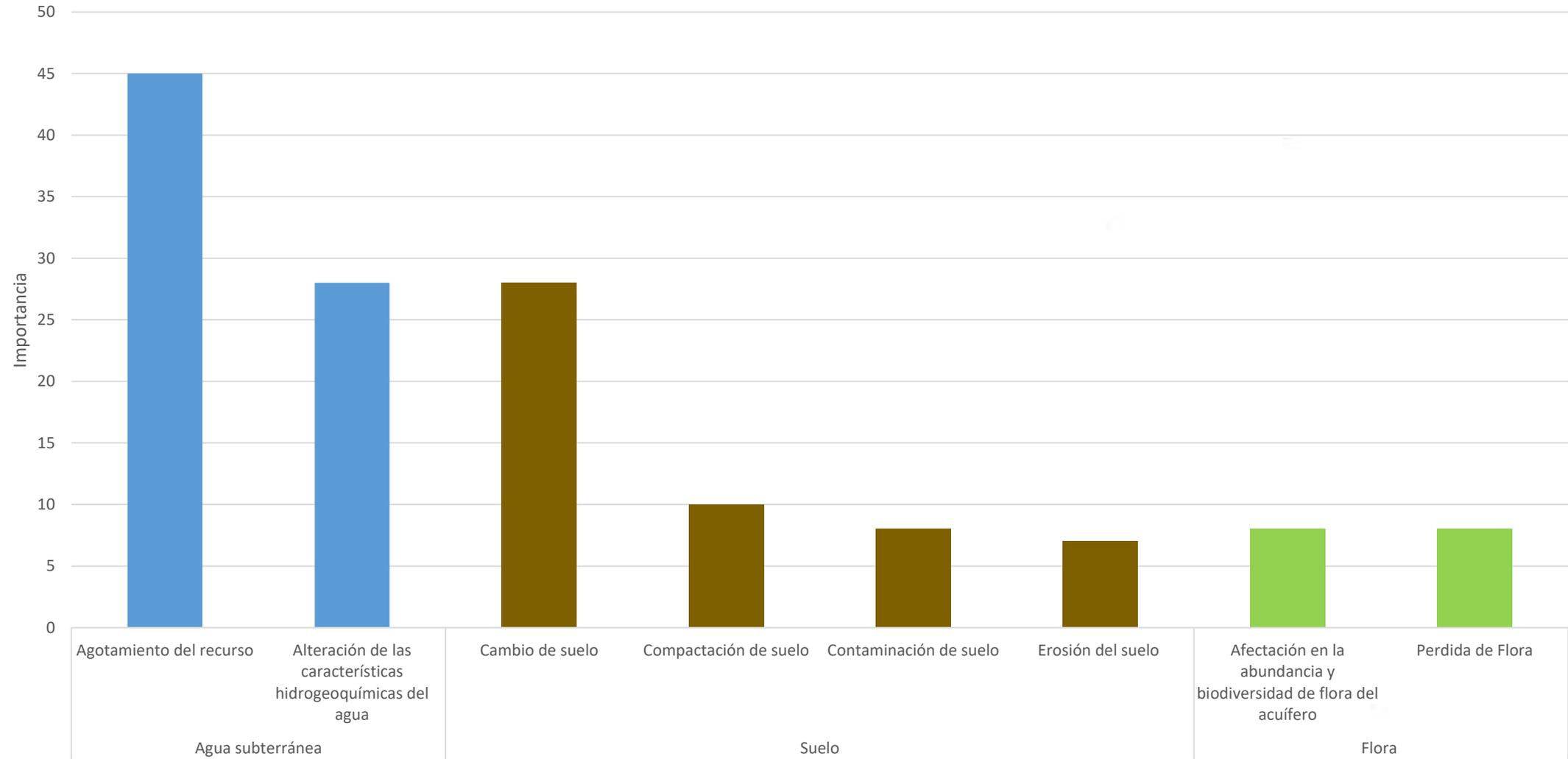
- Cálculo de la importancia del impacto:

$$\text{Importancia del impacto} = V1 \times V8 \times (V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7)$$

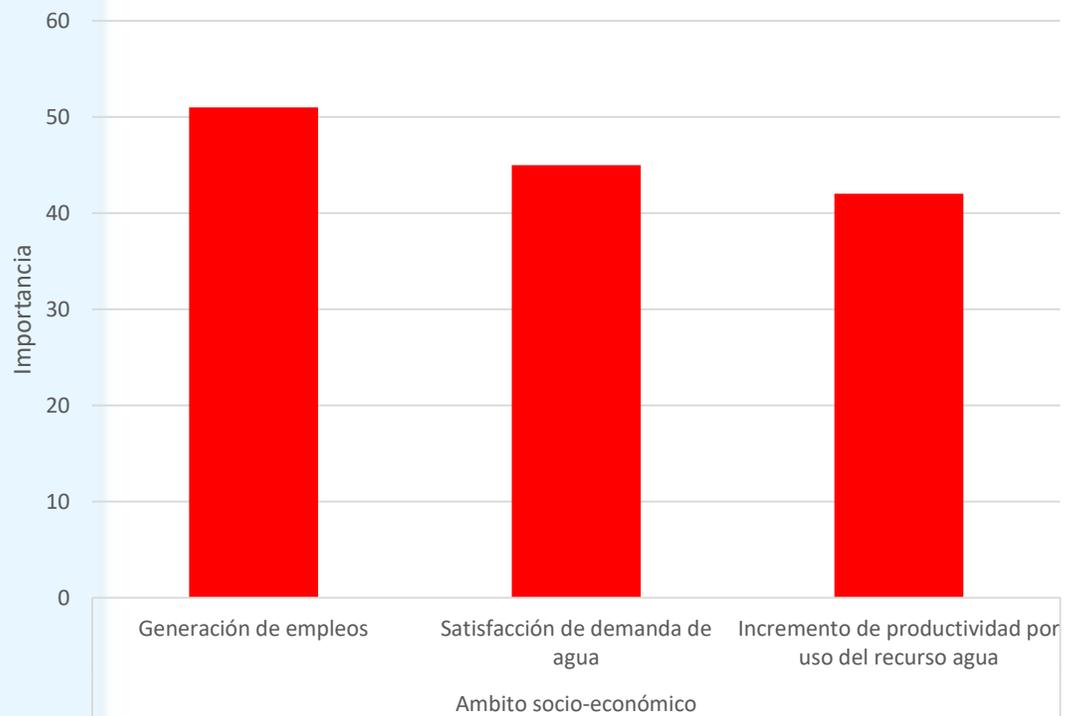
RESULTADO : Cuantificar los impactos ambientales que son generados por las actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar



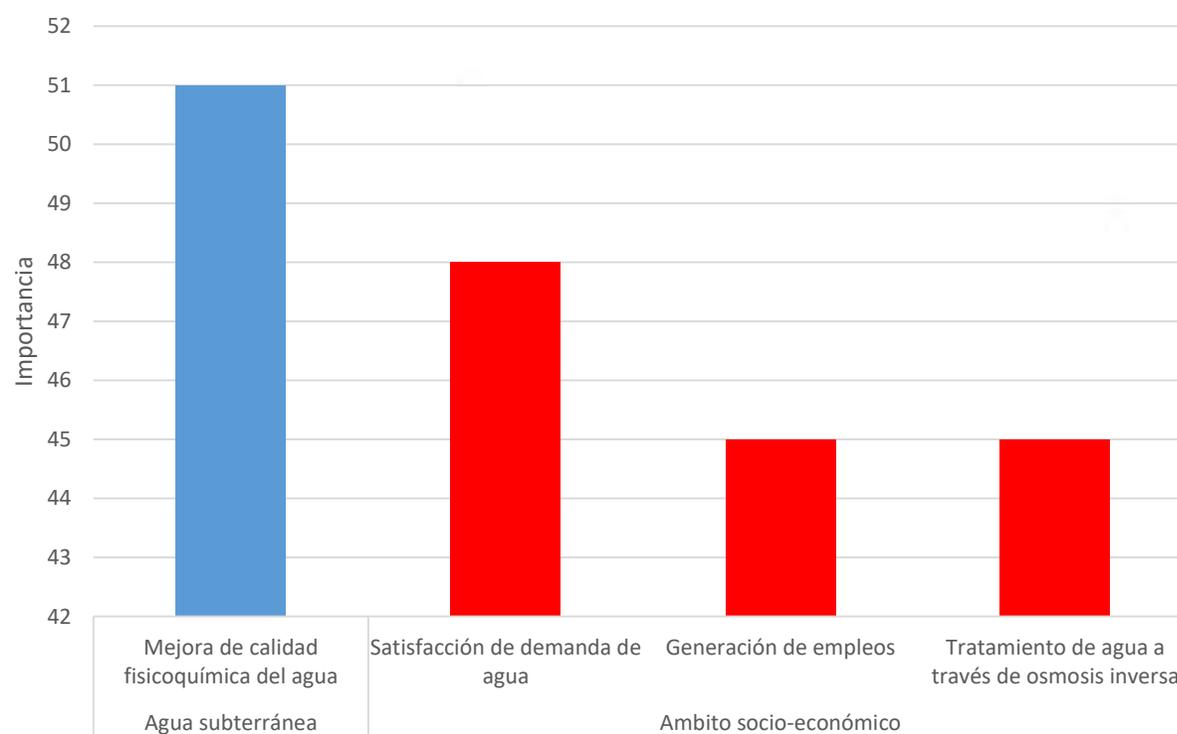
Valoración Impactos Ambientales Perjudiciales Actividad Antrópica Sanitaria



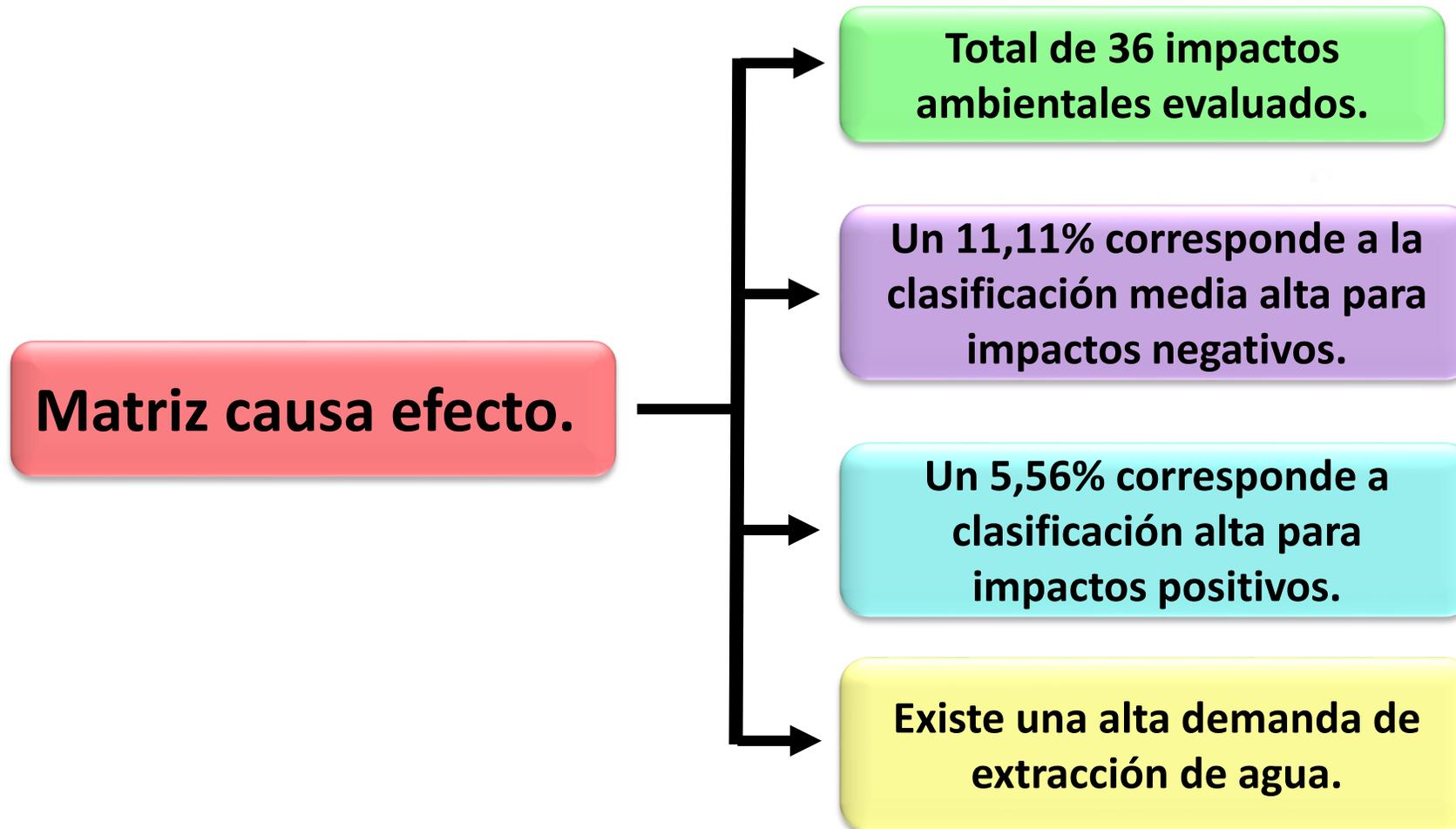
Valoración Impactos Ambientales Positivo Actividad Antrópica Agrícola



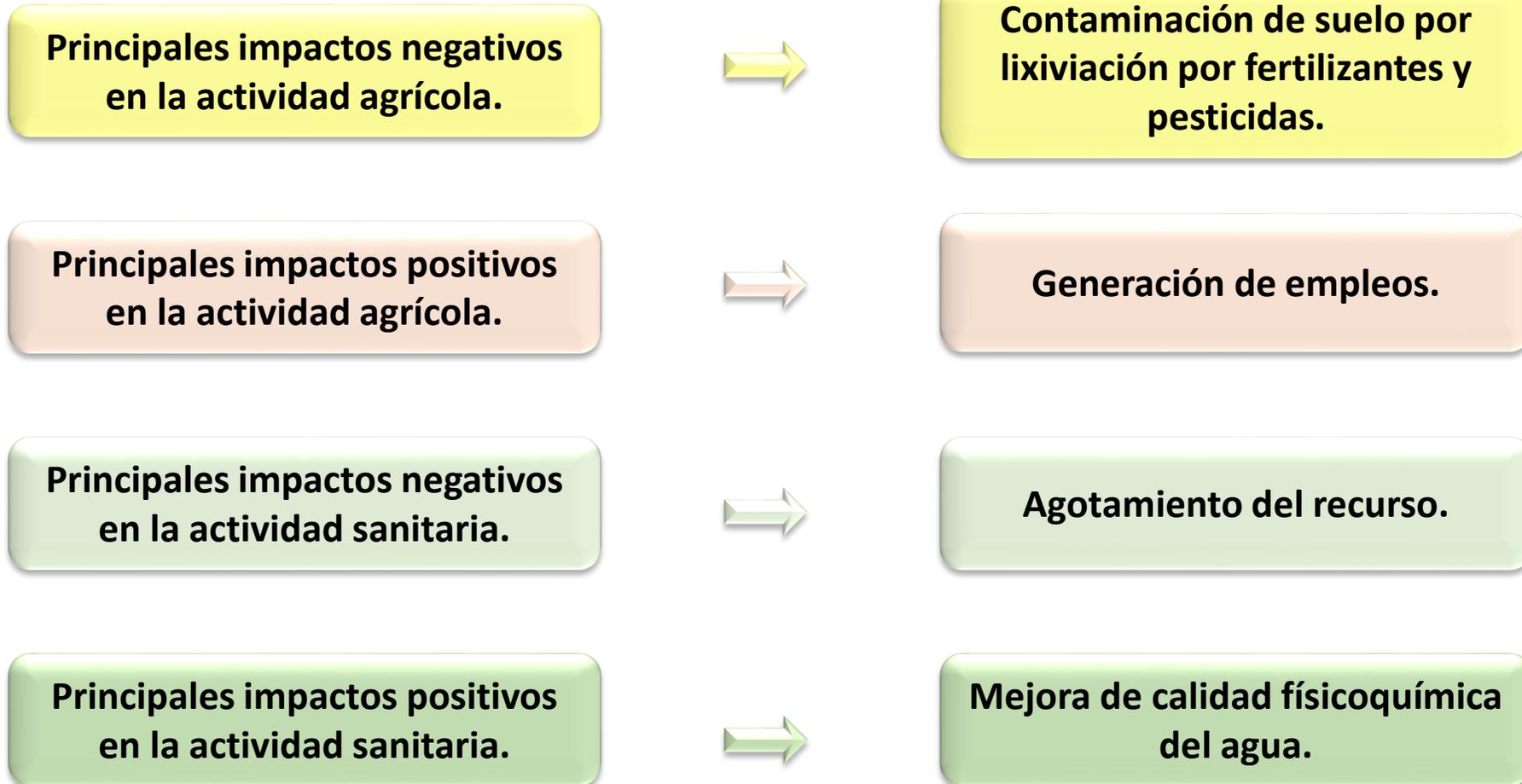
Valoración Impactos Ambientales Positivo Actividad Antrópica Sanitaria



DISCUSIÓN : Cuantificar los impactos ambientales que son generados por las actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar



CONCLUSIÓN : Cuantificar los impactos ambientales que son generados por las actividades antrópicas asociadas a la salinización del acuífero Pan de Azúcar





Universidad Católica del Norte
ver más allá



“Evaluación de los impactos ambientales asociados a la salinización del acuífero de Pan de Azúcar, Región de Coquimbo”

Alumnos Memoristas

Tatiana Palta Henríquez
Consuelo Salinas Rojas
Vitto Vicentelo Muñoz

Profesor Guía

Ernesto Cortés Pizarro

Profesores Correctores

Niris Cortés Pizarro
Osvaldo Miranda Eldan

Coquimbo ,14 de Enero del 2019