

# HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA DE ÁREAS SERRANAS-PEDEMONTANAS DEL SUR DE CÓRDOBA: ASPECTOS HIDRODINÁMICOS, QUÍMICOS E ISOTÓPICOS, MODELACIÓN Y DESARROLLO DE APLICACIONES



**DPTO. DE GEOLOGÍA**  
**FCEFQyN**  
**Universidad Nacional de Río**  
**Cuarto**



**Blarasin M. , S. Degiovanni, A. Cabrera, E. Matteoda, J. Giuliano , J. Felizzia, F. Becher, J. Andreazzini, C. Eric, M. Villegas, Origlia, Doffo, Sagripanti, Maldonado, G.Villalba**

## Objetivo de la presentación

Mostrar parte de los resultados de los trabajos hidrológicos superficiales y subterráneos que se desarrollan en el Sur de Córdoba

Apoyos para la investigación:

Secyt UNRC  
Conicor, Agencia Cba Ciencia  
PICT Foncyt  
Red Cyted  
Red Elanem Europa  
PID Mincyt-Foncyt (Aguas subterráneas de la provincia)



Figura 1: MAPA GEOMORFOLOGICO DEL SUR DE CORDOBA

**SIERRA DE  
COMECHINGONES  
Y DE LAS PEÑAS**

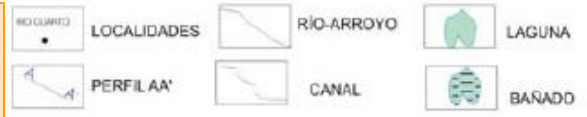
➤ gran importancia en comportamiento hidrológico de depósitos sedimentarios fluvio eólicos de llanura

➤ Sedimentos fluviales (mejores acuíferos): ligado a las sierras Córdoba

**Sur: fluviales ligados a San Luis**

**REFERENCIAS  
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

- SIERRAS PAMPEANAS
- 1- Sas DE COMECHINGONES
- D.2 - Sas DE LAS PEÑAS Y LOS CONDORES
- A - LLANURA PAMPEANA
- A.3 - LLANURAS FLUVIO- EÓLICAS IMPERFECTAMENTE DRENADAS
- A.3.1 - LLANURA DEPRIMIDA CENTRAL
- A.3.1.a- PLANICIE MEDANOSA CON PALEOCANALES
- A.3.1.b- SISTEMA LAGUNAR LA FELIPA
- A.3.1.c- PLANICIE CON DRENAJE ARANA
- A.3.1.d-DEPRESIÓN PRINCIPAL (La Chanchera, El Saladillo)
- A.3.1.e- DEPRESIÓN DE LAS LAGUNAS INTERCONECTADAS DE BOUCHARD
- A.3.2- DEPRESIÓN DEL TIGRE MUERTO
- PLANICIE ELEVADA ORIENTAL
- A.3.3.a- PLANICIE d/ CAÑADAS
- A.3.3.b - ALTO MONTE BUEY
- A.3.3.c - ALTO DE VIAMONTE
- PLANICIES FLUVIALES
- A.4.1- FAJA FLUVIAL DEL RÍO CUARTO
- A.4.2- FAJA FLUVIAL DEL RÍO QUINTO





**-La Sierra de Comechingones, y subordinadamente la Sa. de las Peñas, y sus ambientes pedemontanos, son vitales en el comportamiento hidrológico del Sur de Córdoba.**





- **En sierra, las actividades urbanas (localidades y villas turísticas) y rurales (agropecuarias) utilizan tanto agua superficial como agua subterránea,**
- **mientras que en el pedemonte, y más aún en la llanura, el agua subterránea es de uso casi exclusivo**



# MATERIALES Y MÉTODOS

- Para la evaluación geohidrológica se usan metodologías convencionales (geológicas, geomorfológicas, geofísicas, hidrológicas y geoquímicas )
- y se está instrumentando la región con estaciones meteorológicas y transductores para medir niveles de agua.





# Etapa laboratorio: UNRC y laboratorios externos (ACT LABS, INGEIS, WATERLOO, ISIDSA)

## Estudios geoquímicos y definición de aptitudes del recurso para diferentes usos según normas vigentes

- Iones mayoritarios  $\text{COH}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+1}$ ,  $\text{K}^{+1}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y CE, SDT, OD, pH
- Minoritarios y/o traza de interés para determinados usos (en especial As, F y  $\text{NO}_3^-$ ).
- casos especiales: microbiológicos, metales pesados (Cu, Zn, Fe, entre otros)
- Evaluar recarga, renovabilidad de reservas profundas en casos específicos: isótopos ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$  y  $^{14}\text{C}$ )



LABORATORIO DE GEOQUÍMICA DE AGUAS.UNRC



LABORATORIO DE GEOQUÍMICA DE AGUAS



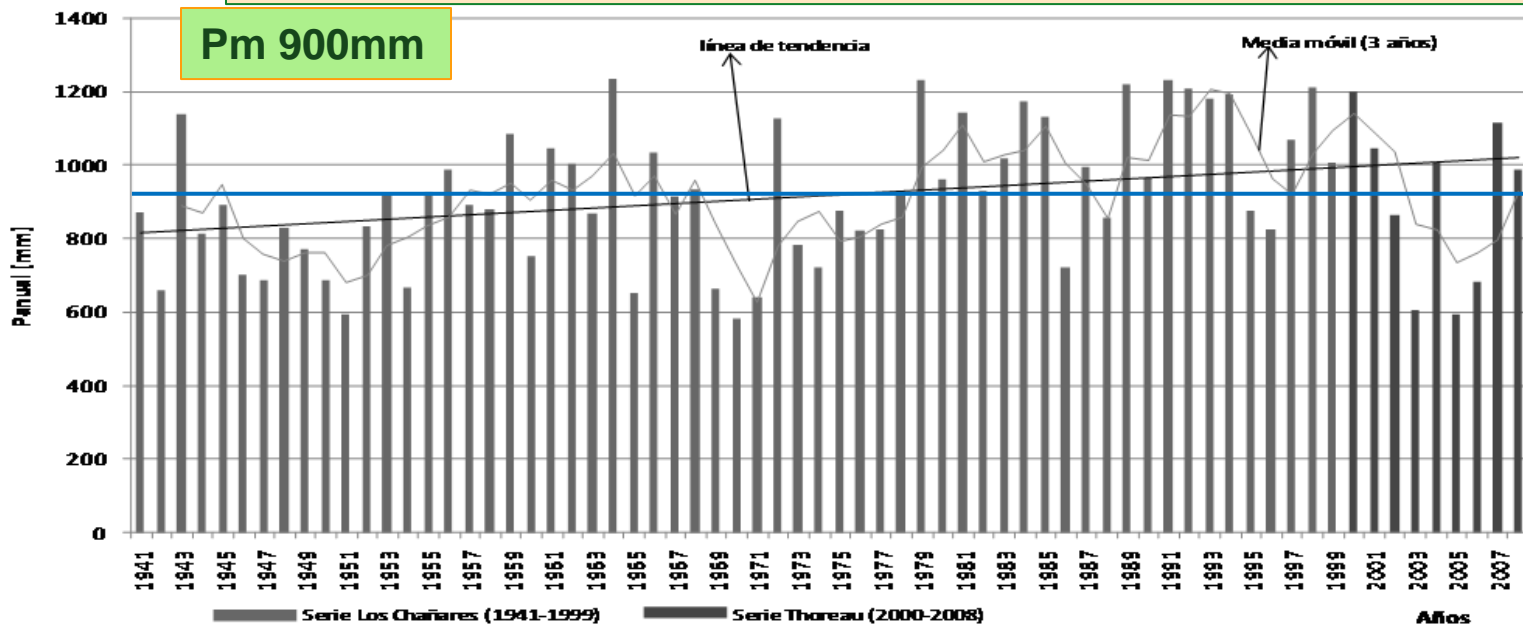
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS



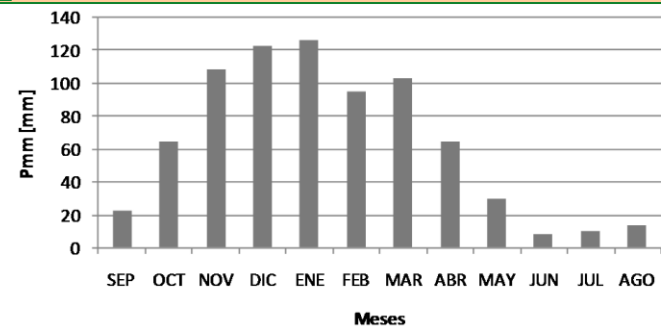
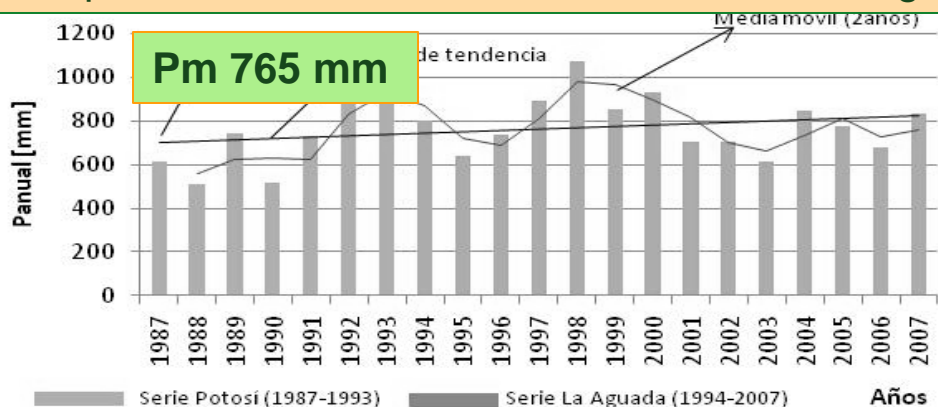
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

## clima regional subhúmedo (Pa media 750-900 mm)

Precipitaciones anuales –Serie 1941-2008- Los Chañares -Thoreau



Precipitaciones anuales –Serie 1987-2007. La Aguada



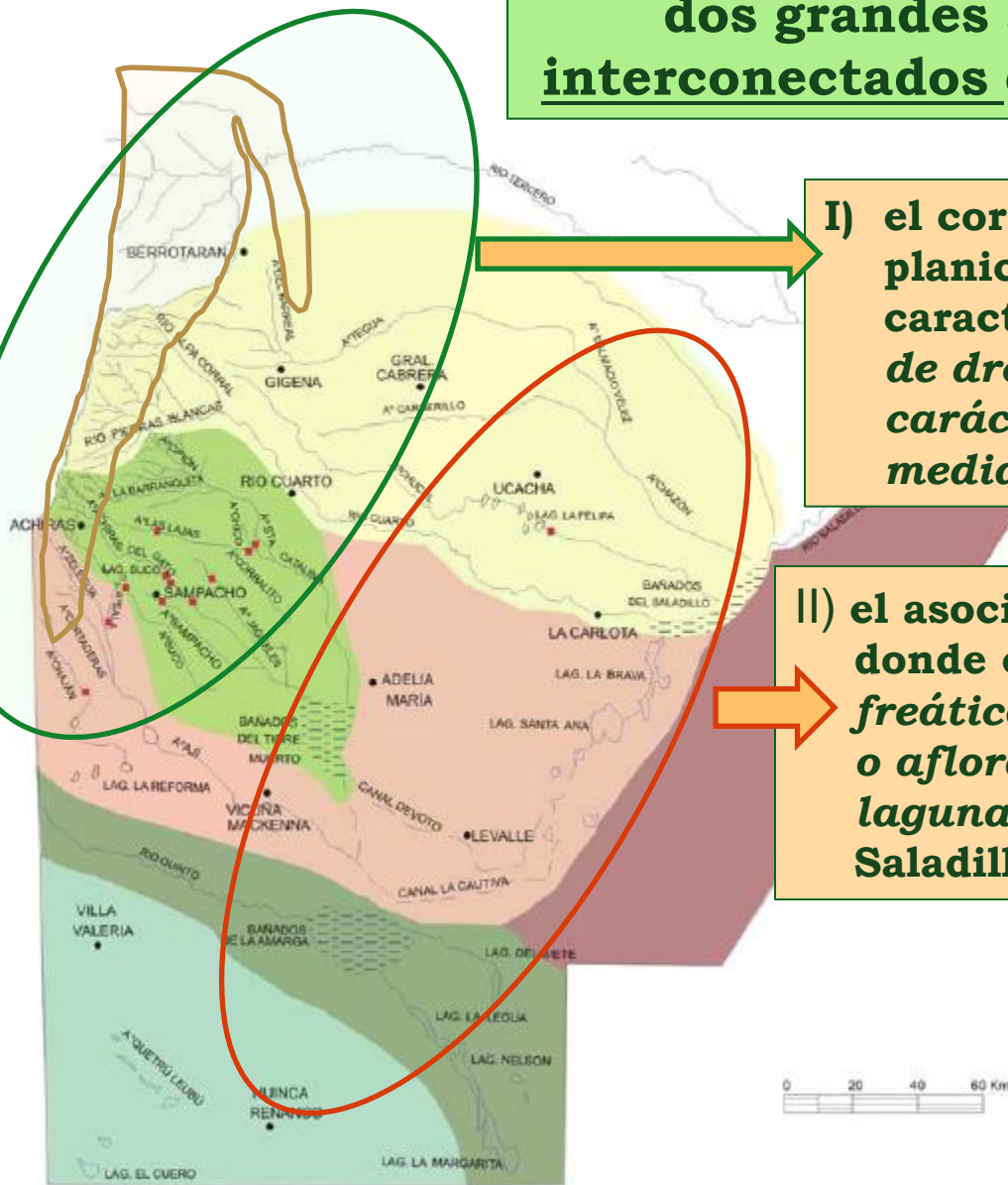
**70-80 % P: Primavera verano**



**dos grandes ambientes hidrológicos  
interconectados dependientes de las sierras:**

I) el correspondiente a la región serrana, planicies onduladas e intermedias caracterizado por la presencia de *redes de drenaje organizadas*, en general de *carácter permanente* y *nivel freático medianamente profundo*

II) el asociado a las áreas planas o deprimidas donde el *drenaje es anárquico*, el *nivel freático se encuentra a poca profundidad o aflorando* y proliferan los *cuerpos lagunares o bañados* (T.Muerto, Saladillo, etc.)







# De Norte a Sur: notorias diferencia de altura entre cima y base de las sierras





Fechas de imágenes: 10/3/2010 32° 53.536' S 64° 50.995' O elevación 793 m Alt. ojo 40.39 km

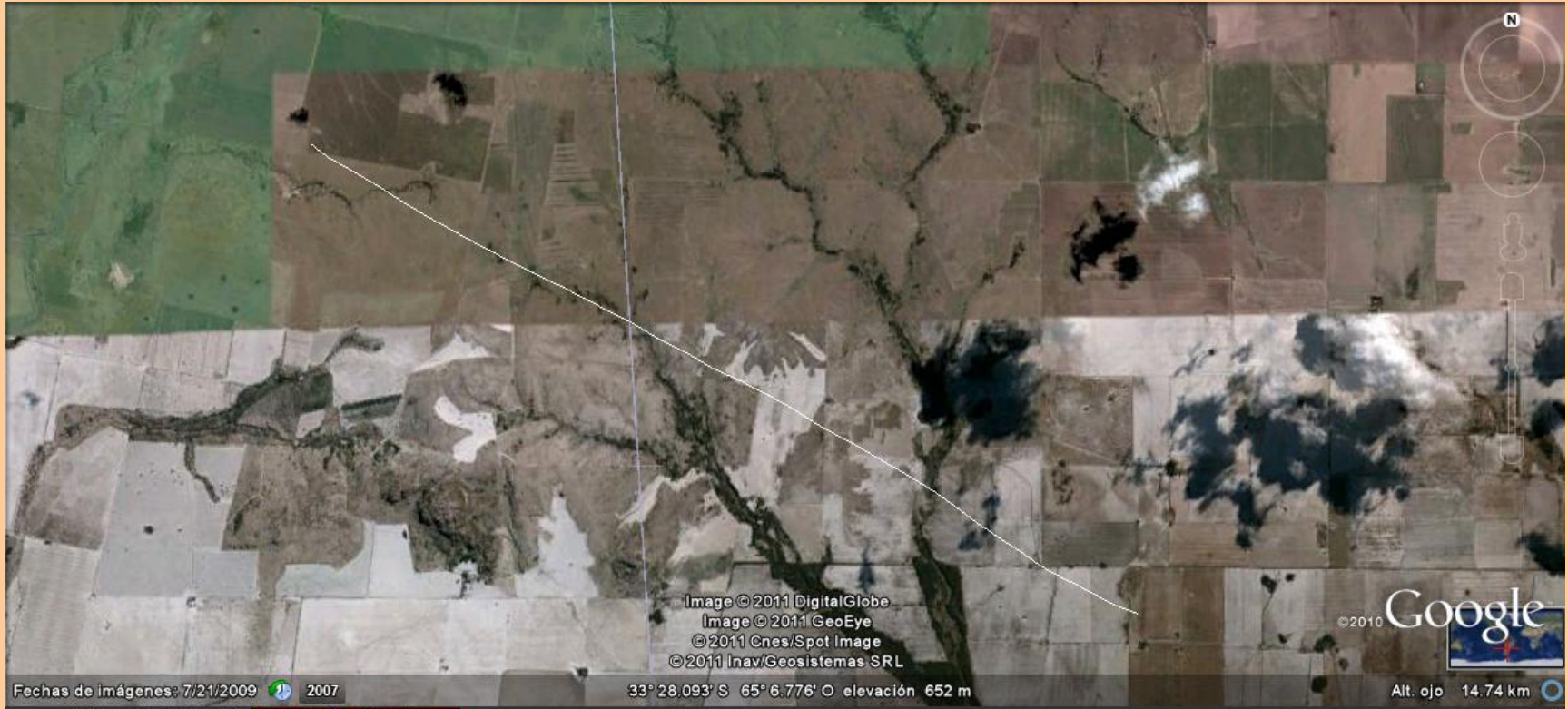




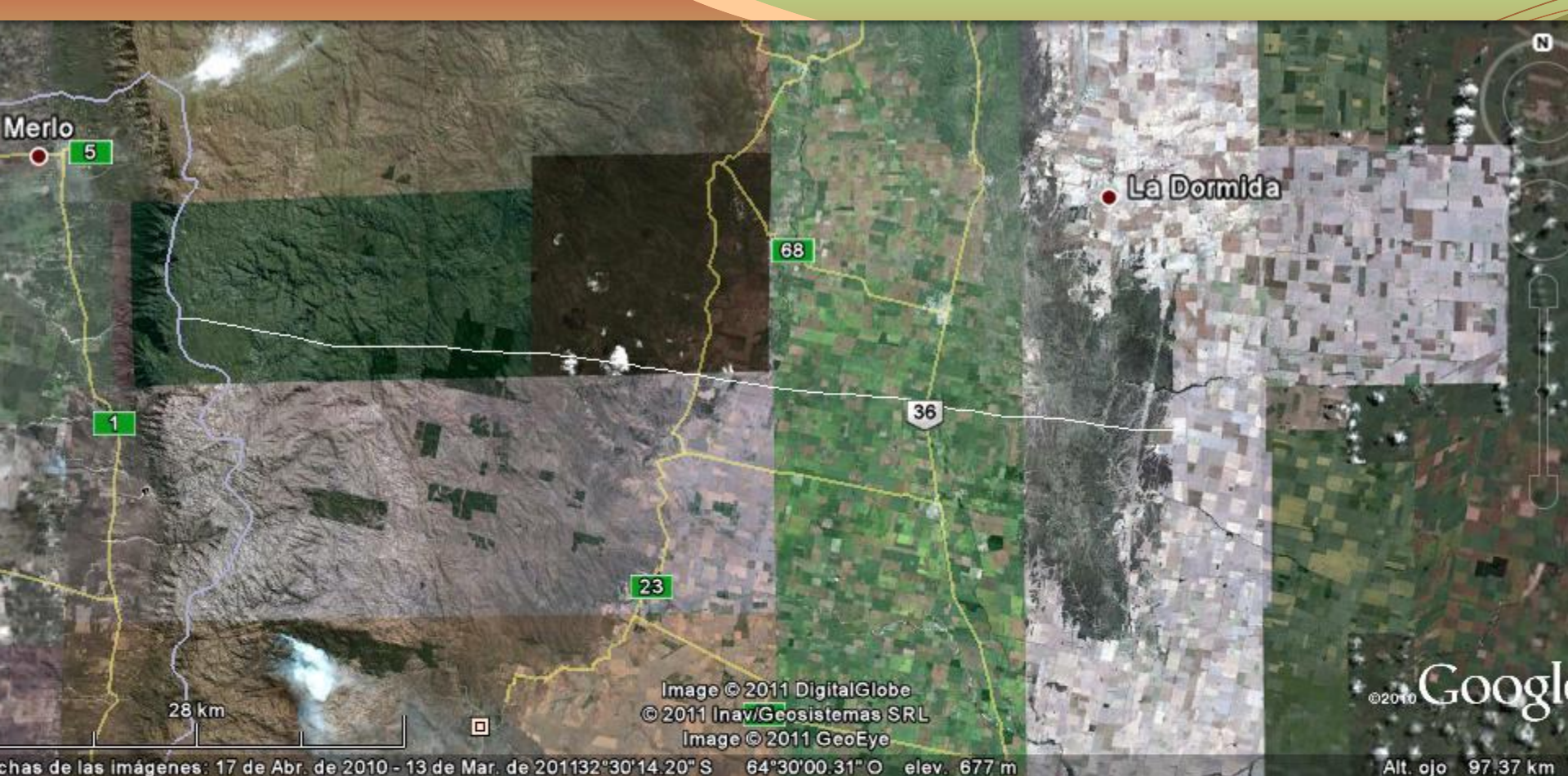


Fechas de imágenes: 6/15/2009 33° 9.316' S 65° 0.976' O elevación 893 m Alt. ojo 20.97 km





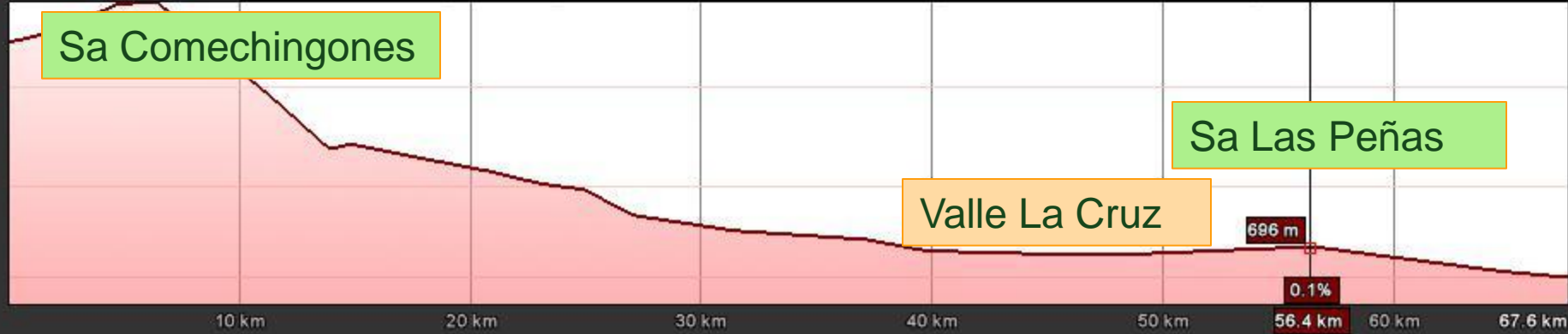




chas de las imágenes: 17 de Abr. de 2010 - 13 de Mar. de 2011 32°30'14.20" S 64°30'00.31" O elev. 677 m

Gráfico: min., media, máx. Elevación: 542, 968, 1932 m

Total de intervalo: Distancia: 67.6 km Incremento/pérdida de elevación: 269 m, -1455 m Pendiente máxima: 5.1%, -10.4% Pendiente media: 1.6%, -2.9%







San Luis

escarpa

Pampa  
de  
altura

Córdoba

Rocas  
graníticas

- La Sierra de Comechingones, formada por rocas ígneas y metamórficas, presenta una vertiente oriental larga y tendida, drenada por los ríos Tercero, Cuarto y numerosos arroyos menores con red de drenaje de alta densidad.
- Presenta además relictos de una superficie erosiva preándica, las *pampas de altura* (cubiertas parcialmente por loess).



➤ pampas de altura : buenos reservorios de agua  
(manantiales, arroyos, suelos con capacidad de almacenar agua)



Estalactitas de  
hielo



➤ Los valles serranos, rellenos con sedimentos o encajonados en rocas, tienen gran importancia en el funcionamiento hidrológico y definen los asentamientos humanos y el uso de agua.

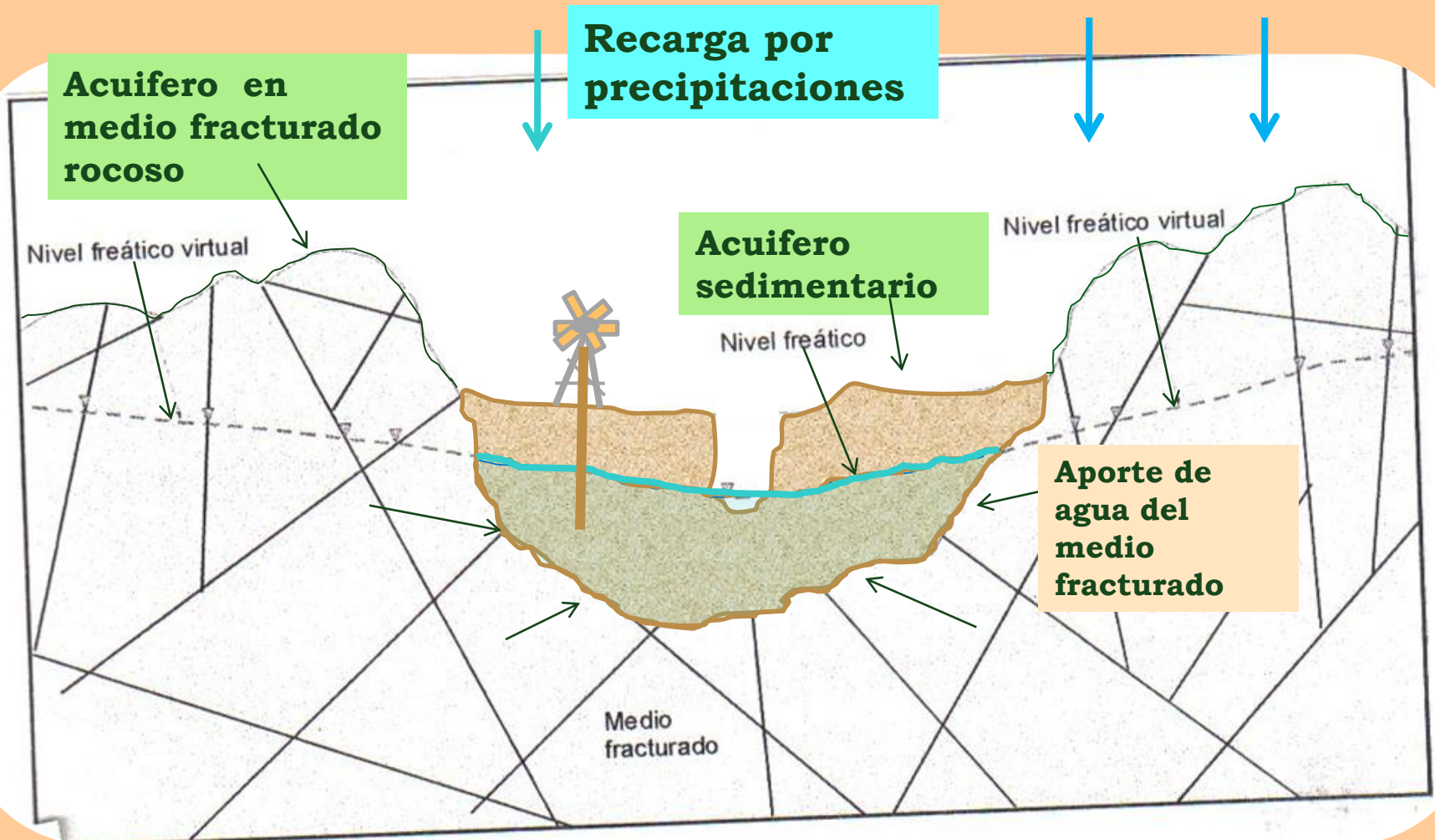


Alpa  
Corral





# Relaciones hidrológicas en los valles intermontanos

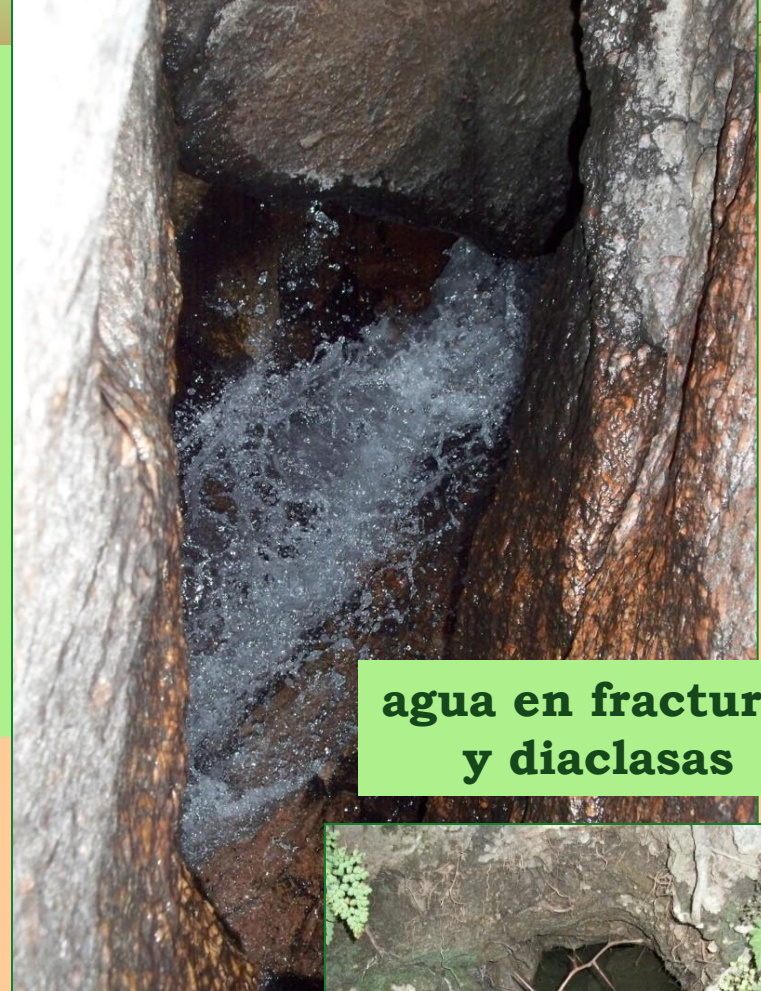
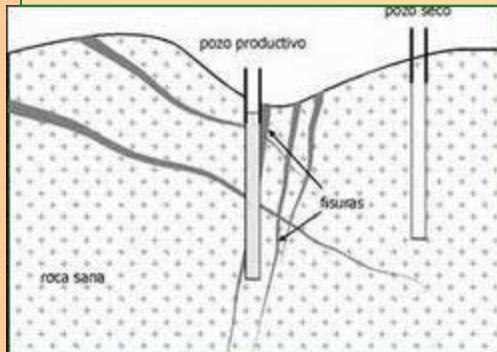


el acuífero en el medio fracturado rocoso es de importancia :

➤ en la dinámica hidrológica ya que aporta al medio sedimentario alojado en los valles y da lugar a manantiales y arroyos

➤ en la química del agua, dada la rápida circulación en altas pendientes, en rocas duras, en general poco meteorizables, lo que disminuye el aporte de iones al agua (aguas dulces y bicarbonatadas cálcicas, de excelente calidad para diferentes fines)

Las perforaciones en roca son escasas y los caudales erogados pequeños (<4000 L/h),



agua en fracturas y diaclasas



Vertiente y captación



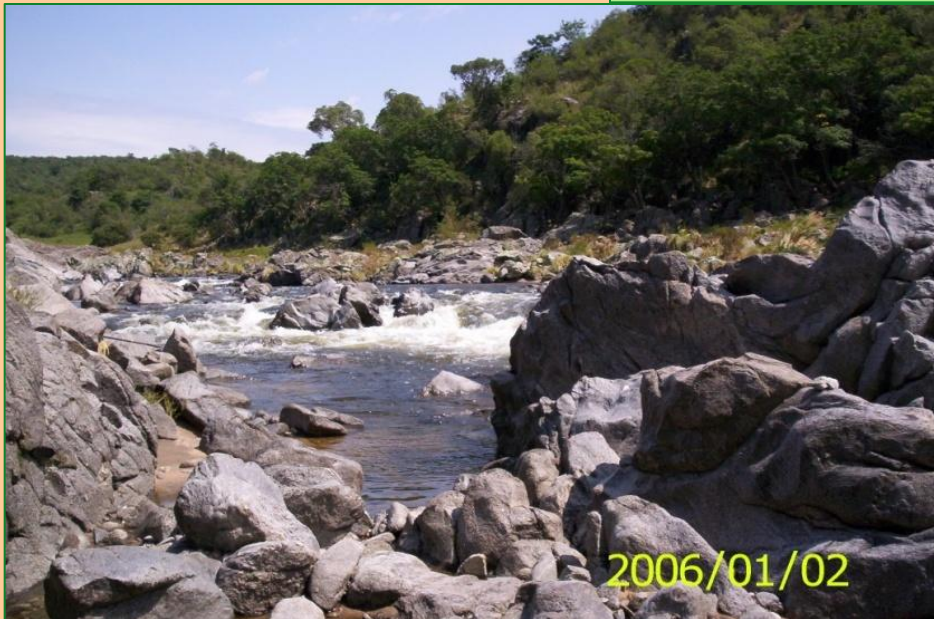


**Los sistemas fluviales tienen régimen tipo torrencial con crecidas muy importantes dadas**

- las precipitaciones de alta intensidad (> a 50 mm/h)
- el dominio de rocas de baja permeabilidad
- altas pendientes

**e incremento de la carga sólida en las últimas décadas**

- deterioro de la cubierta vegetal (sobrepastoreo, incendios).





**Algunos de los cursos se infiltran a la salida de la sierra aportando al sistema subterráneo (Rio Seco, la Cruz, Achiras, Barranquitas)**

**Infiltración Rio Seco**




**Todo lo explicado permite generar modelos conceptuales de circulación de agua**




## MODELO HIDROGEOLOGICO

### REFERENCIAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLOGICAS

 BASAMENTO (R. ígneas y metamórficas, Pre-Cámbrico-Paleozoico Sup., y areniscas Carbónico-Pérmico)

 SED. COLUVIALES Y ALUVIALES PEDEMONTANOS


 SED. FLUVIALES (Fm LAS LAJAS Y EQUIVALENTES)


 SED. FLUVIALES (Fm CHOCANCHARAVA Y EQUIVALENTES)


 PALEOSUELO

 SED. EOLICOS (Fm LA INVERNADA Y EQUIVALENTES)

 SED. EOLICOS (Fm LAGUNA OSCURA Y EQUIVALENTES)

 SED. EOLICOS y/o FLUVIALES C/ NIVELES CEMENTADOS (la parte sup. Fm PAMPIANO)

 ARCILLAS, LIMOS CEMENTADOS Y ARENAS CONTINENTALES (Fm TIGRE MUERTO)

 ARCILLAS Y ARENAS MARINAS (Fm PARANA)

 SED. ARCILLO LIMOSOS

 FALLAS

 FREATOFITAS

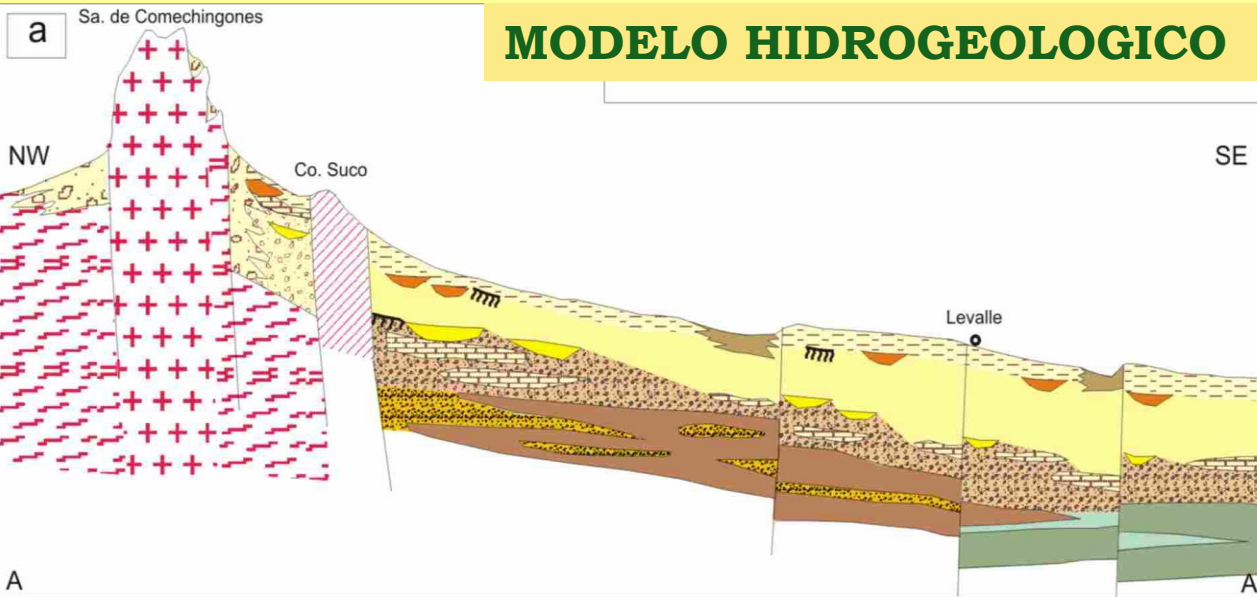
 LINEA EQUIPOTENCIAL

 LINEA DE FLUJO

ESCALA HORIZONTAL

1:1.000.000

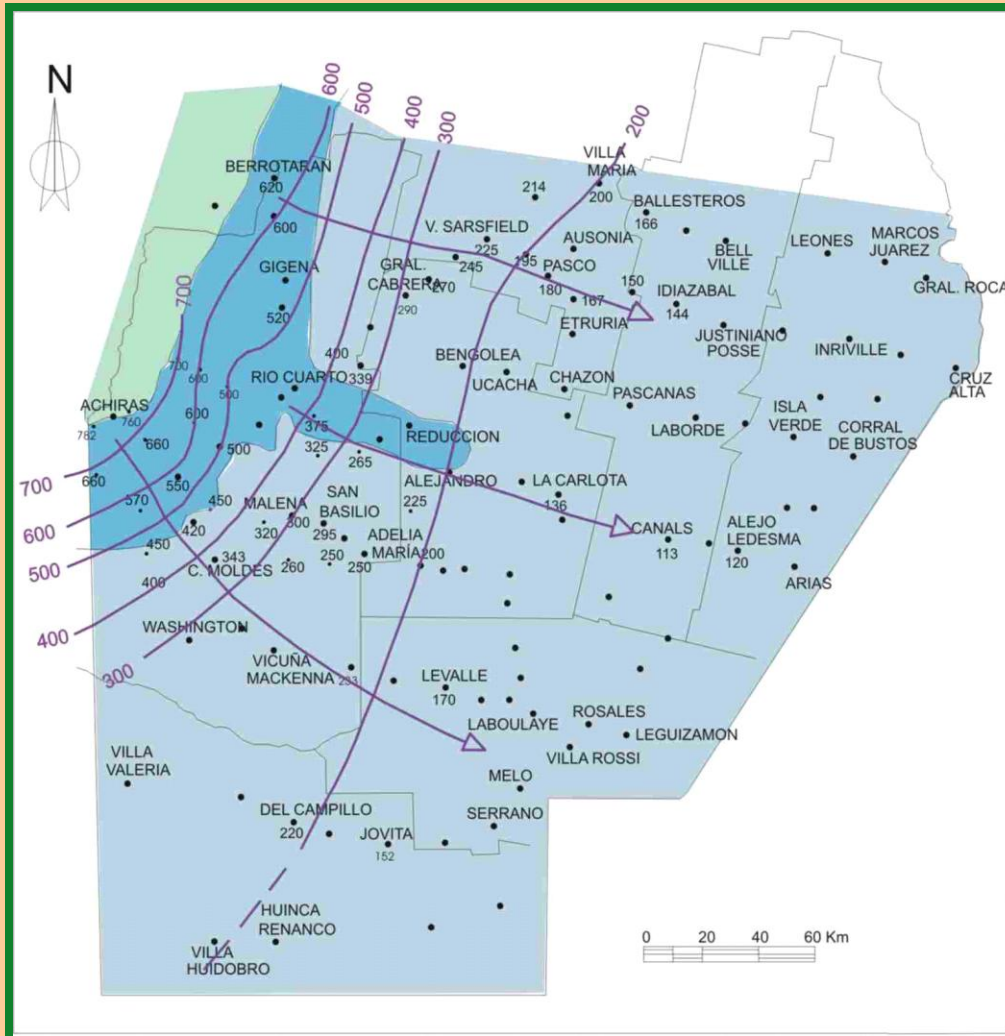
ESCALA VERTICAL EXAGERADA



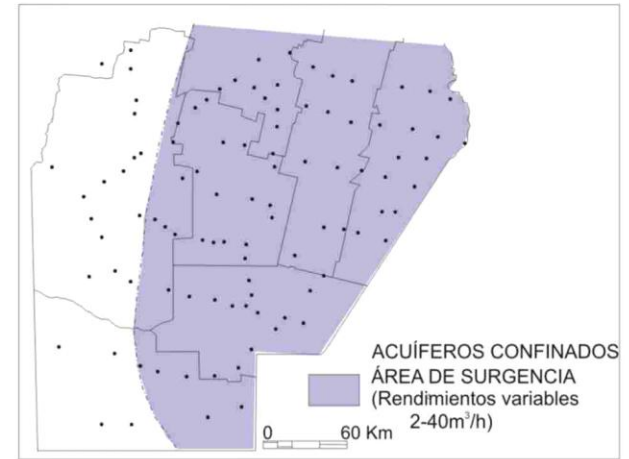
**El esquema hidroestratigráfico exhibe sedimentos cuaternarios continentales (fluviales, lagunares y eólicos) en los que se aloja el acuífero freático.**

**A mayor profundidad, en sedimentos terciarios continentales y marinos, yacen importantes acuíferos confinados**

# ➤ El agua del acuífero freático presenta dirección general de escurrimiento NW-SE



## ACUÍFEROS CONFINADOS-ÁREAS DE SURGENCIA



## REFERENCIAS CARTOGRÁFICAS

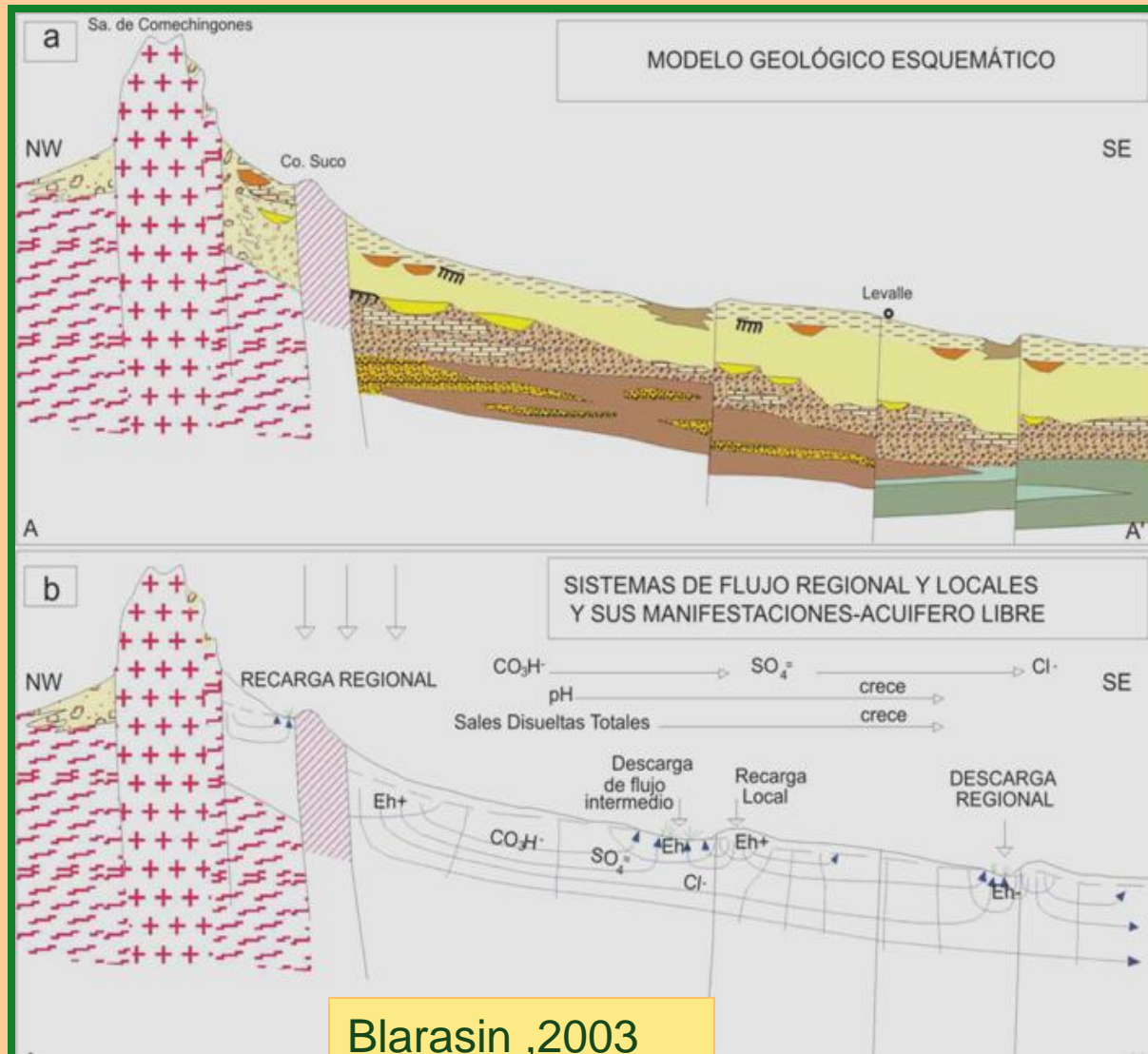
LOCALIDADES

## REFERENCIAS HIDROGEOLÓGICAS

- ACUÍFERO FREÁTICO (MEDIO DE FISURAS EN ÁREA SERRANA) CON BAJOS RENDIMIENTOS (1-3m<sup>3</sup>/h)
- ACUÍFERO FREÁTICO EN PEDEMONTE Y FAJAS FLUVIALES CON RENDIMIENTOS BUENOS (20-120m<sup>3</sup>/h) A EXCELENTES (100-600m<sup>3</sup>/h)
- ACUÍFERO FREÁTICO EN LLANURA CON RENDIMIENTOS BUENOS A POBRES (2-20m<sup>3</sup>/h)
- CURVA EQUIPOTENCIAL
- POTENCIAL HIDRÁULICO PUNTO MEDIDO
- FILETE DE FLUJO SUBTERRÁNEO



# EVOLUCIÓN GEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO FREÁTICO



Blarasin ,2003

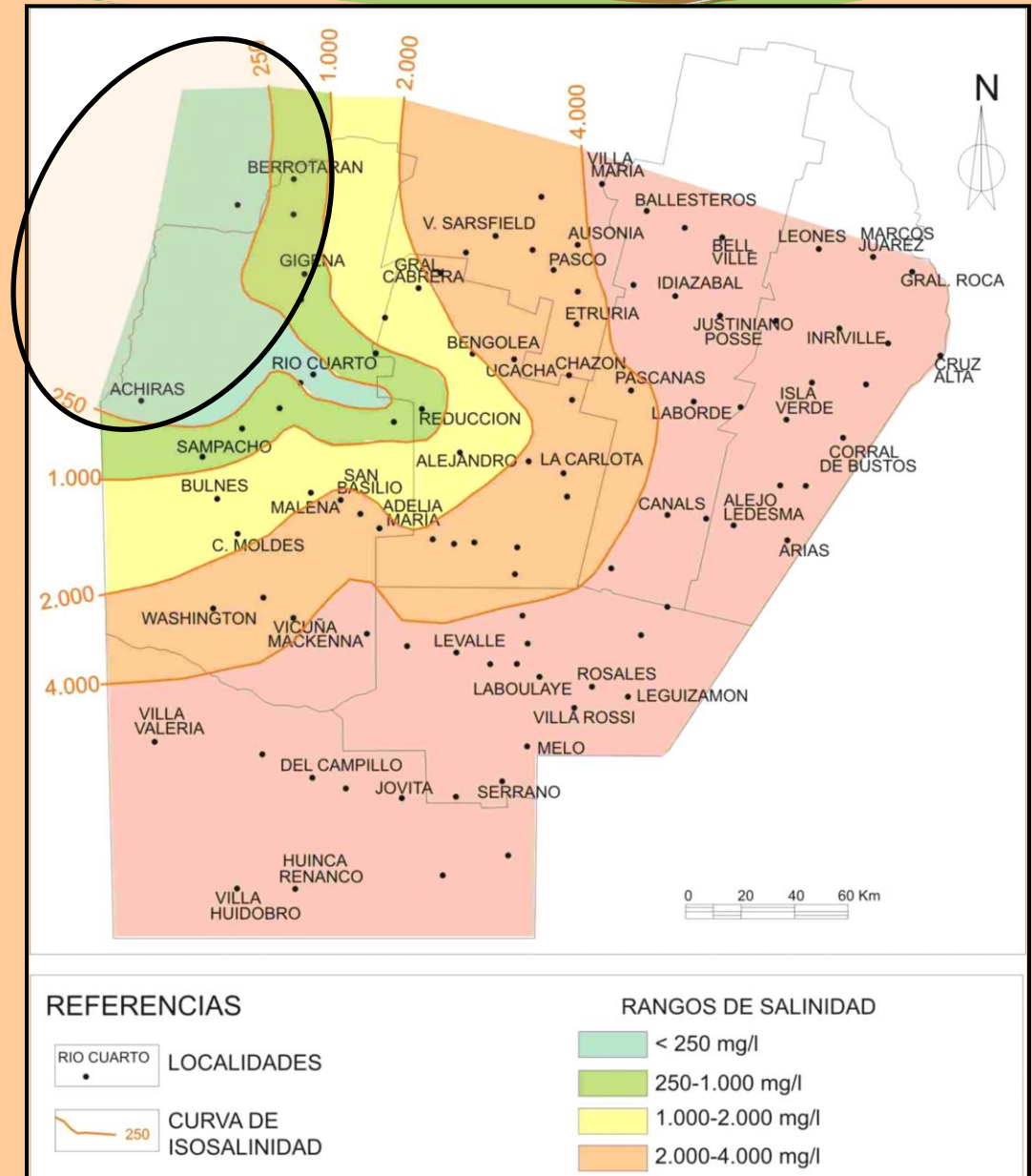
**Evolución geoquímica del agua desde áreas de recarga hasta las de descarga hidrológica en el SE provincial:**

**-de dulces a saladas**

**-de bicarbonatadas cálcicas a sulfatada y luego cloruradas sódicas**

## Agua freática

➤ **Aumento en la salinidad: desde 30 mg/L en sierras hasta valores del orden de 15 g/L en llanuras mal drenadas**



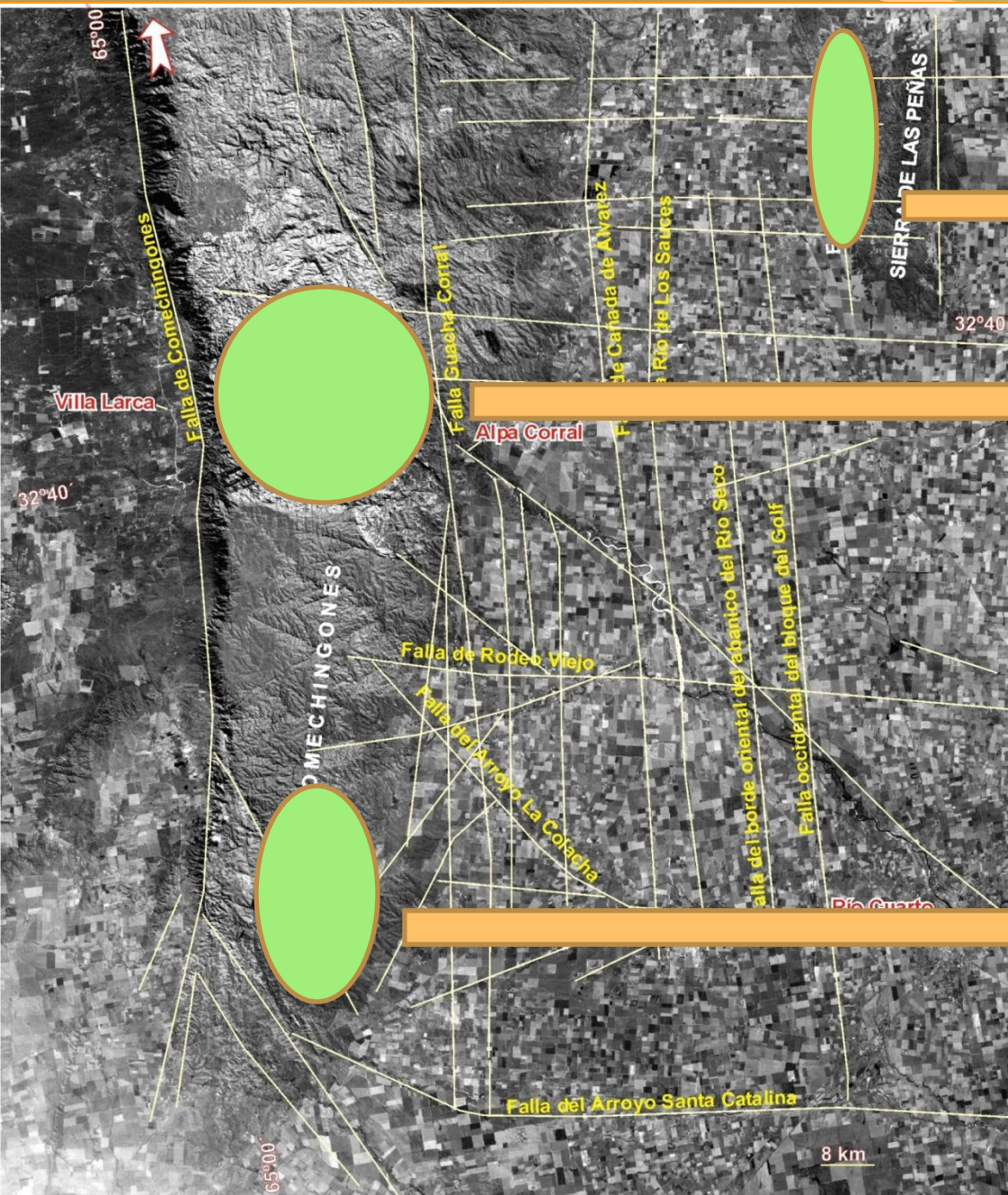


## EJEMPLOS DE ESTUDIOS

**3-Zona Las  
Peñas y  
pedemonte**

**2-Zona Alpa Corral y  
alrededores**

**1-Zona Barranquita -  
Achiras**





## EJEMPLOS DE ESTUDIOS



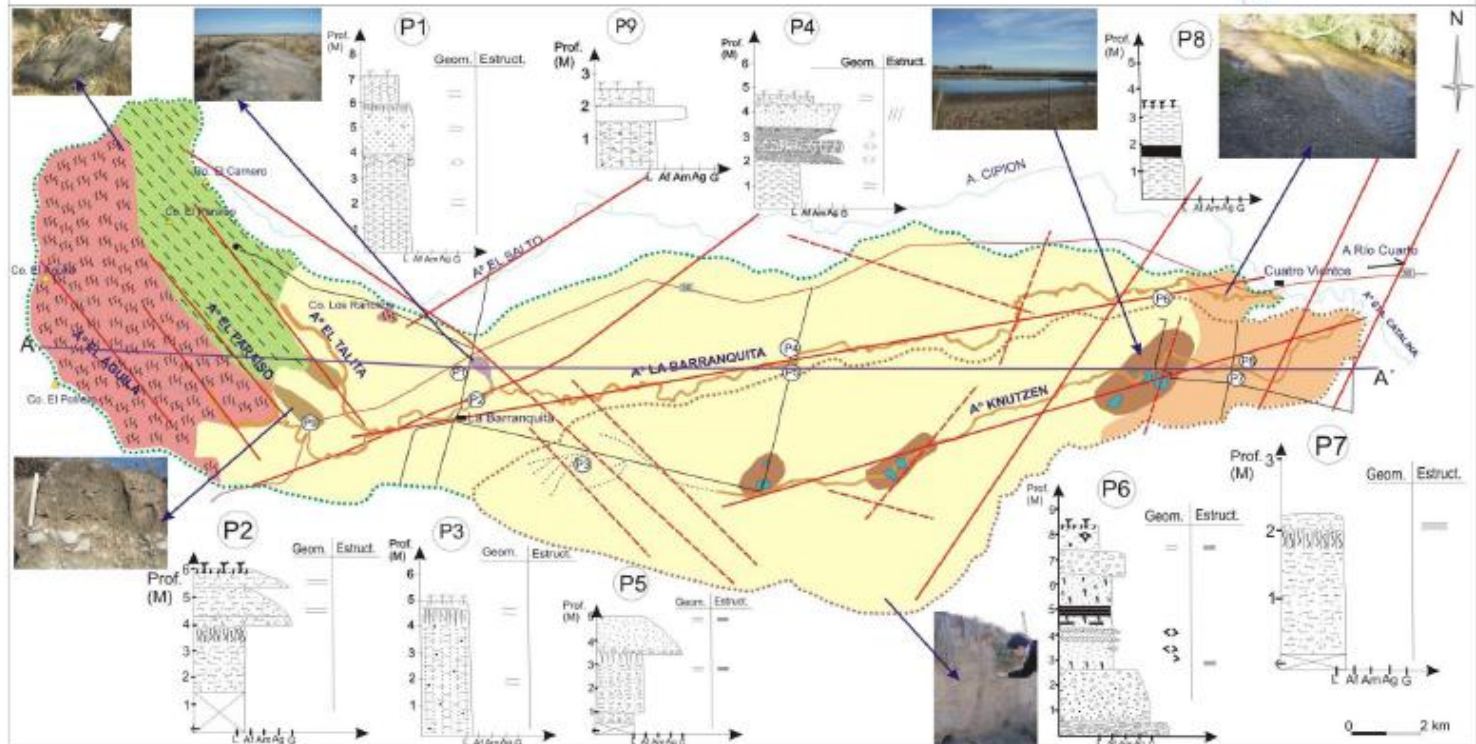
**1-Zona Barranquita - Achiras**



# Estudios geológicos

Figura 5.5. MAPA GEOLÓGICO. SISTEMA ARROYO LA BARRANQUITA- ARROYO KNUTZEN.

DPTO. GEOLOGIA. UNRC.  
GIULIANO ALBO, M.J. 2009.



## REFERENCIAS GEOLÓGICAS

- |                                                 |                                       |                                  |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| FALLAS                                          | FALLAS INFERIDAS                      |                                  |
| SED EÓLICOS                                     | DEPÓSITOS LAGUNARES                   | } Históricos                     |
| SED FLUVIALES                                   | FM. LAGUNA OSCURA (sed. Eólicos)      |                                  |
| FM. LA BARRANQUITA (depósitos coluviales)       | UNIDAD ÍGNEA INTI HUASI (granitoides) | } Cuaternario                    |
| FAJA CIZALLA GUACHA CORRAL ORIENTAL (milonitas) | COMPLEJO MONTE GUAZÚ (metamorfitas)   |                                  |
|                                                 |                                       | Holoceno sup.                    |
|                                                 |                                       | Pleistoceno                      |
|                                                 |                                       | Devónico                         |
|                                                 |                                       | Ordovícico inf.                  |
|                                                 |                                       | Precámbrico sup.-Paleozoico inf. |

## P2 PERFIL N° 2

## REFERENCIAS PERFILES

### LITOLOGÍAS

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| Limos y arcillas | Arenas finas   |
| Arenas medias    | Arenas gruesas |
| Gravas           | Conglomerado   |
| Rizocrecencias   | Bioturbaciones |

### ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

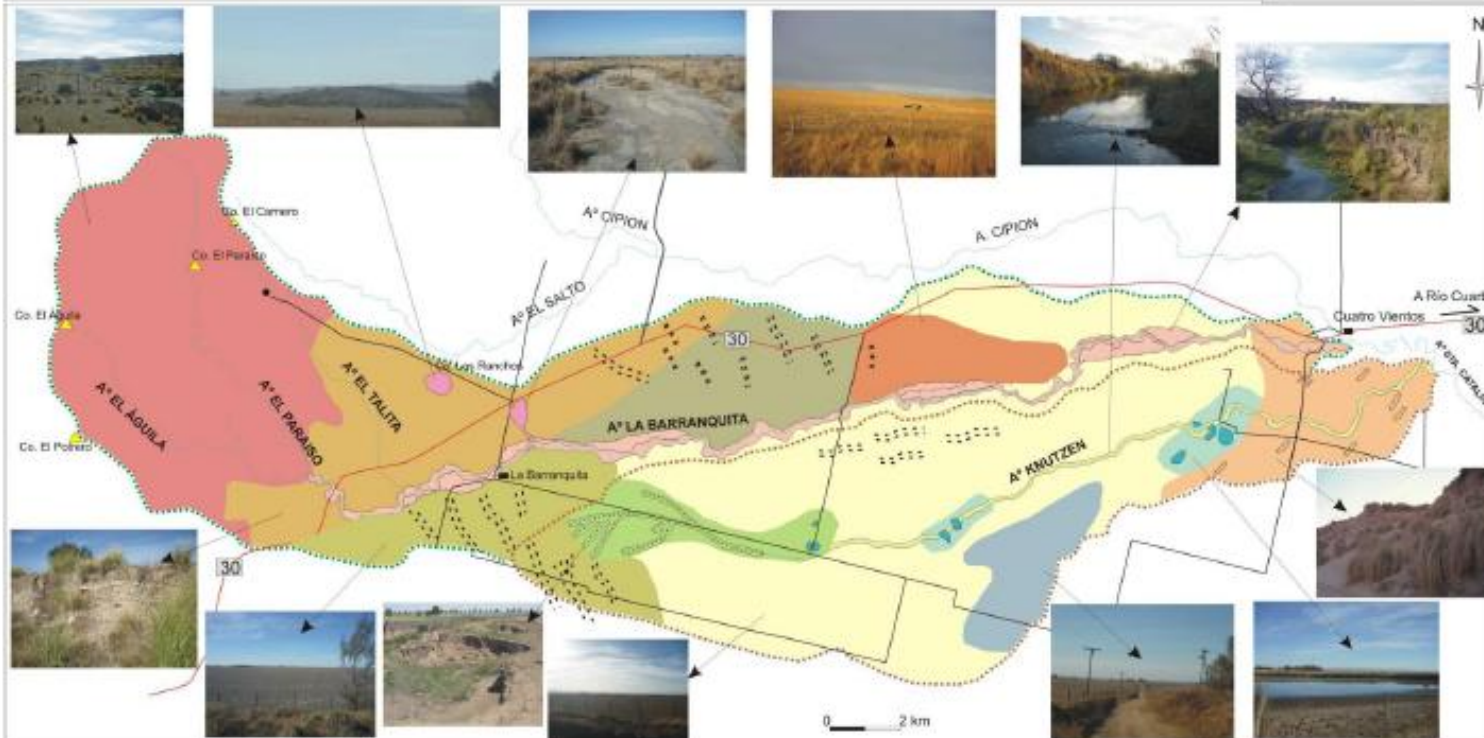
- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Laminación paralela     | Paleocanales         |
| Estructura entrecruzada | Acuífero             |
| Yeso                    | Carbonatos dispersos |
| Paleosuelos             | Suelo actual         |
| Base cubierta           |                      |

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| DIVISORIA CUENCA A° KNUTZEN | DIVISORIA CUENCA A° LA BARRANQUITA |
| CURSOS PERMANENTES          | ESCURRIMIENTOS SUP. EFÍMEROS       |
| LAGUNAS / BAÑADOS           | RUTA                               |
| LOCALIDADES                 | CERROS                             |
| CAMINOS                     |                                    |

# Estudios geomorfológicos

Figura 6.8. MAPA GEOMORFOLOGICO. SISTEMA ARROYO LA BARRANQUITA- ARROYO KNUTZEN.

DPTO. GEOLOGIA. UNRC.  
GIULIANO ALBO, M.J. 2009.



## REFERENCIAS. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.

### ASOCIACIÓN A: Relieves Denudativos

- I. Sistema de bloques basculados Sa. De Comechingones
- II. Relieves residuales dispersos

### ASOCIACIÓN B: Relieves Agradacionales

- III. Ambiente pedemontano agradacional
- IV. Llanura fluvio-eólica con fuerte control estructural
  - IV.1. Paleocabanico A° Cipión (Norte)
  - IV.2. Paleocabanico Sistema El Águila-Talita (Sur)
  - IV.3. Área con cubierta eólica activa
  - IV.4. Alto Estructural La Barranquita
  - IV.5. Llanura fluvio-eólica típica

V. Faja Fluvial A° La Barranquita

VI. Faja Fluvial A° Knutzen

VI.a. Área deprimida de nacientes del A° Knutzen

VI.b. Faja Fluvial actual del A° Knutzen

VII. Depresiones Estructurales locales con problemas de anegamiento

VIII. Bajo Estructural Knutzen

CURSOS PERMANENTES

LAGUNAS-BAÑADOS

CERROS



● ESTANCIAS

— RUTA

— CAMINOS

■ LOCALIDADES

— DIVISORIA CUENCA A° KNUTZEN

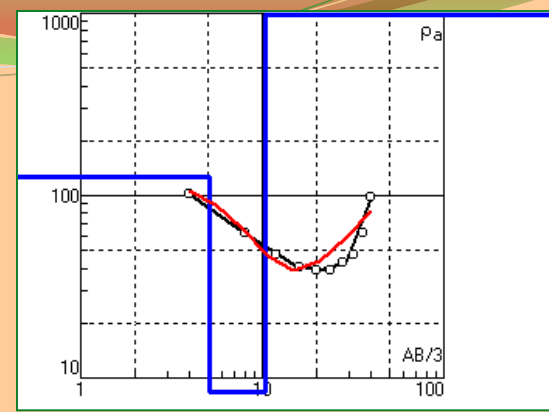
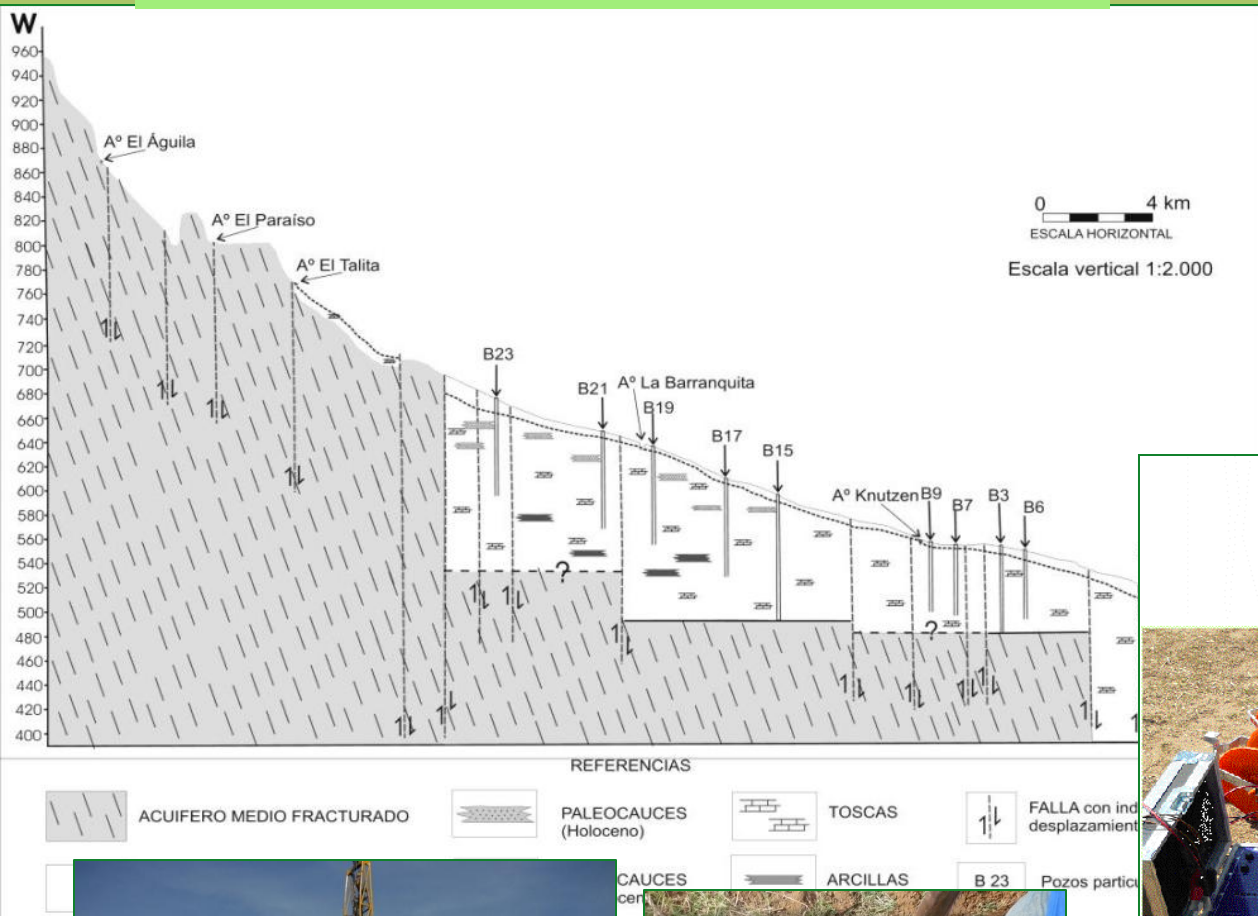
— DIVISORIA CUENCA A° LA BARRANQUITA

— MÉDANOS

— PALEOCANALES



# ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS



## Estudios geoelectrónicos



## Inventario y/o ejecución de perforaciones

# Dinámica del agua subterránea

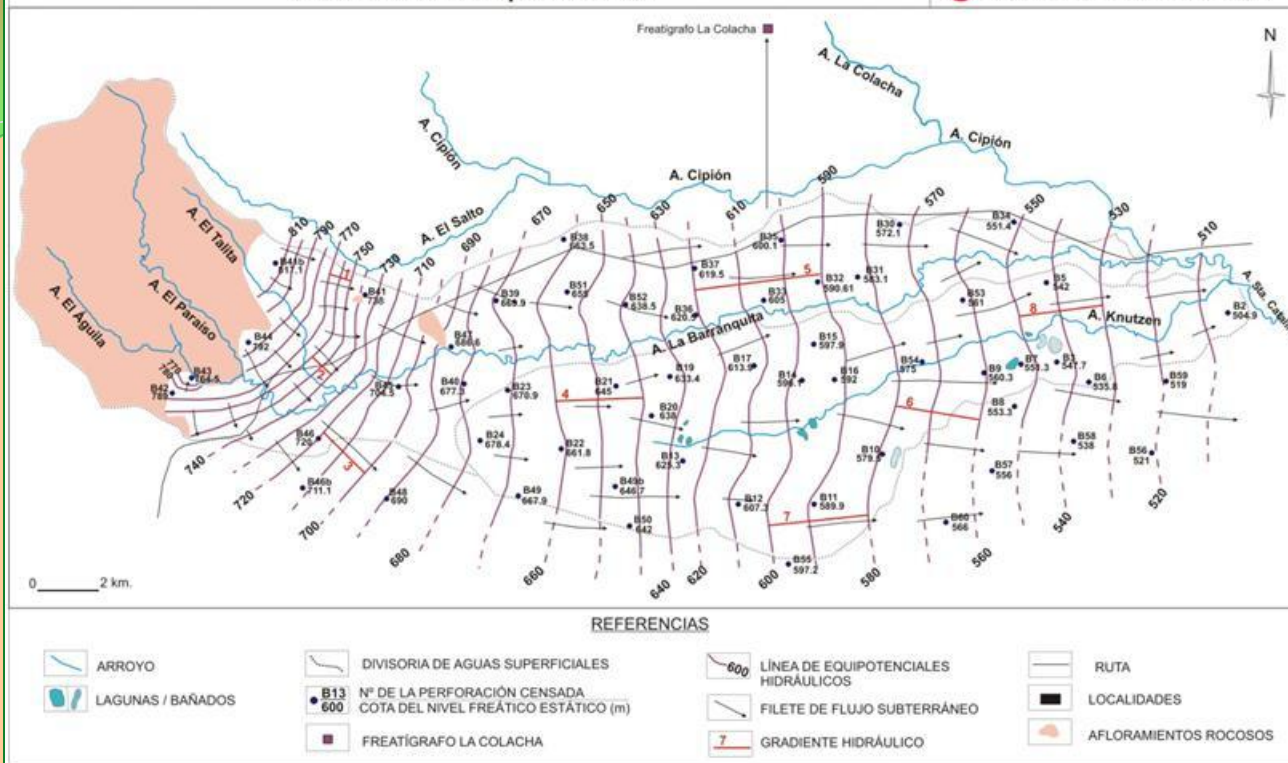
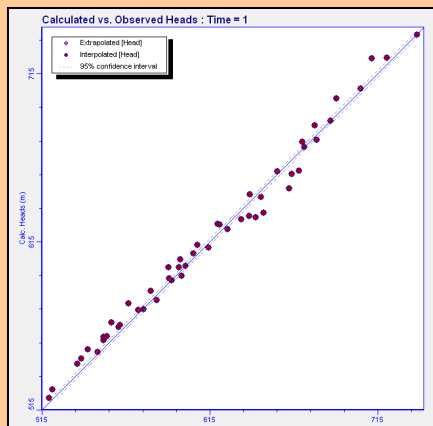


Figura.4.2.2. Mapa de potenciales hidráulicos.

# Modelo numérico



Cargas hidráulicas calculadas vs. observadas

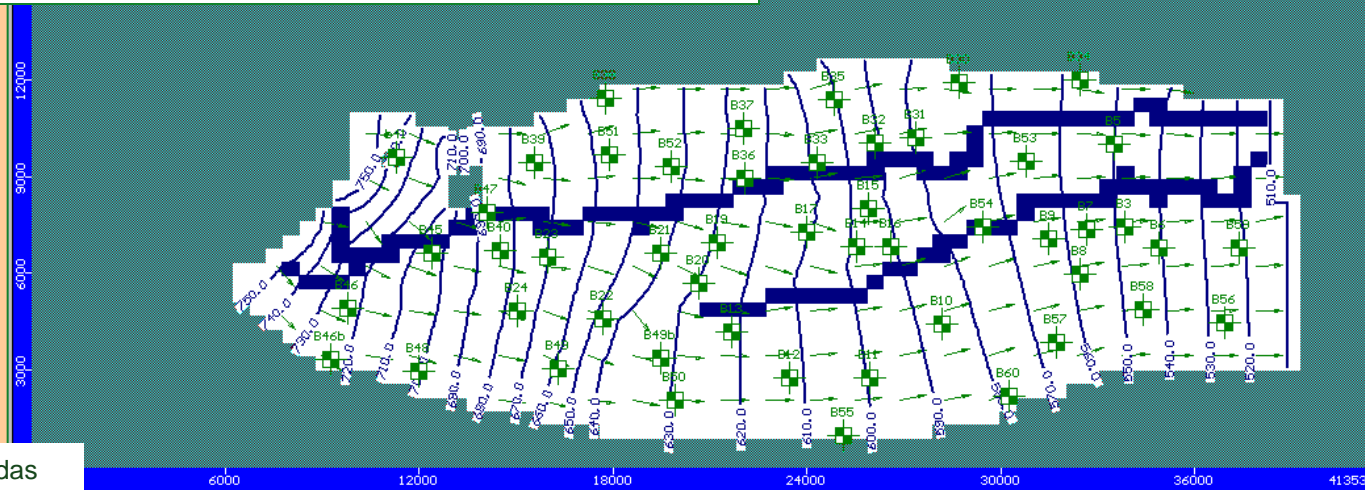


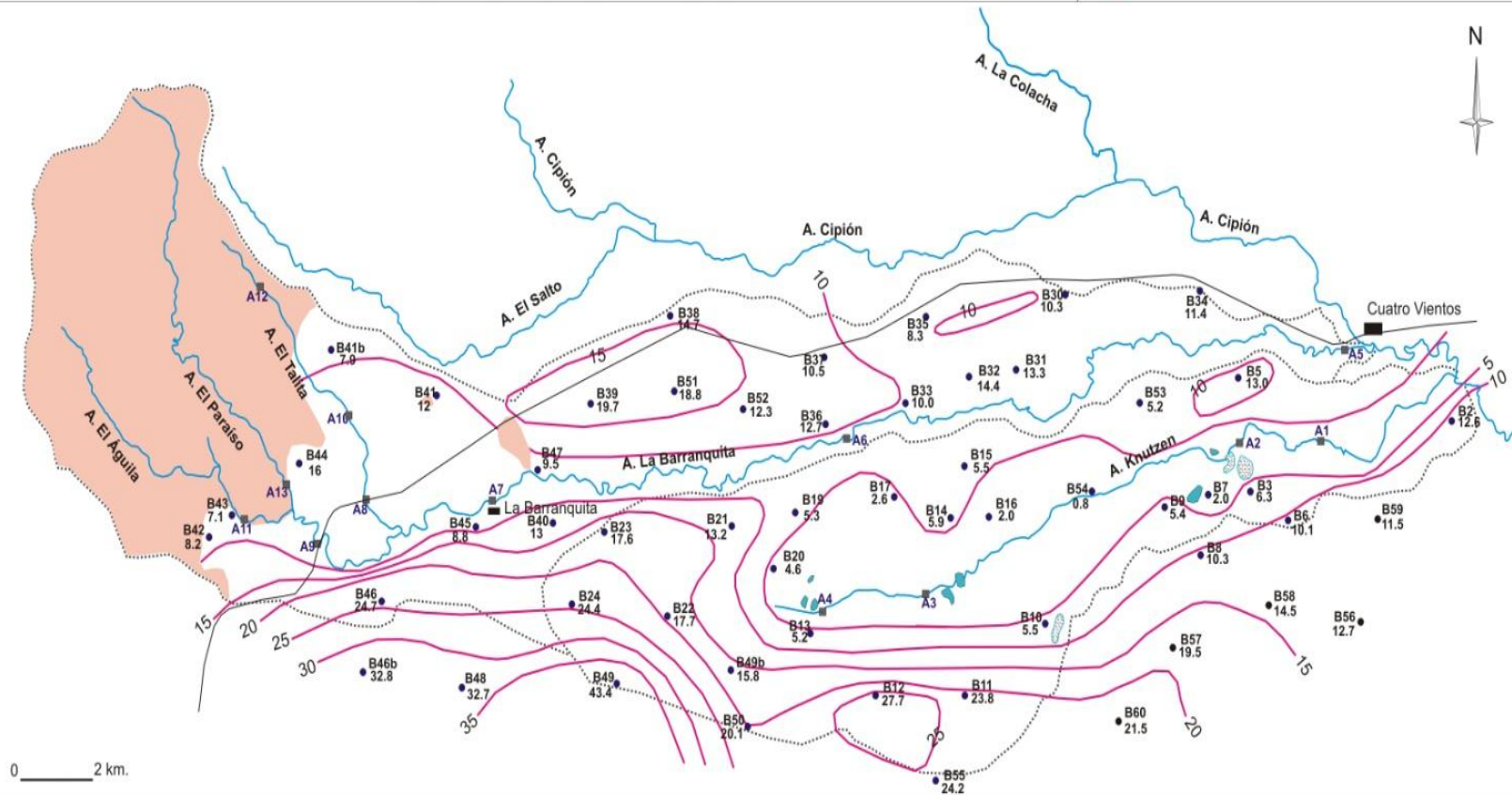
Figura 5.3. Mapa equipotencial obtenido por medio del modelo numérico simulado (curvas en azul)



## Mapa de Profundidad del nivel frático. Sistema La Barranquita-Knutzen



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNRC.  
GIULIANO ALBO, MARÍA JESICA. 2010.



### REFERENCIAS



ARROYO



LAGUNAS / BAÑADOS



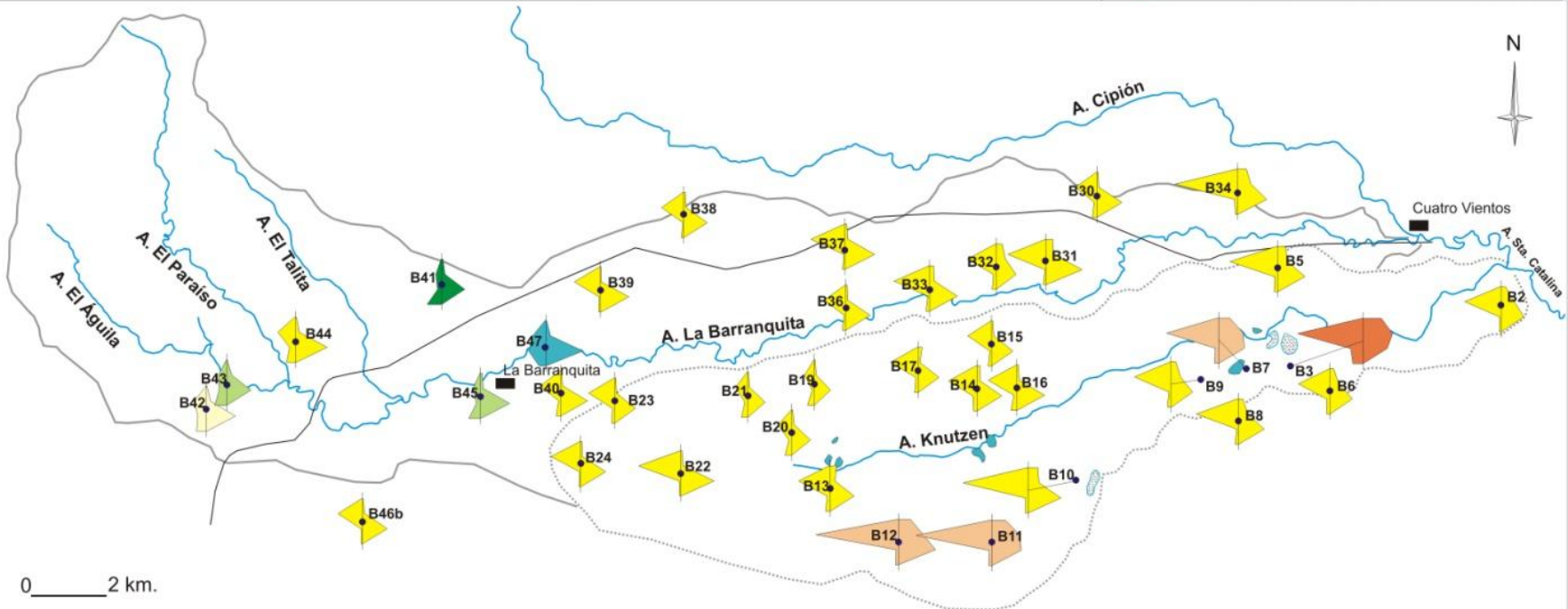
B13  
5.5

**De gran utilidad, por ejemplo en estudios de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación**

## Mapa con Diagramas de Stiff. Acuífero freático. Sistema La Barranquita-Knutzen



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNRC.  
GIULIANO ALBO, MARÍA JESICA. 2010.



### CARÁCTER GEOQUÍMICO

- BICARBONATADAS CÁLCICA
- BICARBONATADA CALCO-SÓDICA
- BICARBONATADA MAGNÉSICO-SÓDICA
- BICARBONATADA SÓDICO -CÁLCICA
- BICARBONATADA SÓDICA
- BICARBONATADAS SULFATADAS SÓDICAS
- SULFATADAS BICARBONATADAS SÓDICAS

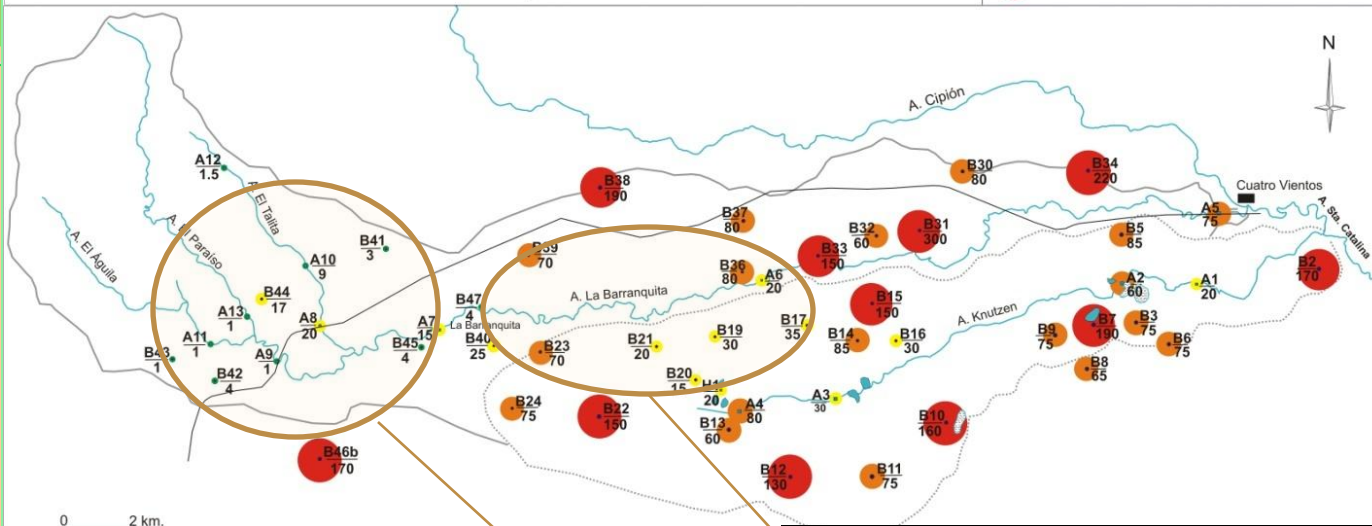
### REFERENCIAS

- DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL CUENCA A. KNUTZEN
- DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL CUENCA A. LA BARRANQUITA
- B13** N° DE LA PERFORACIÓN
- ARROYO
- LAGUNAS / BAÑADOS
- RUTA



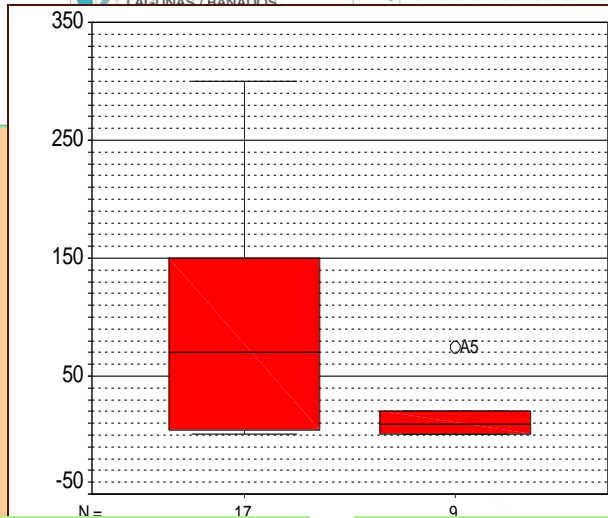
# Mapa de distribución de Arsénico. Agua superficial y subterránea. Sistema La Barranquita-Knutzen

UNRC DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNRC. GIULIANO ALBO, MARÍA JESICA. 2010.



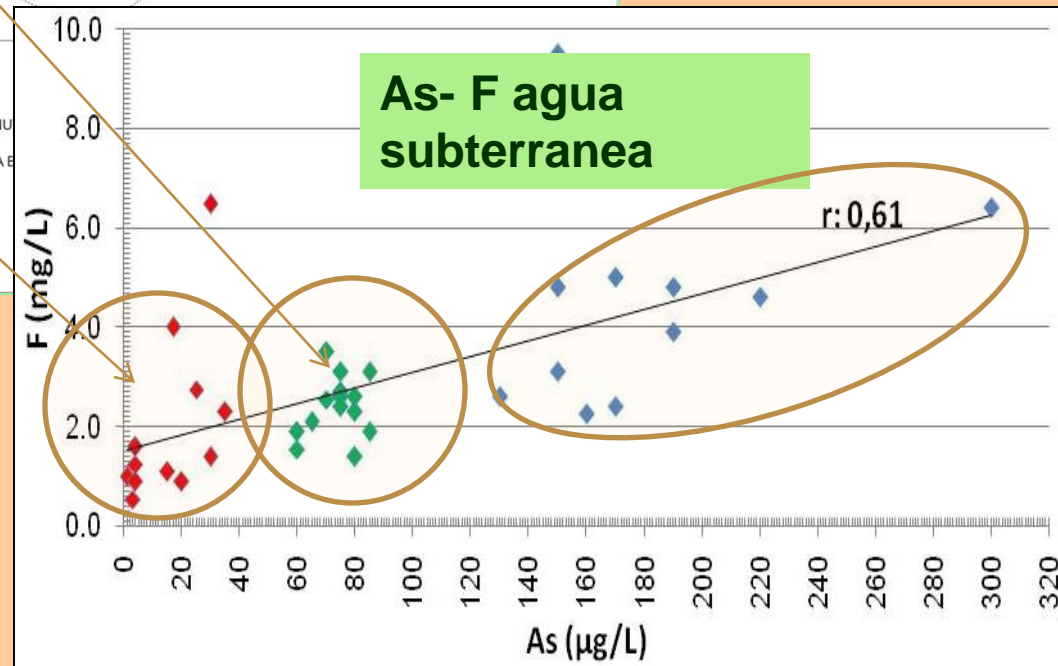
## REFERENCIAS

- ARROYO
- DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL CUENCA A. KNU
- LAGUNAS / BAÑADOS
- DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL CUENCA A. LA B



subterránea

superficial



# Estudios con isotopos ambientales $^{18}\text{O}$ , $^2\text{H}$ y $^3\text{H}$

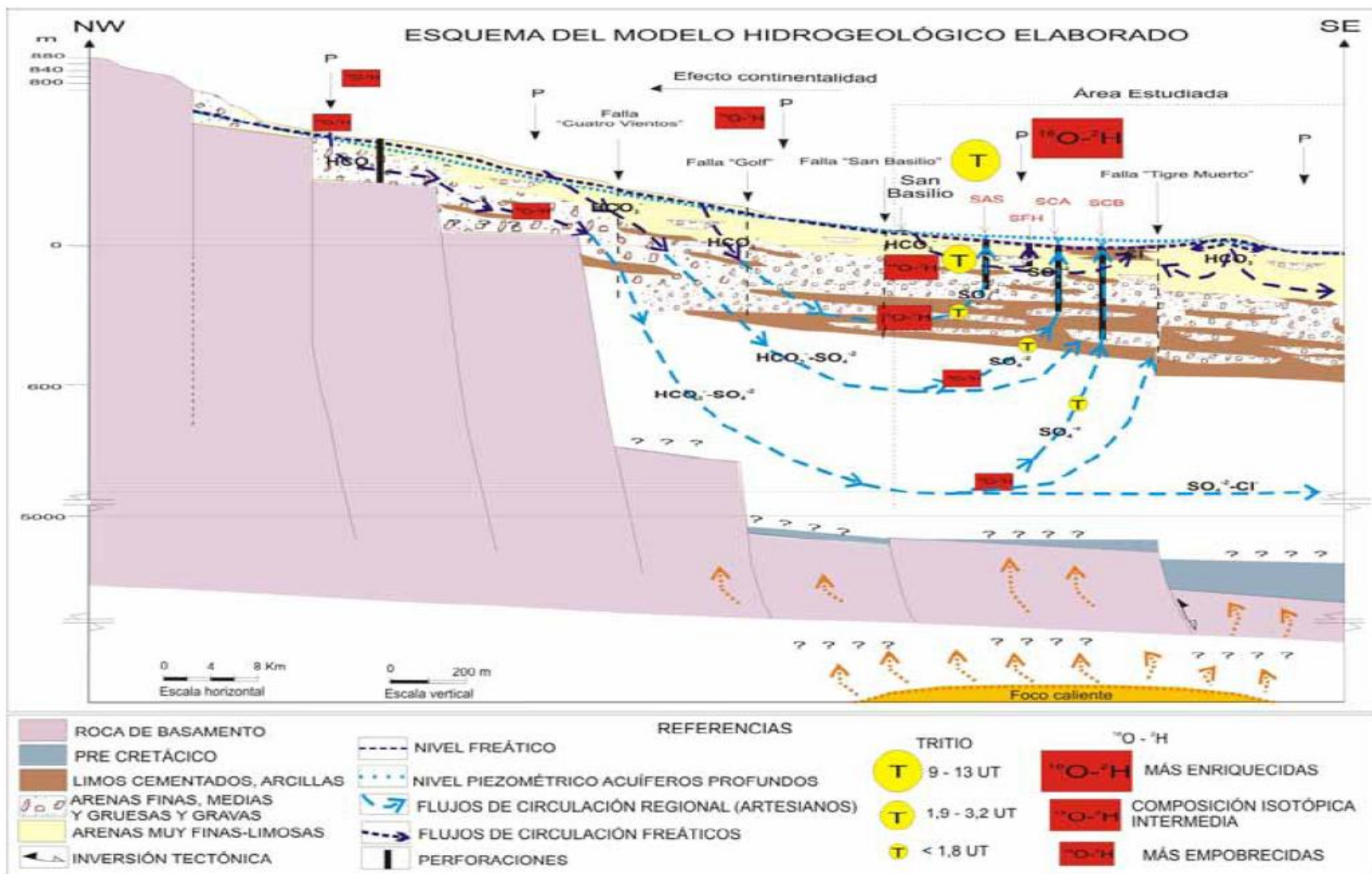
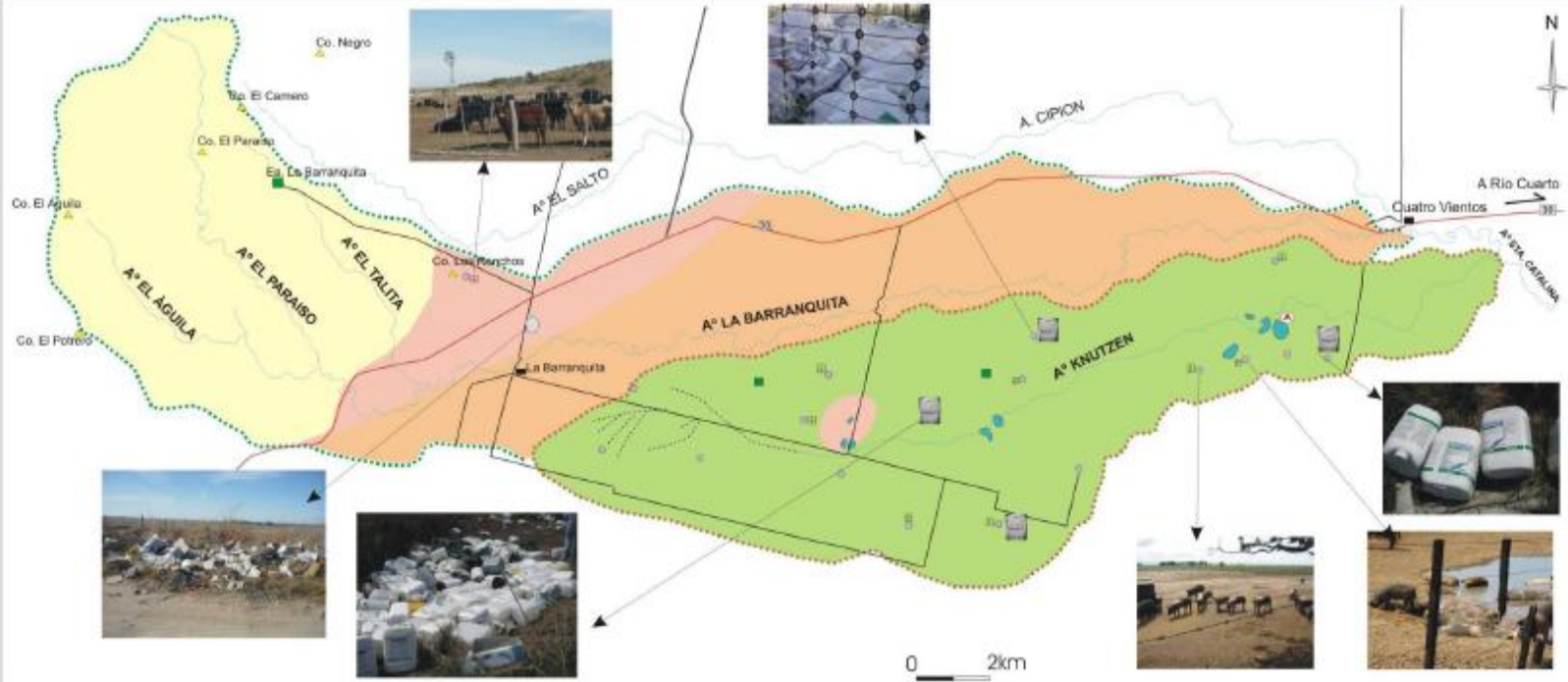


Figura 12.1. Esquema del modelo hidrogeoquímico elaborado.



Figura 4.2. MAPA DE USO ACTUAL DEL TERRITORIO. SISTEMA LA BARRANQUITA-KNUTZEN.



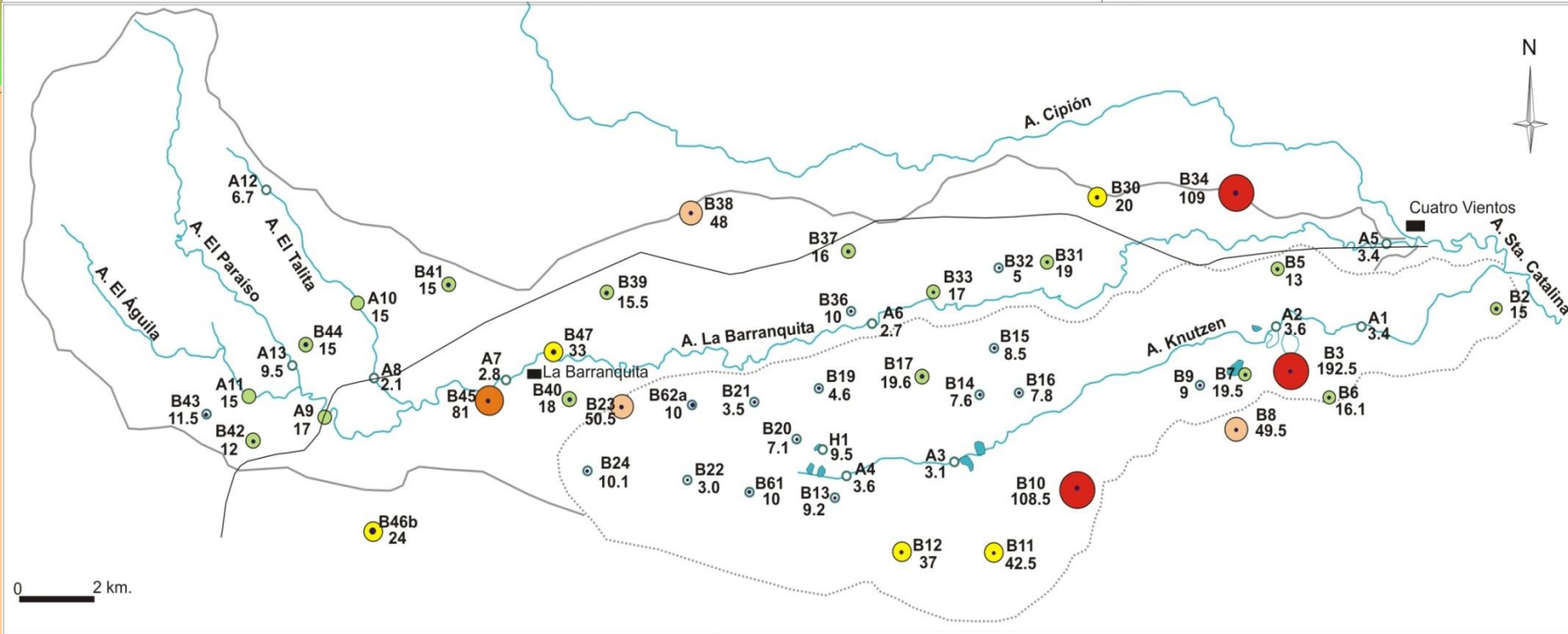
**REFERENCIAS**

- |  |                                                |  |                                |
|--|------------------------------------------------|--|--------------------------------|
|  | CURSOS PERMANENTES                             |  | RUTA                           |
|  | ESCURRIMIENTOS SUP. EFÍMEROS                   |  | CAMINOS                        |
|  | LAGUNAS / BAÑADOS                              |  | CERROS                         |
|  | DIVISORIA CUENCA A <sup>o</sup> KNUTZEN        |  | ESTANCIAS                      |
|  | DIVISORIA CUENCA A <sup>o</sup> LA BARRANQUITA |  | Establecimiento rural o puesto |

**CLASES DE USO DEL TERRITORIO**

- |  |                                       |  |                                                 |
|--|---------------------------------------|--|-------------------------------------------------|
|  | GANADERO EXTENSIVO                    |  | TURÍSTICO - RECREATIVO                          |
|  | GANADERO CON AGRICULTURA SUBORDINADA  |  | SITIO DE DEPOSICIÓN DE RESIDUOS.                |
|  | AGRICULTURA CON GANADERÍA SUBORDINADA |  | SITIO DE DEPOSICIÓN DE ENVASES DE AGROQUÍMICOS. |
|  | MIXTO AGRÍCOLA-GANADERO               |  | CORRALES DE CRÍA DE CERDOS, VACAS Y/O GALLINAS  |
|  | URBANO                                |  |                                                 |

Figura 12.3.5.5.2.3. Mapa de contenido de Nitratos.



### REFERENCIAS

ARROYO

LAGUNAS / BAÑADOS

DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL CUENCA A. KNUTZEN

DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL CUENCA A. LA BARRANQUITA

**B13** N° DE LA PERFORACIÓN CENSADA  
**60** CONTENIDO EN NITRATOS (mg/L)

**A1** MUESTRA AGUA SUPERFICIAL  
**20** CONTENIDO EN NITRATOS (mg/L)

RUTA

LOCALIDADES

Concentración de Nitratos (mg/L)

< 12

12 - 20

20-45

45-60

60-100

> 100



# Evaluación de contaminación por nitratos

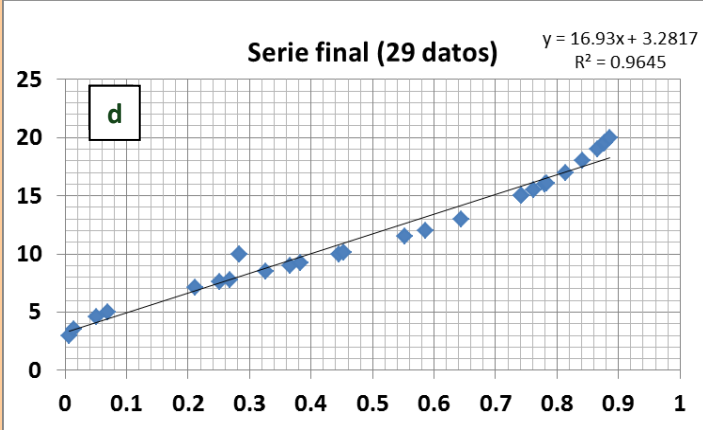
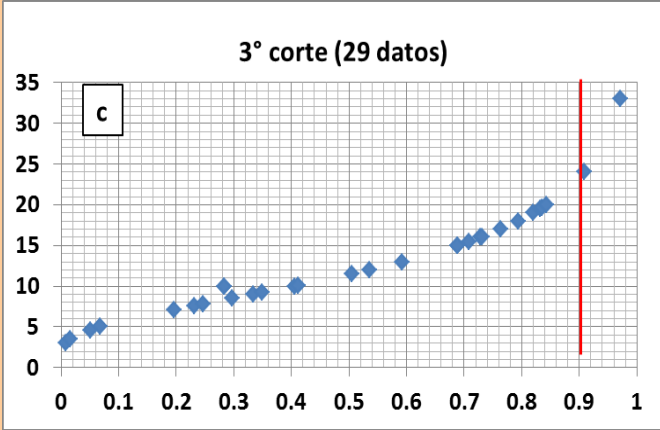
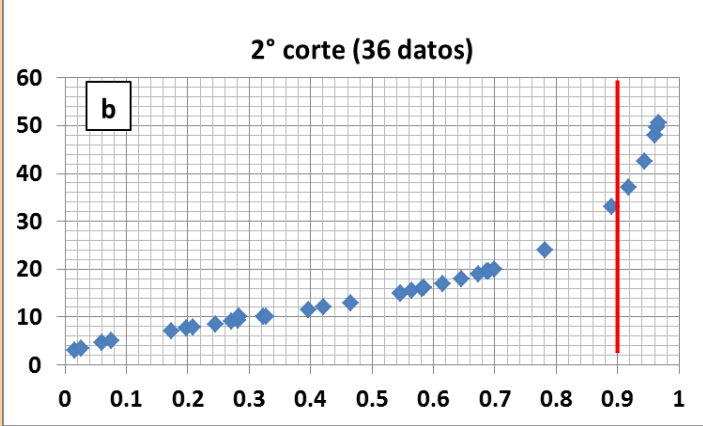
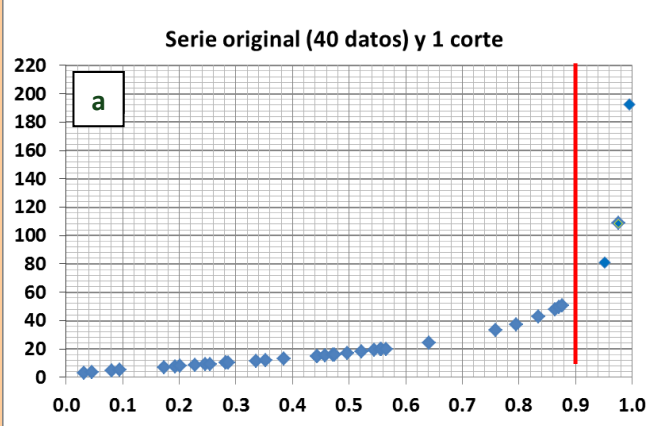


Figura 12.4.5.1.1 Gráficas de probabilidad. Nitratos.

**Valores de fondo natural: < 12 mg/L**

**Para trazar contaminación : determinar origen con isotopos del N**

**Cuenca La  
Barranquita**



## Cuenca arroyo Achiras

**Embalse**



➤ noviembre de 2007 se instala una presa en la cuenca alta en zona serrana

➤ necesario verificar si ha cambiado el comportamiento hidrológico del arroyo aguas abajo de la presa



istemas SRL  
GeoEye  
igitalGlobe  
Mapas

© 2010 Google

## Estación de aforo Achiras- del Gato



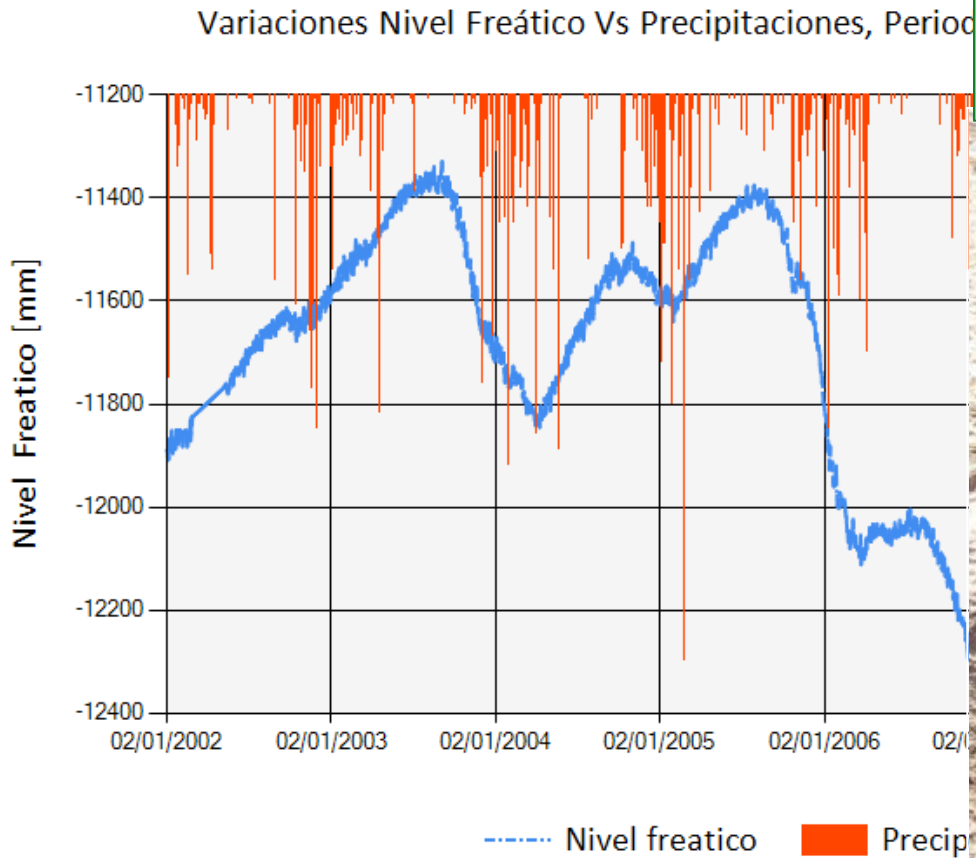
➤ Desde 2002 estación de aforo en cuenca media:  
Sección fija de hormigón, con limnígrafo (transductor de presión) que almacena datos en registrador digital, con intervalos de medición ajustables (15' -4,0 hs)

➤ Los aforos (mensuales) se realizan mediante molinete hidrométrico y se calculan caudales con el método de la sección media.



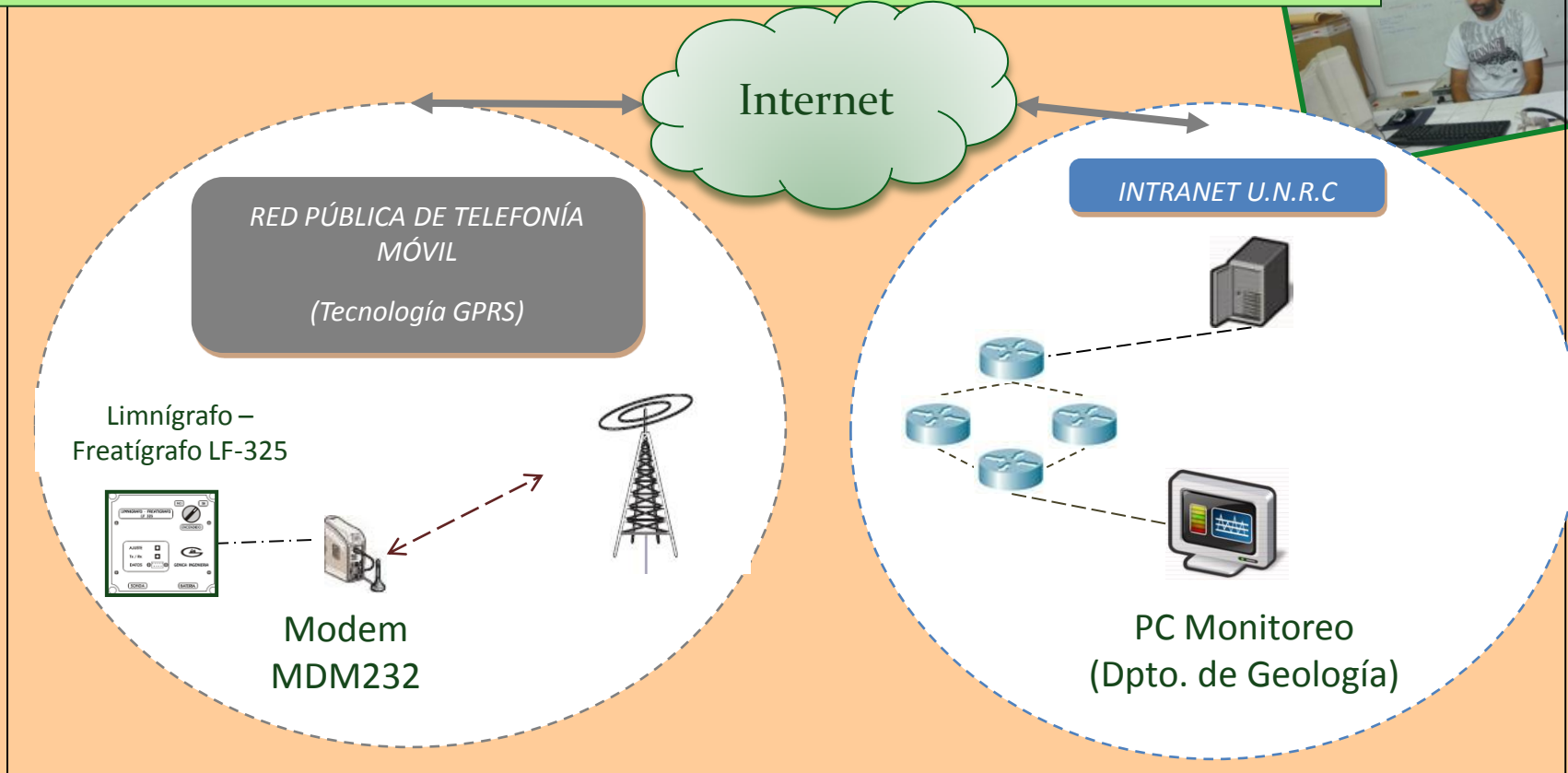


## ➤ PERFORACIONES: con freatígrafos



**-TRANSDUCTOR DE PRESIÓN que almacena datos en un registrador digital**

# SISTEMA DE TELEMETRÍA en desarrollo: ACCESO REMOTO A TRAVÉS DE LA RED DE TELEFONÍA MÓVIL



- **El sistema de telemetría se desarrolló empleando a la red de telefonía móvil (mediante la tecnología GPRS) como forma de acceso de las unidades remotas a Internet.**
- **Configurar a los freatígrafos-Liminígrafos y solicitar los datos por ellos registrados (almacenados en memoria).**



## Con ingenieros en telecomunicaciones: aplicaciones informáticas para el tratamiento de datos

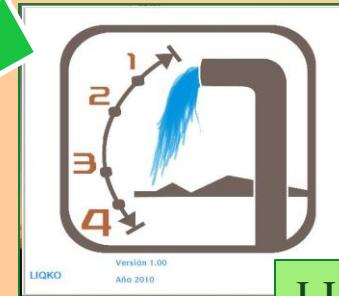
Desarrolladas exclusivamente para estudios específicos en hidrología.

Herramientas de cálculo y análisis gráfico

- incluidas dentro de un sistema integrado por un sistema de gestión de base de datos MYSQL (almacena niveles freáticos y de ríos y lluvias), al cual recurren para generar las distintas gráficas de salida.
- admiten el trabajo interactivo en computadoras conectadas en red.



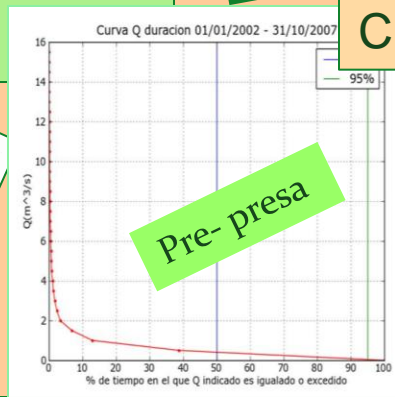
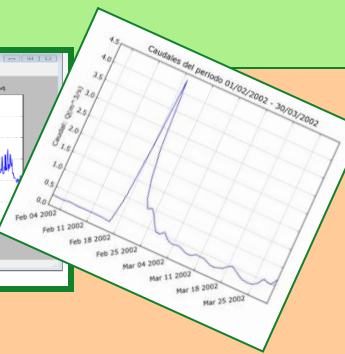
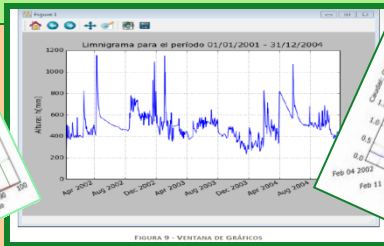
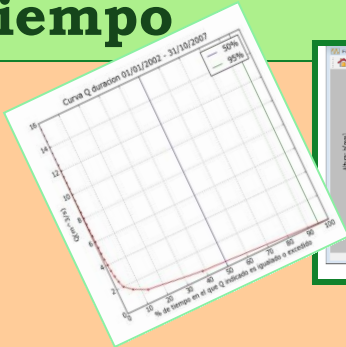
ARKEN 1.0  
Hidrogramas  
y otros



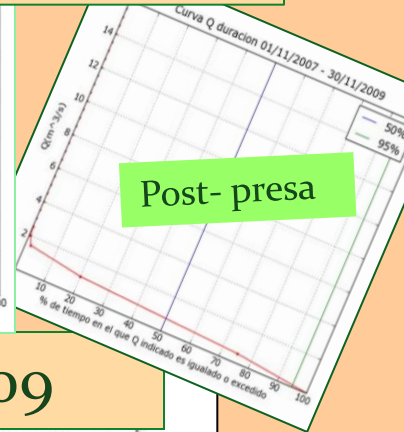
LIQKO 1.0  
Cálculo de  
recarga de  
acuíferos

Nuevas aplicaciones en elaboración :  
balances hídricos modulares y seriados

➤ **Arken 1.0** : genera serie de caudales a partir de la curva h-Q y elabora limnigramas, hidrogramas y curvas caudal-duración (Qd) para distintos pasos de tiempo



Curvas Qd



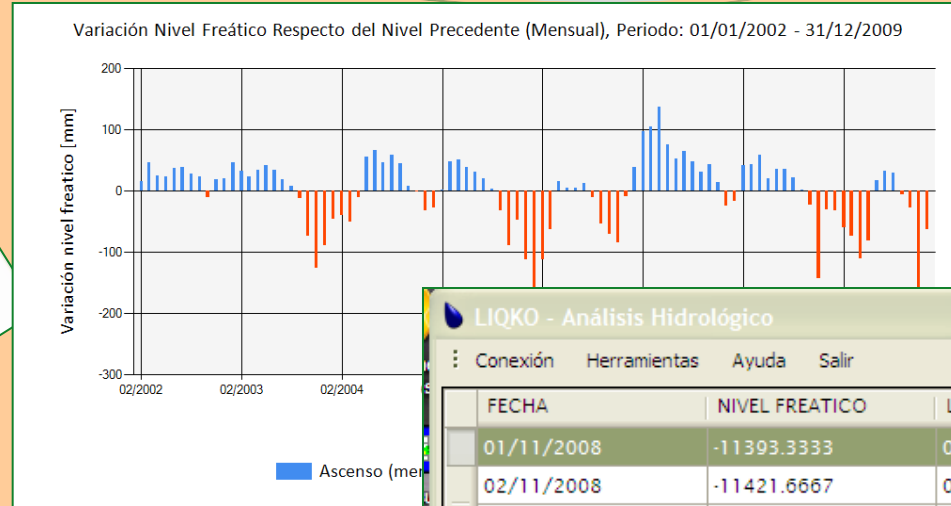
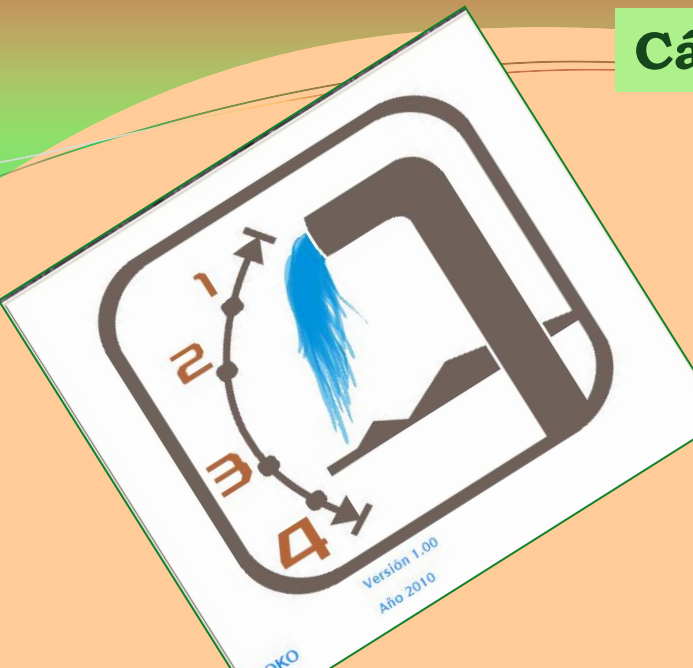
Limnograma general Achiras serie 2002-2009



Disminución del rango de alturas (y de caudales)



# Cálculo de recarga de acuíferos



➤ **Aplicación informática *Liqko 1.0* (Alincastro y Algozino, 2010)-**

➤ **herramienta de cálculo de recarga de acuíferos y desarrollo de gráficos para analizar comportamiento del nivel freático**

➤ **gráficas que pueden ser guardadas en distintos formatos (JPG, JPEG, BMP, PNG y GIF).**

LIQKO - Análisis Hidrológico

Conexión Herramientas Ayuda Salir

FECHA	NIVEL FREATICO	LLUVIA DIARIA
01/11/2008	-11393.3333	0
02/11/2008	-11421.6667	0
03/11/2008	-11421.6667	0
04/11/2008		
05/11/2008		
06/11/2008		
07/11/2008		
08/11/2008		
09/11/2008		
10/11/2008		
11/11/2008		
12/11/2008		
13/11/2008		
14/11/2008		

**Cálculo Recarga-Descarga**

Salir

CALCULOS PERIODO: 01/11/2008 - 31/10/2009

DATOS:

ASCENSO TOTAL DEL PERIODO: 1408.3329 [mm]

DESCENSO TOTAL DEL PERIODO: 2040.8337 [mm]

LLUVIA TOTAL DEL PERIODO: 637 [mm]

CALCULOS:

POROSIDAD EFICAZ: 0.07

RECARGA NETA: 98.583303 [mm]

DESCARGA NETA: 142.838339 [mm]

BALANCE: -44.275056

CRITERIO DE DESCARTE: 5 [mm]

## EJEMPLOS DE ESTUDIOS



**2-Zona Alpa Corral y alrededores**



## CUENCA DEL RIO LA TAPA

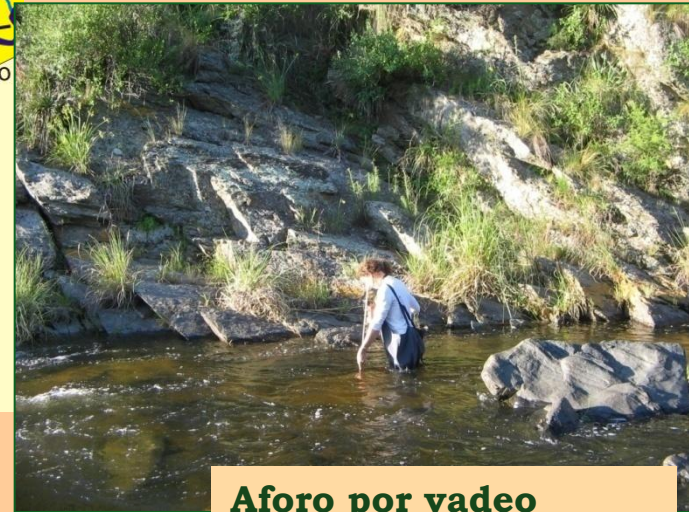


J. Andreazzini

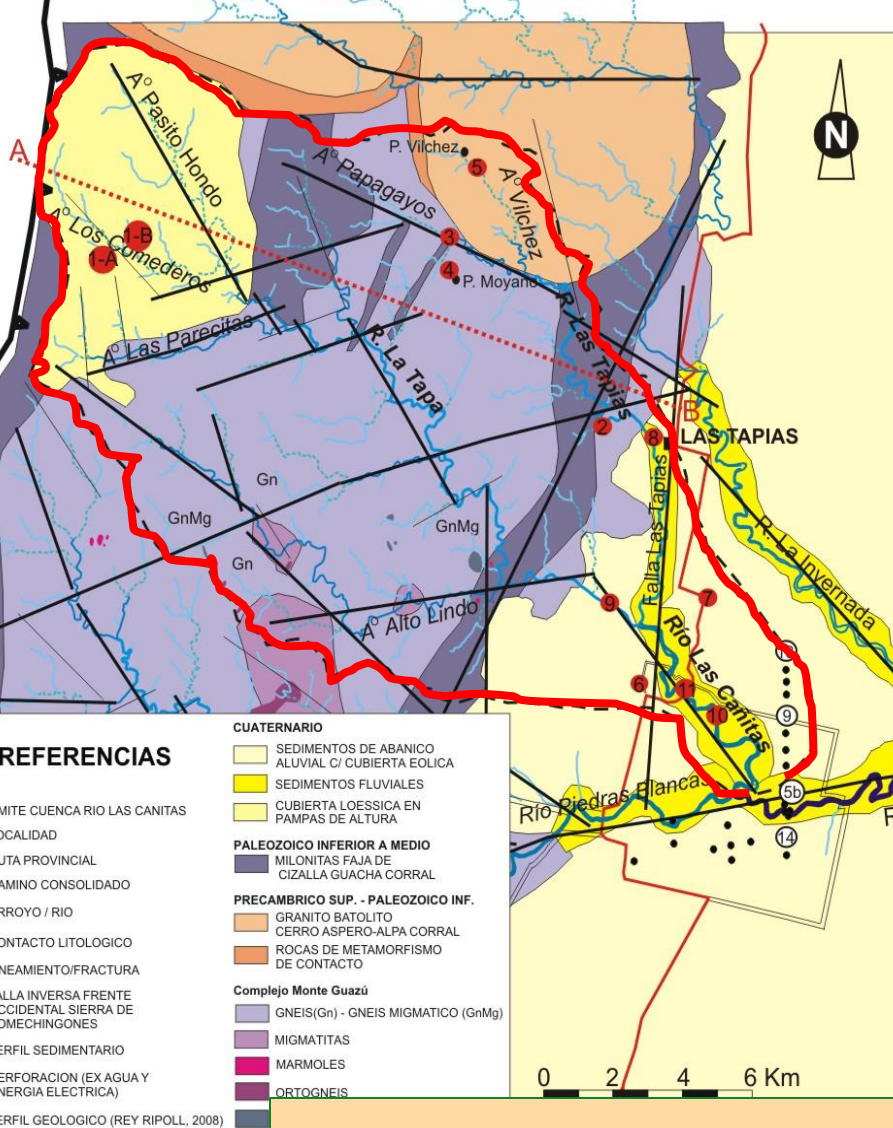
➤ cursos son permanentes en el área serrana y temporarios en algunos tramos extraserranos, tienen régimen torrencial, con caudales máximos medios diarios de 402 m<sup>3</sup>/s y 100 m<sup>3</sup>/s, en las estaciones La Tapa y Las Tapias, respectivamente (EVARSA, 2004).



Instalación de estación automática



Aforo por vadeo



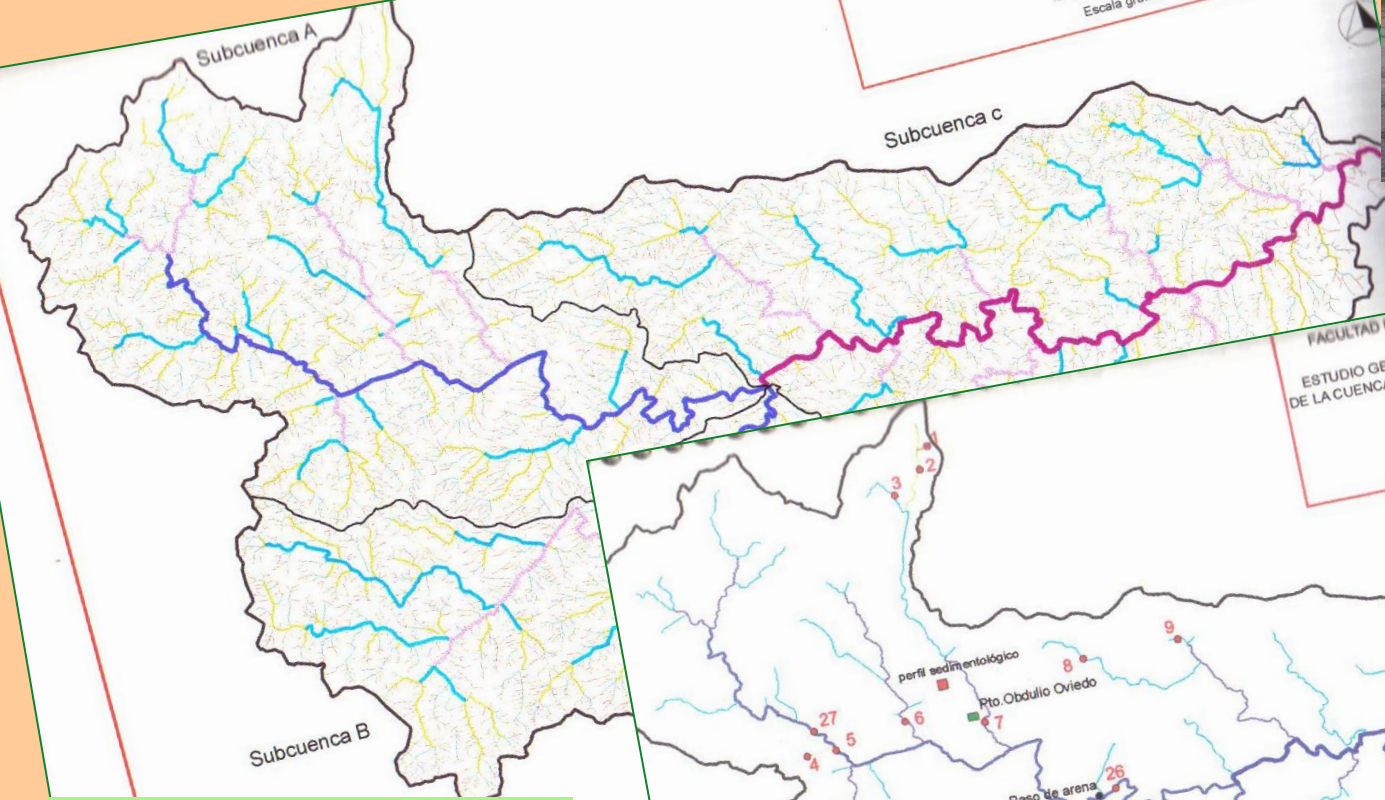
➤ Los cursos analizados están en una etapa de reactivación (rejuvenecimiento) puesta de manifiesto por una tendencia a la profundización y mayor competencia, comparando la carga actual con los depósitos de materiales finos que rellenan valles serranos y pedemontanos.

➤ las modificaciones en la dinámica fluvial se vinculan a cambios climáticos cuaternarios e históricos, Se suma la creciente intervención antrópica en la cuenca en la última centuria.

**En marcha:** -estudios geológicos y geomorfológicos  
 -hidrológicos y modelación lluvia-Q  
 -Base de datos y SIG

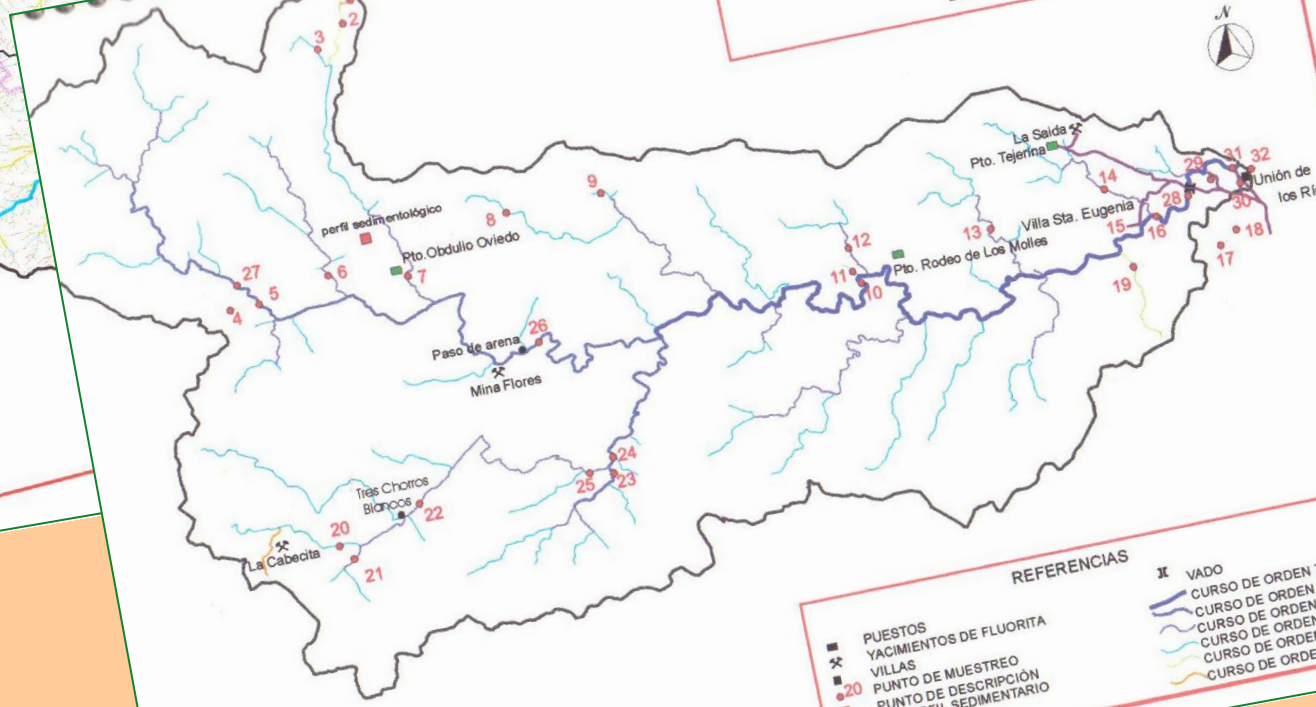


# CUENCA DEL ARROYO EL TALITA



ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO EL TALITA, CORDOBA  
 TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA  
 REALIZADO POR GABRIELA VILLALBA  
 MAPA Nº 3  
 RED DE DRENAJE  
 0 1000 2000 m  
 Escala gráfica

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA  
 ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO CON ÉNFASIS EN LA GEOQUÍMICA DEL FLÚOR  
 DE LA CUENCA DEL RÍO EL TALITA, DEPARTAMENTO DE RÍO CUARTO, CORDOBA.  
 MAPA Nº 1  
 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO  
 0 1000 2000 m  
 Escala gráfica



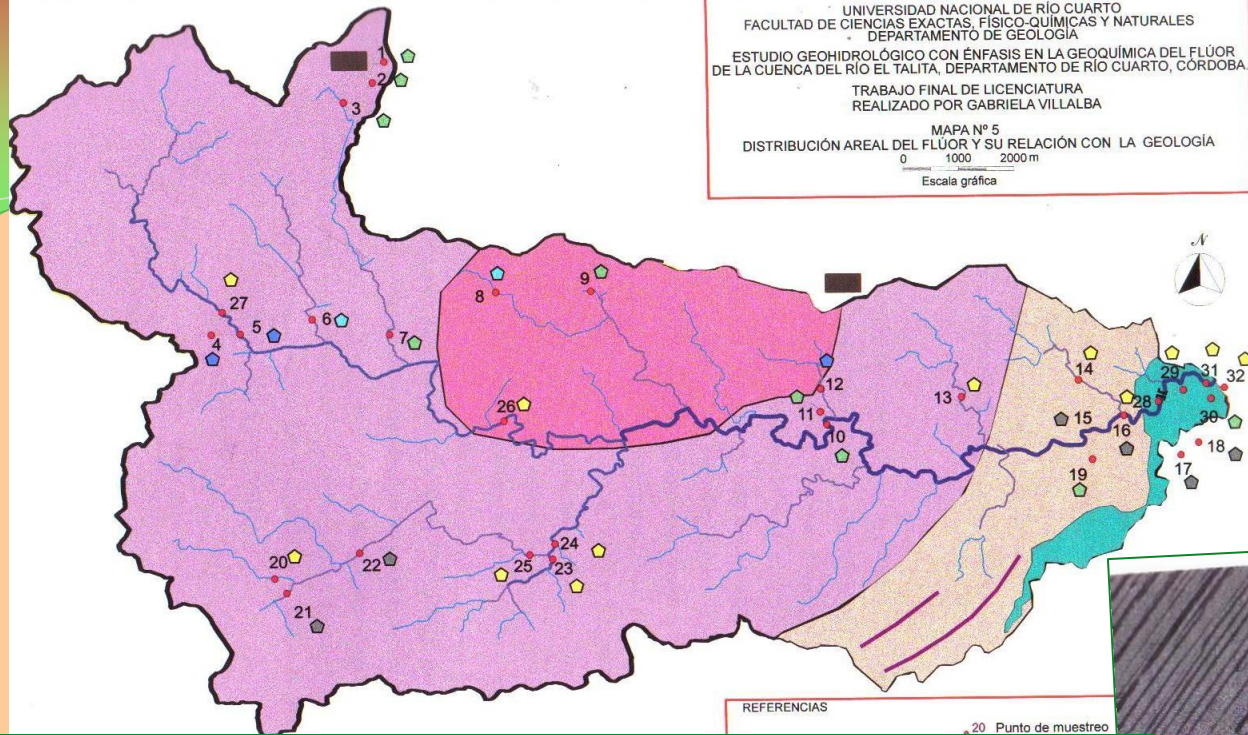
REFERENCIAS

- PUESTOS
- ⊗ YACIMIENTOS DE FLUORITA
- ⊗ VILLAS
- PUNTO DE MUESTREO
- PUNTO DE DESCRIPCIÓN DE PERFIL SEDIMENTARIO
- CAMINO
- ⊗ VADO
- CURSO DE ORDEN 1
- CURSO DE ORDEN 2
- CURSO DE ORDEN 3
- CURSO DE ORDEN 4
- CURSO DE ORDEN 5

**Estudios geológicos-geomorfológicos e hidroquímicos**



## Estudios de calidad de agua



REFERENCIAS

20 Punto de muestreo

➤ los minerales accesorios más difundidos son biotita y apatita, destacándose la presencia de yacimientos de fluorita

➤ También hay fluorita como inclusión en biotitas, es decir hay F en la estructura mineral susceptible de reemplazo y posibilidad de pasar al agua



Al microscopio:  
A: fluorita en biotita  
C: Apatita en biotita

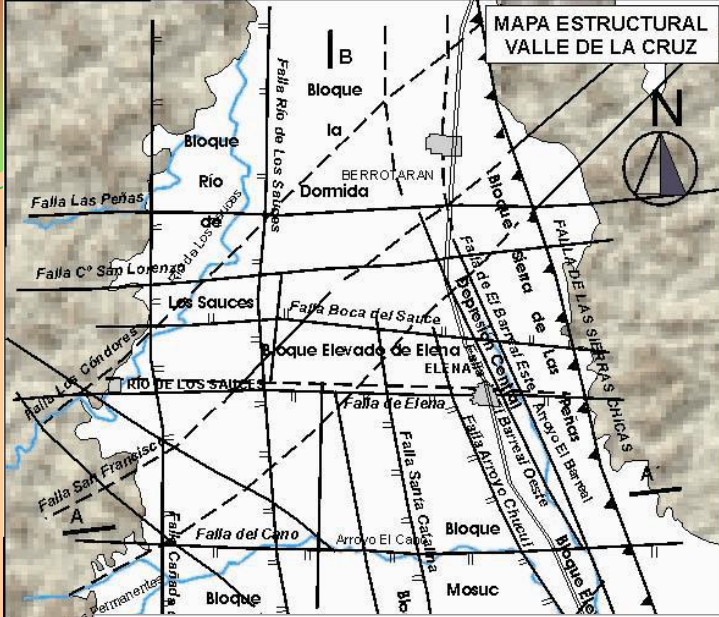
➤ Aguas dulces, de 20 a 50 mg/L, bicarbonatadas cálcicas, con 0,6 mg/L promedio de Fluor, con máximos de 1,5 mg/L



## EJEMPLOS DE ESTUDIOS

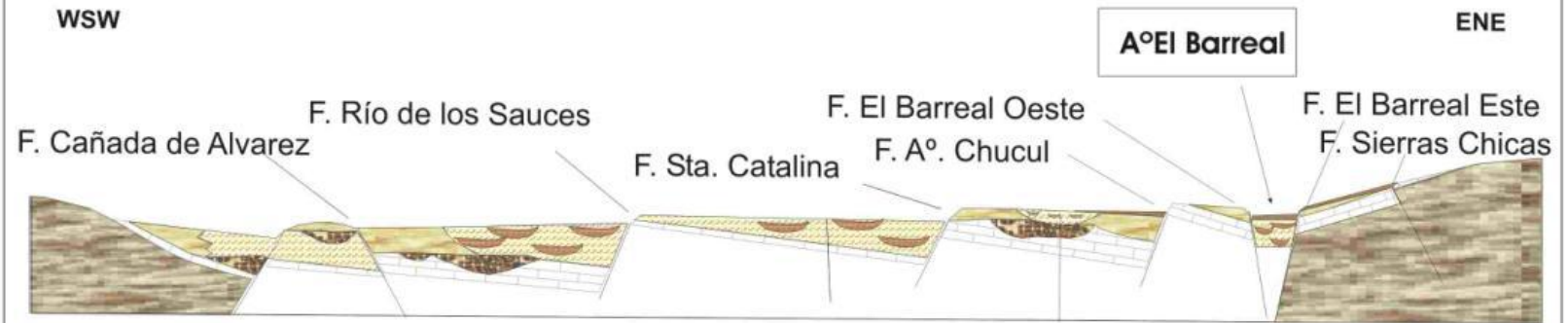
### 3-Zona Las Peñas y pedemonte





**Conjunto de bloques difrencialmente ascendidos y basculados con relleno sedimentario terciario-cuaternario**

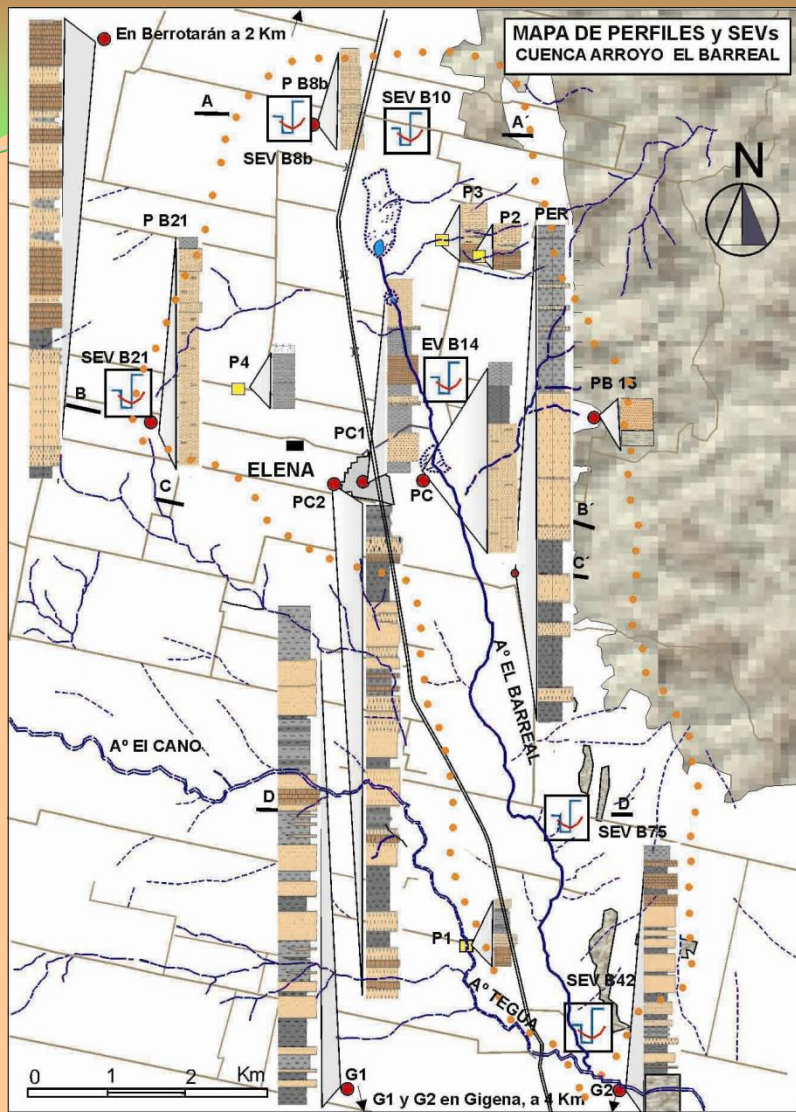
## Sección geológica - Valle de La Cruz



REFERE







MAPA DE PERFILES y SEVs  
CUENCA ARROYO EL BARREAL

## Estudios geológicos - hidrogeológicos



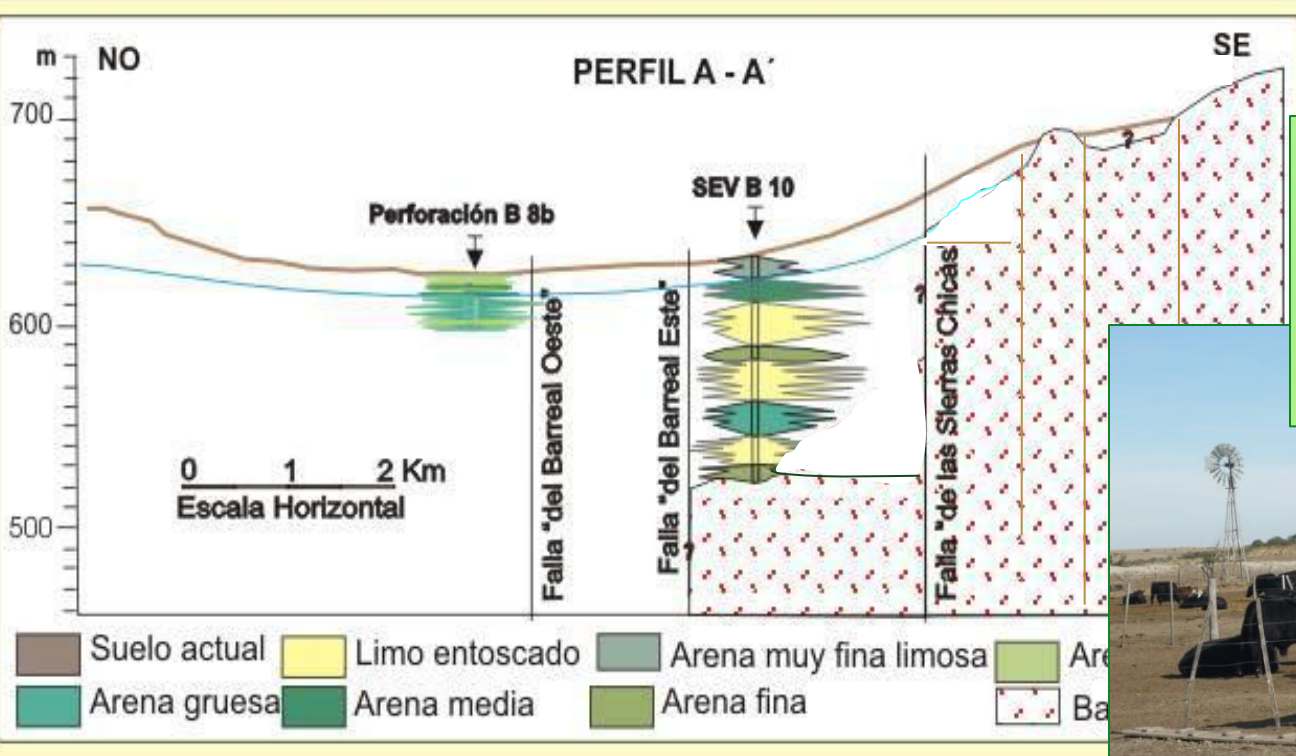
REFERENCIAS

	Pueblo		Sondeo eléctrico vertical		Arcillas		Arena Gruesa a muy gruesa
	Ruta Caminos		Perfil perforación		Limos		Gravas finas
	Arroyo/Escurrimientos		Perfil aflorante		Limos arenosos		Basamento
	Divisoria de aguas superficiales		Perfiles estratigráficos		Toscas		Arena fina a muy fina
					Arena media		



➤ Hidrológicamente ligado a las sierras, el pedemonte, faja de relieve fuertemente ondulado, con bloques de basamento cercanos a la superficie (5-150 m), está cubierto por sedimentos aluviales y loésicos.

➤ Aquí se ubican las perforaciones más importantes, incluso usadas para riego.

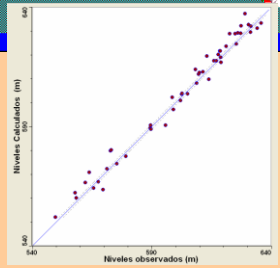
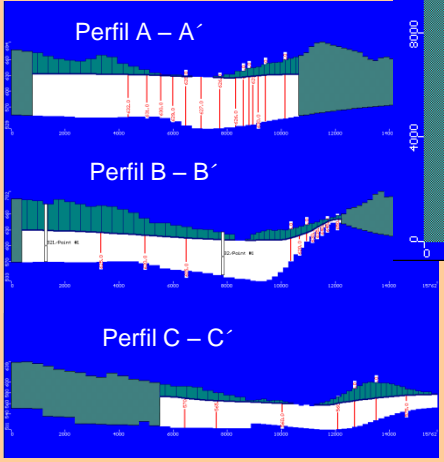
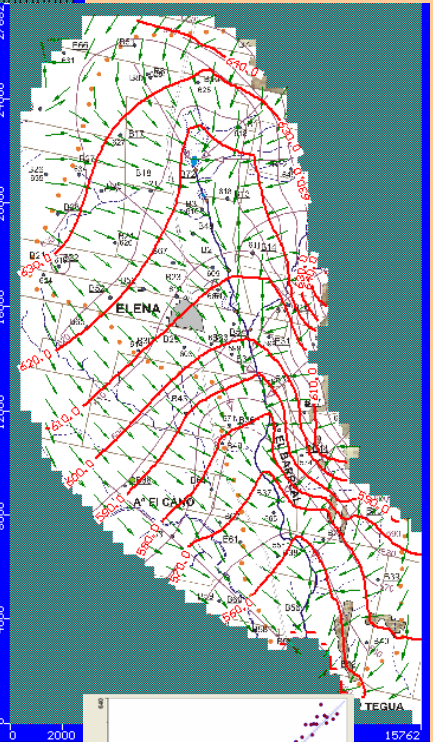
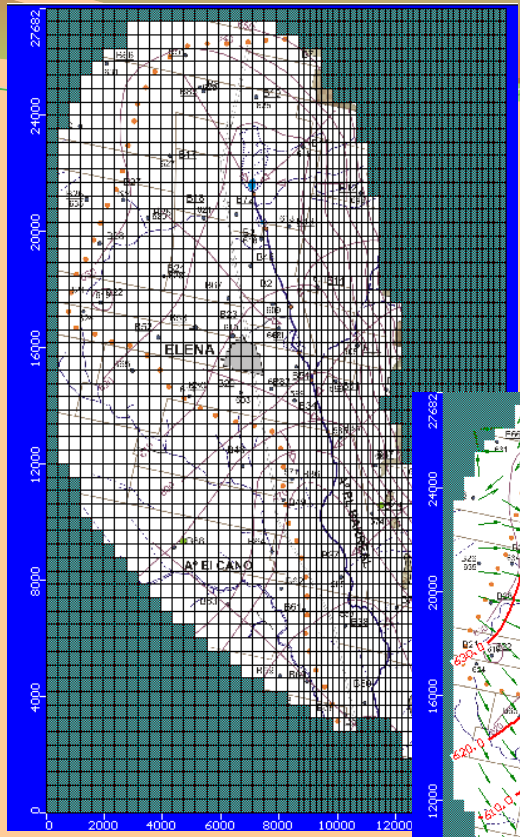
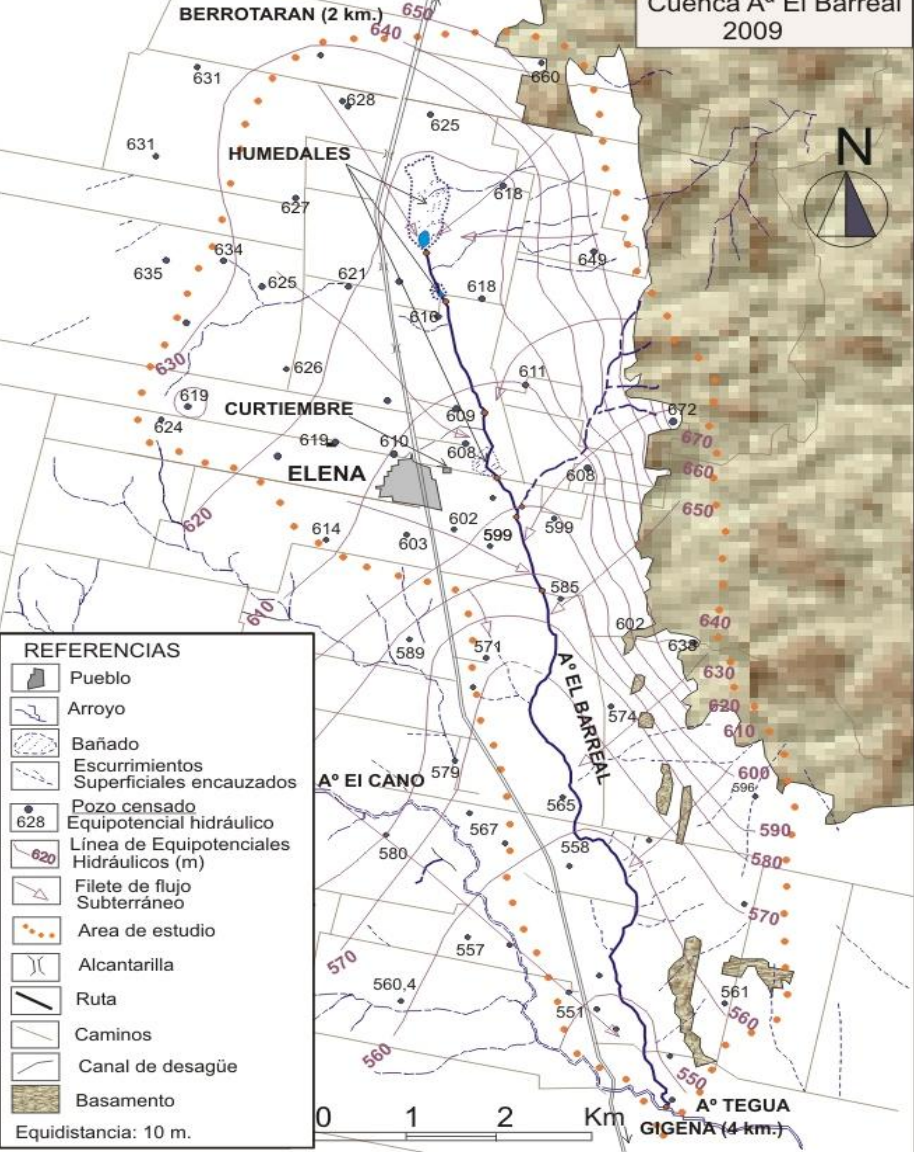


En los valles gran cantidad de molinos de vientos que explotan agua para consumo humano y ganadero





Cuenca A<sup>a</sup> El Barreal  
2009



Lineas de equipotenciales  
hidráulicas (Matteoda et al, 2010)

# Estudios hidroquímicos básicos

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

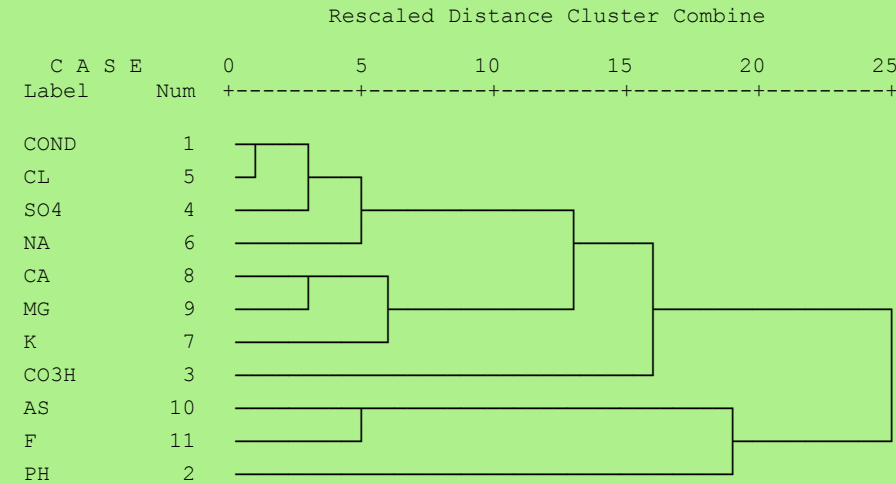
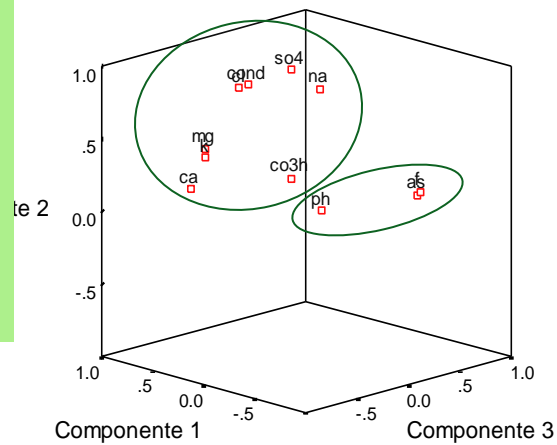
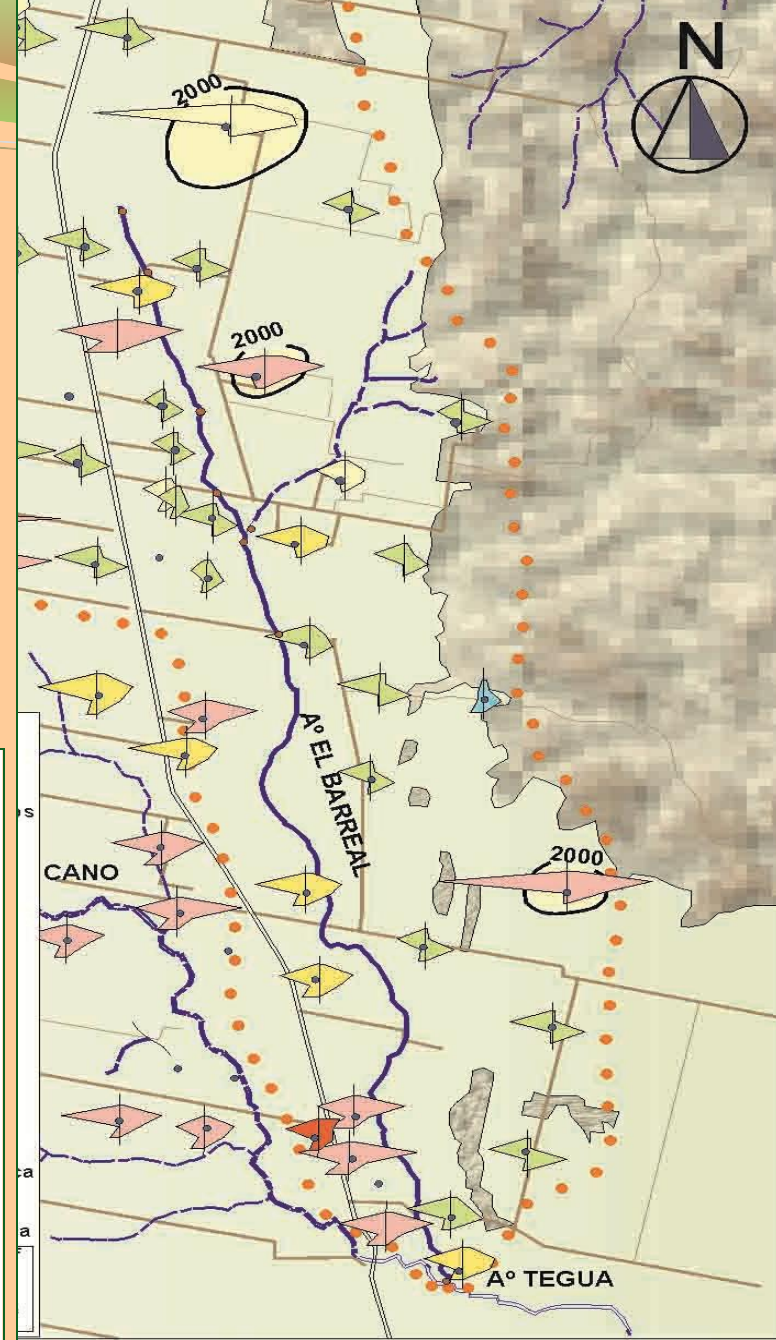


Gráfico de componentes en espacio rotado



**Estudios estadísticos multivariados para validar modelos conceptuales**





# MODELACIÓN NUMÉRICA DE PROCESOS GEOQUÍMICOS (*Phreeqc*, *Netpath*)

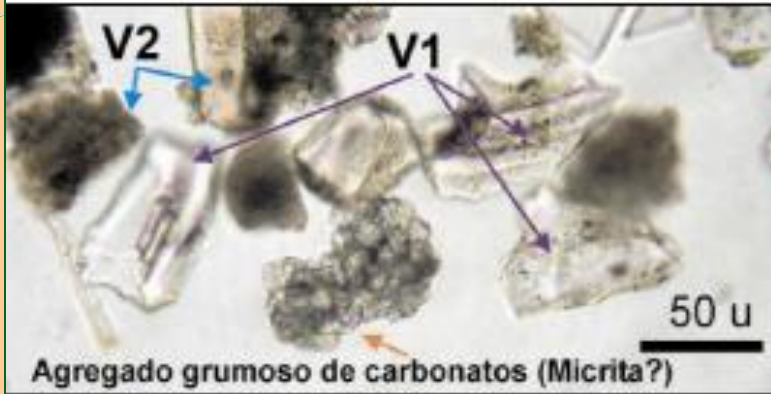
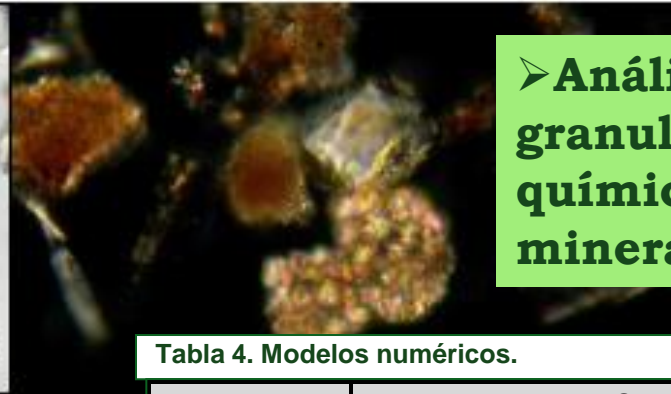


Figura 3.2.4.2.6.a. Micrita. Nícoles: a) paralelos, b) cruzado

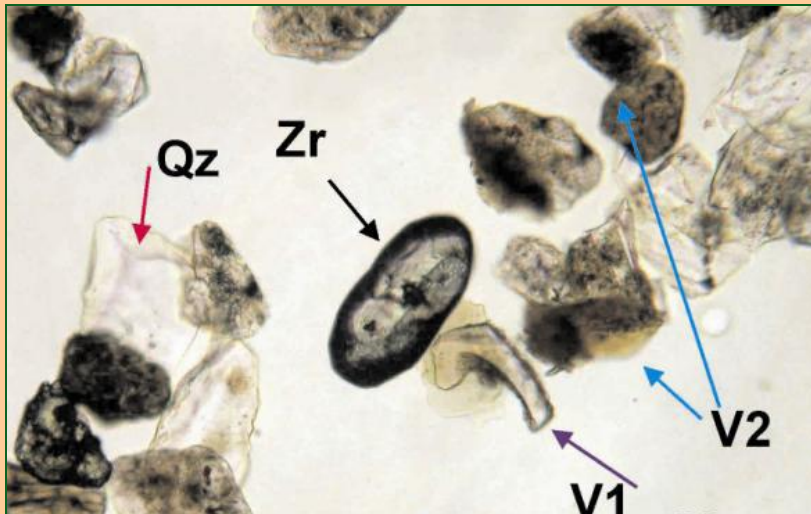


➤ **Análisis granulométricos, químicos y mineralógicos**

Tabla 4. Modelos numéricos.

B15 - B31 FASES	MODELOS		
	1	2	
Calcita (-)	-6.890e-004	-1.171e-003	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-8,590E-04	-8,590E-04	CO <sub>2</sub>
Halita (+)	1,62E-01	1.618e-004	NaCl
Yeso (+)	3,471E-03	3.471e-003	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :10H <sub>2</sub> O
Dolomita (+)		2.412e-004	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
CaX <sub>2</sub> (-)	-2,922E-03	-2,681E-03	CaX <sub>2</sub>
KX	1,497E-04	1,497E-04	KX
MgX <sub>2</sub> (+)	2,41E-04		MgX <sub>2</sub>
NaX	5,212E-03	5,212E-03	NaX

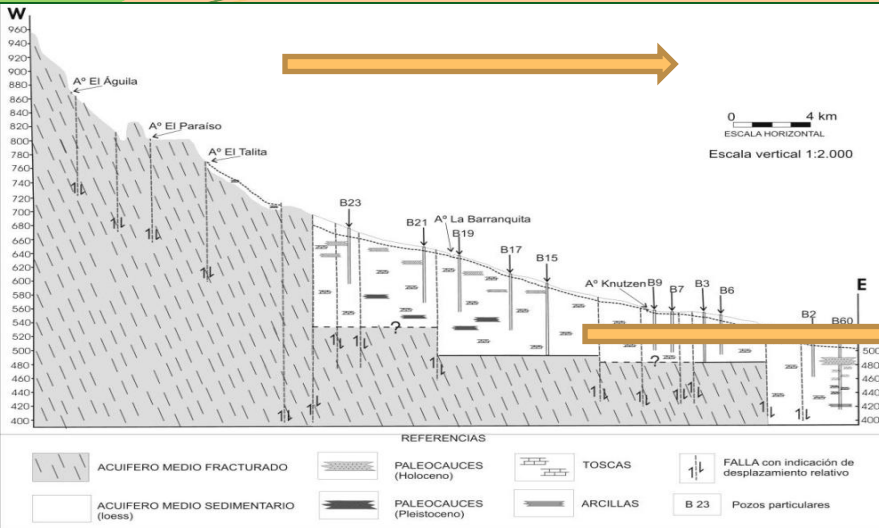
Disolución (+), precipitación (-).



➤ **Se evalúan procesos de evolución según líneas de flujo y de mezcla de aguas**

➤ **Los procesos geoquímicos dominantes, son la disolución-precipitación, intercambio iónico, óxido-reducción e hidrólisis de silicatos)**

# Sierra, pedemonte y ¿contaminación?



**Sierras: agua dulce de buena calidad**

➤ **En pedemonte mayor salinidad y aparecen problemas naturales ligados a altos tenores de As y F**

Además de nitratos, se hacen estudios de contaminación vinculados a metales pesados y con nuevos trazadores: cafeína y ADN y resistencia a antibióticos de bacterias E. coli

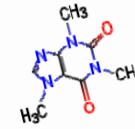
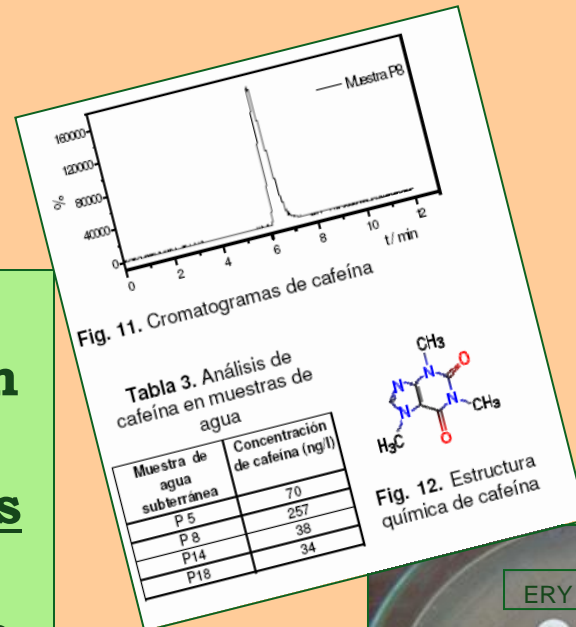
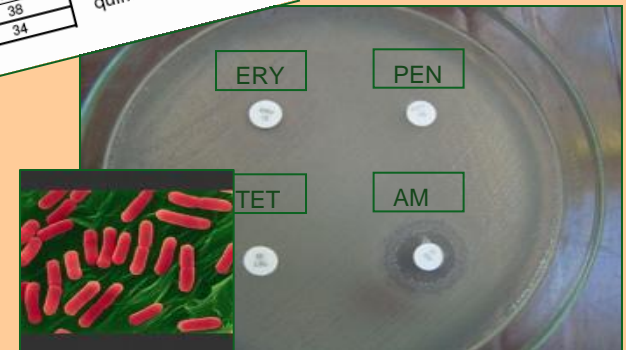
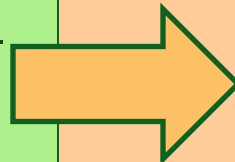


Fig. 12. Estructura química de cafeína





# DIVULGACION Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS AL MEDIO SOCIOPRODUCTIVO (PID 35/08)

## Cuadernos de uso y manejo de aguas subterráneas



## Cuadernos de estudios de aguas subterráneas



## Cuadernos de divulgación del agua



**LABORATORIO CUARTO Y ENTORNO RURAL**  
Aptitudes de uso del acuífero freático

Blarasin M., A. Cabrera, J. Giuliano, E. Matteoda, J. Felizzia, L. Maldonado y L. Tione



# Sierra de los Chañares y pedemonte

Mapa de Aptitud de Uso para Consumo Humano. Agua subterránea. Cuenca del arroyo La Colacha

UNRC DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNRC. BÉCHER QUINODÓZ FÁTIMA NOELIA 2011.

## Uso humano

- ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL PERMANENTE
- RUTA
- CAMINO

UNRC DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNRC. BÉCHER QUINODÓZ FÁTIMA NOELIA 2011.

## Uso ganadero

- DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL
- ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL PERMANENTE
- RUTA
- CAMINO
- LAGUNA
- 1 POZO CENSADO

APTITUD PARA CONSUMO GANADERO (Tambo e invierno). Según Bavera (2001)

Mapa de Aptitud de Uso para Consumo Ganadero. Agua subterránea. Cuenca del arroyo La Colacha

Mapa de Aptitud de Uso para Riego. Agua subterránea. Cuenca del arroyo La Colacha

UNRC DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNRC. BÉCHER QUINODÓZ FÁTIMA NOELIA 2011.

## REFERENCIAS

- +++ BASAMENTO
- DIVISORIA AGUA SUPERFICIAL
- ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL PERMANENTE
- RUTA
- CAMINO
- LAGUNA

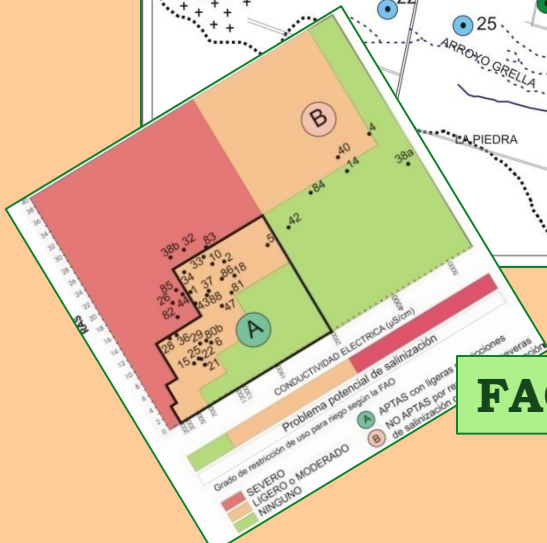
## Uso riego

### GRADO DE RESTRICCIÓN PARA RIEGO

- A** APTAS con ligeras restricciones
- B** NO APTAS por restricciones severas de salinización o pérdida de infiltración

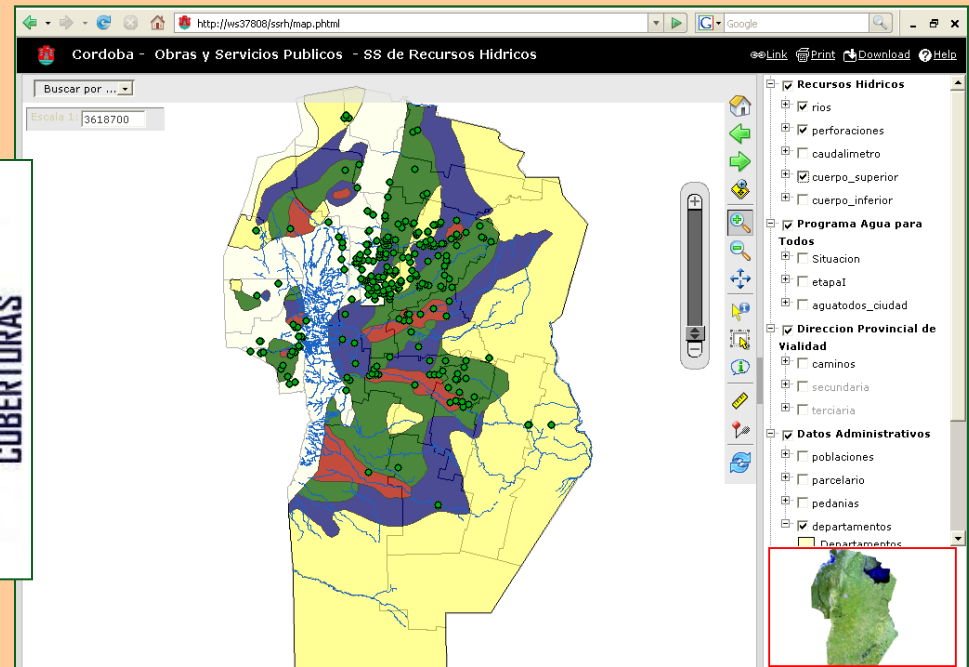
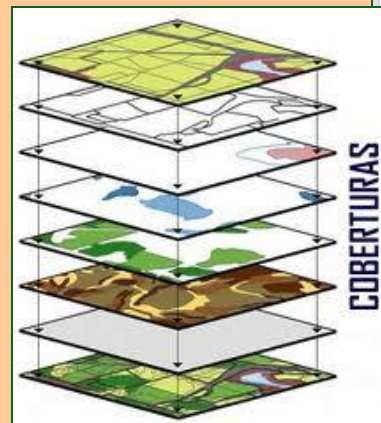
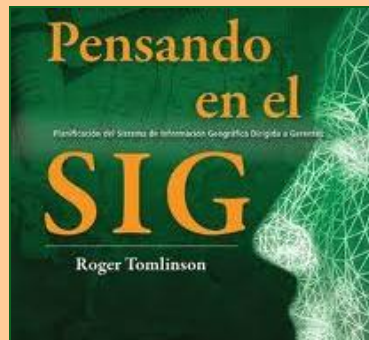
Para la actividad de riego la aptitud de uso del agua debe ser complementada con la aptitud de riego de los suelos; además debe haber caudales disponibles.

## FAO





# Desarrollar una base de datos y generar un sistema de información geográfica (SIG) del agua subterránea de la provincia como sistema de apoyo para la toma de decisiones en la administración sustentable de los recursos hídricos subterráneos (con UNC, SSRH, Blas Pascal)



Publicación (ríos, perforaciones, salinidad)





**gracias**