



Calidad química de los recursos hídricos subterráneos en las cuencas de la falda oriental y norte de la sierra de Ancasti, Catamarca, Argentina

Chemical quality of water resources underground in the basins of the eastern and north falda of the sierra de Ancasti, Catamarca, Argentina

Segura, Luis ^{1,2} ✉ - Saracho, Marta ^{2,3} - Lobo, Patricia ^{2,4} - Leguizamón, Mario ³

Recibido: 17 de agosto de 2018 • Aceptado: 27 de junio de 2019

Resumen

Conocer y evaluar el estado y dinámica del recurso hídrico, constituye el insumo básico de todo proceso de planeamiento y gestión. El agua subterránea es una importante fuente de abastecimiento para consumo humano pero en algunos casos presenta escasa aptitud debido a elevadas concentraciones de sales disueltas, arsénico y fluoruro. En la provincia de Catamarca no se dispone de suficiente información sobre la calidad del agua subterránea utilizada para consumo de la población en las cuencas de la Falda Oriental y Norte del Ancasti. El objetivo es evaluar la calidad química de los recursos hídricos subterráneos, en las cuencas de la Falda Oriental y Norte de la Sierra de Ancasti: departamentos La Paz y Santa Rosa, Catamarca, Argentina a fin de seleccionar áreas críticas que orienten en la toma de decisiones para mejorar el acceso de la población al agua potable. Se utilizaron técnicas normalizadas para determinar conductividad eléctrica, concentraciones del ion sulfato y componentes minoritarios: arsénico y fluoruro. Se utilizó el software ARGIS generando diferentes capas de información raster. Fue monitoreada la calidad de 42 fuentes de agua subterránea destinada al consumo humano. Mediante la aplicación de un SIG se obtuvieron áreas geográficas estratificadas en categorías de acuerdo a los estándares de calidad para consumo humano según las concentraciones de arsénico, fluoruro, sulfato y valores de conductividad. El agua de mayor mineralización y con concentraciones de arsénico que superan los límites aceptados para consumo humano corresponde a perforaciones ubicadas en el departamento La Paz, siendo el problema de la calidad hidroquímica más atenuado en el departamento Santa Rosa.

Palabras Clave: *Calidad agua subterránea, Falda Oriental y Norte del Ancasti; Catamarca, Argentina.*

1. Facultad de Humanidades. UNCa.

2. Subsecretaría de Planificación de los Recursos Hídricos. MOP.

3. Facultad de Ciencia Exactas y Naturales. UNCa.

4. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. UNCa. Catamarca. Argentina

✉ geosegura_luis@yahoo.com.ar

Abstract

Knowing and evaluating the state and dynamics of water resources, is the basic input of any planning and management process. Groundwater is an important source of supply for

human consumption but in some cases it has poor aptitude due to high concentrations of dissolved salts, arsenic and fluoride. In the province of Catamarca there is not enough information available on the quality of the groundwater used for consumption of the population in the basins of La Falda Oriental and Norte del Ancasti. The objective is to evaluate the chemical quality of underground water resources, in the basins of La Falda Oriental and Norte de la Sierra de Ancasti: La Paz and Santa Rosa departments, Catamarca, Argentina in order to select critical areas that guide decision-making to improve the population's access to drinking water. Standardized techniques were used to determine electrical conductivity, sulfate ion concentrations and minor components: arsenic and fluoride. The ARGIS software was used generating different layers of raster information. The quality of 42 groundwater sources for human consumption was monitored. Through the application of a GIS, geographical areas stratified into categories according to quality standards for human consumption were obtained according to the concentrations of arsenic, fluoride, sulfate and conductivity values. The water of greater mineralization and with concentrations of arsenic that exceed the accepted limits for human consumption corresponds to perforations located in the La Paz department, being the problem of hydrochemical quality more attenuated in the Santa Rosa department.

Keywords: *Groundwater quality, Eastern Skirt and North Ancasti; Catamarca, Argentina.*

INTRODUCCIÓN

Conocer y evaluar el estado y dinámica del recurso hídrico con precisión, constituye el insumo básico de todo proceso de planeamiento y gestión (COHIFE, 2003). El agua subterránea es una importante fuente de abastecimiento para consumo humano pero en la mayoría de los casos presenta escasa aptitud debido fundamentalmente a elevadas concentraciones de sales disueltas, arsénico y fluoruro, lo que constituye un riesgo para la salud de población que la consumen. Desde hace algunos años se viene realizando el control de la calidad de agua subterránea sobre diferentes cuencas hidrográficas de la provincia de Catamarca, Argentina, pero particularmente no se dispone de suficiente información sobre la calidad química del agua subterránea de las cuencas de la Falda Oriental y Norte del Ancasti, en especial de perforaciones utilizadas para consumo de la población. Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación "Determinación de zonas de riesgo por contaminantes naturales en agua de consumo, en localidades de las cuencas hidrográficas del Salar de Pipanaco y Falda Oriental del Ancasti, Catamarca, Argentina." El objetivo es evaluar la calidad química de los recursos hídricos subterráneos, en las cuencas de la Falda Oriental y Norte de la Sierra de Ancasti: departamentos La Paz y Santa Rosa, Catamarca, Argentina, a fin de seleccionar áreas críticas que orienten en la toma de decisiones para mejorar el acceso de la población al agua potable. La región investigada comprende dos sectores: la cuenca del norte de la Sierra de Ancasti que drena la superficie correspondiente al departamento Santa Rosa (alimentando los acuíferos de la zona) y que forma parte de la cuenca hídrica de río Salí-Dulce. La cuenca del este de la Sierra de Ancasti (Falda Oriental del Ancasti) cuyos ríos, en su tránsito superficial hacia las Salinas Grandes –nivel de base local– aportan agua por infiltración a los acuíferos del departamento La Paz. En la Figura 1 se muestra el área de estudio.

La zona en estudio está inserta en la provincia geológica de las Sierras Pampeanas Orientales. Se reconocen tres grupos de terrenos: rocas del Basamento Cristalino con porosidad y permeabilidad secundaria por fracturación. Estas rocas compuestas de esquistos y gneis de origen metamórfico y granitos y granodioritas de origen ígneo se consideran no acuíferas constituyendo el basamento hidrogeológico de la cuenca de agua subterránea. Suprayacendo al basamento cristalino se han identificado rocas sedimentarias del Terciario (Mioceno) con reducida permeabilidad

y con elevado contenido de yeso y otras sales que contribuyen a la mineralización y desmejoramiento natural de la calidad química del agua para diversos usos. El tercer grupo de terreno constituido por rocas y sedimentos del Terciario (Plioceno) litológicamente representado por areniscas, limolitas, intercalaciones de yeso en forma de bochas y concreciones, arcillitas verdes a rosadas, y sedimentos del Cuaternario, porosos y permeables, de origen aluvial y eólico cuya conformación litológica está constituida por arenas de diferentes granulometrías y limos. Este grupo presenta las mejores condiciones hidráulicas para almacenar y conducir agua, constituyendo los principales acuíferos del área de estudio (INA-CRAS, 2014). El análisis de los perfiles integrales de las perforaciones en explotación del agua subterránea, situadas en el área investigada y utilizadas para diferentes usos, particularmente para el abastecimiento de agua potable a las poblaciones locales, muestra horizontes acuíferos interstratificados en sedimentos pertenecientes al tercer grupo de terrenos y que corresponden al Plioceno y Cuaternario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se monitoreó la calidad de cuarenta y dos (42) fuentes de agua subterránea destinadas al consumo humano ubicadas en el área de estudio: diecisiete (17) perforaciones pertenecientes al departamento Santa Rosa y veintitrés (23) perforaciones y dos (2) pozos cavados (Las Peñas y Babiano) del departamento La Paz.

El muestreo fue realizado con una frecuencia cuatrimestral durante el período 2016-2018. Se utilizaron técnicas normalizadas (APHA, AWWA, WEF; 2005) para determinar los valores de conductividad, concentraciones de los iones minoritarios: arsénico y fluoruro y del ion mayoritario, sulfato. La concentración de arsénico total fue determinada por espectrometría de absorción atómica (3113 B), utilizando un equipo Perkin Elmer AA 400 con horno de grafito (HGA 900). Para determinar la concentración del ion fluoruro se aplicó la técnica del SPADNS (4500-F-) utilizando un espectrofotómetro marca HACH DR 6000, el ion sulfato fue analizado por gravimetría con combustión de residuos (4500-SO₄²⁻) y la conductividad (2510 B) con un equipo marca HACH HQ 14d.

Como instrumento de gestión se utilizó el software ARGIS generando diferentes capas de información raster tales como:

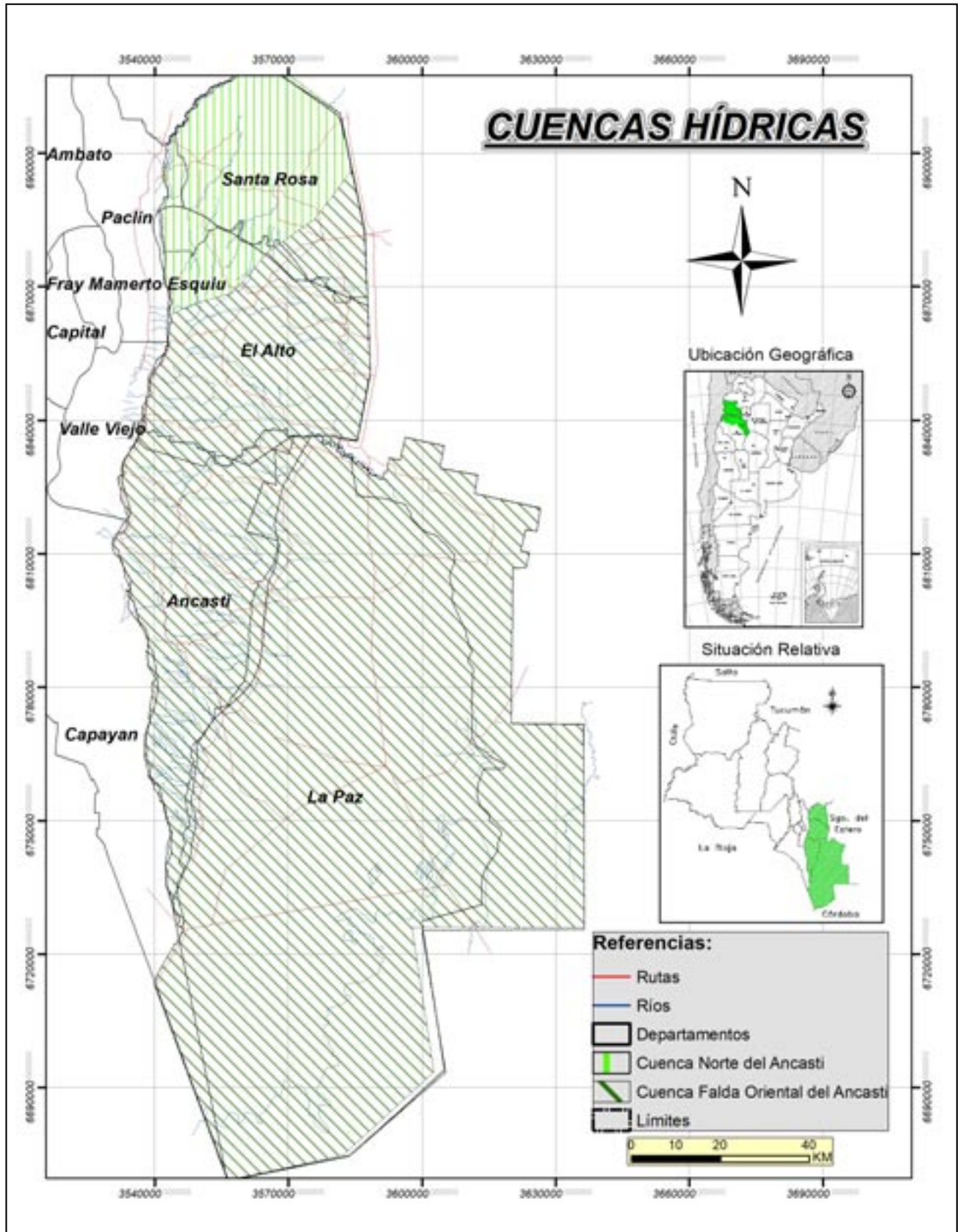


Figura 1. Cuencas hídricas de la Falda Oriental y Norte de la Sierra de Ancasti Departamentos La Paz y Santa Rosa, Catamarca, Argentina.

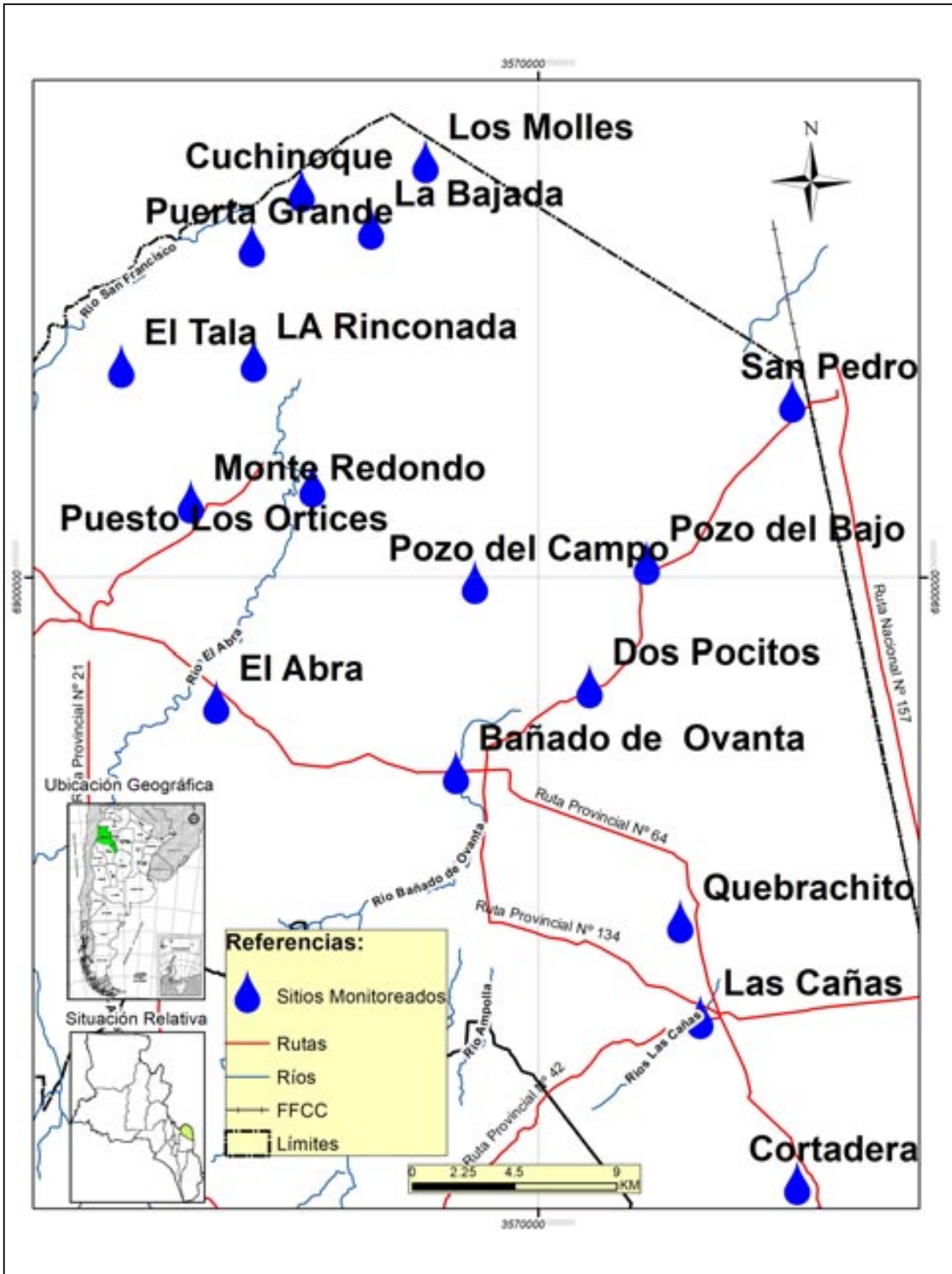


Figura 2. Ubicación de perforaciones monitoreadas departamento Santa Rosa.

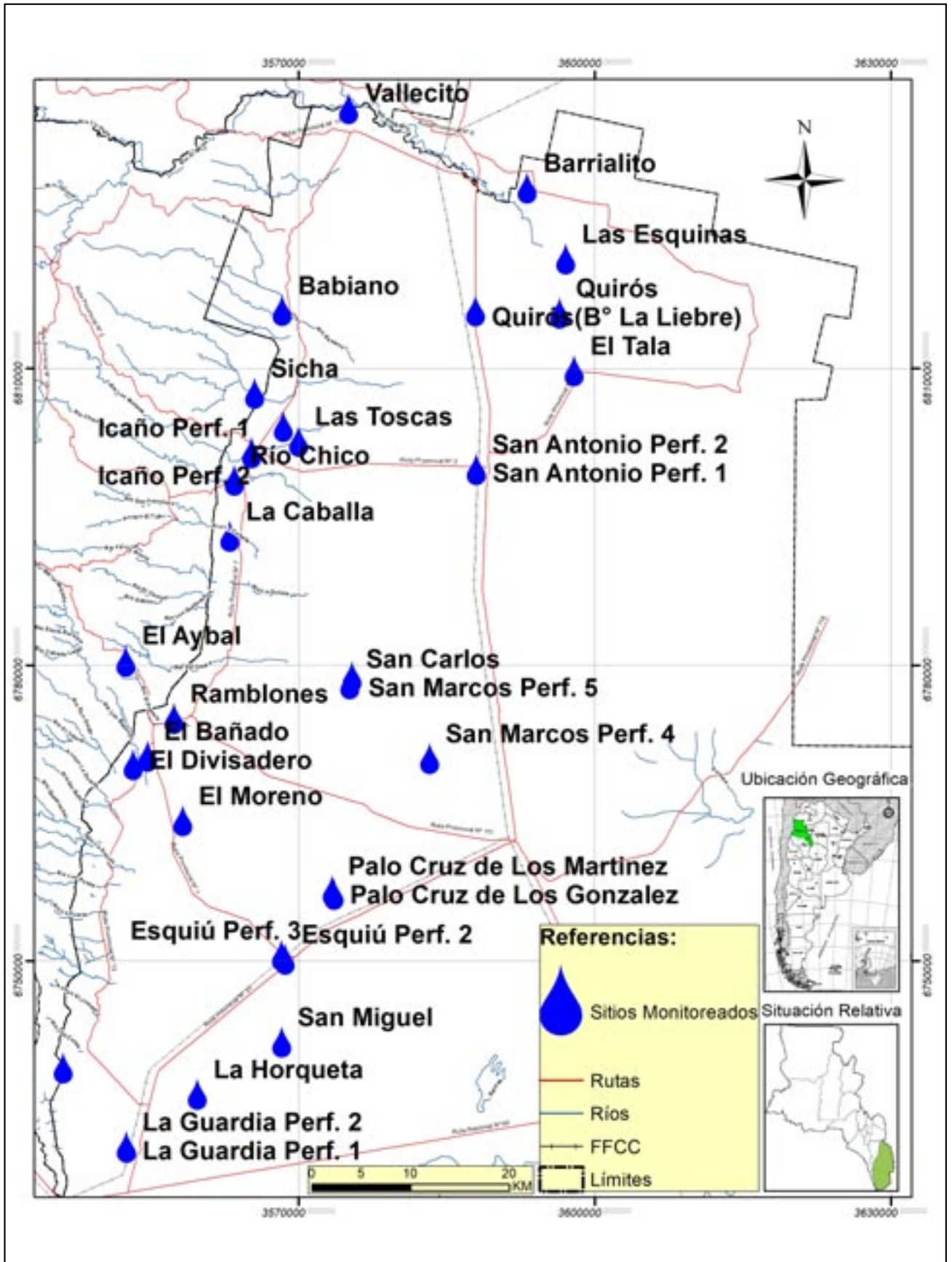


Figura 3. Ubicación de perforaciones monitoreadas en el departamento La Paz.

curvas de nivel topográfico, mapas de isopiezas, georeferenciación de las perforaciones utilizadas para consumo humano, conductividad, concentraciones de los iones fluoruro, arsénico y sulfato. Se consideraron los niveles piezométricos, determinados mediante piezómetros lumínicos y sonoros de 0,5 cm de apreciación, reportados por *INA-CRAS (2014)*, en el Estudio Hidrogeológico de las Cuencas de Santa Rosa y del Aconquija. Convenio INA-Gobierno de la Provincia de Catamarca.

Para evaluar la calidad química de los recursos hídricos subterráneos estudiados, los valores medios de los parámetros investigados fueron evaluados en función de las Guías para Calidad del Agua Potable de la OMS (*Organización Mundial de la Salud, 2006*) y de los Estándares de Calidad de Agua Potable fijados por el CAA (*Código Alimentario Argentino, 2007*).

La ubicación de las perforaciones de explotación de agua subterránea utilizadas para consumo humano en los departamentos Santa Rosa y La Paz, que se muestran en las Figuras 2 y 3, fue georeferenciada utilizando un equipo GPS marca Garmin (núv 42).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran algunos de los mapas generados con el SIG. En las Figuras 4 y 5 se visualizan las concentraciones medias del ion fluoruro en las captaciones de agua subterránea utilizadas para consumo humano en los departamentos Santa Rosa y La Paz, respectivamente.

Como se observa en la Figura 4, la concentración media de fluoruro en las muestras analizadas, correspondiente a cuatro perforaciones ubicadas en el sector centro-sur del departamento Santa Rosa, excede el límite superior de 1,2 mg/l fijados por el CAA para una temperatura media anual de 19°C, mientras que el valor medio de este ión en 8 captaciones ubicadas en el área noreste es inferior al mínimo establecido por esta normativa para agua de consumo humano (0,7 mg/l) a la temperatura referenciada.

La Figura 5, correspondiente al departamento La Paz, muestra que en 6 de las 25 perforaciones estudiadas, ubicadas en las zonas oeste y centro norte (El Tala) el valor medio del fluoruro excede el límite superior fijados por el CAA, mientras que en 7 captaciones es inferior a la concentración mínima exigido por la normativa nacional.

En las Figuras 6 y 7 se observa la distribución espacial del ión arsénico en el agua de las perforaciones estudiadas, visualizando zonas estratificadas en cuatro rangos.

Con respecto al valor medio del ion arsénico, de las 42 perforaciones monitoreadas en el área de estudio, el 26,2 % se encuentran en el primer rango (<10 µg/l); el 40,4% corresponden al segundo rango (10-30) µg/l, y el 16,7% pertenecen al rango de 30-50 µg/l y mayor de 50 µg/l. Analizando esta problemática solo en el departamento La Paz y como se visualiza en la Figura 7 obtenida con el SIG, en el 80% de las perforaciones estudiadas, la concentración del ion As, supera los 10 µg/l, valor fijado por el CAA (2007) y cuya aplicación efectiva se encuentra prorrogada desde el año 2012.

En el departamento Santa Rosa, las concentraciones de arsénico en el 64,7% de las fuentes de agua subterráneas monitoreadas, ubicadas principalmente en los sectores norte, centro-oeste y sudeste, superan el valor de 10 µg/l, límite fijado por el CAA para agua potable en coincidencia con el Valor Guía de la OMS. Sólo en la perforación La Rinconada, el valor medio detectado es mayor a 50 µg/l. Las perforaciones donde la

concentración de arsénico se ajusta a las normativas de referencia están ubicadas en la zona de influencia de los ríos El Abra y Bañado de Ovanta, de bajos tenores de arsénico (<5 µg/l) y conductividad (445 µS/cm), cursos superficiales que nacen en las estribaciones más elevadas del sector noreste de la sierra El Alto-Ancasti y que discurren por la cuenca de Santa Rosa con rumbo sudoeste-noreste.

Los mapas obtenidos con el SIG de conductividad y concentraciones del ion sulfato obtenidas en el departamento Santa Rosa, se muestran en las Figuras 8 y 9.

Los niveles piezométricos en el departamento Santa Rosa varía entre 7m en la zona sudeste/norte y los 71 m en la zona centro de la cuenca (*INA-CRAS, 2014*). La conductividad eléctrica varía entre 563 µS/cm y 2320 µS/cm correspondiendo las de menor mineralización a las perforaciones ubicadas en el sector norte y centro.

El valor medio de la concentración del ión sulfato en el agua de las perforaciones ubicadas en El Abra, Monte Redondo y Quebrachito supera el límite tolerable para agua potable fijado por el CAA (400 mg/l). El promedio de la conductividad del agua en estas perforaciones coincide con el área de mayor mineralización (Figura 8). Si se tiene en cuenta lo recomendado por la OMS respecto al ion sulfato (200 mg/l), además de las perforaciones señaladas superan el valor guía, las concentraciones de SO_4^{2-} detectadas en las captaciones subterráneas ubicadas en Pozo del Bajo, Pozo del Campo y San Pedro. El agua con concentraciones de sulfato elevadas corresponde a perforaciones ubicadas en zonas próximas a sedimentos terciarios aflorantes y subaflorantes portadoras de yeso.

En las perforaciones de mineralización media, los valores promedios de STD en el agua analizada varían entre 282 mg/l (Cuchinoque) y 336 mg/l (Dos Pocitos). En el agua subterránea con mayor mineralización se detectó que los valores medios de STD fluctúan entre 554 mg/l (Bañado de Ovanta) y 1159 mg/l (El Abra). La diferencia detectada se puede atribuir a la presencia, en la zona con agua subterránea de mayor salinidad, de sedimentos terciarios subaflorantes de la formación Guasayán que en su constitución litológica presenta horizontes con yeso. La lixiviación de este mineral por el flujo subterráneo de rumbo SO-NE incrementa la mineralización de los horizontes productivos próximos y explotados para agua potable. El agua de mejor calidad corresponde a perforaciones que captan acuíferos ubicados en sedimentos cuaternarios.

En las figuras 10 y 11 se muestran los mapas elaborados con el SIG para las variables conductividad y sulfato del agua en el departamento La Paz.

Los valores medios de conductividad permiten clasificar el agua con salinidad media a excepción de las perforaciones ubicadas en el sector Sur-Oeste del área de estudio de conductividad alta: La Horqueta, La Guardia, Las Peñas, San Miguel, Esquíú (Perf. N°2), Palo Cruz de los Martínez y El Tala (zona NE). La menor conductividad del agua subterránea explotada para consumo humano, en las perforaciones del sector N y NE, tales como El Barrialito, El Vallecito, Las Esquinas (ubicadas sobre el área de influencia del río Albigasta); Babiano (ubicada sobre las márgenes del río de nombre homónimo); El Divisadero y El Bañado (situada en la cuenca del río Los Bazanes), se puede atribuir a la influencia del recurso hídrico superficial. De igual manera la calidad del agua de Ramblones y El Aybal desde el punto de vista de la salinidad estaría influenciada por el aporte de pequeños arroyos que drenan la ladera oriental de la sierra de Ancasti.

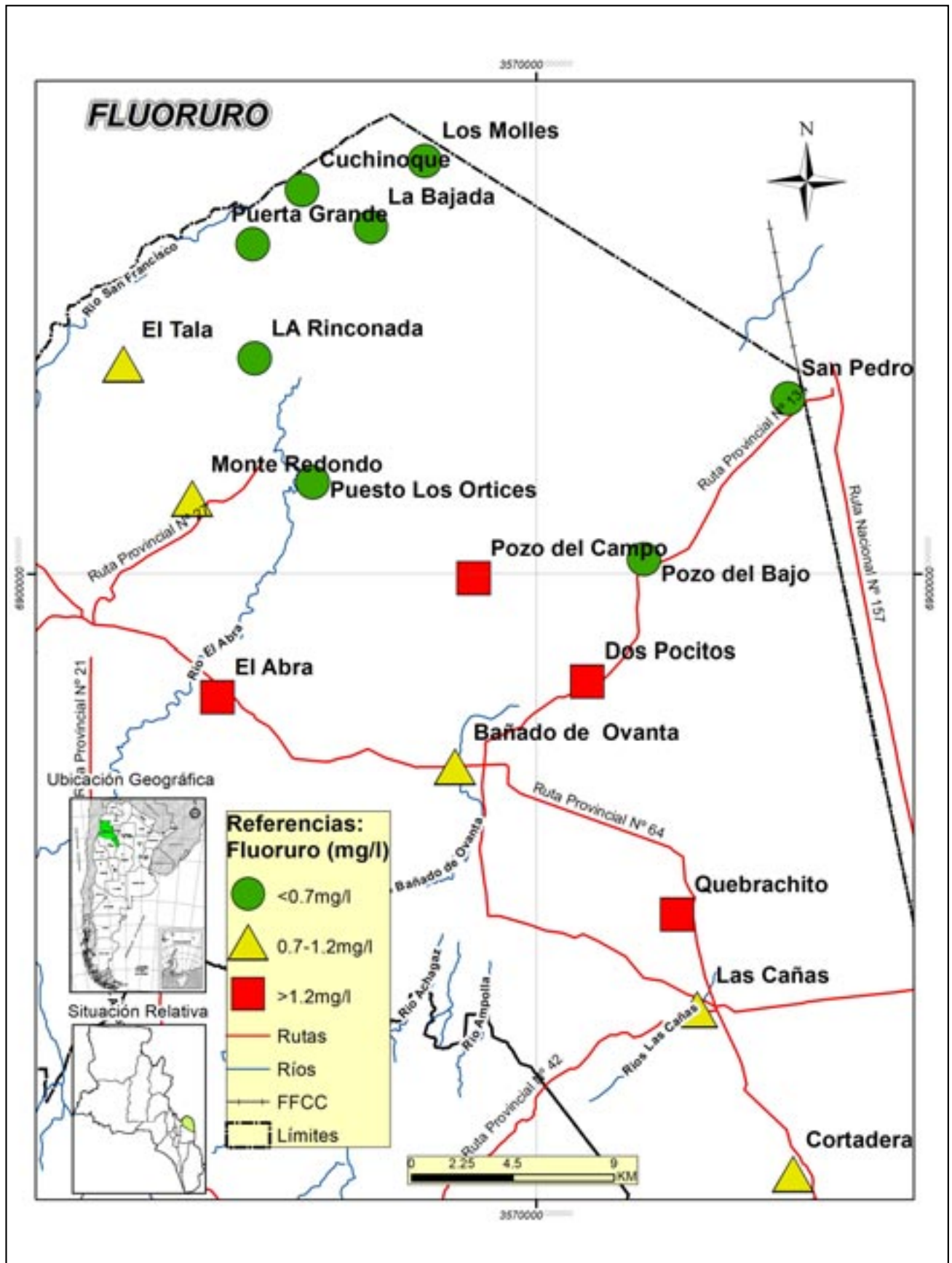


Figura 4. Concentración media de ion fluoruro en perforaciones monitoreadas del departamento Santa Rosa. Catamarca.

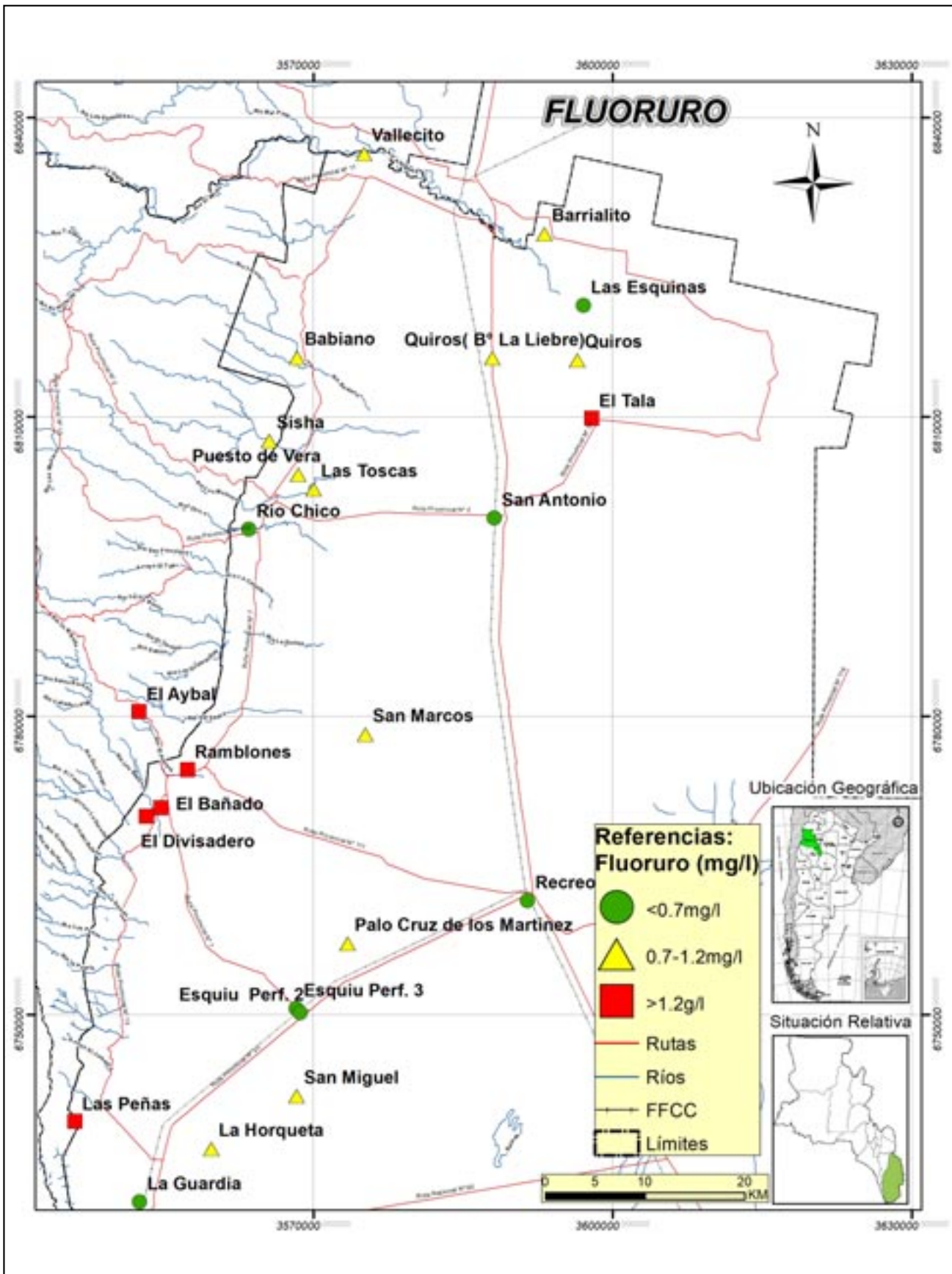


Figura 5. Concentración media de ion fluoruro en perforaciones monitoreadas del departamento La Paz, Catamarca.

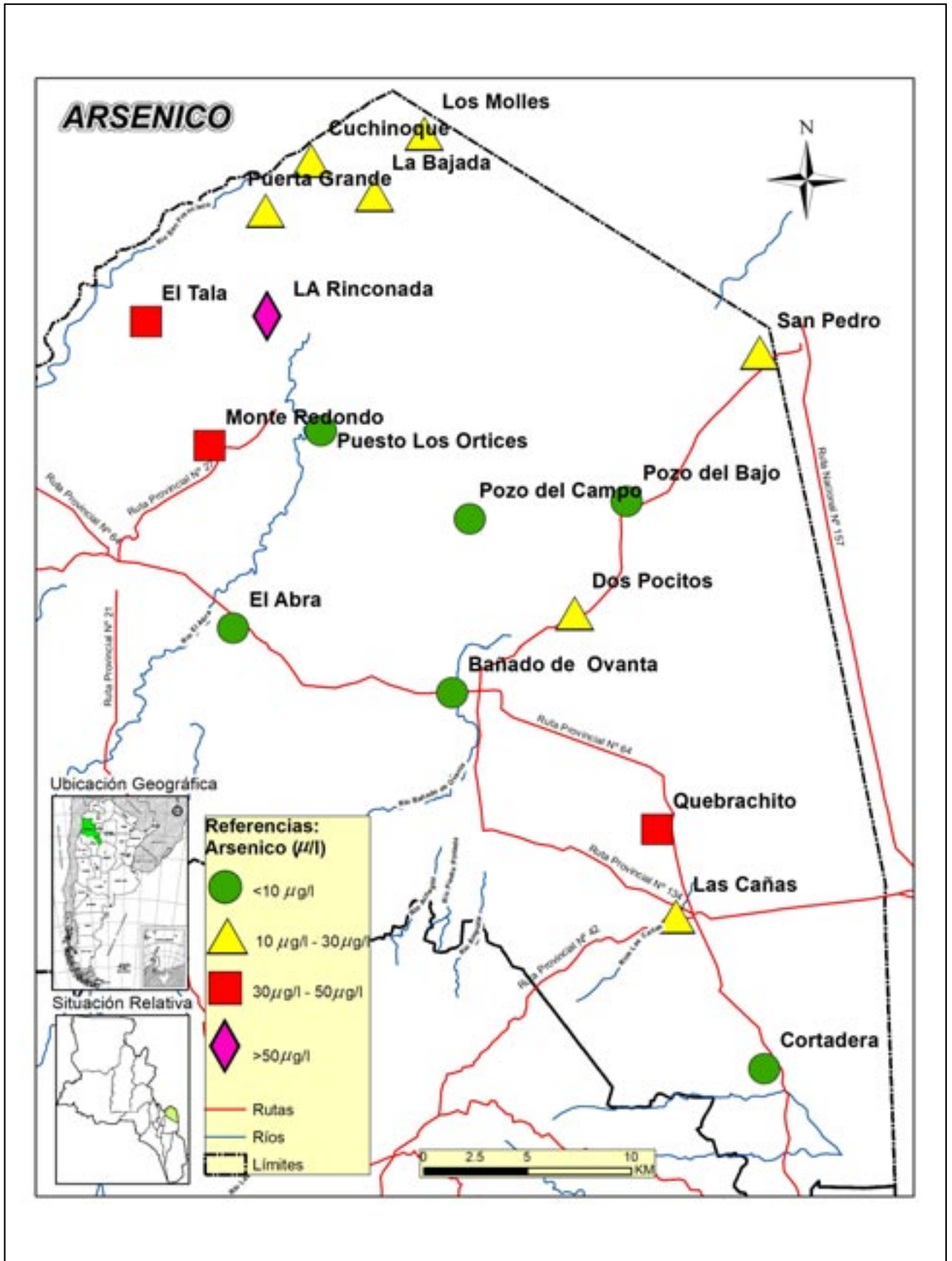


Figura 6. Concentración medias del ión Arsénico en las perforaciones monitoreadas del departamento Santa Rosa.

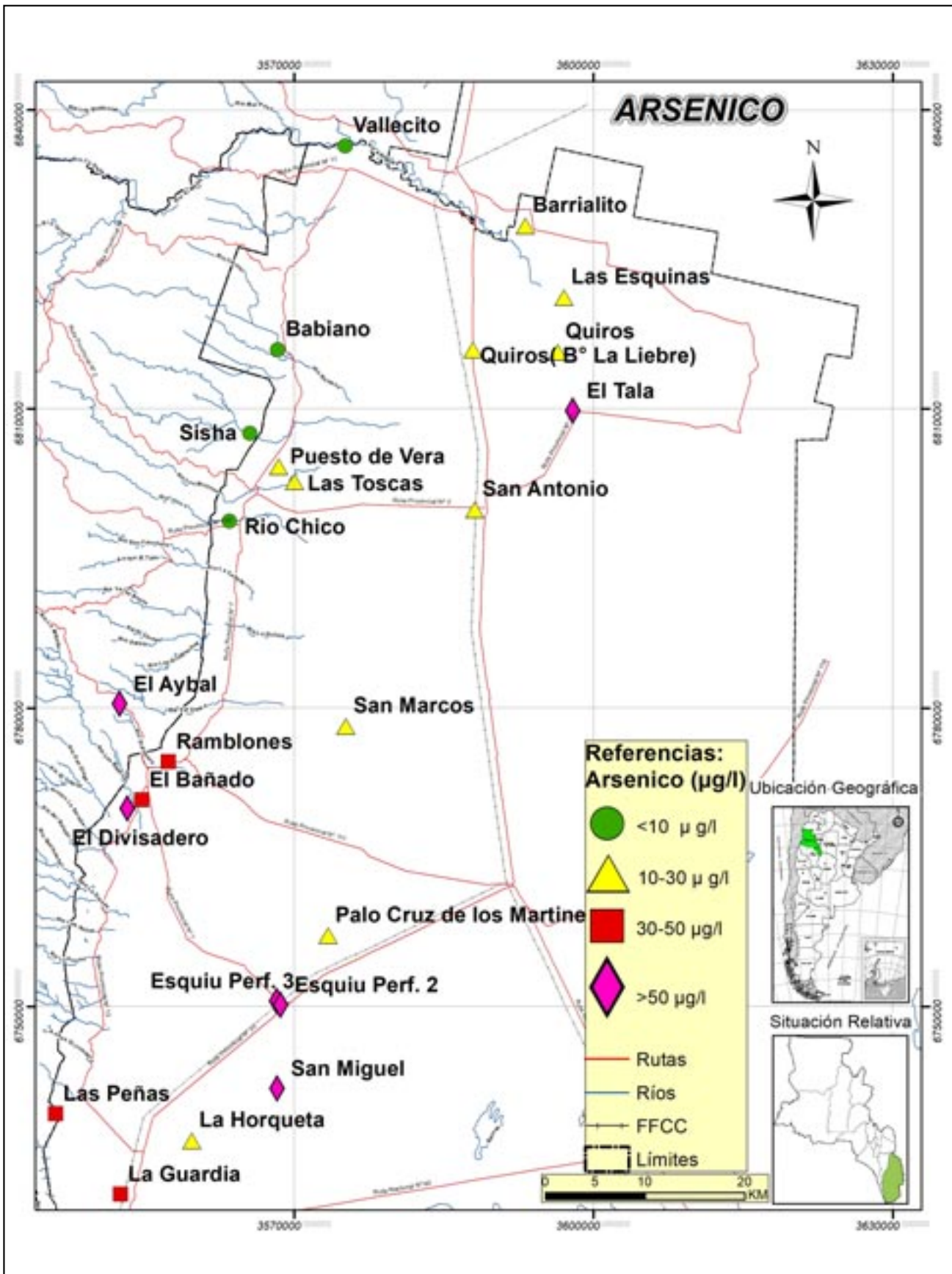


Figura 7. Concentración media del ión Arsénico en las perforaciones monitoreadas del departamento La Paz.

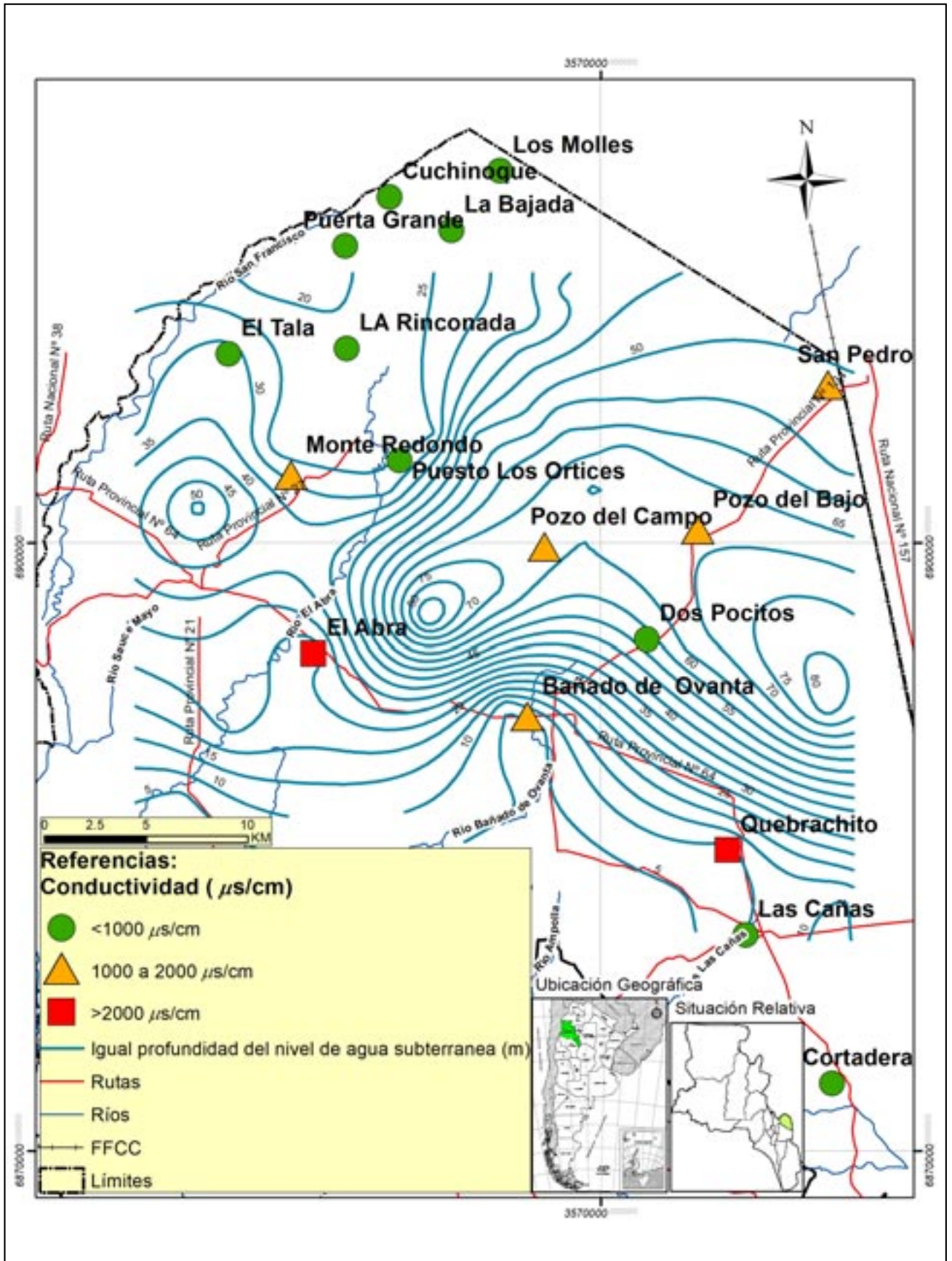


Figura 8. Rangos de conductividad. Departamento Santa Rosa. Catamarca.

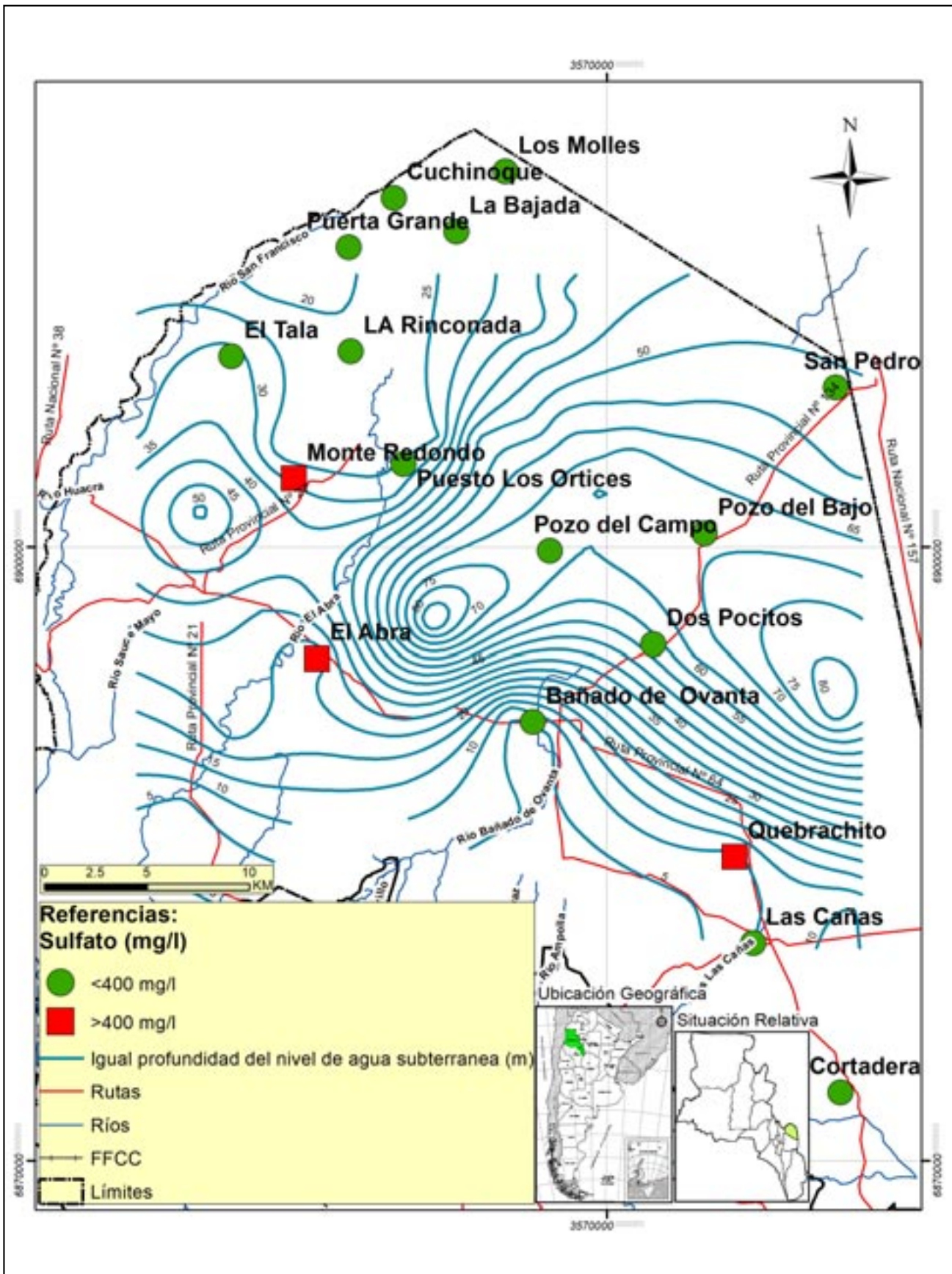


Figura 9. Rangos del ion sulfato. Departamento Santa Rosa. Catamarca.

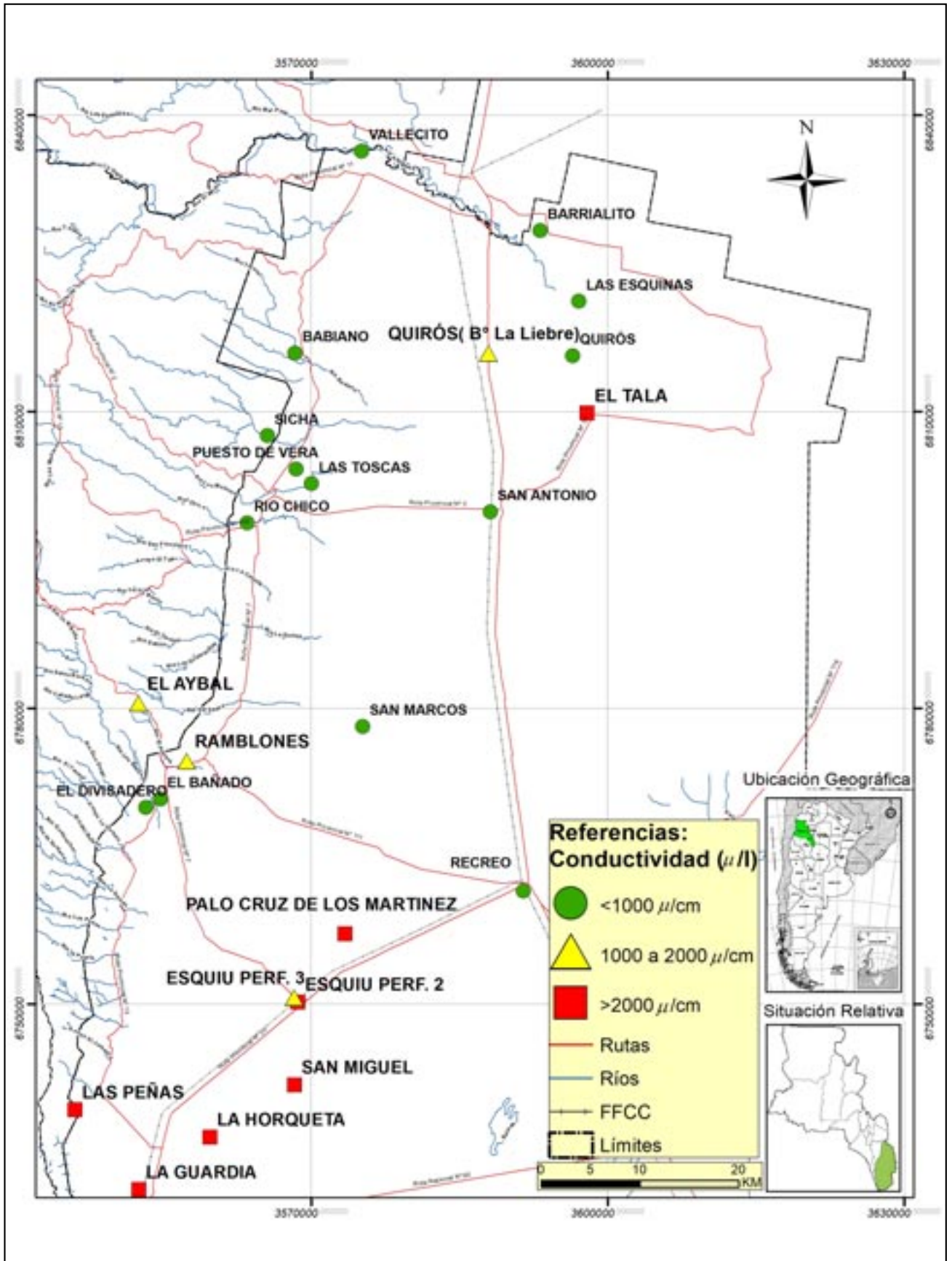


Figura 10. Rangos de conductividad. Departamento La Paz.

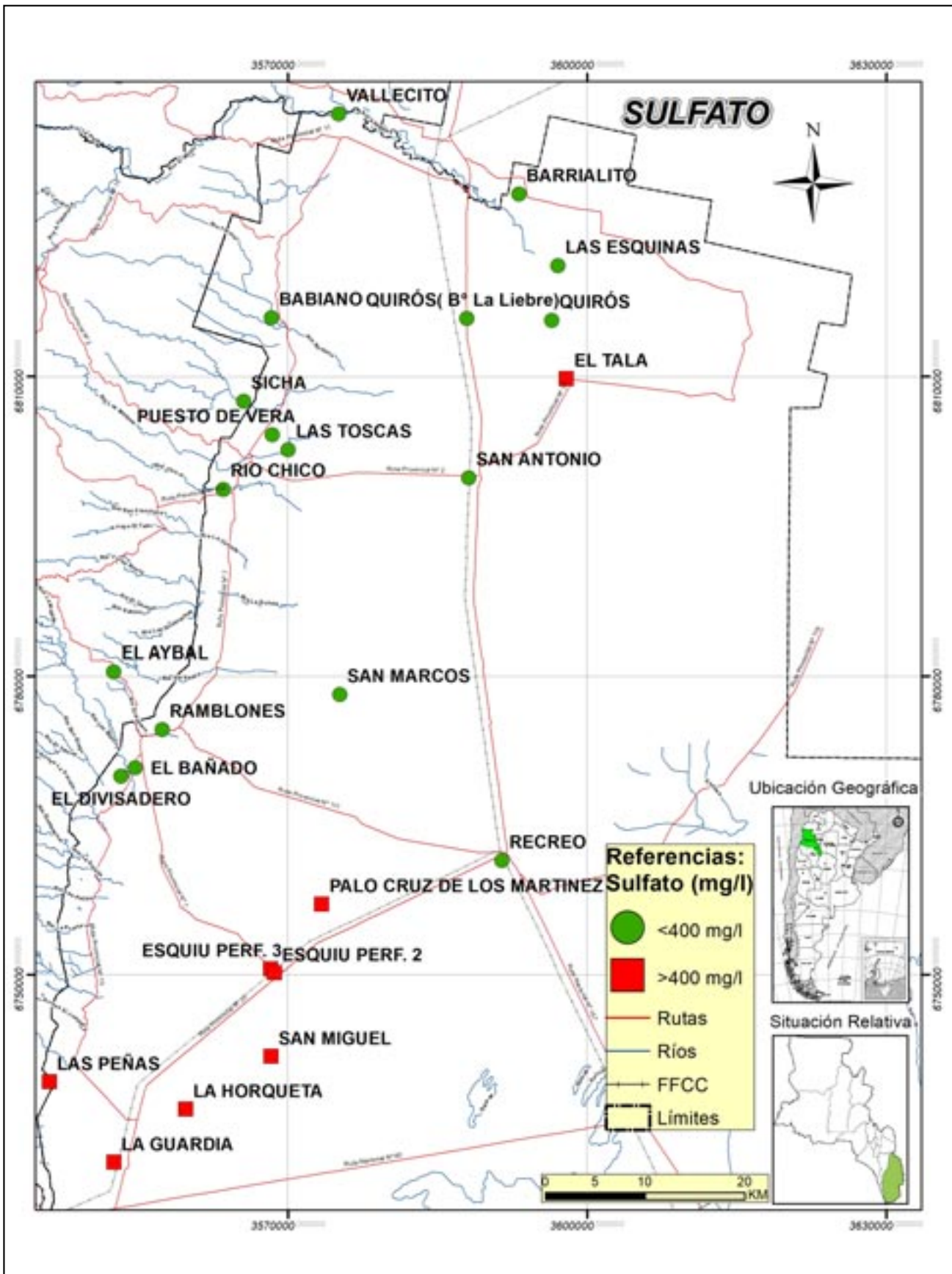


Figura 11. Rangos de sulfato. Departamento La Paz.

Los acuíferos del grupo de perforaciones ubicadas en las localidades de Esquiú, La Guardia y La Horqueta, más distantes de la sierra de Ancasti y de los cursos superficiales influentes, presentan salinidad más elevada en correspondencia con ambientes continentales de alta evaporación.

El valor medio del ion sulfato en el agua de las perforaciones ubicadas en la zona SO, de elevada mineralización, tales como La Guardia (588 mg/l); Esquiú (Perf. N° 2: 496 mg/l; Perf. N°3: 432 mg/l), La Horqueta (1367 mg/l), Palo Cruz de los Martínez (1593 mg/l), San Miguel (1593 mg/l) y El Tala (466 mg/l) perforación ubicada en la zona N, superan el límite tolerable fijado para este ion por el CAA que es 400 mg/l y el valor guía recomendado por la OMS, 250 mg/l y están asociados a los rangos de conductividad más elevados del área de estudio. La predominancia del ión sulfato en la composición iónica de esta agua es atribuible a la disolución de yeso presente en la litología de los horizontes productivos

REFERENCIAS FINALES

Mediante la aplicación del S.I.G. se obtuvieron áreas geográficas estratificadas en categorías de acuerdo a los estándares de calidad para consumo humano según las concentraciones de arsénico, fluoruro, sulfato y valores de conductividad.

El agua de mayor mineralización y con concentraciones de arsénico que superan los límites aceptados para consumo humano, corresponde a las perforaciones ubicadas en el departamento La Paz. La calidad química del agua en este departamento se ajusta a las exigencias del CAA en el área norte y noroeste, desviándose de esta normativa en el sector suroeste y en una perforación ubicada al noreste, área crítica de la zona de estudio, lo que condiciona su uso para consumo humano sin tratamientos adicionales. El elevado contenido de yeso y otras sales en los horizontes explotados contribuyen a la mineralización y desmejoramiento de la calidad química del agua para abastecimiento de la población.

En el departamento Santa Rosa, el agua de mayor contenido salino se encuentra en las perforaciones ubicadas en los sectores sur y centro, coincidente con concentraciones del ión sulfato superior al límite tolerable fijado por el CAA. Las concentraciones

de arsénico exceden el valor guía de la OMS en el sector noroeste y particularmente en una perforación ubicada en el sector centro oeste. En el sector centro sur se ubican las perforaciones donde la concentración media del ion fluoruro excede el límite superior fijados por la normativa nacional de acuerdo a la temperatura media anual de la zona.

La dirección del flujo subterráneo en el departamento Santa Rosa es SO-NE, localizándose la zona de mayor desarrollo de acuíferos explotables en el centro geográfico de la cuenca, mientras que en el departamento La Paz, la zona de mayor profundidad del agua subterránea se localiza en la franja centro-oeste del departamento con una dirección del flujo subterráneo NO-SE.

El análisis realizado es necesario a fin de estudiar desde un punto de vista holístico la gestión del agua subterránea en zonas con concentraciones de elementos químicos en niveles nocivos para la salud humana. Esto permite la actualización permanente de la información y el respaldo técnico a los gestores hídricos en la toma de decisiones adecuadas respecto a la selección de áreas críticas para la aplicación de tecnologías de remediación. La implementación de un SIG constituye una valiosa herramienta para la planificación y la gestión del recurso hídrico de las cuencas hidrográficas estudiada.

Se considera que una tecnología factible de implementar para mitigar el problema de calidad química del agua, utilizada para consumo humano y detectado en las áreas críticas de los departamentos La Paz y Santa Rosa, sería la instalación de equipos de osmosis inversa, alimentados con energía solar fotovoltaica, donde sea posible en función de la demanda de la población. En este caso se recomienda un seguimiento continuo de la calidad del agua entregada a la población y de los efluentes producidos. Otra solución técnica y factible para la provisión de agua para consumo a las poblaciones del departamento La Paz, las más afectadas por las características naturales del agua subterránea en el área de estudio, sería la conducción de agua superficial, proveniente del dique El Bolsón, con una capacidad de almacenamiento de 35 Hm³ (98% de avance de obra) mediante acueductos hasta las poblaciones que no cuenta con buena calidad de agua para consumo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. 2007.
Capítulo XII. Resolución N°68/2007 y N°196/2007.
Modificación 2012 (Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012). Ministerio de Salud. Bs. As. Argentina.
- COHIFE. 2003.
Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina.
Acuerdo Federal del Agua. Buenos Aires. Pp 19.
- INA-CRAS (2014).
Estudio Hidrogeológico de las Cuencas de Santa Rosa y del Aconquija.
Convenio INA-Gobierno de la Provincia de Catamarca. Acuerdo Específico N° 01/12. Informe Técnico IT 329. San Juan
- OMS. 2006.
Guías para la Calidad de Agua Potable.
Primer Apéndice de la Tercera Edición. Volumen I. Recomendaciones. Ginebra. Suiza.