

CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, BATOLITO CERRO ÁSPERO, CÓRDOBA, ARGENTINA.

Gabriela Villalba¹; Mónica BLARASIN² & Jorge CONIGLIO³

Resumen - En este trabajo se establecieron las características geohidrológicas de la cuenca del arroyo El Talita, las principales relaciones hidrodinámicas entre agua superficial-subterránea y el medio físico y su vinculación con el comportamiento hidroquímico y se evaluó su aptitud para distintos usos.

La cuenca estudiada abarca parte de un plutón granítico en donde se detectó la presencia de un acuífero libre alojado en el medio rocoso y en materiales porosos que rellenan los valles, quienes se comportan como acuífero pobre y bueno a moderadamente bueno respectivamente. El mismo sostiene el régimen permanente del arroyo en invierno.

El carácter químico dominante del agua es bicarbonatado cálcico debido a los escasos tiempos de tránsito y contacto entre agua y roca, aspecto controlado por la topografía. Se detectó flúor disuelto vinculándose a la interacción del agua con los materiales por donde circula, liberado por disolución e intercambio aniónico por oxhidrilos desde los minerales que lo contienen, estableciéndose que el agua proveniente de esta recarga serrana ingresa al medio subterráneo y superficial extraserrano con un promedio de fluoruros de 0,45 mg/l.

El agua superficial, recurso más difundido en la zona, es apta para consumo humano, deficiente para bebida de ganado y excelente para riego.

Palabras-clave - interacción-hidroquímica-aptitud

¹ Dpto. de Geología. Universidad Nacional de Río Cuarto. (5800) Río Cuarto. Córdoba. Argentina. Te: 00-54-358-4676198. Fax: 00-54-358-4680280. E-mail: gvillalba@exa.unrc.edu.ar

² Dpto. de Geología. Universidad Nacional de Río Cuarto. (5800) Río Cuarto. Córdoba. Argentina. Te: 00-54-358-4676198. Fax: 00-54-358-4680280. E-mail: mblarasin@exa.unrc.edu.ar

³ Dpto. de Geología. Universidad Nacional de Río Cuarto. (5800) Río Cuarto. Córdoba. Argentina. Te: 00-54-358-4676198. Fax: 00-54-358-4680280. E-mail: jconiglio@exa.unrc.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La región Centro-Sur de Córdoba está caracterizada por un sector serrano ubicado en el borde occidental de la provincia y desde él se extiende hacia el Este una amplia llanura en donde se encuentra alojado un acuífero libre y confinados de distinto grado que tienen su área de aporte justamente en el sector serrano y periserrano.

Un problema frecuente respecto a la calidad de los recursos hídricos en esas áreas de llanura, es la presencia de contenidos importantes de flúor y arsénico en el agua subterránea, fuente de abastecimiento de todos los asentamientos urbanos y rurales.

La existencia de altas concentraciones de estos elementos en el agua de bebida, constituye un grave problema para la salud dado los perjuicios que conllevan. El consumo crónico de aguas que contengan estas características ocasionan enfermedades tales como fluorosis dental y esquelética, para el caso de altas concentraciones de flúor y H.A.C.R.E. (Hidroarsenismo Crónico Regional Endémico) cuyas manifestaciones incluyen problemas gastrointestinales, renales, neurológicos, vasculares, dermatológicos y carcinogénicos, para el caso del arsénico, entre otras dolencias, (Rajagopal y Tobin, 1990; Marshall, 1990).

Por estas razones se torna necesario establecer para los sectores serranos, con aguas superficiales y subterráneas muy jóvenes, que constituyen áreas de recarga de los acuíferos extraserranos y fuertemente ligadas a la fase atmosférica del ciclo hidrológico, cuál es la fuente y procesos que permiten el ingreso de las especies iónicas al sistema, en etapas tan tempranas de la evolución hidrodinámica e hidroquímica y las implicancias que esto pueda tener sobre la aptitud para distintos usos del recurso, ya que se trata de una zona con pequeños asentamientos humanos pero de gran afluencia turística, en donde además se están desarrollando actividades tales como la extracción de resina de un vasto sector forestado con pinos.

OBJETIVO

El objetivo principal del presente trabajo es caracterizar geohidrológicamente la cuenca del arroyo El Talita con el fin de establecer las principales relaciones hidrodinámicas entre el agua superficial-subterránea y el medio físico, como base para la definición del comportamiento hidroquímico de la zona, y para la evaluación de la aptitud del recurso.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la provincia de Córdoba, en el Norte del Departamento Río Cuarto. Se trata de la cuenca del arroyo El Talita, la cual se encuentra instalada en la región central de la Sierra de Comechingones, en donde se intruye el Batolito Cerro Áspero, el cual está integrado por tres plutones: Plutón Los Cerros en el sector Norte, Plutón El Talita en la región central y plutón Alpa Corral en el sector Sur; y específicamente en la porción Centro-Sur del plutón homónimo, conformando una faja extendida en sentido Oeste-Este a la altura de las localidades de Papagayos (Provincia de San Luis) y Alpa Corral (Provincia de Córdoba). Drena una superficie de 14.000 hectáreas aproximadamente, limitando hacia el Norte con la cuenca del arroyo Las Moras o Zarzamoras (con el cual conforman hacia el Este-Sudeste, el río Barrancas) y hacia el Sur con la cuenca del arroyo San Bartolomé (Ver Figura N°1: Mapa de Ubicación y Figura N°2: Contexto Regional).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sobre la interpretación de imágenes satelitarias Landsat TM (Escala 1: 500000 y 1: 250000) y fotografías aéreas (Escala 1: 60000 y 1:20000) y de un mapa geológico regional obtenido por Pinotti (1998), se confeccionaron un mapa de unidades geológicas para el área de estudio, un mapa de la red de drenaje con delimitación de cuencas y subcuencas, un mapa geomorfológico y un mapa hidroquímico. Asimismo se recopilaron y trataron datos climáticos, hidrológicos, litológicos y estratigráficos.

Durante el trabajo de campo se reconocieron y estudiaron las unidades geológicas presentes en el área de estudio, los materiales, estructuras y procesos endógenos y exógenos actuantes.

El relevamiento hidrológico consistió en observaciones de superficie en 28 puntos con determinación de caudales líquidos del arroyo El Talita a lo largo de su recorrido por medio del método de mallas con flotadores y/o molinete, en estaciones de interés, muestreo de agua superficial para posterior análisis físico-químico, con determinación in situ de conductividad y sólidos disueltos totales, temperatura y pH; y observaciones hidrológicas subterráneas en 4 puntos, cuando se localizaron perforaciones en valles intermontanos, con medición de profundidad de niveles estáticos y muestreo de agua subterránea con determinación in situ de las propiedades físico-químicas, relevándose además la información disponible respecto a los materiales atravesados por las

perforaciones y del diseño de las mismas (Ver Figura N°3: Ubicación de los puntos de muestreo).

En el laboratorio de Geoquímica del Dpto. de Geología de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) se efectuaron los análisis físico-químicos de las muestras de agua, midiéndose $\text{CO}_3^{=}$, CO_3H^- , $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , F^- , $\text{As}^{+3/+5}$, dureza y alcalinidad, según lo establecido por Asensio (1976).

Finalmente se procesaron los datos obtenidos y se efectuó la caracterización de la dinámica y calidad del agua superficial y subterránea de la cuenca definiendo los factores geológicos y climáticos que la condicionan y se evaluaron y se clasificaron las aptitudes y/o restricciones del recurso para diferentes usos según lo establecido por DIPAS (Dirección Provincial de Aguas y Saneamiento) para consumo humano, por la Dirección Agropecuaria de la provincia de Mendoza para el uso ganadero; y por El Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América para riego.

GEOLOGÍA

La zona de estudio se ubica dentro de la Provincia Geológica Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis, según lo definido por Gordillo y Lencinas (1979), en la Sierra de Comechingones. En ella se intruye el Batolito Cerro Áspero, un complejo granítico de 440 km² de extensión, de forma elipsoidal con su eje mayor orientado submeridionalmente, de edad Devónico Medio que intruye rocas metamórficas de grado medio y alto (gneises, esquistos, anfibolitas, piroxenitas y migmatitas heterogéneas); presentando contactos abruptos y dentados, concordantes en escasos sectores y discordantes en otros, (Pinotti et al. 1996). Está integrado principalmente por monzogranitos con variaciones que pueden llegar hasta granodioritas y tonalitas. En él se distinguen tres plutones: Alpa Corral (50 km²), El Talita (385 km²) y Los Cerros (5 km²), (Pinotti 1998). El área abordada se encuentra en el sector Centro-Sur del plutón homónimo y abarca cuatro unidades petroestructurales descriptas por Pinotti (1998) de la siguiente manera:

Unidad Periférica: Caracterizada por una facies inequigranular muscovítica color rojizo, constituida por feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y evidencia de actividad de volátiles, gréisenes; y biotita con inclusiones de rutilo y apatita.

Diques Micrograníticos a Aplíticos: Color rosado compuestos de cristales de feldespato potásico, megacristales de microclino, biotita, plagioclasa, cuarzo y moscovita. Son enjambres de diques que intruyen al resto de las facies. Pueden tener xenolitos de roca metamórfica y muestran variaciones aplopegmatíticas.

Enclaves Microgranulares Máficos: Color gris oscuro, en contactos netos con la roca, compuestos por biotita, plagioclasa, apatita, cuarzo, circón y feldespatos potásico.

Unidad Central: caracterizadas por dos facies graníticas, una Facies Porfiroide color rosado, compuesta por feldespatos potásico, megacrístales de microclino, cuarzo, plagioclasa, biotita y abundante allanita y titanita, que pasa gradualmente a otra denominada Facies Inequigranular Biotítica que posee abundantes enclaves, cuarzo con inclusiones de rutilo, microclino, biotita con inclusiones de circón y apatita, titanita, allanita, moscovita secundaria en plagioclasa y biotita, clinozoisita, magnetita, ilmenita, pirita y fluorita intersticial escasa.

El arroyo El Talita recorre principalmente la facies porfiroide y en menor proporción la facies inequigranular biotítica. La distribución de estas unidades geológicas puede observarse en la Figura N°4: Mapa Geológico. Comprende además, depósitos arenoso-gravosos y limosos, dispersos en toda el área serrana, ocupando depresiones locales y pampas de alturas sobre los bloques graníticos, depositados fundamentalmente en el Cuaternario, Cantú (1992).

GEOMORFOLOGÍA

El paisaje es fuertemente ondulado en toda la cuenca destacándose un sector occidental muy alto conformado por un arreglo de bloques graníticos con fuerte pendiente hacia el Este, denominado Asociación Geomorfológica Batolito Cerro Áspero y un sector oriental más bajo constituido por rocas metamórficas, caracterizadas por crestas agudas y valles colmatados, denominado Asociación Geomorfológica Metamórfica, en las cuales se reconocieron siete unidades siguiendo el criterio establecido por Sayago (1982), modificado por Cantú y Degiovanni (1984) (Ver Figura N°5: Mapa Geomorfológico).

Dentro de la Asociación Batolito Cerro Áspero se diferencian morfologías muy variadas caracterizadas por bloques altos de paredes subverticales, relieves redondeados, una elongada escarpa que constituye la margen izquierda del arroyo y diques y valles de fondo plano. En todo el sector granítico, se reconoce un tipo particular de formas relicticas constituidas por granito con material aluvial, coluvial y eólico sobreimpuesto denominadas Pampas de altura.

La red de drenaje presenta un patrón rectangular que varía a subdendrítico en áreas de pampas de altura y valles colmatados. Las estructuras controlan la traza de los cursos de mayor orden y la pendiente a los de menor orden. La faja fluvial es angosta y rectilínea caracterizada por la ocurrencia de hoyas, rápidos, barras y terrazas de escaso desarrollo.

La morfología de la cuenca está controlada por las estructuras, la litología y el clima y los procesos activos dominantes están representados por el tectonismo, la meteorización química, la erosión fluvial e hídrica y la depositación aluvial y coluvial.

CLIMA

Se analizó una serie de cinco años de datos provenientes de una estación agrometeorológica perteneciente a la UNRC, ubicada en la localidad de Las Tapias y se realizó un balance hídrico seriado. La temperatura media anual calculada es de 12,1 °C, la precipitación media anual es 964,9 mm y la evapotranspiración potencial es de 687,98 mm. El clima dominante, según la clasificación climática de Thornthwaite y Matter (1948), es de tipo Mesotermal, húmedo con pequeña a ninguna falta de agua, estacional evidenciado por la concentración de lluvias en los meses de noviembre a febrero.

La salida de agua de la cuenca en forma de evapotranspiración real es de 651,2 mm restringida fundamentalmente a los sectores con depósitos sedimentarios en donde los excesos constituyen el 30,44% de las precipitaciones caídas, los cuales se reparte entre infiltración y escurrimiento según las pendientes. Estos sectores representan un bajo porcentaje del área de la cuenca (<10%), en el resto, conformado por afloramientos rocosos con fuertes pendientes, el agua sale principalmente por escurrimiento superficial.

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

La cuenca tiene un área 140 Km² y es de orden siete. La red de drenaje está compuesta por dos colectores permanentes de orden seis que drenan dos grandes Subcuencas A y B, que se reúnen en un colector principal permanente en el sector medio de la cuenca que drena a su vez a una Subcuenca C, formando el máximo orden adquirido y se complementa con numerosos cursos de menor orden de carácter transitorios. Las divisorias superficiales, principal y secundarias, son netas y están controladas por la abrupta topografía (Ver Figura N°6: Mapa de la Red de Drenaje). La cantidad de agua que abandona la cuenca, según una medición instantánea realizada en diciembre de 1998 con molinete, es de 3.92 m³/seg (punto N°15, Figura N°3: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo).

Se establece la presencia de un acuífero freático en donde el agua subterránea ocurre en dos ambientes físicos diferentes: El agua alojada en el medio rocoso transmitida a través de una porosidad secundaria debido a la existencia de fracturas, el cual se comporta como un acuífero pobre; y el agua alojada en el medio poroso constituido por

relleno de valles, en donde el basamento actúa como hidroapoyo, que en conjunto constituyen un acuífero bueno a moderadamente bueno (Ver Figura N°7: Representación Esquemática del acuífero libre en el sector serrano). Los espesores no saturados en medio poroso, varían según la topografía y controlados por las estructuras, desde 5 a 15 metros. Las perforaciones relevadas en los valles (Villa Santa Eugenia y Unión de los Ríos, puntos 17, 18, 29 y 30 de la Figura N°3: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo) son de pequeño porte, con caudales de servicio no superiores a los 5 m³/h. Cabe destacar también que sólo se detectó una captación en medio fracturado, en el Puesto Tejerina, efectuada mediante el uso de explosivos, de 8 metros de profundidad con el nivel estático a los 2,80 metros. (Ver Figura N°3: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo).

El comportamiento hidrológico superficial y subterráneo está regulado por el clima, las estructuras y la litología. Dada la estacionalidad del clima y las fuertes pendientes que favorecen la rápida salida del agua de la cuenca por escurrimiento superficial, El Talita debe su régimen permanente al aporte por precipitaciones durante la primavera y verano y es sostenido, en invierno, por el escurrimiento subterráneo a través del medio fracturado y, en menor participación, del medio poroso.

HIDROGEOQUÍMICA

De acuerdo a la clasificación geoquímica general, basada en el residuo seco presente, son aguas dulces, caracterizadas por un contenido salino general muy bajo (<50 mg/l) aumentando desde áreas de cabeceras hacia el sector terminal de la cuenca, variando de 20 a 50 mg/l, en esa dirección. Localmente se observa aumentos en el contenido de sales disueltas debido al tránsito por materiales propios de relleno de valles (muestra N°4 y 19). El agua subterránea presenta un sustancial aumento en el contenido de sales disueltas totales (>300 mg/l), - Ver Tabla N°1: Planilla Resumen de los Análisis Físico-químicos-. Todas las muestras de agua superficial son blandas a excepción de la N°19 que resulta ligeramente dura y el 100% de las muestras de agua subterránea son muy duras.

Según el carácter iónico dominante son bicarbonatadas donde, del total de muestras superficiales, el 57% son bicarbonatadas tipo cálcica; el 25% son bicarbonatadas tipo cálcico-sódico; el 14% bicarbonatadas cálcicas-magnésicas y el 4% bicarbonatadas sódico-cálcicas; mientras que el 100% de las muestras subterráneas son de carácter bicarbonatadas cálcicas.

El calcio y bicarbonato son las especies iónicas dominantes en agua superficial y subterránea, quedando subordinada la presencia de sulfatos y cloruros entre los aniones, y sodio, magnesio, y potasio, entre los cationes, en ese orden. No se detectó la presencia de arsénico, ni nitritos en el 100% de las muestras y se detectó una baja concentración de nitratos (10 mg/l) en el agua subterránea, adjudicada a la cercanía de corrales y servicios sanitarios in situ (Ver Figura N°8: Mapa Hidroquímico).

Asimismo se detectó flúor disuelto en el agua en el 100% de las muestras. El valor promedio de flúor hallado para el agua superficial fue de 0,62 mg/l, con máximos de 1 y 1,2 mg/l, y 0,45 mg/l para el agua subterránea. Existe una relación entre la distribución del flúor en el agua y las características químicas-mineralógicas de los materiales que atraviesa (Bond, 1945; White et al., 1963), entre otros, donde las mayores concentraciones de flúor se encontraron asociadas a la facies porfirode, en proximidades de la ocurrencia de enclaves microgranulares máficos y del contacto transicional entre la facies mencionada y la unidad periférica; donde abundan los minerales accesorios portadores de flúor, y las menores concentraciones se registraron próximas a los afloramientos de diques aplíticos y en el agua subterránea del medio poroso (Ver Figura N°9: Mapa de Distribución areal de flúor y su relación con la geología). El origen de este elemento se lo relaciona a la interacción del agua con los materiales que constituyen el medio físico por donde circula, liberado por los mecanismos de disolución e intercambio aniónico por oxhidrilos desde minerales portadores de flúor tales como biotita, apatita, titanita, anfíboles, fluorita, entre otros, (Villalba, 1999).

APTITUD DE USO

La evaluación de aptitud de uso del agua superficial y subterránea según lo dispuesto por Resolución N°608/93 de DIPAS: es apta para consumo humano en el 100% de las muestras analizadas. Respecto a su uso para agua de bebida del ganado ovino, bobino, para producción de carne y/o leche es deficiente dado su bajo contenido en sales. No obstante puede utilizarse con el correspondiente suplemento salino en la dieta animal a determinar por profesionales competentes en el tema y respecto a su aptitud para riego, es apta en el 100% de las muestras analizadas, donde el 100% de las muestras de agua superficial presenta una baja peligrosidad a la sodificación y salinidad del suelo, mientras que el 100 % de las muestras de agua subterránea presenta una baja peligrosidad de sodificación y una media peligrosidad de salinidad.

CONCLUSIONES

- Se detectó la presencia de un acuífero libre alojado en las discontinuidades del batolito Cerro Áspero y su entorno metamórfico, y en los materiales porosos que conforman los rellenos de valles. El primero se comporta como acuífero pobre y el segundo como bueno a moderadamente bueno.
- El arroyo el Talita es de régimen permanente sostenido por precipitaciones durante la primavera, verano y otoño; y por el aporte de agua subterránea alojada en el medio fracturado, fundamentalmente, y medio poroso, en invierno.
- El funcionamiento químico de la cuenca obedece a una zonación geoquímica normal conformada por aguas jóvenes recientemente ingresadas al sistema donde la juventud del agua superficial queda definida por el bajo contenido salino y el carácter aniónico bicarbonatado de las mismas.
- El *Tiempo de contacto* entre el agua superficial y los materiales, escaso debido a la topografía, es el principal responsable del bajo orden de magnitud de las sales adquiridas y consecuentemente de la inmadurez del agua. En el caso del agua subterránea alojada en el medio poroso, el aumento en los tiempos y superficie específica de contacto con los sedimentos le confieren las características químicas que poseen.
- Se detectó la presencia de flúor en el 100% de las muestras analizadas. El origen de este elemento en el agua puede deberse a la interacción con los materiales que constituyen el medio físico por donde circula el agua, ricos en accesorios que portan al ion en su estructura (biotita, apatita, titanita, anfíboles, fluorita, entre otros) a través de los mecanismos de disolución e intercambio aniónico por oxhidrilos.
- No se detectó presencia de arsénico en el 100 % de las muestras analizadas, vinculándolo a la escasa participación de este elemento en los minerales presentes en el medio físico, con lo cual se propone una desvinculación respecto del flúor en la fuente y comportamiento hidroquímico de este oligoelemento, contrariamente a lo registrado en los acuíferos de la llanura.
- Debido a la relación regional del sistema analizado con el acuífero libre desarrollado desde el sector pedemontano, se establece que el agua proveniente de estas áreas de recarga serrana ingresan al medio subterráneo y superficial extraserrano cargadas con un promedio de 0,45 mg/l de flúor.
- El agua superficial es el recurso más difundido en la zona y es en general apto para consumo humano, deficiente para bebida de ganado ovino y bovino para

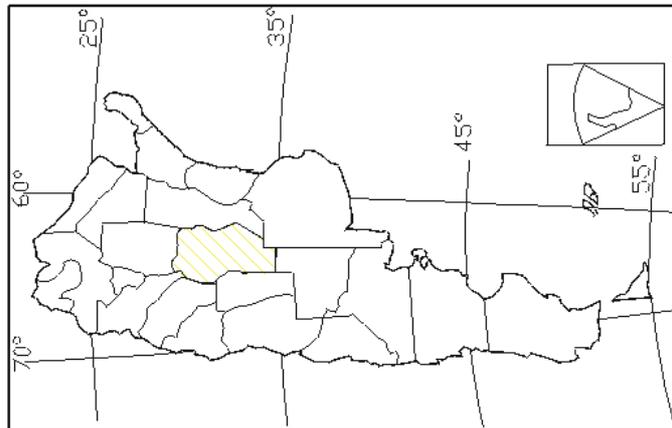
producción de leche y/o carne, pudiéndose solucionar el problema mediante la implementación de complementos salinos correspondientes en la dieta animal; y resulta excelente para riego presentado una baja peligrosidad a la sodificación y salinidad del suelo.

| MUESTRA N° Agua Superficial | pH | Cond. [μS/cm] | S.D.T. [mg/l] | CO3= [mg/l] | CO3H- [mg/l] | SO4= [mg/l] | Cl- [mg/l] | Na+ [mg/l] | K+ [mg/l] | Ca+ [mg/l] | Mg+ [mg/l] | As [mg/l] | F- [mg/l] | NO3- [mg/l] | NO2- [mg/l] |
|--------------------------------|------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 7.26 | 37.1 | 25.97 | 0.00 | 15.00 | 5.51 | 2.86 | 1.82 | 0.29 | 3.20 | 1.46 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 6.79 | 37.9 | 26.53 | 0.00 | 14.00 | 5.11 | 2.86 | 1.72 | 0.21 | 3.20 | 1.46 | 0.00 | 0.63 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 8.08 | 48.1 | 33.67 | 0.00 | 21.00 | 7.87 | 4.29 | 2.22 | 0.31 | 4.80 | 1.46 | 0.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 7.19 | 81.6 | 57.12 | 0.00 | 36.75 | 10.23 | 6.57 | 2.43 | 0.41 | 9.60 | 2.44 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 7.09 | 53.9 | 37.73 | 0.00 | 19.50 | 7.87 | 4.29 | 2.38 | 0.31 | 3.20 | 0.98 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 7.53 | 48.0 | 33.60 | 0.00 | 19.25 | 5.51 | 1.43 | 2.12 | 0.31 | 3.20 | 0.49 | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 6.95 | 48.6 | 34.02 | 0.00 | 20.25 | 3.93 | 3.71 | 2.22 | 0.31 | 3.20 | 1.95 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 6.81 | 46.8 | 32.76 | 0.00 | 18.50 | 4.72 | 4.29 | 2.33 | 0.31 | 4.00 | 1.46 | 0.00 | 0.95 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 7.28 | 31.5 | 22.05 | 0.00 | 10.50 | 1.97 | 2.86 | 1.92 | 0.31 | 1.80 | 0.12 | 0.00 | 0.71 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 6.84 | 52.5 | 36.75 | 0.00 | 21.00 | 9.44 | 3.71 | 2.33 | 0.31 | 4.40 | 0.49 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 7.19 | 50.0 | 35.00 | 0.00 | 19.25 | 7.47 | 3.71 | 2.73 | 0.31 | 3.60 | 0.24 | 0.00 | 0.71 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 7.25 | 63.3 | 44.31 | 0.00 | 26.25 | 6.69 | 2.86 | 3.64 | 0.21 | 3.60 | 0.49 | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 6.95 | 53.2 | 37.24 | 0.00 | 21.00 | 2.36 | 2.86 | 3.03 | 0.41 | 3.20 | 0.24 | 0.00 | 0.44 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 7.08 | 63.9 | 44.73 | 0.00 | 35.00 | 6.29 | 2.86 | 3.54 | 0.51 | 4.80 | 0.49 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 6.93 | 39.2 | 27.44 | 0.00 | 12.50 | 4.33 | 2.86 | 1.82 | 0.41 | 2.40 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 7.52 | 66.5 | 46.55 | 0.00 | 28.00 | 5.90 | 4.29 | 2.73 | 0.82 | 4.80 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 8.16 | 199.0 | 139.3 | 0.00 | 117.25 | 10.62 | 3.71 | 6.07 | 1.44 | 24.80 | 4.88 | 0.00 | 0.65 | 10.00 | 0.00 |
| 20 | 7.05 | 42.5 | 29.75 | 0.00 | 15.00 | 3.93 | 2.29 | 1.87 | 0.62 | 2.80 | 0.24 | 0.00 | 0.42 | 5.00 | 0.00 |
| 21 | 6.57 | 58.9 | 41.23 | 0.00 | 22.50 | 4.72 | 2.29 | 1.82 | 0.51 | 4.00 | 0.49 | 0.00 | 0.31 | 8.00 | 0.00 |
| 22 | 7.43 | 43.7 | 30.59 | 0.00 | 22.50 | 5.11 | 4.29 | 1.82 | 0.51 | 4.00 | 0.98 | 0.00 | 0.40 | 5.00 | 0.00 |
| 23 | 7.17 | 40.2 | 28.14 | 0.00 | 15.00 | 3.93 | 2.86 | 1.82 | 0.41 | 2.40 | 0.49 | 0.00 | 0.50 | 5.00 | 0.00 |
| 24 | 7.10 | 41.1 | 28.77 | 0.00 | 15.00 | 4.72 | 2.86 | 1.82 | 0.41 | 3.20 | 0.49 | 0.00 | 0.50 | 5.00 | 0.00 |
| 25 | 7.49 | 42.6 | 29.82 | 0.00 | 21.00 | 4.33 | 4.29 | 1.72 | 0.73 | 3.20 | 0.98 | 0.00 | 0.48 | 5.00 | 0.00 |
| 26 | 7.10 | 38.7 | 27.09 | 0.00 | 15.00 | 3.93 | 2.86 | 1.72 | 0.41 | 2.80 | 0.73 | 0.00 | 0.58 | 5.00 | 0.00 |
| 27 | 6.98 | 47.2 | 33.04 | 0.00 | 16.50 | 6.69 | 2.29 | 1.87 | 0.41 | 2.80 | 0.73 | 0.00 | 0.60 | 5.00 | 0.00 |
| 28 | 7.73 | 60.4 | 42.28 | 0.00 | 29.75 | 7.08 | 2.86 | 2.43 | 0.51 | 4.80 | 0.98 | 0.00 | 0.44 | 5.00 | 0.00 |
| 31 | 7.68 | 59.8 | 41.86 | 0.00 | 30.75 | 11.80 | 2.86 | 2.53 | 0.51 | 5.60 | 1.46 | 0.00 | 0.42 | 5.00 | 0.00 |
| 32 | 7.75 | 69.1 | 48.37 | 0.00 | 36.75 | 9.05 | 2.86 | 2.63 | 0.51 | 6.40 | 1.46 | 0.00 | 0.42 | 5.00 | 0.00 |
| MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 7.90 | 575 | 402.5 | 0.00 | 353.50 | 13.77 | 5.71 | 14.16 | 1.03 | 83.20 | 14.63 | 0.00 | 0.34 | 10.00 | 0.00 |
| 18 | 7.49 | 539 | 377.3 | 0.00 | 339.50 | 11.80 | 5.14 | 10.11 | 0.72 | 82.40 | 10.73 | 0.00 | 0.32 | 10.00 | 0.00 |
| 29 | 8.38 | 708 | 495.6 | 9.70 | 326.00 | 18.09 | 18.00 | 18.71 | 2.77 | 98.40 | 11.71 | 0.00 | 0.55 | 25.00 | 0.00 |
| 30 | 7.72 | 490 | 343 | 0.00 | 287.00 | 15.73 | 6.57 | 14.16 | 1.64 | 64.00 | 14.63 | 0.00 | 0.63 | 10.00 | 0.00 |

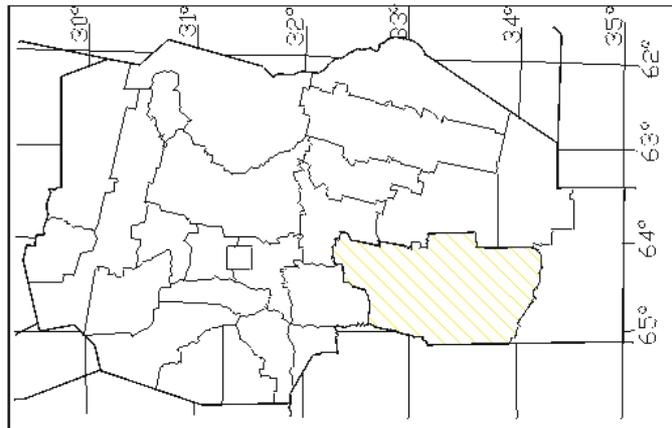
TABLA N°1: PLANILLA RESUMEN DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.

FIGURA N°1: MAPA DE UBICACIÓN

REPÚBLICA ARGENTINA



PROVINCIA DE CÓRDOBA



DEPARTAMENTO RÍO CUARTO

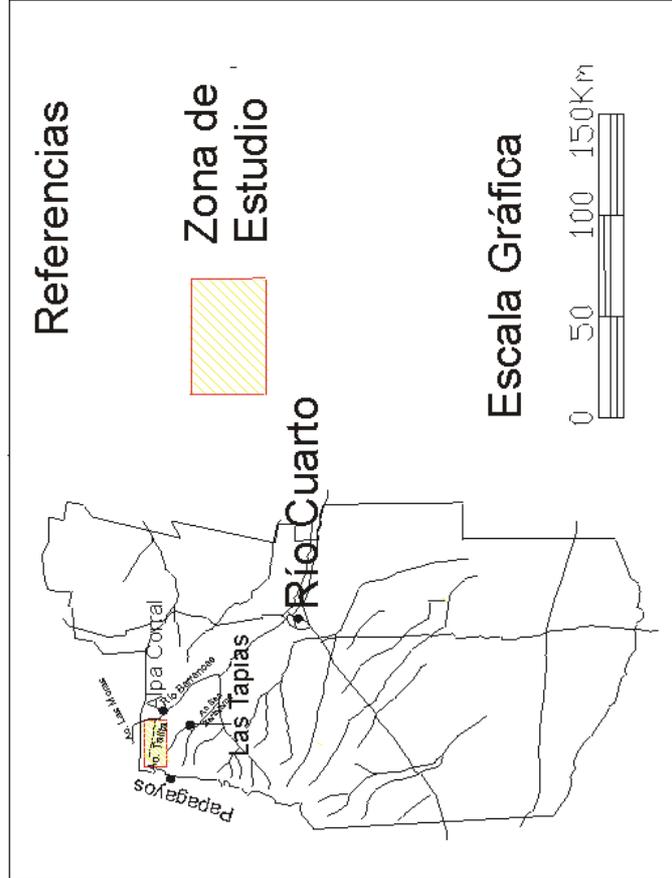
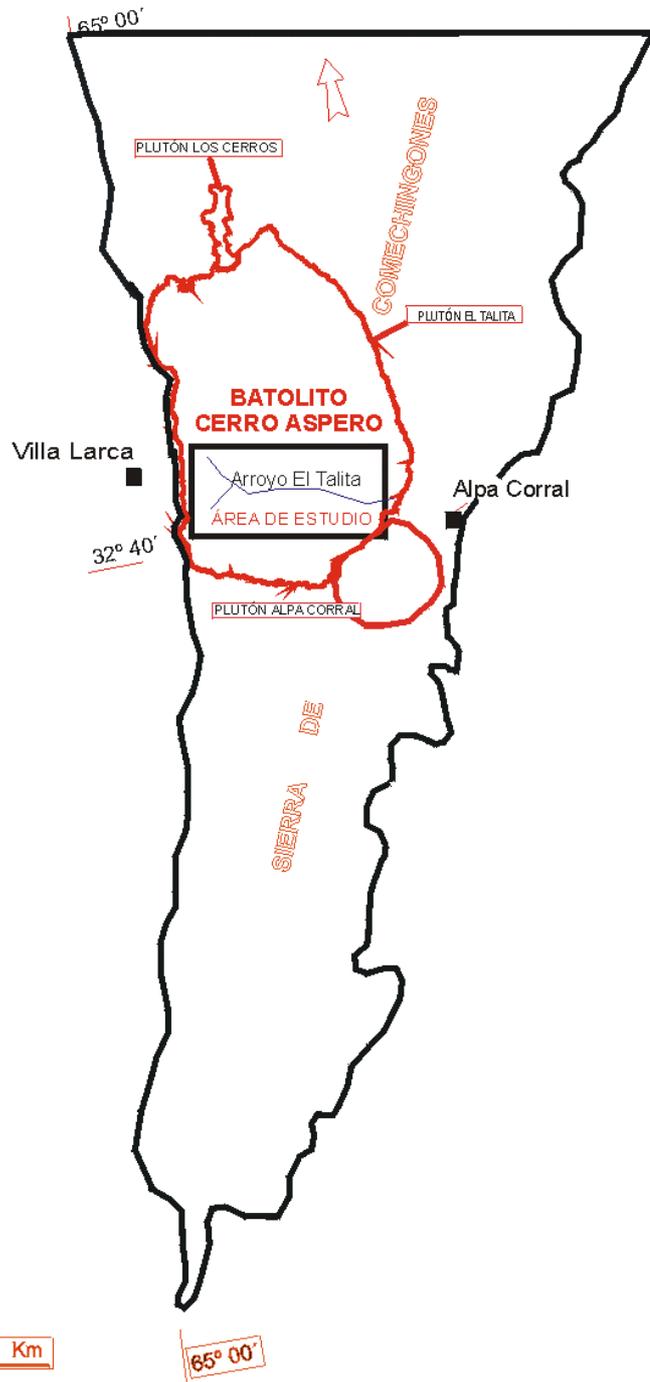
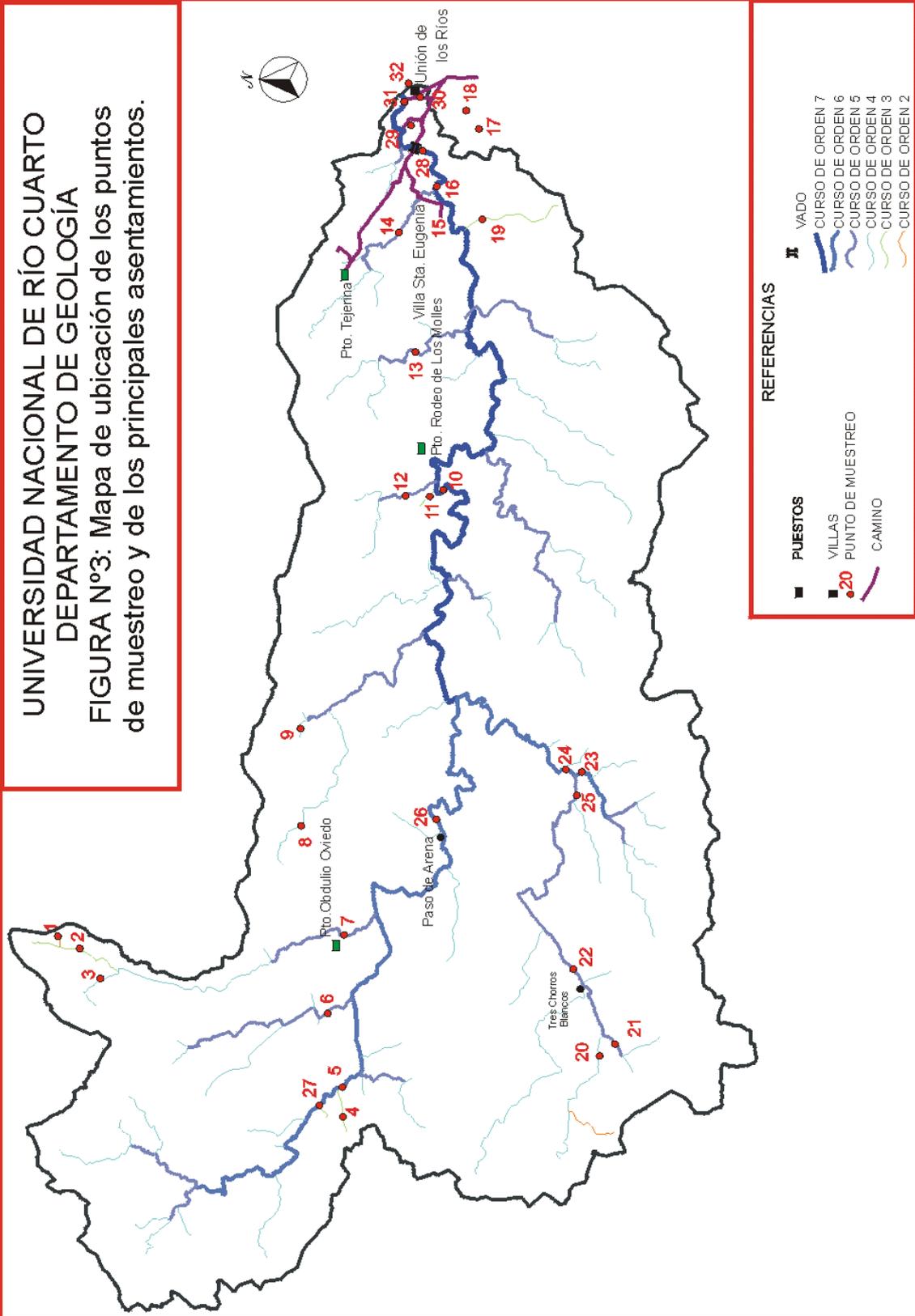


FIGURA N° 2: CONTEXTO REGIONAL DE LA CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, CÓRDOBA. ARGENTINA.



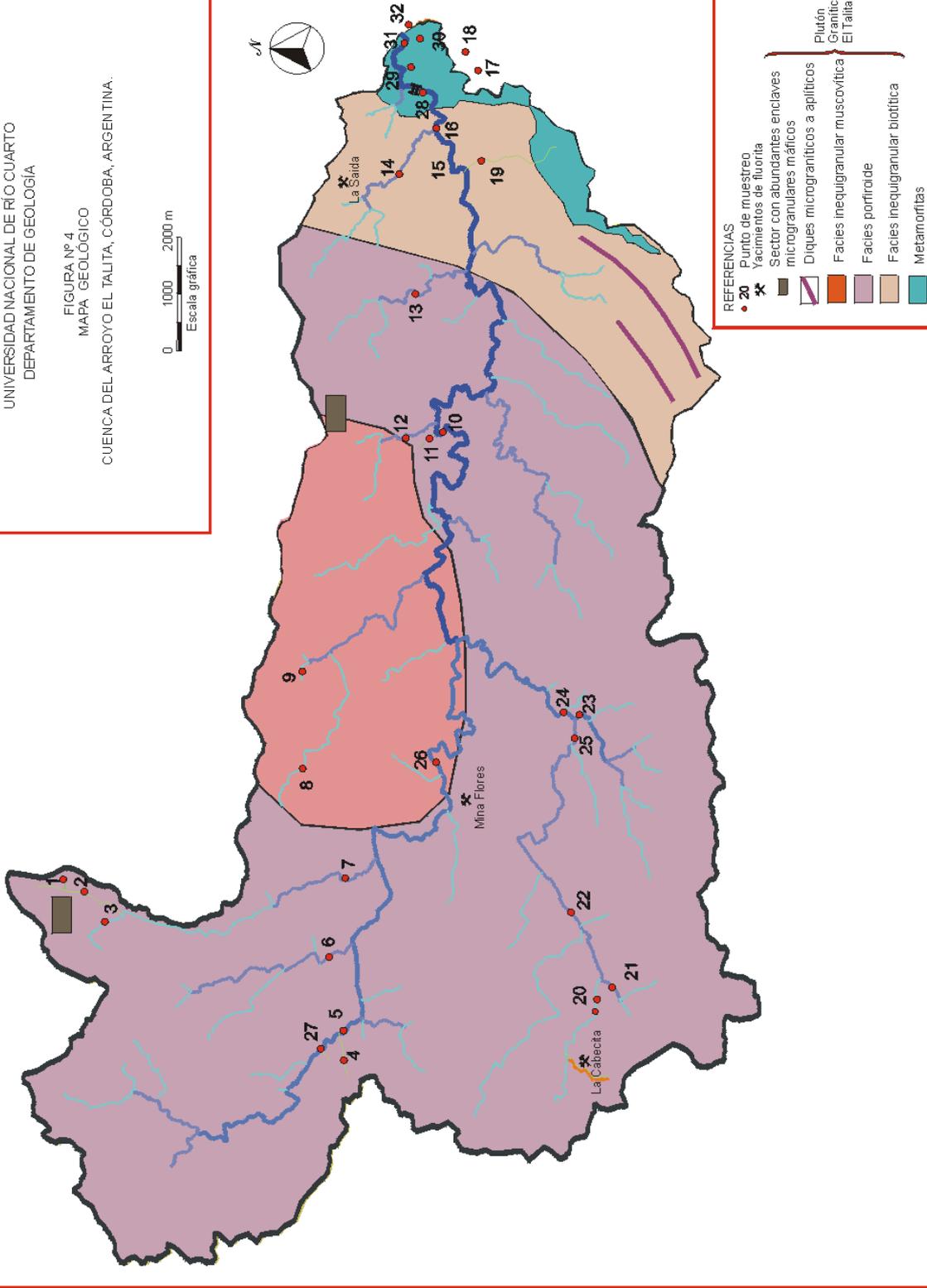
UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
 FIGURA N°3: Mapa de ubicación de los puntos
 de muestreo y de los principales asentamientos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

FIGURA Nº 4
MAPA GEOLÓGICO

CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, CÓRDOBA, ARGENTINA.



REFERENCIAS

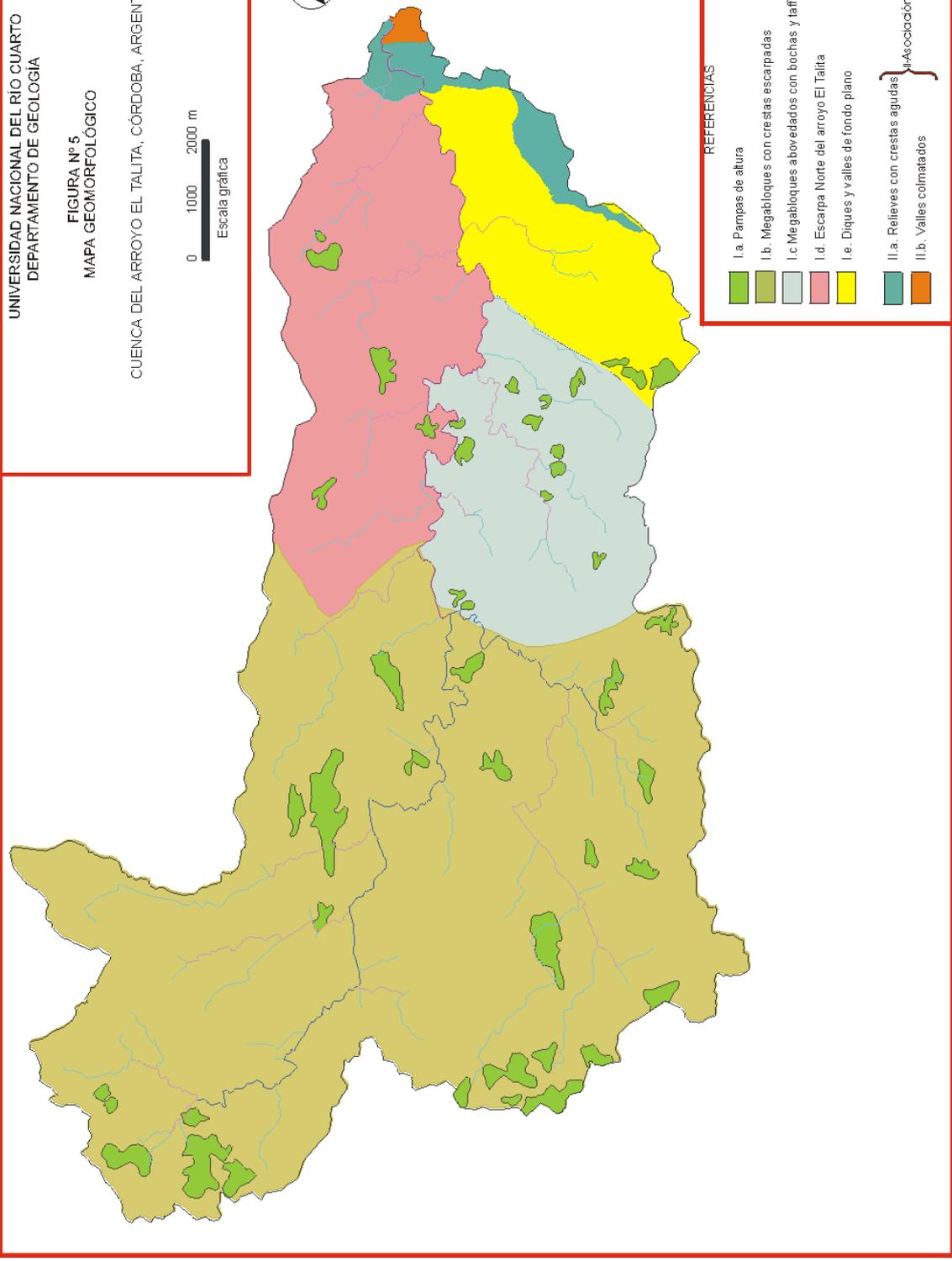
- 20 Punto de muestreo
 - ★ Yacimientos de fluorita
 - Sector con abundantes enclaves microgranulares máficos
 - ▨ Diques micrograníticos a apliticos
 - Facies inequigranular muscovítica
 - Facies porfiroide
 - Facies inequigranular biotítica
 - Metamorfitas
- Plutón
Granítico
El Talita

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL RIO CUARTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

FIGURA Nº 5
MAPA GEOMORFOLÓGICO

CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, CÓRDOBA, ARGENTINA.

0 1000 2000 m
Escala gráfica



REFERENCIAS

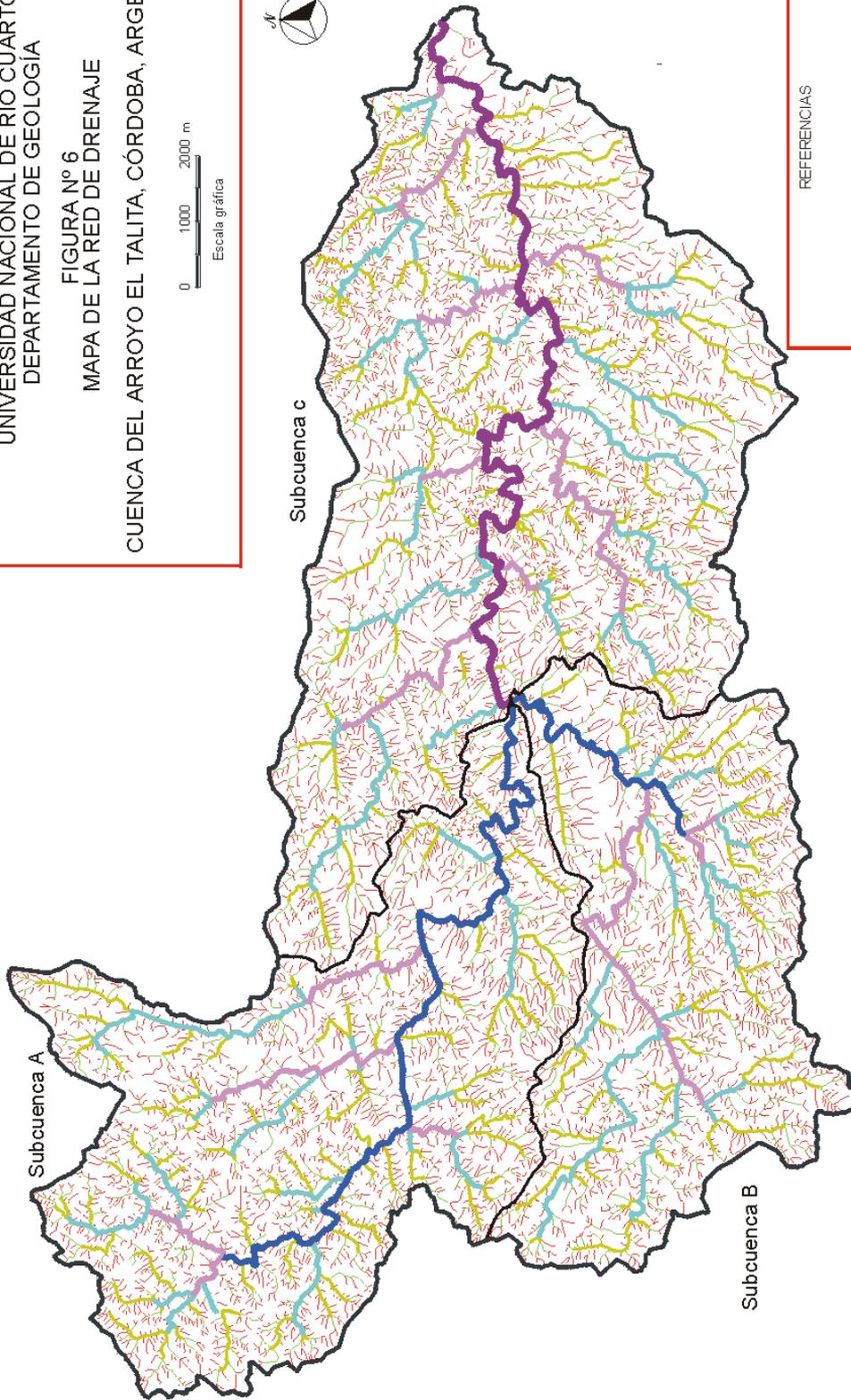
- I.a. Pampas de altura
 - I.b. Megabloques con crestas escarpadas
 - I.c. Megabloques abovedados con bochas y tafonís
 - I.d. Escarpa Norte del arroyo El Talita
 - I.e. Diques y valles de fondo plano
 - II.a. Relieves con crestas agudas
 - II.b. Valles colmatados
- } Asociación Barilo
Cerro Asper
 } Asociación Metamórfica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

FIGURA N° 6
MAPA DE LA RED DE DRENAJE

CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, CÓRDOBA, ARGENTINA.

0 1000 2000 m
Escala gráfica



REFERENCIAS

- | | | | |
|--|------------------|--|---------------------|
| | Curso de orden 1 | | Curso de orden 6 |
| | Curso de orden 2 | | Curso de orden 7 |
| | Curso de orden 3 | | Límite de cuenca |
| | Curso de orden 4 | | Límite de subcuenca |
| | Curso de orden 5 | | |

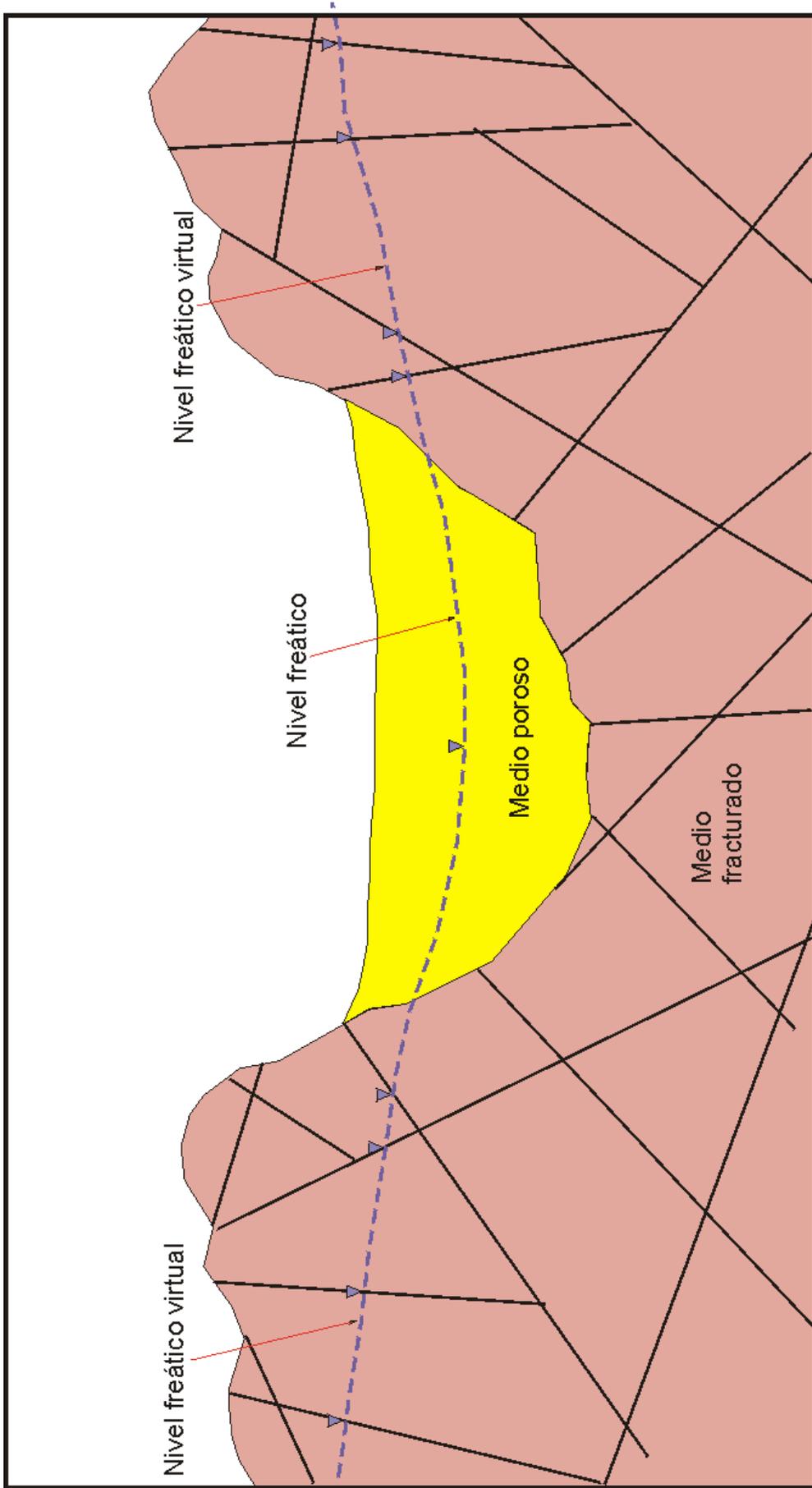


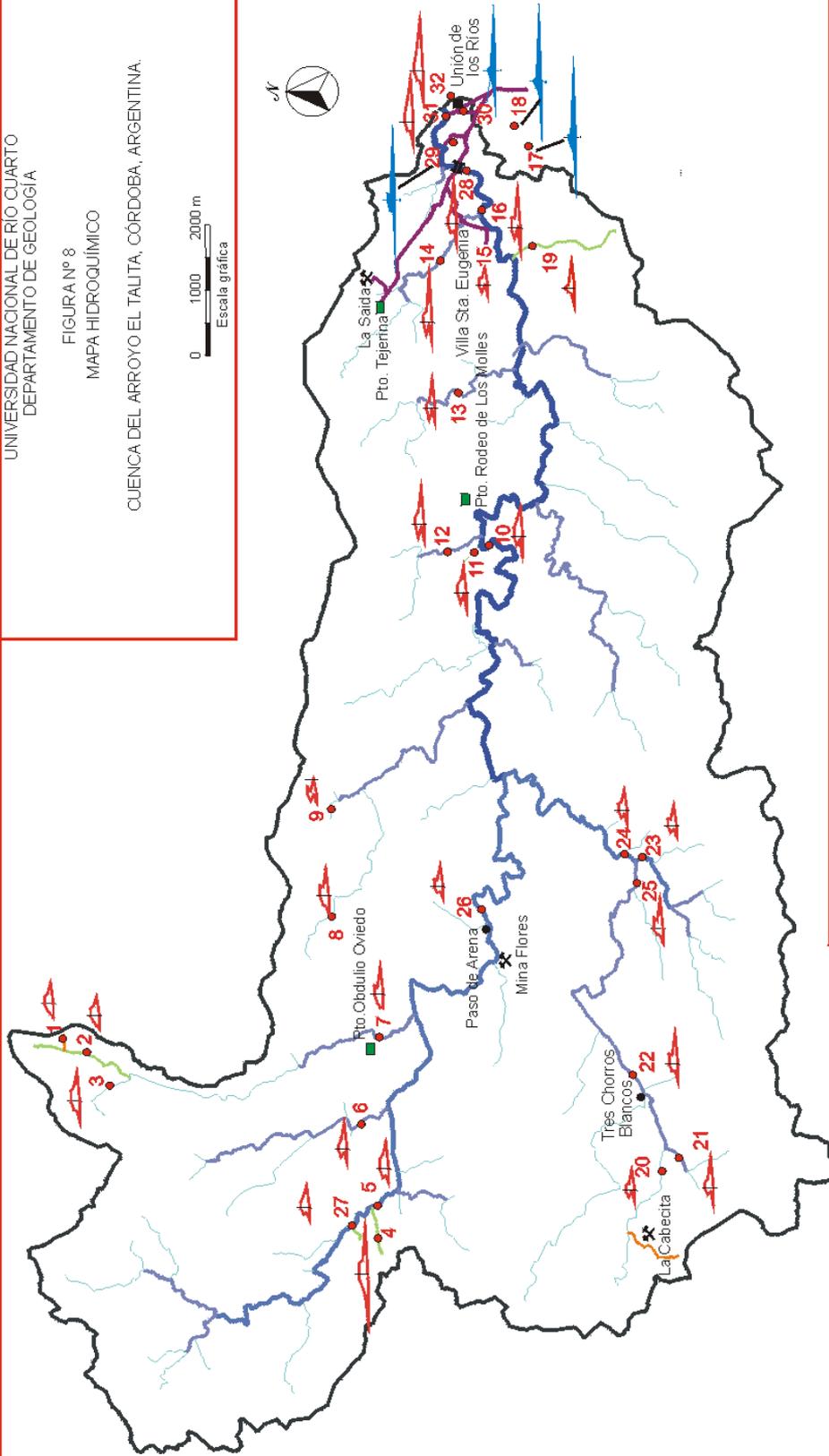
FIGURA N°7: Representación esquemática del acuífero libre instalado en el sector serrano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

FIGURA Nº 8
MAPA HIDROQUÍMICO

CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, CÓRDOBA, ARGENTINA.

0 1000 2000 m
Escala gráfica



REFERENCIAS

- PUESTOS
 - YACIMIENTOS DE FLUORITA
 - VILLAS
 - PUNTO DE MUESTREO
 - CAMINO
- II VADO
- CURSO DE ORDEN 7
 - CURSO DE ORDEN 6
 - CURSO DE ORDEN 5
 - CURSO DE ORDEN 4
 - CURSO DE ORDEN 3
 - CURSO DE ORDEN 2

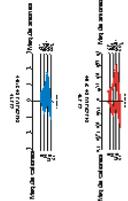
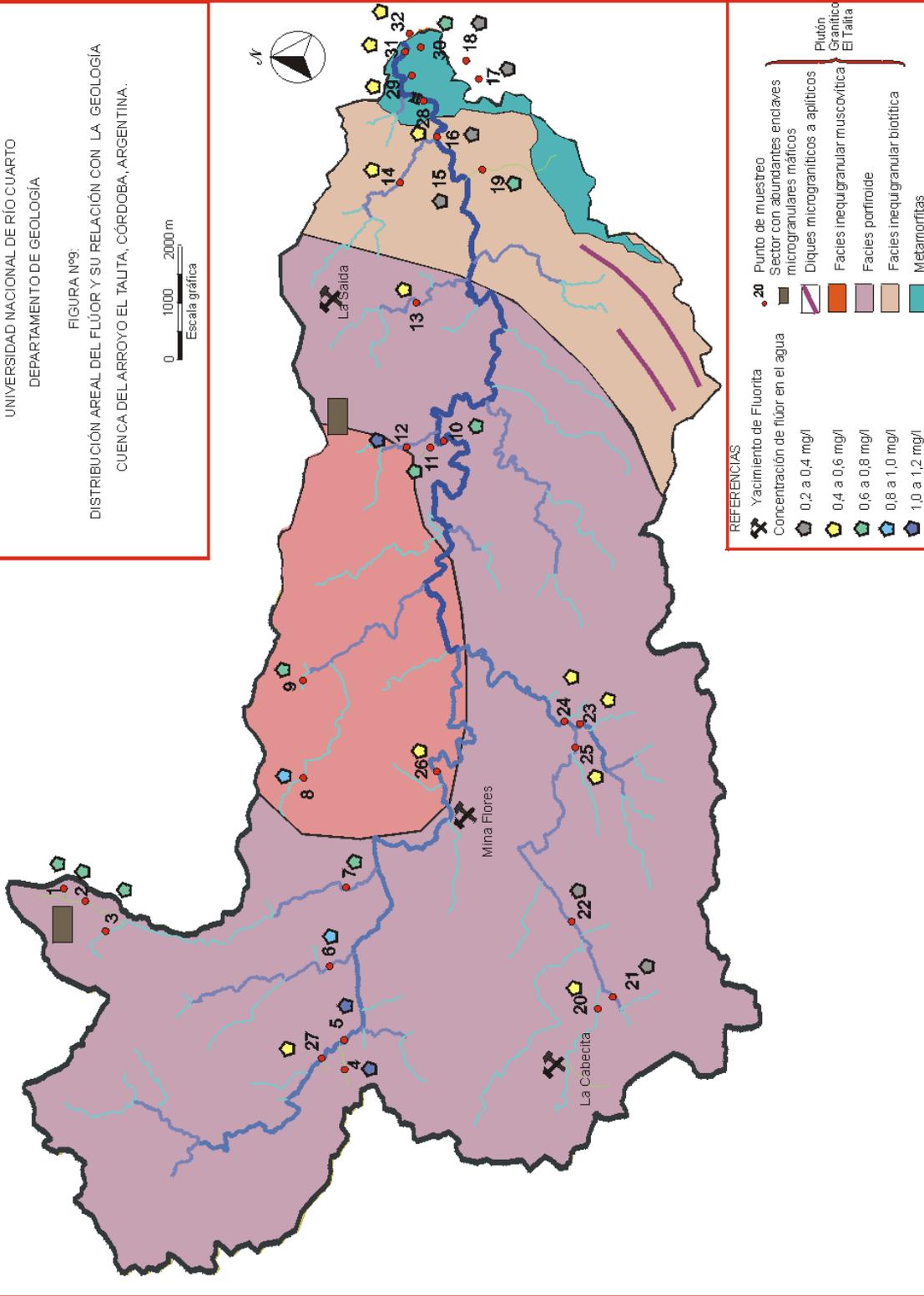


FIGURA Nº9:
DISTRIBUCIÓN AREAL DEL FLÚOR Y SU RELACIÓN CON LA GEOLOGÍA
CUENCA DEL ARROYO EL TALITA, CORDOBA, ARGENTINA.

0 1000 2000 m
Escala gráfica



REFERENCIAS

- ASENSIO, A.** 1976. Técnicas analíticas para las determinaciones físico-químicas y químicas en muestras de suelo y agua. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (I.N.T.A.), Departamento de suelo.
- BOND, G. W.,** 1945. A geochemical survey of the underground water supplies of the Union of South Africa. Geol. Surv. South Africa Mem. 41, 1.
- CANTÚ, M.,** 1992 . El Holoceno de la Provincia de Córdoba. Manual: Holoceno de la República Argentina. Editor Martín Iriondo. Volumen I: 1-16 . Comité Argentino de Investigación del Cuaternario (CADINQUA).
- CANTÚ, M. y S. DEGIOVANNI,** 1984. Geomorfología de la región Centro-Sur de la provincia de Córdoba. IX Cong. Geol. Arg. Actas IV: 66-92.
- GORDILLO, C. y A. LENCINAS,** 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Segundo Simposio de Geol. Regional Argentina. Academia Nac. de Cs. Vol 1:577-650.
- MARSHALL, E.** 1990. The Fluoride debate: one more time. Science, 247, 276-277.
- PINOTTI, L.P.,** 1998. El batolito Cerro Áspero, provincia de Córdoba. Modelo de intrusión y su relación con la evolución de las Sierras Pampeanas. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología. UNRC. Inédito
- PINOTTI, L., J. CONIGLIO Y E. LLAMBÍAS,** 1996. Características Geológico - estructurales del Plutón Alpa Corral, 32° 38` -32°47` S Y 64° 55` - 64° 45` W. Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina. Actas, XIII Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires. Actas III 477-483.
- RAJAGOPAL, R. & G. TOBIN,** 1991. Fluoride in drinking water: a survey of expert opinions. Environmental Geochemistry and Health, 23, 93-101.
- SAYAGO, J.,** 1982. Las unidades geomorfológicas como base para la evaluación integrada del paisaje natural. Acta geológica Lillioana XVI.
- THORNTHWAITE, C. AND J. MATTER.** 1948. The water balance. Public. in Climatology, Drexel-Institute of Technology, 8: 1-104.
- VILLALBA, G.,** 1999. Estudio Geohidrológico con énfasis en la geoquímica del flúor de la cuenca del arroyo el Talita, Dpto. Río Cuarto. Córdoba. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Geología. UNRC. 200 pp. Inédito.
- WHITE, D.E., J.D. HEM y G.A. WARING,** 1963. Chemical composition of subsurface waters. In Fleisher, M. (ed): Data of Geochemistry, 6th ed., chapter F. U.S. Geol. Surv. Profess. Papers 440-F, 1.