RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes

Universidad
Nacional
de Quilmes

Jovic, Nicolás

Evaluación del recurso hídrico subterráneo y vulnerabilidad social en los alrededores de un Feed Lot ubicado en la cuenca alta del Río Samborombón

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:
Jovic, N. (2019). Evaluación del recurso hídrico subterráneo y vulnerabilidad social en los alrededores de un Feed Lot ubicado en la cuenca alta del Río Samborombón. (Tesis de maestría). Bernal, Argentina : Universidad Nacional de Quilmes. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1910

Puede encontrar éste y otros documentos en: https://ridaa.unq.edu.ar

Universidad
Nacional
de Quilmes
Roque Sáenz Peña 352 // Bernal
Buenos Aires // Argentina
t.: (+41 11) 4365 7100
f.: (+54 11) 4365 7101
info@unq.edu.ar

Nicolás Jovic, Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto,
Octubre de 2019, 75 pp.,
http://ridaa.unq.edu.ar,
Universidad Nacional de Quilmes, Secretaría de Posgrado,
Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable

Evaluación del recurso hídrico subterráneo y vulnerabilidad social en los alrededores de un Feed Lot ubicado en la cuenca alta del Río Samborombón

TESIS DE MAESTRÍA

Nicolás Jovic

njovic@uvq.edu.ar

Resumen

El objetivo del trabajo fue analizar el impacto que sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo, particularmente en relación al contenido de nitratos, tiene la actividad de un establecimiento de ganadería intensiva (Feed Lot), ubicado en un sector de cabeceras de la cuenca del Río Samborombón. Para esto se llevó a cabo un relevamiento de campo que consistió en la medición de parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, temperatura y pH) y el muestreo de agua en 25 pozos de abastecimiento de los pobladores rurales que viven en las adyacencias del Feed Lot y que captan agua del acuífero freático (Pampeano) y del semiconfinado (Puelche). La determinación in situ de la conductividad eléctrica y pH del agua subterránea indicó que en el acuífero freático el agua es principalmente de baja salinidad (menor 1,50 mS/cm) registrándose sectores puntuales en los que alcanza 2,05 mS/cm, mientras que en el acuífero semiconfinado la conductividad eléctrica es menor, con valores poco variables, cercanos a 0,60 mS/cm. En ambos acuíferos el pH es neutro a levemente alcalino. Las concentraciones de NO_3^- determinadas en laboratorio varían entre 5,70 mg/L y 223,00 mg/L en el acuífero freático, mientras que en el semiconfinado, varían entre 0,60 mg/L y 28,40 mg/L, evidenciando una clara afectación de la calidad del acuífero freático. El análisis espacial de las concentraciones de NO_3^- permitió verificar que en el área de estudio existen focos locales de contaminación por NO_3^-, que generan excedencias al límite de potabilidad del Código Alimentario Argentino, y que afectan al acuífero freático, principal fuente de agua de consumo de la población de la zona. Estos focos se relacionan por un lado a la actividad del Feed Lot (donde se concentran las excretas de los animales), y por otro a la presencia de pozos ciegos y comederos o pequeños corrales de animales (vacas y cerdos principalmente) en las inmediaciones de los pozos y molinos muestreados.

Complementariamente, y para conocer la vulnerabilidad social de los pobladores, se hizo un análisis de información estadística a nivel de radio censal y un relevamiento de información socio-ambiental, mediante entrevistas no estructuradas a los habitantes de los sitios en los cuales se tomaron las muestras de agua. A partir de la cuantificación de la amenaza determinada, concentración del iónNO_3^-, y de la descripción de las condiciones de vulnerabilidad de la población, así como su incertidumbre sobre la existencia de una amenaza, se determinó la presencia de un riesgo hídrico poblacional para el área de estudio.

Directora: Dra. Carol Eleonora

Co-Director: Dr. Celemín Juan Pablo

Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto, Universidad Nacional de Quilmes

Somos humanos solamente en contacto y en convivencia con lo que no es humano.

Abram David. The Spell of the Sensous (1996)

AGRADECIMIENTOS

A Eleonora, Juan Pablo, Guido y Esteban por ayudarme a realizar este trabajo.

A Jess, por su apoyo incondicional.

A mi Madre y a mi Padre por darme la oportunidad de estudiar en la Universidad.

Y a la educación pública y gratuita de la Argentina.

Índice de Contenido

Resumen 5

I Introducción y problema de investigación 6

II Objetivos 8

II.1 Objetivo general 8

II.2 Objetivos específicos 8

III Marco conceptual 9

IV Marco Metodológico 16

V Marco referencial 20

V.1 Ubicación del área de estudio 20

V.2 Aspectos socio-demográficos 21

V.2.1 Población 21

V.2.2 Necesidades Básicas Insatisfechas 22

V.2.3 Tenencia de agua 22

V.2.4 Procedencia del agua 23

V.2.5 Disposición de excretas en los hogares 24

V.3 Aspectos físicos 25

V.3.1 Clima 26

V.3.2 Hidrografía 28

V.3.3 Geomorfología 28

V.3.4 Suelos 29

V.3.5 Geología y comportamiento hidrogeológico 30

VI Resultados 32

VI.1 Del relevamiento hidrogeológico y las amenazas 32

VI.2 Del relevamiento socio-ambiental y la vulnerabilidad social 40

VII Conclusiones 44

VIII Consideraciones finales 46

IX Bibliografía 48

X Anexos 55

X.1 Sitios Relevados 55

X.2 Mapas 65

1. Ubicación de muestras de agua en el área de estudio. 66
2. Ubicación de muestras de agua del acuífero Pampeano 67
3. Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Pampeano 68
4. Mapa de conductividad eléctrica en el acuífero Pampeano 69
5. Ubicación de muestras de agua del acuífero Puelche 70
6. Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Puelche 71
7. Mapa de conductividad en el acuífero Puelche 72

Índice de Tablas

Tabla 1 - Ubicación de sitios relevados 18

Tabla 2 - Datos poblacionales 21

Tabla 3 - Necesidades básicas insatisfechas 22

Tabla 4 - Tenencia de agua 23

Tabla 5 - Procedencia del agua 24

Tabla 6 - Disposición de excretas en los hogares 25

Tabla 7 - Resultados analíticos de muestras de agua 34

Tabla 8 - Índice de Vulnerabilidad social por radio censal 43

Índice de Figuras

Figura 1 - Ubicación general del área de estudio 6

Figura 2 - Diagrama causa - efecto de la contaminación del recurso hídrico subterráneo 16

Figura 3 - Ubicación de detalle del área de estudio 20

Figura 4 - Vista del acceso principal al Feed Lot. 21

Figura 5 - Cuenca del Río Samborombón 26

Figura 6 - Precipitación anual (1961-2016) para la Est. Met. La Plata Aero 27

Figura 7 - Balances hídricos (1977- 2016) para la Est. Met. La Plata Aero 27

Figura 8 - Unidades geomorfológicas (Cavallotto, 1995). 29

Figura 9 - Suelos 30

Figura 10 - Mapa isofreático de la cuenca del Río Samborombón 32

Figura 11 – Ubicación de muestras de agua en el área de estudio. 33

Figura 12 - Ubicación de muestras de agua del acuífero Pampeano 35
Figura 13 - Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Pampeano ... 36
Figura 14 - Mapa de conductividad eléctrica en el acuífero Pampeano 37
Figura 15 - Ubicación de muestras de agua del acuífero Puelche 38
Figura 16 - Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Puelche 38
Figura 17 - Mapa de conductividad en el acuífero Puelche 39
Figura 18 - Ubicación de sitios relevados 40
Figura 19 - Sitios S2, S3 y S15 41
Figura 20 - Sitios S5, S6, S8 y S18 42
Figura 21 - Sitios S1 y S14 42

Resumen

El objetivo del trabajo fue analizar el impacto que sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo, particularmente en relación al contenido de nitratos, tiene la actividad de un establecimiento de ganadería intensiva (Feed Lot), ubicado en un sector de cabeceras de la cuenca del Río Samborombón. Para esto se llevó a cabo un relevamiento de campo que consistió en la medición de parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, temperatura y pH) y el muestreo de agua en 25 pozos de abastecimiento de los pobladores rurales que viven en las adyacencias del Feed Lot y que captan agua del acuífero freático (Pampeano) y del semiconfinado (Puelche). La determinación in situ de la conductividad eléctrica y pH del agua subterránea indicó que en el acuífero freático el agua es principalmente de baja salinidad (menor 1,50 mS/cm) registrándose sectores puntuales en los que alcanza 2,05 mS/cm, mientras que en el acuífero semiconfinado la conductividad eléctrica es menor, con valores poco variables, cercanos a 0,60 mS/cm. En ambos acuíferos el pH es neutro a levemente alcalino. Las concentraciones de NO_3^- determinadas en laboratorio varían entre 5,70 mg/L y 223,00 mg/L en el acuífero freático, mientras que en el semiconfinado, varían entre 0,60 mg/L y 28,40 mg/L, evidenciando una clara afectación de la calidad del acuífero freático. El análisis espacial de las concentraciones de NO_3^- permitió verificar que en el área de estudio existen focos locales de contaminación por NO_3^-, que generan excedencias al límite de potabilidad del Código Alimentario Argentino, y que afectan al acuífero freático, principal fuente de agua de consumo de la población de la zona. Estos focos se relacionan por un lado a la actividad del Feed Lot (donde se concentran las excretas de los animales), y por otro a la presencia de pozos ciegos y comederos o pequeños corrales de animales (vacas y cerdos principalmente) en las inmediaciones de los pozos y molinos muestreados. Complementariamente, y para conocer la vulnerabilidad social de los pobladores, se hizo un análisis de información estadística a nivel de radio censal y un relevamiento de información socio-ambiental, mediante entrevistas no estructuradas a los habitantes de los sitios en los cuales se tomaron las muestras de agua. A partir de la cuantificación de la amenaza determinada, concentración del ión NO_3^-, y de la descripción de las condiciones de vulnerabilidad de la población, así como su incertidumbre sobre la existencia de

una amenaza, se determinó la presencia de un riesgo hídrico poblacional para el área de estudio.

I Introducción y problema de investigación

La cuenca del Río Samborombón se ubica al NE de la Provincia de Buenos Aires y tiene una superficie cercana a los 5.400 km² (Figura 1). El río nace en el partido de San Vicente y drena en sentido noroeste-sudeste hasta desembocar en la Bahía de Samborombón, atravesando en su recorrido a los partidos de Brandsen, La Plata, Chascomús, Magdalena y Punta Indio. Esta cuenca se desarrolla en un ambiente de llanura en donde existe una fuerte interrelación entre el agua superficial y la subterránea (Kruse y Laurencena, 2005).

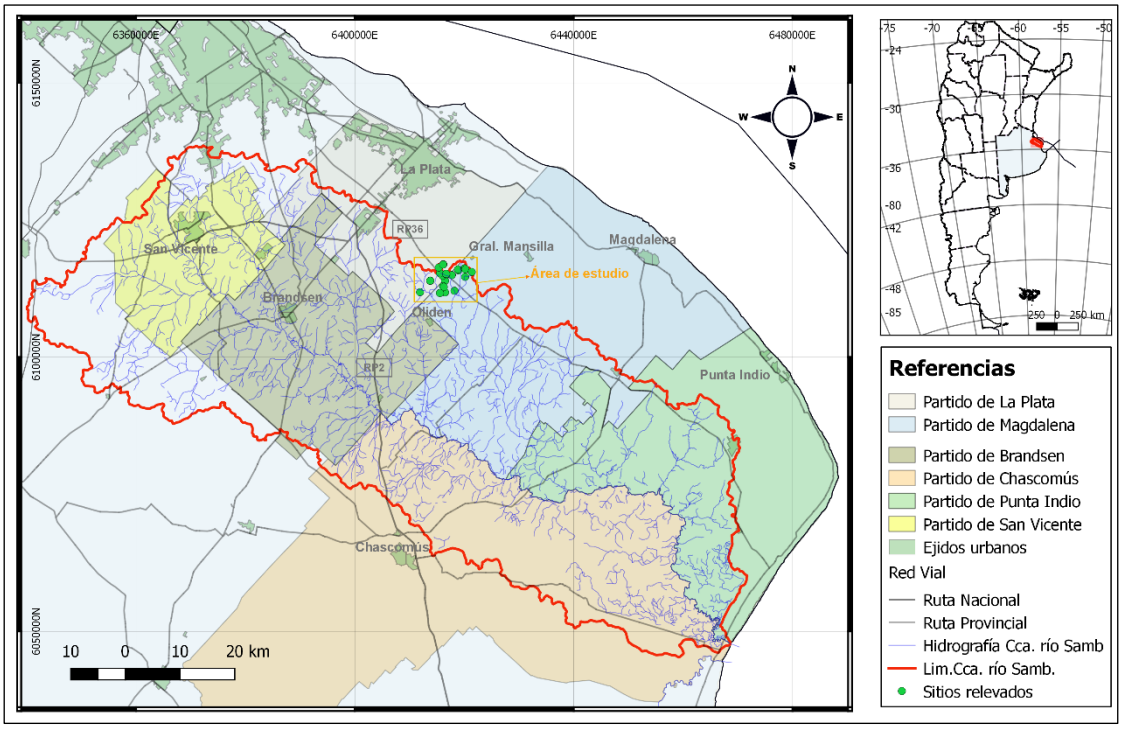


Figura 1 - Ubicación general del área de estudio

Fuente: elaboración propia

La ganadería y la agricultura extensiva han sido históricamente las principales actividades productivas en la Provincia de Buenos Aires. Sin embargo, en las últimas décadas actividades intensivas, tanto agrícolas como ganaderas han comenzado a desarrollarse en algunos sectores (Viglizzo, 2010). Dentro de la ganadería intensiva, los establecimientos de tipo Feed Lot son predios especialmente acondicionados para recibir y alojar animales que serán alimentados intensivamente a través del suministro de distintas raciones

formuladas, sin permitir el acceso a pastoreo directo y voluntario, con el objetivo de lograr la mayor producción de carne en cualquier etapa de desarrollo de los animales (recría, engorde o terminación) (Robert et al., 2009).

La actividad desarrollada en los Feed Lot genera preocupaciones en materia ambiental debido a que los mismos constituyen focos potenciales de contaminación puntual y difusa de los suelos y aguas, producto de la acumulación de las deyecciones de los animales y del movimiento no controlado de efluentes. Este efluente está compuesto por material particulado y en solución con elevadas concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio y potasio, entre otros elementos (García, 2012).

Las deyecciones animales sufren primeramente la ruptura física por el pisoteo de los animales y la acción de la lluvia. Posteriormente, el nitrógeno orgánico contenido en las excretas se degrada biológicamente a formas inorgánicas.

$$(NH_2)_2CO_2 \rightarrow (acción\ biológica) \rightarrow NH_4^+$$

Y después puede ocurrir:

$$NH_4^+ \rightarrow NH_3 + H^+$$

La mayor parte del NH_4^+ presente es oxidado a través del proceso de nitrificación en dos etapas según las siguientes reacciones (Reddy, 1984):

$$NH_4^+ + ½\ O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O$$

$$NO_2^- + ½\ O_2 \rightarrow NO_3^-$$

Las deficiencias, o ausencias, en el manejo y control de estos efluentes generan que se produzca un escurrimiento superficial del mismo, según la pendiente topográfica, y la infiltración en los suelos aledaños, llegando al acuífero freático.

Uno de los compuestos del nitrógeno comúnmente encontrado en agua para consumo es el nitrato (NO_3^-) proveniente de estas actividades, que puede tener consecuencias en la salud de la población y el ambiente. Por ejemplo, en concentraciones superiores a 10 mg/L el NO_3^- puede provocar enfermedades como la metahemoglobinemia, y en algunos casos cáncer (USEPA, 1995). La elevada concentración del ión NO_3^- en suelos y aguas subterráneas entorno a los Feed Lot constituye un problema ambiental de interés en zonas o

localidades rurales o periurbanas en las que el único recurso de agua de consumo es el subterráneo. Debe aclararse aquí que existen otras fuentes de contaminación orgánica donde el nitrato tiene presencia, como son los pozos sépticos para almacenamiento de efluentes cloacales de viviendas, residuos de establecimientos de cría de cerdos, aves, etc. y cuya presencia también se asocia a la contaminación del recurso hídrico subterráneo (Veizaga, 2015).

Dentro del ámbito de la cuenca del Río Samborombón, las características son principalmente rurales, dedicándose la mayor parte del territorio a la actividad agropecuaria. Si bien la ganadería en la cuenca es principalmente de tipo extensiva, existen algunos sectores en donde la ganadería intensiva se desarrolla desde hace más de quince años (Borzi et al. 2017). En estos sectores de la cuenca los pobladores rurales se abastecen de agua para consumo comúnmente del acuífero freático o Pampeano y del acuífero subyacente semiconfinado o Puelche, siendo el primero el más utilizado para suministro. La calidad del agua que ofrece el acuífero semiconfinado es superior a la del freático en esta región, no obstante, el costo para la construcción de un pozo de abastecimiento se ve encarecido con la profundidad, razón por la cual normalmente se suele explotar el acuífero freático.

Se postula como hipótesis que la actividad de ganadería intensiva (Feed Lot) ubicada en la cuenca alta del Río Samborombón genera la contaminación con nitratos del recurso hídrico subterráneo en los alrededores del mismo, incorporando una amenaza de origen antrópico a la población vulnerable de la zona y la aparición de un riesgo, en este caso hídrico.

II Objetivos

II.1 Objetivo general

Analizar el impacto de la actividad de un establecimiento de ganadería intensiva (Feed Lot) ubicado en un sector de la cuenca alta del Río Samborombón sobre el recurso hídrico subterráneo.

II.2 Objetivos específicos

- Conocer y evaluar la calidad fisicoquímica del agua subterránea, particularmente su contenido de nitratos, en los alrededores de un

establecimiento de ganadería intensiva (Feed Lot) ubicado en la cuenca alta del Río Samborombón.

- Analizar la vulnerabilidad social de la población del área y las amenazas vinculadas al riesgo hídrico presentes en el área de estudio.

III Marco conceptual

En este apartado, se abordarán los principales conceptos teóricos que sientan las bases para la investigación realizada.

Para el estudio de una problemática ambiental, es necesario definir el sistema dentro del cual se aísla el problema de investigación y analizar las interconexiones del mismo con otras variables así como su evolución en el tiempo. Para Gómez Orea (1997) el ambiente está constituido por los elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive .Ante la complejidad que caracteriza al sistema ambiental, existe un grado de incertidumbre asociada, por lo que en la investigación del problema y su posible evolución se requiere incluir todos los factores importantes, incluso aquellos que no son cuantificables (Gallopín et al. 2001). De esta manera es necesario primero reconocer las causas de la problemática, su ubicación, intensidad y cómo afecta a la población, particularmente a los sectores más vulnerables de la sociedad, así como además también las posibles acciones a llevar a cabo para su prevención y/o resolución (Herrero, 2012).

Las actividades agrícolas y ganaderas extensivas, debido a que se desarrollan en amplias áreas constituyen fuentes difusas de contaminación del recurso hídrico. En ellas no se puede identificar el lugar exacto de donde provienen los contaminantes debido a que lo hacen desde extensas áreas. A diferencia de la contaminación asociada a actividades extensivas, la contaminación puntual afecta a un volumen reducido del acuífero, extendiéndose sobre una superficie pequeña (Ej. contaminación que afecta a un pozo o a unos pocos pozos) y se caracteriza por presentar elevadas concentraciones, pero que disminuyen rápidamente por dilución, si se elimina la fuente de contaminación (Auge, 2008).

Los desechos orgánicos de origen antrópico, derivados por ejemplo de efluentes cloacales, domésticos o industriales, así como los productos de su degradación, son contaminantes frecuentes del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo.

La contaminación por nitratos se ha convertido en una de las causas principales del deterioro del agua subterránea, tanto en los ámbitos urbanos (provistos o no de servicios cloacales), como en las áreas rurales y en los emplazamientos industriales. En la actualidad aparece como la contaminación más difundida geográficamente y vinculada a la mayor parte de las actividades humanas (Canter, 2019). En donde existe una carencia de servicios cloacales, los nitratos derivan de la degradación de la materia orgánica, mayoritariamente de origen fecal. Los pozos ciegos o negros, en los que se vierten los desechos fecales, son las fuentes de emisión principales. En las áreas rurales, los nitratos derivan también de fertilizantes a base de abonos de la urea de la bosta y orín de los corrales y los tambos (Herrero, 2012).

El incremento del uso de fertilizantes nitrogenados en las áreas agrícolas y de la presencia de corrales de engorde conduce a un incremento en las fuentes de compuestos nitrogenados que localmente pueden aumentar en forma más significativa los contenidos de nitratos en el agua freática. Frente a procesos de contaminación, una de las ventajas del agua subterránea en comparación con el agua superficial, es que el camino de los contaminantes hasta alcanzar el acuífero ofrece mayores posibilidades de fenómenos de interacción que los diluyen y retrasan, sobre todo cuando existe franja edáfica. Durante la infiltración hacia el acuífero, el suelo juega un papel fundamental en la retención de compuestos, frenando y/o evitando el pasaje hacia las capas más profundas, convirtiéndose entonces en un filtro natural. En su movimiento por el terreno, desde el momento de la infiltración, los contaminantes sufren una serie de procesos: físicos (difusión, dispersión, filtración), químicos (complejización, quelatación, adsorción precipitación, coprecipitación, quimiosorción, reacciones redox), y biológicos (síntesis celular, degradación aerobia y anaerobia e inactivación de virus y muerte de bacterias) (Herrero, 2012). Sin embargo, al ser el nitrato un anión conservativo su movimiento en el agua está regido por el flujo subterráneo, el cual en áreas como la estudiada se

caracteriza por presentar muy bajas velocidades. Puesto que la migración sería sumamente lenta puede ocurrir que se dé la presencia de altas concentraciones de nitratos en sitios localizados, variando significativamente en relación a otros próximos. En áreas de llanura con clima húmedo donde la infiltración domina por sobre el escurrimiento superficial y la zona no saturada tiene escaso espesor, se favorece el movimiento de los compuestos del nitrógeno desde la superficie hacia el agua freática (Laurencena et al. 2001).

El avance de la actividad de los Feed Lot ha generado preocupaciones en materia ambiental debido a que los mismos constituyen focos potenciales de contaminación puntual y difusa de los suelos y aguas, producto de la acumulación de las deyecciones de los animales y del movimiento no controlado de efluentes. Durante el tiempo en que los animales permanecen encerrados, sus deyecciones se depositan sobre el suelo de los corrales, estando sujetas a alteraciones físicas como el pisoteo, alteraciones fisicoquímicas y alteraciones biológicas como la biodegradación. En la superficie de los corrales expuesta a los fenómenos atmosféricos, se genera escurrimiento de agua con arrastre de desechos por el lavado superficial después de cada evento de precipitación, que fluye hacia afuera de los corrales en dirección de la pendiente topográfica. Este efluente, compuesto por material particulado y en solución, puede infiltrar generando una fuente de contaminación. Se trata de una fuente hiper-concentrada de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio y potasio, entre otros elementos. En consecuencia, el manejo de los volúmenes de estiércol dentro del establecimiento juega un rol fundamental en el impacto sobre el medio ambiente (García, 2012). El estiércol removido de la superficie de los corrales de alimentación, de recepción y enfermería suele disponerse en forma de pila sobre los laterales de los mismos, siendo el destino principal de este residuo orgánico la aplicación sobre el suelo como método de fertilización. Los residuos no removidos de los corrales o las pilas de acopio quedan sujetos a factores ambientales (Pordomingo, 2003; Williams et al., 2004).

Los establecimientos destinados al engorde intensivo de bovinos/bubalinos a corral, instalados o a instalarse en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, están alcanzados por lo normado en la Ley 14867 y

sus normas reglamentarias (Decreto 2095/16). En particular en el Municipio de La Plata la actividad está regida por la Ordenanza 10015. Para obtener la Aptitud Ambiental los establecimientos a instalarse e instalados deben presentar un Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, el cuál será evaluado por la autoridad provincial competente. Se destaca que como parte de este estudio se debe hacer una identificación, descripción y valoración de los impactos potenciales en las distintas etapas de proyecto, fundamentalmente los derivados del funcionamiento: contaminación y degradación del suelo, aguas subterráneas y superficiales, generación de olores, etc. Además se deben explicitar las medidas de prevención y mitigación de los impactos negativos detectados, incluyendo alternativas al proyecto (de diseño, tecnológicas, de procedimientos, etc.) y definir y describir de los programas de monitoreo y control ambiental los cuales deben incluir la calidad y profundidad del agua freática, la calidad de las aguas superficiales, determinando los parámetros y la frecuencia de medición de los mismos. Una vez en funcionamiento, la autoridad de aplicación puede efectuar inspecciones y auditorias correspondientes en los establecimientos para controlar y fiscalizar el cumplimiento de lo establecido por la legislación vigente.

La Autoridad del Agua (ADA) de la provincia de Buenos Aires clasifica a los Feed Lot por su impacto a los recursos hídricos como de Riesgo Hídrico 3 - Alto. En particular el vuelco real o potencial de efluentes para esta clase no son compatibles a efluentes cloacales y es una exigencia la instalación de una planta de tratamiento de media o alta complejidad, además deben tener concedida la constancia de aptitud hidráulica y permisos de explotación y vuelco de efluentes. La Autoridad del Agua exige periódicamente la presentación de una Auditoría Ambiental la que exhiba el monitoreo de las variables ambientales establecidas para cada caso en particular. (Código de Agua Ley 12257 y Resolución ADA 333/17).

La contaminación por nitratos del agua en el entorno de los Feed Lot constituye un problema ambiental de interés a nivel mundial (Gilberston, et al., 1971; Maulé y Fonstad, 2000; Perdomo, et al., 2000; Sahoo, et al., 2016; Gerla y Gbolo, 2018; Oh et al., 2018; Kim et al., 2019; Mas-Pla y Menció, 2019)

principalmente en localidades rurales o semi-urbanizadas, en donde el abastecimiento de agua se realizada por perforaciones domiciliarias.

El estudio de la problemática ambiental y de cómo esta puede afectar a los habitantes de la región involucra analizar los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Cardona (1993) define la amenaza como un peligro o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico, durante un tiempo de exposición determinado, produciendo efectos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. Matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en cierto sitio y en cierto periodo de tiempo. Las amenazas antrópico-contaminantes según Lavell (1996) se basan y se construyen sobre los elementos de la naturaleza (aire, agua y tierra) que el ser humano transforma para su sobrevivencia o desarrollo de la vida cotidiana. Esta transformación, y sus impactos negativos al ambiente, plantean un desafío importante respecto al modo de desarrollo elegido por la sociedad.

Por otro lado, la vulnerabilidad se define según Wilches Chaux (1988) como la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio. Asimismo, aclara que la vulnerabilidad en si misma constituye un sistema dinámico y surge como consecuencia de la interacción de varios factores y características sobre una comunidad en particular. A esa interacción de factores y características el autor la llama Vulnerabilidad Global. La vulnerabilidad es una expresión del desequilibrio o desajuste, en igual medida, entre la estructura social (ampliamente concebida) y el medio físico-constructivo y natural que lo rodea. La vulnerabilidad, entonces, nunca puede tener un valor absoluto, sino que depende siempre del tipo e intensidad de la amenaza (Lavell, 1996).

Para Suaréz y Calello (2012) el concepto de vulnerabilidad social suele ser utilizado de manera básicamente instrumental, ya que se emplea con frecuencia para localizar la población que será usuario/beneficiaria de políticas de emergencia y de políticas sociales específicas. En base a la temática

abordada en la tesis resulta de interés relacionar al término vulnerabilidad con el agua de abastecimiento. En este contexto es que Herrero (2006) plantea que el grado de vulnerabilidad social frente a la contaminación de los acuíferos, depende de las formas de acceso al recurso, de las vías de disposición de excretas y de la densidad poblacional. En base a esto y a fin de realizar una estimación de la vulnerabilidad social, Páez Campos y Dornes (2017) a partir de dicho concepto y del uso de datos estadísticos del INDEC a nivel de radio censal calculan un índice de Vulnerabilidad Social (VS). Este se determina a partir de la definición de los índices de VS por acceso al recurso hídrico (VS_{RH}), por disposición de excretas en los hogares (VS_{DE}), y por densidad poblacional (VS_{DP}), siendo $VS = VS_{RH} + VS_{DE} + VS_{DP}$. El radio censal es una unidad geoestadística que forma parte de la estructura de relevamiento censal, definida por un espacio territorial con límites geográficos y una determinada cantidad de unidades de viviendas a relevar. En general un radio censal puede agrupar en promedio unas 300 viviendas en las ciudades, siendo menor el número en radios rurales y rurales mixtos (INDEC, 2014).

El otro concepto a abordar es el de riesgo, el cual es definido por Wilches Chaux (1988) como cualquier fenómeno de origen natural o humano, que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno. Ese estado de vulnerabilidad o condición de potencial inseguridad, en muchas ocasiones, se ha ido construyendo a lo largo del tiempo, a partir de las decisiones tomadas por los actores de la misma sociedad. De esta manera, el riesgo hace referencia a la probabilidad de que a una población (personas, estructuras físicas, sistemas productivos, etc.), o segmento de la misma, le ocurra algo nocivo o dañino. Para que exista un riesgo debe haber tanto una amenaza como una población vulnerable a ella. Por lo tanto, el riesgo es una condición potencial y su grado depende de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y el nivel de vulnerabilidad existente en la población expuesta (Lavell, 1996).

El riesgo hídrico poblacional humano se define como el evento (inundación por desborde de ríos, precipitación intensa y anegamiento, deterioro en la calidad y cantidad del agua superficial y subterránea, etc.), que tenga como elemento eje al recurso agua y que impacte directa o

indirectamente sobre algún/os o todos los aspectos que conforman el bienestar íntegro de la población (salud, bienes materiales, economía, actividades productivas y culturales). Por lo tanto, para poder cuantificar ese riesgo es imprescindible estudiar los procesos fisicoquímicos que ponen en peligro a la población (amenazas), como así también los socioeconómicos (vulnerabilidad social) (Gómez, 2016). Esta relación no se refiere a una expresión matemática particular, sino que refleja la relación existente entre el grado de la amenaza y el grado de vulnerabilidad social. Pero evidentemente si no existe la amenaza tampoco se hará presente el riesgo (Suaréz y Calello, 2012). Entonces, el riesgo es la consecuencia de la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad, y su determinación implica relacionar estas variables adecuadamente, tarea que no es sencilla debido a que, como se advirtió, ambas dependen de varios factores.

Ferrari (2017) plantea que abordar la percepción del riesgo supone el estudio de las creencias, actitudes, juicios y sentimientos, así como los valores y disposiciones sociales que las personas adoptan ante los peligros. Siguiendo a la autora, en este caso es interesante analizar las percepciones que un grupo social construye sobre las problemáticas vinculadas con los riesgos, a fin de explicar la forma en que las mismas intervienen en los comportamientos y acciones sobre el territorio. Sobre este tema Ursino (2012) plantea que la percepción que los habitantes poseen de su entorno es un proceso de construcción simbólica que se establece con el tiempo y las condiciones económicas, políticas y sociales que atraviesa un lugar y constituyen un aspecto relevante en el proceso de conformación de la representación que tienen sobre la contaminación ambiental y las prácticas espaciales que realizan. De esta manera, la percepción y valoración ambiental de los distintos sectores sociales es fundamental a la hora de formular políticas ambientales (Gallopín, 1981).

La evaluación de la calidad del agua es una estrategia relevante en la planificación y ordenamiento de los usos del suelo y en el establecimiento de medidas de gestión que tengan como objetivo minimizar el estado de degradación ambiental y mejorar la calidad de vida de la población asociada. Para asistir a este planeamiento y a la toma de decisiones, el uso de sistemas

de información geográfica (SIG) constituye una herramienta de importancia, ya que estos permiten el manejo de datos e información referenciada espacialmente (Lacabana, 2016). El abordaje de las problemáticas hidrológicas debe enmarcarse en el enfoque de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), el cual plantea un tratamiento de los temas del agua de una manera sustentable y sistémica (GWP - Global Water Partnership, 2000).

IV Marco Metodológico

La base metodológica fundamental que se empleó fue la observación de los procesos a los que ha estado sometido el ambiente a estudiar. A partir del conocimiento básico del medio natural y modificado por la actividad antrópica planteada (Feed Lot), se planteó un diagrama causa – efecto de la contaminación del recurso hídrico (Figura 2) y se planificó el abordaje del problema mediante un estudio cuali - cuantitativo. La medición de parámetros hidroquímicos del agua junto con la recolección de información socioambiental en terreno y el análisis de los datos estadísticos disponibles permiten valorar la real influencia hidrológica de dicha actividad, analizar su impacto en el medio social, y establecer la vulnerabilidad social presente en el área.

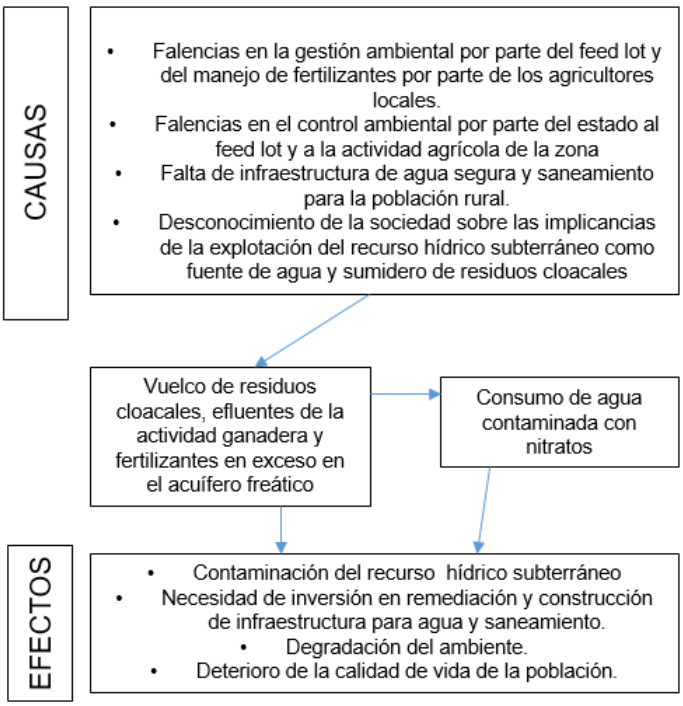


Figura 2 - Diagrama causa - efecto de la contaminación del recurso hídrico subterráneo

Fuente: elaboración propia

Primero se valoraron los aspectos físicos del área de estudio como, la hidrografía, la geomorfología, los suelos, las condiciones geológicas y geohidrológicas a nivel de cuenca de drenaje. Para esto se recopiló, valoró e interpretó la información existente y analizaron cartas temáticas e imágenes satelitales. A partir de los datos climáticos de la Estación Meteorológica La Plata Aero (34°57´ S - 57°54´ O) se realizó un balance hídrico estimado según la metodología de Thornthwaite y Mather (1957), para periodos de diez años desde 1977 a 2016 Para la caracterización del medio social se recopiló y analizó la información a nivel de radio censal aportada por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010 realizado por el INDEC.

Posteriormente se realizó la medición y muestreo de parámetros hidroquímicos en pozos de agua domiciliarios y molinos de los pobladores rurales que viven en las adyacencias del Feed Lot. In situ se determinó la temperatura, la conductividad eléctrica y el pH del agua, y se extrajeron muestras para la determinación en laboratorio de la concentración de nitratos. La medición de estos parámetros se debe a que los mismos pueden derivar o estar relacionados directamente a la descomposición de las excretas del ganado. La infiltración de las excretas (líquidas y aquellas derivadas de la descomposición de las sólidas) tienden a aumentar el contenido salino del agua, aumentando la conductividad eléctrica. Asimismo, la descomposición de las excretas sólidas y semisólidas genera compuestos nitrogenados y disminuyen el pH del agua. Siendo el nitrato la especie más abundante y estable en el agua subterránea su determinación permite identificar fuentes de contaminación derivadas de la descomposición de la materia orgánica que componen las excretas. Particularmente, la determinación de nitratos es de interés ya que elevadas concentraciones de este ión tienen implicancias sobre la salud de la población que consume el agua subterránea. Se tomaron en total 25 muestras, 16 muestras de agua del acuífero freático (Pampeano) y 9 muestras del acuífero semiconfinado (Puelche) distribuidas aguas arriba y aguas abajo del Feed Lot. La determinación de nitratos se efectúo en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas mediante la técnica estandarizada APHA (1998). Las determinaciones se realizaron por triplicado expresándose como resultado final el valor medio.

Junto con los muestreos se efectuó un relevamiento de información socio ambiental, mediante entrevistas no estructuradas, a los pobladores de cada sitio visitado, relevándose en total 18 sitios (Tabla 1). La información socio ambiental de interés fue aquella relacionada con el sistema de captación para el agua de bebida, sistema de disposición de excretas y grado de conocimiento sobre la actividad del Feed Lot y el potencial riesgo por el consumo de agua contaminada.

Nombre	Descripción	Latitud	Longitud
S1	Vivienda particular R36	35° 6'39.00"S	57°55'12.95"O
S2	Quinta	35° 8'13.00"S	57°54'59.10"O
S3	Quinta	35° 8'4.40"S	57°53'50.80"O
S4	Quinta / Invernadero	35° 7'4.60"S	57°54'58.10"O
S5	Establecimiento ganadero (disperso)	35° 7'41.12"S	57°55'7.35"O
S6	Vivero	35° 8'16.59"S	57°55'35.87"O
S7	Vivienda particular R36	35° 8'10.43"S	57°57'59.59"O
S8	Establecimiento ganadero (disperso)	35° 7'3.89"S	57°56'44.92"O
S9	Quinta	35° 6'1.80"S	57°53'22.43"O
S10	Establecimiento ganadero (disperso)	35° 5'51.60"S	57°52'36.70"O
S11	Establecimiento ganadero (disperso)	35° 6'14.00"S	57°51'45.00"O
S12	Establecimiento ganadero (disperso)	35° 6'42.60"S	57°52'32.90"O
S13	Quinta / Invernadero	35° 6'31.00"S	57°54'9.00"O
S14	Almacén y Vivienda particular R36	35° 6'34.28"S	57°55'14.98"O
S15	Quinta / Invernadero	35° 6'20.00"S	57°55'34.00"O
S16	Establecimiento ganadero (disperso)	35° 5'45.00"S	57°55'42.00"O
S17	Tambo "San Marcos"	35° 5'27.00"S	57°55'10.00"O
S18	Establecimiento ganadero (disperso)- "El Mansito"	35° 6'26.00"S	57°54'49.00"O

Tabla 1 - Ubicación de sitios relevados

Fuente: elaboración propia

Complementariamente, y a modo de lograr una comparación entre los radios censales del área, se analizó la información, en términos porcentuales y a nivel de detalle de radio censal, del Censo de Hogar, Población y Vivienda del 2010 (INDEC, 2014), para establecer el indicador de Vulnerabilidad Social (Páez Campos y Dornes, 2017). Los radios censales del área de estudio corresponden a los radios 064416701, 064416702, 065050207 y 065050101. La información utilizada para los cálculos es la que se presenta en las Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

El índice de Vulnerabilidad Social (VS) para cada radio censal del área de estudio se determinó a partir de la definición de los índices de VS por acceso al recurso hídrico (VSrh), por disposición de excretas (VSde), y por densidad poblacional (VSdp), siendo:

$$VS = VSrh + VSde + VSdp \quad (Ec.1)$$

El Índice VSrh se calculó a partir de la fuente de captación de agua, siendo en este caso las variables la captación por red pública (RP), por perforación con bomba a motor (PBMt), por perforación con bomba manual (PBMn), por pozo (P), siendo:

$$VSrh = RP+3*(PBMt + PBMn + P) \quad (Ec.2).$$

El Índice VSde se calculó a partir de la forma de disposición de excretas, pudiendo ser para el caso de estudio a cámara séptica y pozo ciego (CS), solo a pozo ciego (PC), y a hoyo o excavación en la tierra (H), siendo:

$$VSde = CS+3*PC+5H \quad (Ec.3).$$

El índice de VSdp se calculó en función a los valores de densidad poblacional de cada radio censal.

La ubicación de los sitios relevados y la concentración de nitratos de cada muestra se incorporaron en un sistema de información geográfica mediante el software Q-GIS de licencia libre. A partir de éste se observó la distribución de los muestreos de cada acuífero y la variación de los nitratos respecto al flujo subterráneo y la distancia al Feed Lot.

Los resultados expuestos corresponden a relevamientos de campo efectuados en febrero de 2019. Se tomaron en total 25 muestras, 16 muestras de agua del acuífero freático (Pampeano) y 9 muestras del acuífero semiconfinado (Puelche) distribuidas aguas arriba y aguas abajo del Feed Lot.

Junto con los muestreos se efectuó un relevamiento de información socio ambiental, mediante entrevistas no estructuradas, a los pobladores de cada sitio visitado, relevándose en total 18 sitios (Tabla 6). En la Figura 18 puede observarse la ubicación de los sitios relevados.

V Marco referencial

V.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se ubica en el NE de la Provincia de Buenos Aires, en el límite entre los partidos de La Plata y Magdalena y en el límite nororiental de la cuenca hidrográfica del Río Samborombón, centrándose en las coordenadas geográficas 35° 06' 47" S y 57°56' 00" O (Figura 3). Corresponde a un área rural caracterizada por la actividad ganadera extensiva e intensiva, y agrícola, destacándose la producción de frutas y verduras en invernaderos.

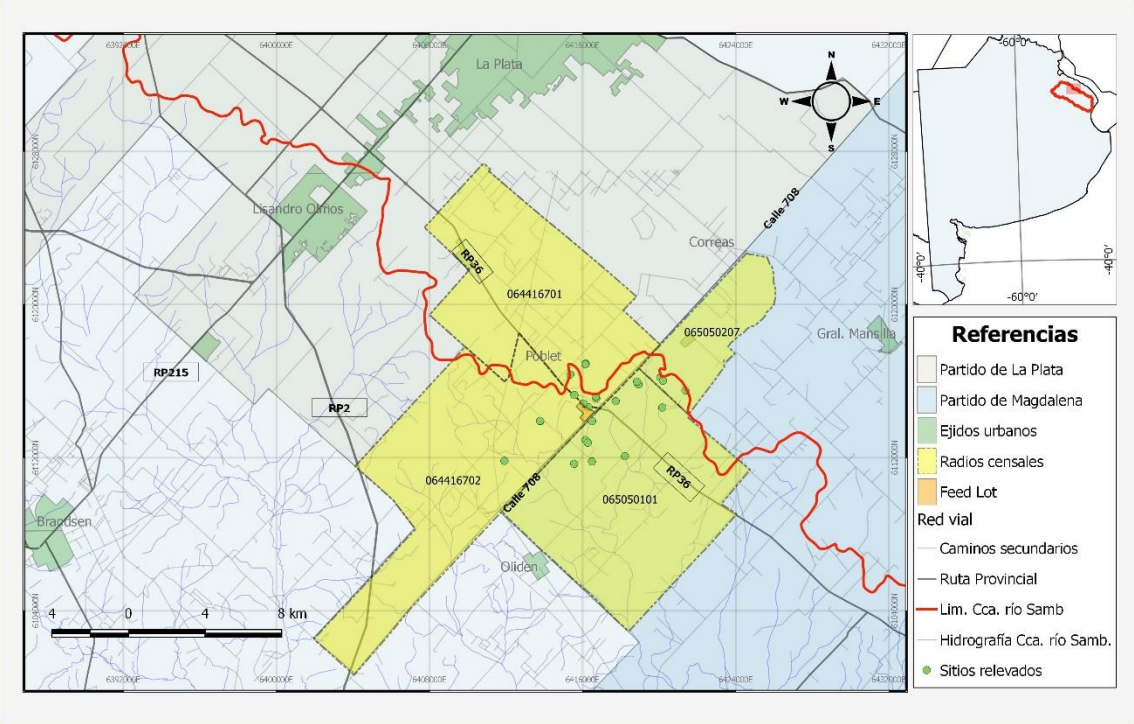


Figura 3 - Ubicación de detalle del área de estudio

Fuente: elaboración propia.

El acceso a la zona es por la Ruta Provincial 36, la cual atraviesa el área en dirección NE – SE. También se puede acceder a la misma por el NE, por la calle 708, desde la localidad de Correas, Partido de La Plata. Los principales centros poblados cercanos corresponden a la ciudad de La Plata al norte y la ciudad de Brandsen al oeste. Otros centros poblados menores cercanos corresponden a la mencionada localidad de Correas al NE, Gral. Mansilla al este, y Oliden al suroeste.

El Feed Lot presente en el área de estudio corresponde al Establecimiento El Rocío, propiedad de Los Pinares S.A. (Figura 4). Según la información relevada en la zona, el mismo está activo hace más de 15 años. El

ganado que se engorda para la producción de carne dentro del establecimiento corresponde a los biotipos británicos, por ejemplo: Aberdeen Angus, Hereford y su cruza.

Figura 4 - Vista del acceso principal al Feed Lot.

Fuente: elaboración propia

V.2 Aspectos socio-demográficos

V.2.1 Población

Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (INDEC, 2014) en el área comprendida por los cuatros radios censales involucrados en la zona de estudio existe una población de 681 habitantes, distribuidos en 204 hogares con una densidad poblacional de 2,4 habitantes por km^2 (Tabla 2).

Código radio censal	Hogares	Población (hab)	Superficie (km^2)	Densidad poblacional (hab/km^2)
064416701	122	418	80	5,2
064416702	42	139	94,6	1,5
065050207	13	50	25,5	2,0
065050101	27	74	92,3	0,8
Total	**204**	**681**	**292,4**	**Promedio: 2,4**

Tabla 2 - Datos poblacionales

Fuente: INDEC, 2014.

V.2.2 Necesidades Básicas Insatisfechas

Del total de hogares considerados el 82,4% no poseen necesidades básicas insatisfechas[1] (Tabla 3).

Radio Censal	Hogares con NBI	Casos	%	Acumulado %
064416701	Sin NBI	94	77,05	77,05
	Con NBI	28	22,95	100
	Total	122	100,00	100
064416702	**Hogares con NBI**	**Casos**	**%**	**Acumulado %**
	Sin NBI	36	85,71	85,71
	Con NBI	6	14,29	100
	Total	42	100,00	100
065050207	**Hogares con NBI**	**Casos**	**%**	**Acumulado %**
	Sin NBI	13	100,00	100
	Con NBI	0	0,00	0
	Total	13	100,00	100
065050101	**Hogares con NBI**	**Casos**	**%**	**Acumulado %**
	Sin NBI	25	92,59	92,59
	Con NBI	2	7,41	100
	Total	27	100,00	100
TOTAL	**Hogares sin NBI**	168	**82,4**	
	Hogares con NBI	36	**17,6**	
	Total	**204**	**100**	

Tabla 3 - Necesidades básicas insatisfechas

Fuente: INDEC, 2014.

V.2.3 Tenencia de agua

En cuanto al acceso al agua el 70,6 % de los hogares tiene acceso al agua mediante cañería dentro de la vivienda, mientras que el restante tiene acceso pero por fuera de la vivienda (Tabla 4).

1 el INDEC considera que un hogar es pobre por NBI si sufre al menos de alguna de las siguientes carencias o privaciones: NBI1: Vivienda de tipo inconveniente (vivienda de inquilinato, precaria u otro tipo); NBI2: Viviendas sin cuarto de baño; NBI3: Hacinamiento critico (más de tres personas por cuarto); NBI4: Hogares con niños en edad escolar (6 a 12 años) que no asisten a la escuela; NBI5: Hogares con cuatro o más personas por miembro ocupado y en los cuales el jefe de hogar tiene bajo nivel de educación (dos años o menos en el nivel primario) (Capacidad económica).

Radio Censal	Tenencia de agua	Casos	%	Acumulado %
064416701	Por cañería dentro de la vivienda	70	57,38	57,38
	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	50	40,98	98,36
	Fuera del terreno	2	1,64	100
	Total	122	100	100
064416702	Por cañería dentro de la vivienda	36	85,71	85,71
	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	4	9,52	95,24
	Fuera del terreno	2	4,76	100
	Total	42	100	100
065050207	Por cañería dentro de la vivienda	13	100	100
	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	0	0	0
	Fuera del terreno	0	0	0
	Total	13	100	100
065050101	Por cañería dentro de la vivienda	25	92,59	92,59
	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	2	7,41	100
	Fuera del terreno	0	0	0
	Total	27	100	100
TOTAL	Por cañería dentro de la vivienda	144	70,6	
	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	56	27,5	
	Fuera del terreno	4	1,96	
	Total	204	100,0	

Tabla 4 - Tenencia de agua

Fuente: INDEC, 2014.

V.2.4 Procedencia del agua

En relación a la procedencia del agua, solo un hogar cuenta con acceso a la red pública de agua, mientras que el resto accede a la misma mediante perforaciones a los distintos acuíferos de la zona, utilizando principalmente bombas que funcionan a motor (Tabla 5).

Radio Censal	Procedencia del agua para beber y cocinar	Casos	%	Acumulado %
064416701	Red Pública	1	0,82	0,82
	Perforación con bomba a motor	115	94,26	95,08
	Perforación con bomba manual	3	2,46	97,54
	Pozo	3	2,46	100
	Total	122	100,00	100
064416702	Red Pública	0	0	0
	Perforación con bomba a motor	25	59,52	59,52
	Perforación con bomba manual	0	0	59,52
	Pozo	17	40,48	100
	Total	42		100
065050207	Red Pública	0	0	0
	Perforación con bomba a motor	9	69,23	69,23
	Perforación con bomba manual	4	30,77	100
	Pozo	0	0	100
	Total	13		100
065050101	Red Pública	0	0	0
	Perforación con bomba a motor	25	92,59	92,6
	Perforación con bomba manual	1	3,7	96,3
	Pozo	1	3,7	100
	Total	27	100	100
TOTAL	Red Pública	**1**	**0,5**	
	Perforación con bomba a motor	**174**	**85,3**	
	Perforación con bomba manual	**8**	**3,9**	
	Pozo	**21**	**10,29**	
	Total	**204**	**100,0**	

Tabla 5 - Procedencia del agua

Fuente: INDEC, 2014.

V.2.5 Disposición de excretas en los hogares

La disposición de excretas en los hogares se realiza principalmente a pozo ciego. Aproximadamente el 99% no posee cámara séptica y pozo ciego y solo el 1% de los hogares utiliza hoyo o excavación en la tierra (Tabla 6).

Radio Censal	Disposición de excretas	Casos	%	Acumulado %
064416701	A cámara séptica y pozo ciego	43	36,13	36,13
	Sólo a pozo ciego	75	63,03	99,16
	A hoyo, excavación en la tierra, etc.	1	0,84	100
	Total	119	100,00	100
064416702	A cámara séptica y pozo ciego	9	21,43	21,43
	Sólo a pozo ciego	32	76,19	97,62
	A hoyo, excavación en la tierra, etc.	1	2,38	100
	Total	42	100	100
065050207	A cámara séptica y pozo ciego	10	76,92	76,92
	Sólo a pozo ciego	3	23,08	100
	A hoyo, excavación en la tierra, etc.	0	0	100
	Total	13	100	100
065050101	A cámara séptica y pozo ciego	16	59,26	59,26
	Sólo a pozo ciego	11	40,74	100
	A hoyo, excavación en la tierra, etc.	0	0	100
	Total	27	100	100
Total	A cámara séptica y pozo ciego	**78**	**38,81**	
	Sólo a pozo ciego	**121**	**60,20**	
	A hoyo, excavación en la tierra, etc.	**2**	**1,00**	
	Total	**201**	**100**	

Tabla 6 - Disposición de excretas en los hogares

Fuente: INDEC, 2014.

V.3 Aspectos físicos

La cuenca del Río Samborombón se ubica al NE de la Provincia de Buenos Aires y tiene una superficie aproximada de 5.400 km² (Figura 5). La cuenca se desarrolla en un ambiente de llanura, con una pendiente regional que varía entre 0,01 a 0,30 %, y en donde existe una fuerte interrelación entre el agua superficial y la subterránea (Borzi, 2018).

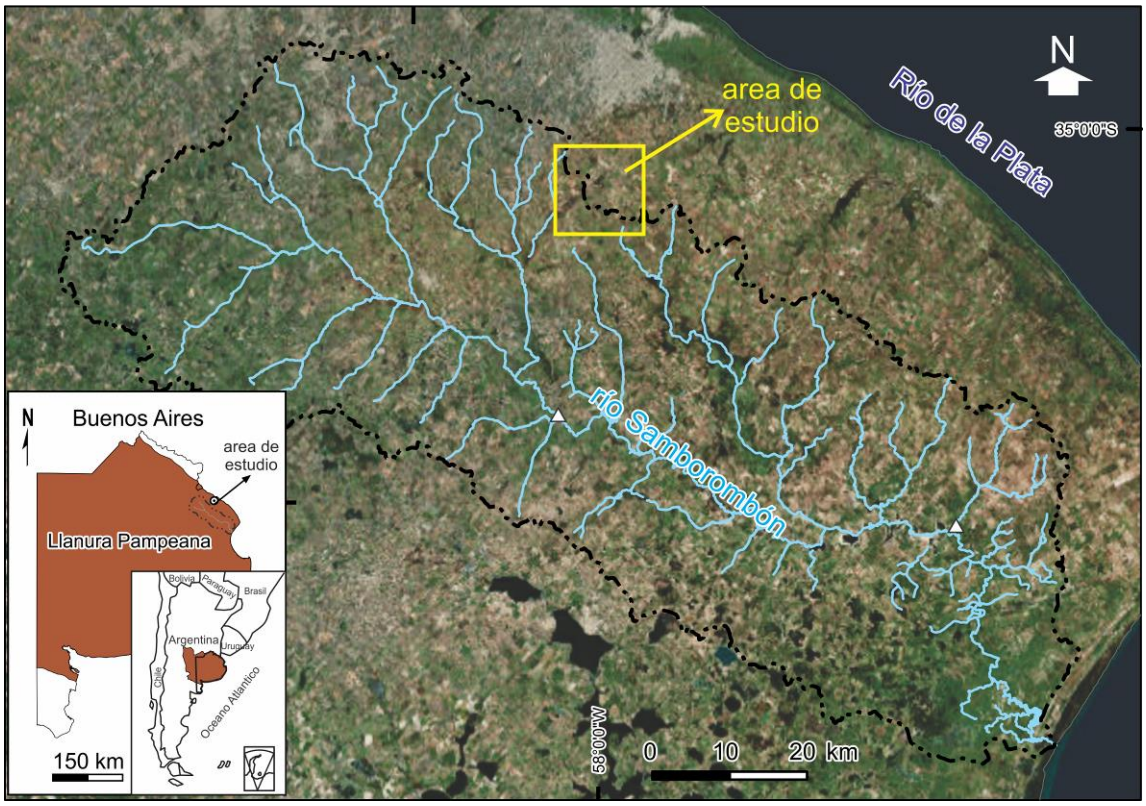


Figura 5 - Cuenca del Río Samborombón

Fuente: Modificado de Borzi, 2018

V.3.1 Clima

La zona NE de la Provincia de Buenos Aires ofrece un panorama climático caracterizado por una gran homogeneidad, coincidente con la uniformidad de los caracteres fisiográficos y morfológicos. Bajo un clima subhúmedo-húmedo mesotermal, la precipitación media anual para el período 1961 – 2016, registrada en la Estación Meteorológica La Plata Aero (34°57´ S - 57°54´ O) es de 1023 mm observándose una pendiente positiva en su línea de tendencia (Figura 6).

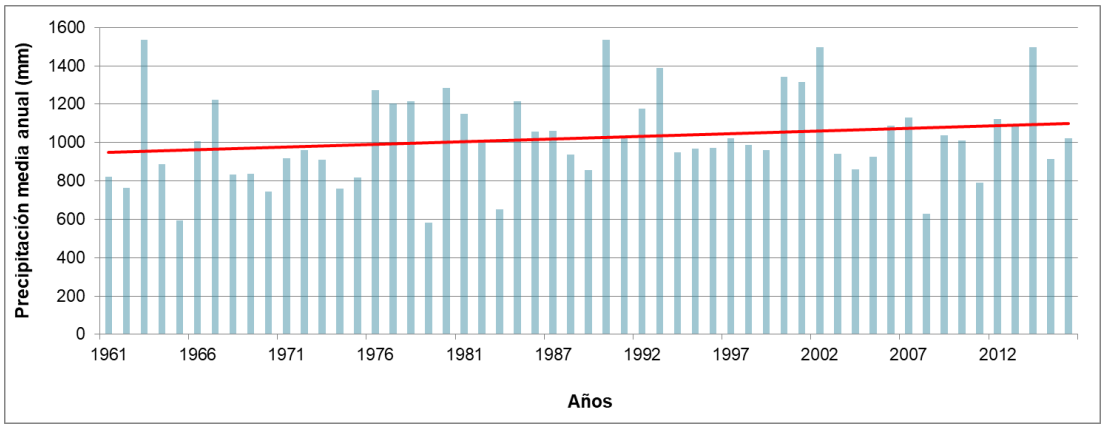


Figura 6 - Precipitación anual (1961-2016) para la Est. Met. La Plata Aero

Fuente: elaboración propia

Los años más húmedos fueron 1963 (1563 mm), 1990 (1536 mm), 2002 (1496 mm) y 2014 (1498 mm), y los años más secos fueron 1965 (593 mm), 1979 (582 mm), 1983 (651 mm) y 2008 (629 mm).

En cuanto al balance hídrico estimado según la metodología de Thornthwaite y Mather (1957), para periodos de diez años desde 1977 a 2016 (Figura 7), se observa que los cuatro períodos presentaron el mismo comportamiento general en relación con el exceso y el déficit mensual, existiendo principalmente excesos en invierno y déficit en verano. En todos los periodos analizados los excesos hídricos anuales son similares siendo de 273,7 mm para el periodo 1977-1986; 290 mm para 1987-1996; 289,3 para 1997-2006 y 230,7 para 2007-2016.

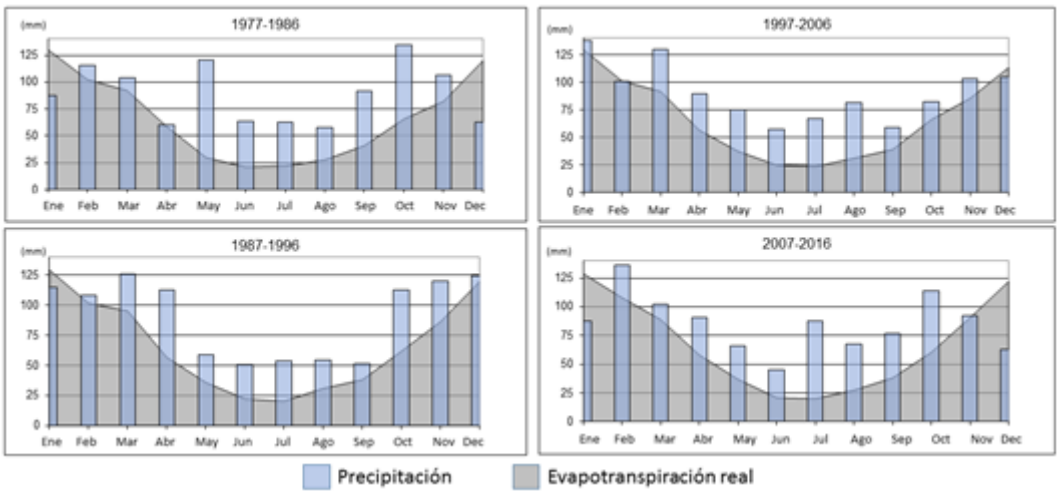


Figura 7 - Balances hídricos (1977- 2016) para la Est. Met. La Plata Aero

Fuente: elaboración propia

V.3.2 Hidrografía

El Río Samborombón nace en el partido de San Vicente, Provincia de Buenos Aires, desaguando dos lagunas que se encuentran a medio camino entre las localidades de Cañuelas y San Vicente, atravesando en su recorrido a los partidos de Brandsen, La Plata, Chascomús, Magdalena y Punta Indio. Desemboca en el estuario exterior del Río de la Plata, en el área de Bahía Samborombón desarrollando el cauce en el sector de cuenca baja numerosos meandros (Figura 5).

V.3.3 Geomorfología

El área de estudio se desarrolla dentro de un ambiente de llanura continental (Fucks, 2017) (denominada también como Llanura Alta por otros autores tales como Cavallotto, 1995) la cual limita al NE y E con la Llanura Costera del Río de la Plata (Fidalgo y Martínez, 1983) (Figura 8). Las cotas topográficas en la llanura continental varían entre 5 y 30 msnm y en ella se incluyen geoformas de menor jerarquía como los interfluvios planos-convexos, y las planicies de inundación de los arroyos (Trovatto et al., 2015). La llanura continental está formada por la depositación de sedimentos loéssicos correspondientes a los Sedimentos Pampeanos, los cuales serán descriptos más adelante. Particularmente el área de Feed Lot se ubica en una zona de interfluvio, donde el relieve plano, actúa como divisoria de aguas entre las dos vertientes principales de la región: Río de la Plata hacia el NE, y Río Samborombón hacia el SO.

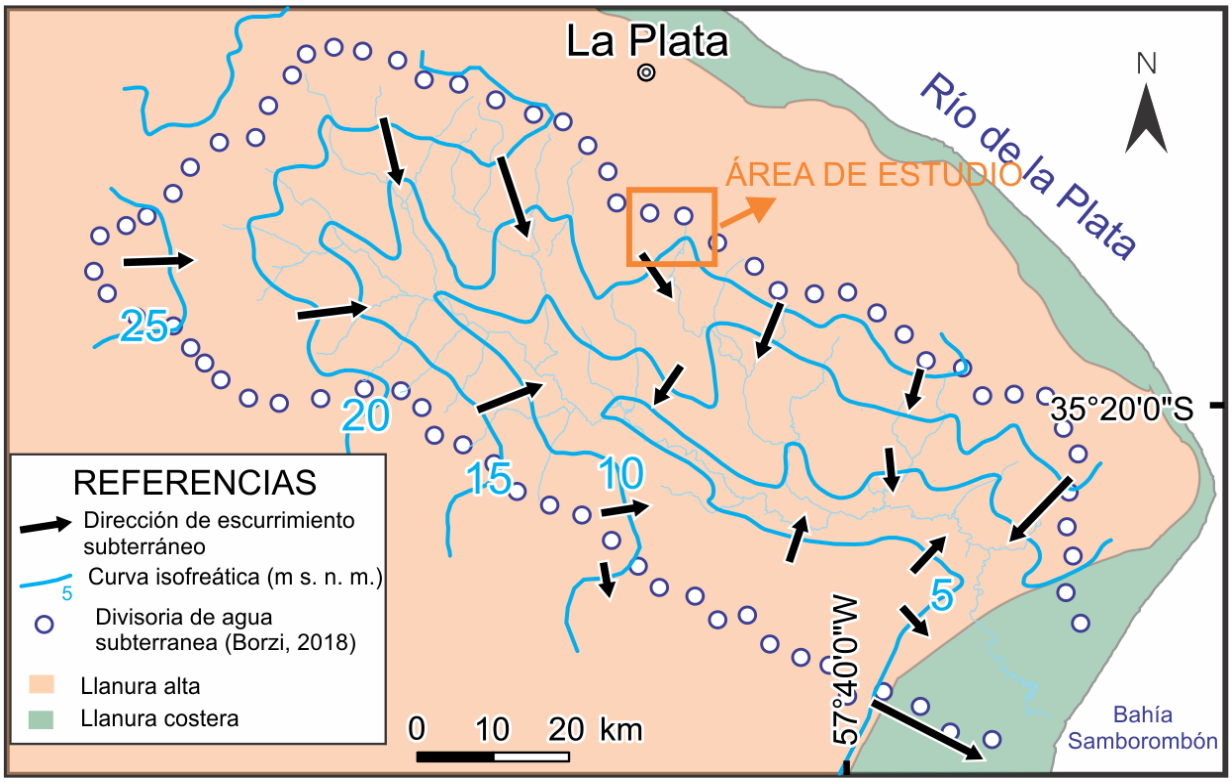


Figura 8 - Unidades geomorfológicas (Cavallotto, 1995).

Fuente: Modificado de Borzi, 2018

V.3.4 Suelos

En el área de estudio se desarrollan suelos de los Ordenes Alfisol y Molisol de la USDA Soil Taxonomy (INTA, 1972) correspondientes a las Serie Etcheverry (Etch) principalmente y en menor proporción de la Serie Magdalena (Md) (Figura 9). Se caracterizan por ser suelos oscuros y profundos, no alcalinos con textura franco limos formados a partir de los sedimentos loéssicos. En cuanto a su capacidad de uso pertenecen a la Clase III, subclases w y s (USDA, 2014), siendo suelos con moderadas limitaciones para el uso agrícola. Esta limitación se debe a que son suelos finos pobremente drenados, con escurrimientos medios que poseen lenta permeabilidad y que se ubican en zonas que permanecen anegadas durante períodos significativos (áreas planas o plano-cóncava, vías de escurrimiento incipientes o depresiones) (Instituto de Geomorfología y Suelos, 2006).

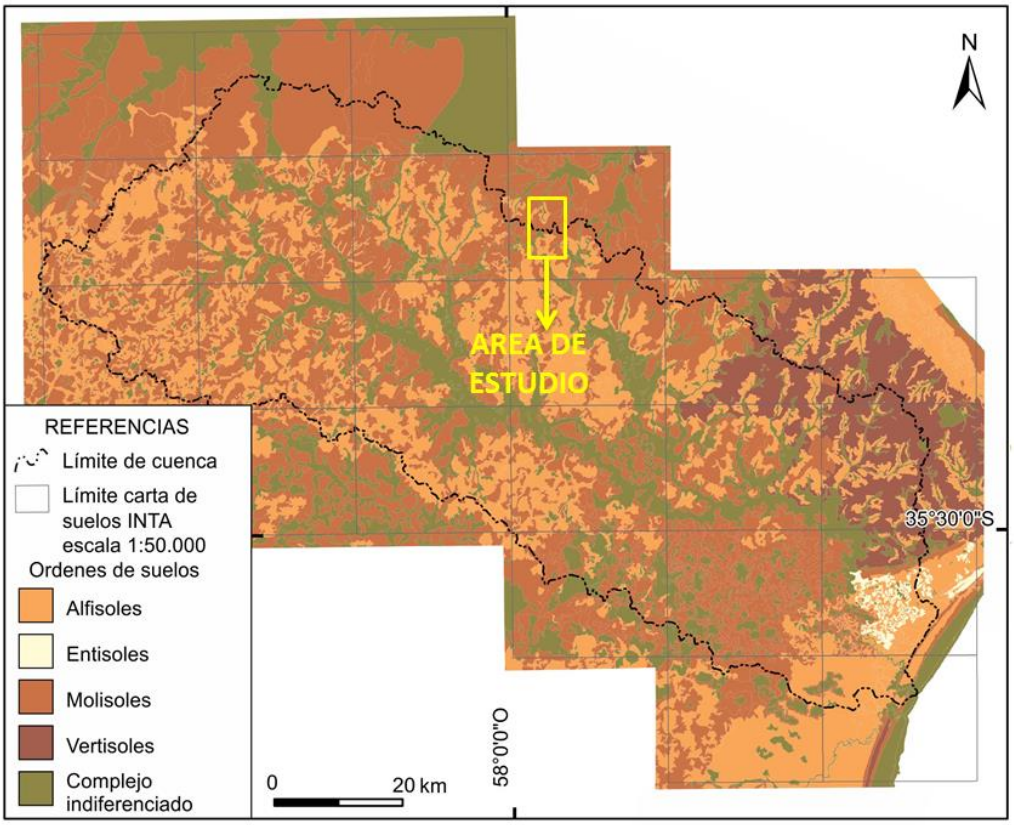


Figura 9 - Suelos

Fuente: extraído de Borzi (2018)

V.3.5 Geología y comportamiento hidrogeológico

Las Formaciones geológicas más superficiales que contienen a los principales acuíferos utilizados para abastecimiento en el área de estudio son los Sedimentos Pampeanos y las Arenas Puelches. Los Sedimentos Pampeanos (Frenguelli, 1956) o Fm. Pampeano (Ameghino, 1886), corresponden a depósitos Pleistocenos que se depositan por sobre las Arenas Puelches. Están compuestos por depósitos de loess de textura limo arenosa a limo arcillosa de coloraciones castañas con abundantes concreciones carbonáticas que alcanzan en promedio espesores cercanos a 45 m. Estos sedimentos han sido en retrabajados, en sectores por procesos fluviales y eólicos dando lugar a los depósitos de las Formaciones Luján y La Postrera, respectivamente (Fucks et al., 2015). El acuífero freático en la cuenca alta y media se aloja en los Sedimentos Pampeanos. Este acuífero tiene una recarga autóctona local a partir de la infiltración del agua de lluvia. La infiltración o la recarga ocurre particularmente en las divisorias de aguas superficiales, que son las formas de menor pendiente topográfica. El nivel freático se encuentra a

profundidades de no más de 5 m en cabecera y a 1 m o menos en los sectores próximos al cauce (Sala et al., 1972).

Las Arenas Puelches (Ameghino, 1886; González Bonorino, 1965) o Fm. Puelches (Santa Cruz, 1972) están compuestas por arenas cuarzosas de edad Plio-Pleistoceno. Corresponden a arenas fluviales las cuales tienen un espesor aproximado de 20 m en el área de cuenca superior del Río Samborombón, disminuyendo a cerca de 12 m en el área de desembocadura. Las Arenas Puelches alojan un acuífero semiconfinado separado del suprayacente por un nivel arcilloso que actúa como capa acuitarda. Este nivel arcilloso si bien promedia los 3 m de espesor, se encuentra ausente en algunos sectores próximos a la Llanura Costera (García et al. 2018). Ambos acuíferos (freático y semiconfinado) conforman un acuífero multicapa (Sala et al., 1977). El acuífero semiconfinado recarga indirectamente desde el acuífero freático, siendo la zona de divisorias subterráneas (la cual coincide en el área de estudio con la de divisoria superficial) el área de recarga preferencial. Para la cuenca del Río Samborombón, ambos acuíferos tienen un flujo subterráneo regional de dirección NO-SE con descarga hacia la Bahía Samborombón (Sala et al 1972) (Figura 10). A su vez, el flujo subterráneo más somero descarga localmente en el cauce del río y zonas deprimidas como cubetas de deflación o paleocanales formando lagunas (Borzi, 2018).

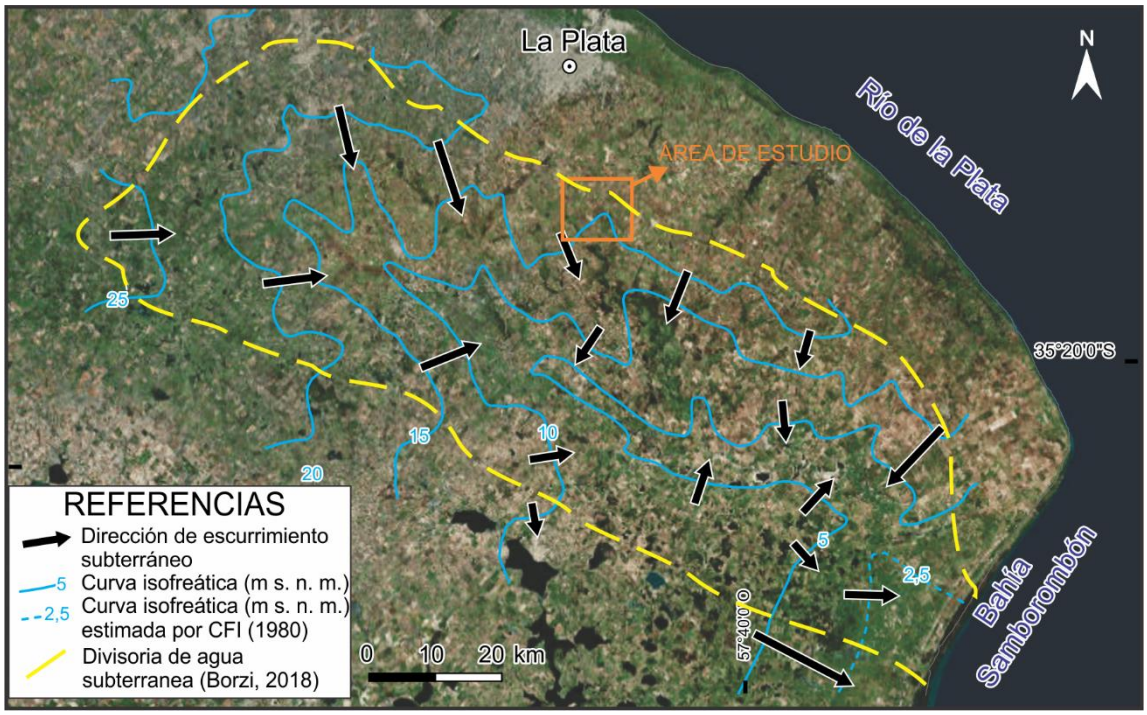


Figura 10 - Mapa isofreático de la cuenca del Río Samborombón

Fuente: modificado de Borzi 2018

Los acuíferos mencionados constituyen, en los sectores de cuenca alta y media del río, la principal fuente de abastecimiento de agua ya que en ellos el agua tiende a ser de baja salinidad (Borzi 2018). Hacia la cuenca baja y en los acuíferos subyacentes el agua es salina no apta para consumo humano (Hernández et al. 1975; Auge y Hernández., 1984).

VI Resultados

VI.1 Del relevamiento hidrogeológico y las amenazas

La ubicación del Feed Lot y distribución y procedencia de las muestras de agua analizadas se muestra en la Figura 11.

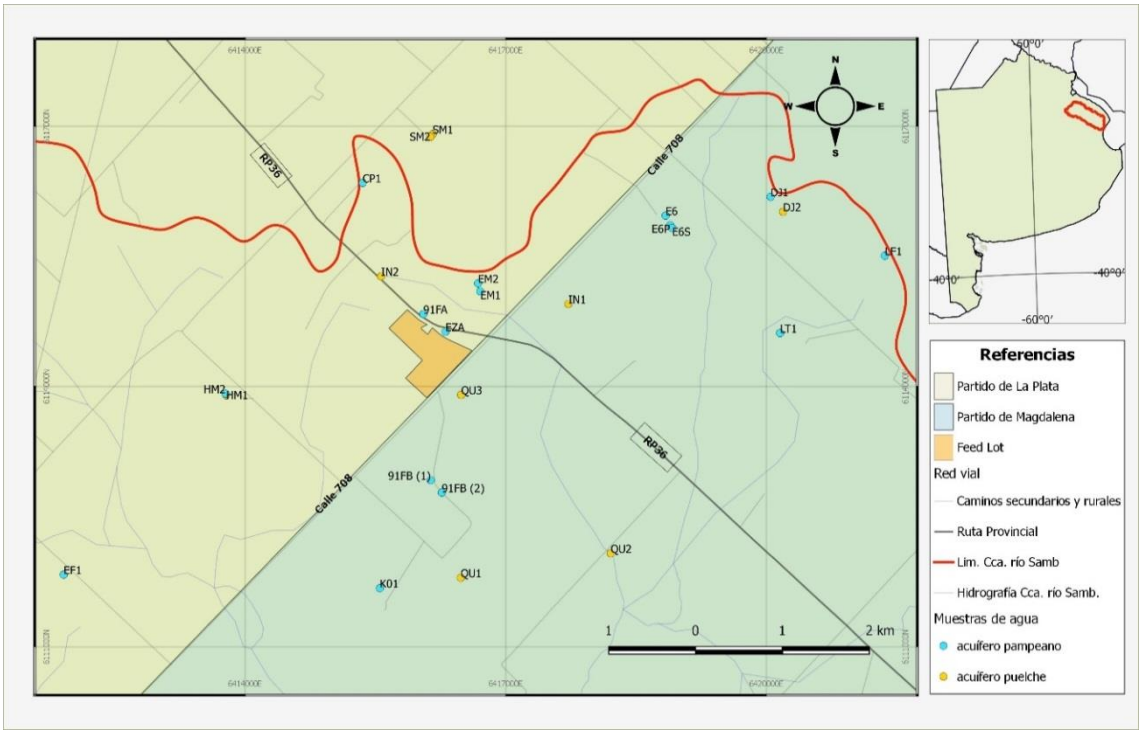


Figura 11 – Ubicación de muestras de agua en el área de estudio.

Fuente: elaboración propia

Las determinaciones in situ de conductividad eléctrica y pH del agua subterránea indican que en el acuífero freático la conductividad eléctrica varía entre 0,59 y 2,05 mS/cm y el pH entre 7,11 y 7,80; mientras que el acuífero semiconfinado la conductividad eléctrica es poco variable con valores medios de 0,67 mS/cm y pH medios de 7,51. Las concentraciones de NO_3^- determinadas varían entre 5,7 mg/L y 223,0 mg/L en el acuífero freático, mientras que en el semiconfinado, varían entre 0,6 mg/L y 28,4 mg/L (Tabla 7).

Sitio	Muestra extraída	Procedencia	Acuífero	Consumo	T°	pH	Cond. eléctrica (ms/cm)	NO_3^- (mg/L)
S1	EZA	Pozo	Pampeano	humano	21,3	7,80	0,951	73,00
S2	QU1	Pozo	Puelche	humano y riego	21,9	7,51	0,719	18,70
S3	QU2	Pozo	Puelche	humano y riego	25,2	7,61	0,538	0,60
S4	QU3	Pozo	Puelche	humano y riego	23,3	7,88	0,654	16,20
S5	91FB (1)	Pozo	Pampeano	humano y animal	22,7	7,61	1,150	142,00
	91FB (2)	Pozo	Pampeano	humano y animal	23,2	7,78	0,805	49,10
S6	K01	Pozo	Pampeano	humano	24	7,23	0,629	12,00
S7	EF1	Pozo	Pampeano	humano	25	7,26	0,665	5,70
S8	HM1	Pozo	Puelche	humano y animal	25	7,50	0,714	7,20
	HM2	Pozo	Pampeano	humano y animal	24	7,60	0,882	52,20
S9	E6P	Pozo	Pampeano	animal	29	7,74	1,545	136,10
	E6S	Pozo	Pampeano	animal	24,6	7,11	2,050	223,00
	E6	Pozo	Pampeano	humano	24	7,69	0,706	11,70
S10	DJ1	Pozo	Pampeano	animal	24	7,48	0,709	13,00
	DJ2	Pozo	Puelche	humano	22	7,90	0,802	21,50
S11	LF1	Pozo	Pampeano	humano y animal	24	7,25	0,703	22,70
S12	LT1	Pozo	Pampeano	animal	24	7,37	0,625	6,10
S13	IN1	Pozo	Puelche	riego	25	7,43	0,503	8,90
S14	91FA	Pozo	Pampeano	humano	26,7	7,32	0,71	20,30
S15	IN2	Pozo	Puelche	riego	25,9	7,38	0,517	4,30
S16	CP1	Pozo	Pampeano	humano y animal	24	7,29	0,599	15,90
S17	SM1	Pozo	Puelche	humano y animal	26,1	7,11	0,941	7,60
	SM2	Pozo	Puelche	humano y animal	22,8	7,33	0,706	28,4
S18	EM1	Pozo	Pampeano	humano	26,8	7,20	0,986	129,20
	EM2	Pozo	Pampeano	animal	23,2	7,28	0,680	37,70

Tabla 7 - Resultados analíticos de muestras de agua

Fuente: elaboración propia

A modo de analizar las variaciones espaciales registradas en el agua subterránea en los acuíferos freáticos y semiconfinado se elaboraron mapas de isoconcentración de nitratos y conductividad eléctrica del agua (Figuras 12 a 17)

Para las muestras del acuífero freático espacialmente se observa que las concentraciones de NO_3^- que exceden el límite de potabilidad del Código Alimentario Argentino (CAA, 2012) se hallan en las proximidades del Feed Lot (Figura 12 y Figura 13), el cual sería una potencial fuente local de contaminación (muestras EZA, HM2, 91FB1 y 91FB2). A partir de este foco, en el mapa se aprecia una disminución de los nitratos en sentido del flujo subterráneo (hacia el SO). Asimismo, se reconocen también otros focos locales de contaminación, tal como se observa en las muestras E6P y E6S (Sitio S9). En este caso se observó durante los relevamientos que estas perforaciones se encontraban cerca de un pozo donde se disponían residuos sólidos de tipo domiciliario y restos en descomposición de animales). La presencia de estos desechos y el mal estado observado en la estructura constructiva del pozo, explicaría las elevadas concentraciones de nitratos registradas en estas perforaciones. En el caso de la muestra EM1 (Sitio S18), la elevada concentración estaría relacionada a que el pozo de abastecimiento de agua se encuentra construido a pocos metros del pozo ciego, pudiendo derivar los nitratos de esta fuente de contaminación.

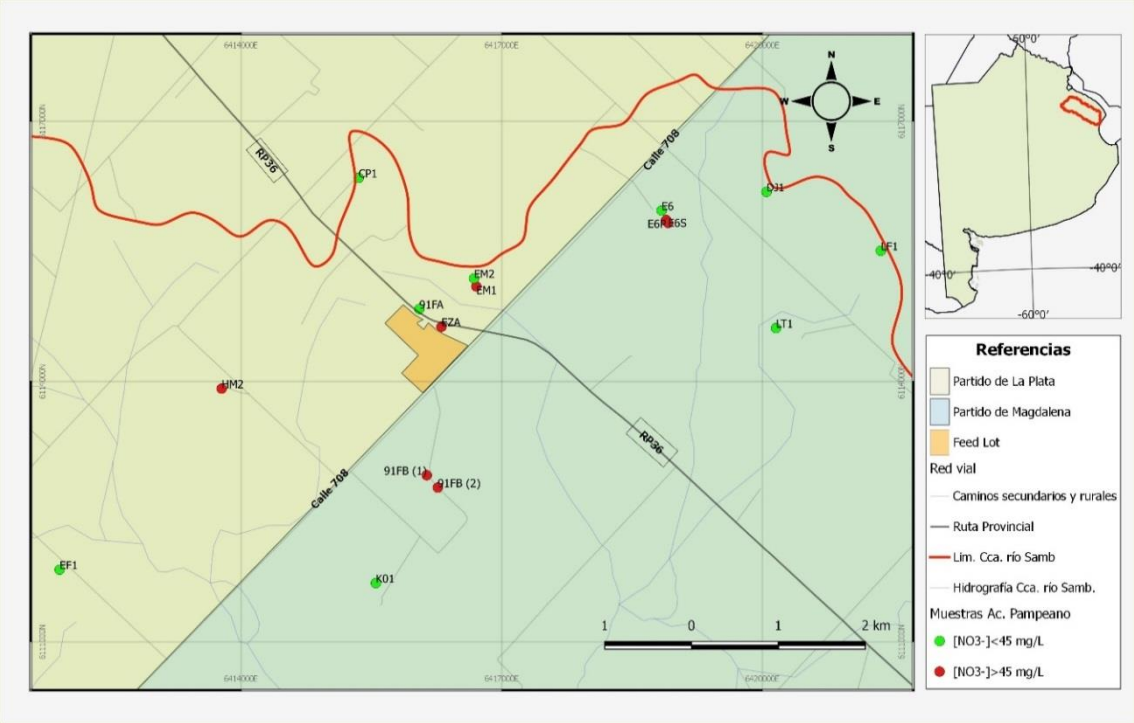


Figura 12 - Ubicación de muestras de agua del acuífero Pampeano

Fuente: elaboración propia

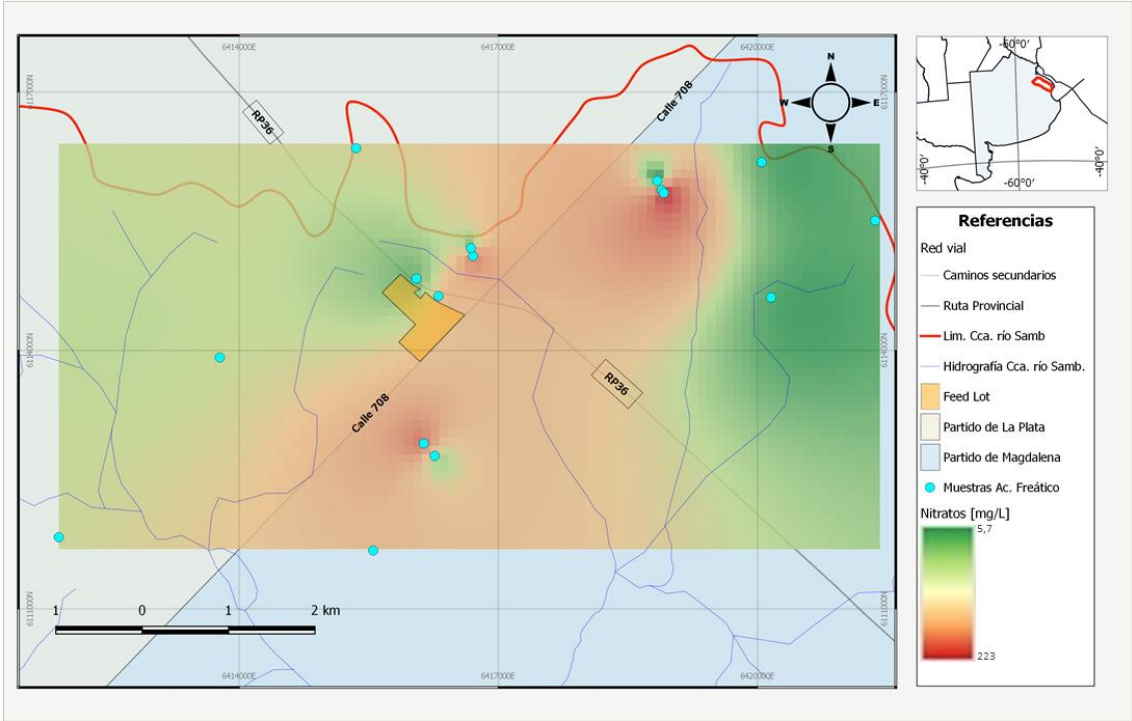


Figura 13 - Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Pampeano

Fuente: Elaboración propia

Respecto de la conductividad eléctrica del agua se aprecia que los mayores valores se relacionan con el foco puntual mencionado para las muestras E6P y E6S. En menor medida también se insinúa un aumento en la conductividad eléctrica en el foco puntual asociado al Feed Lot (Figura 14).

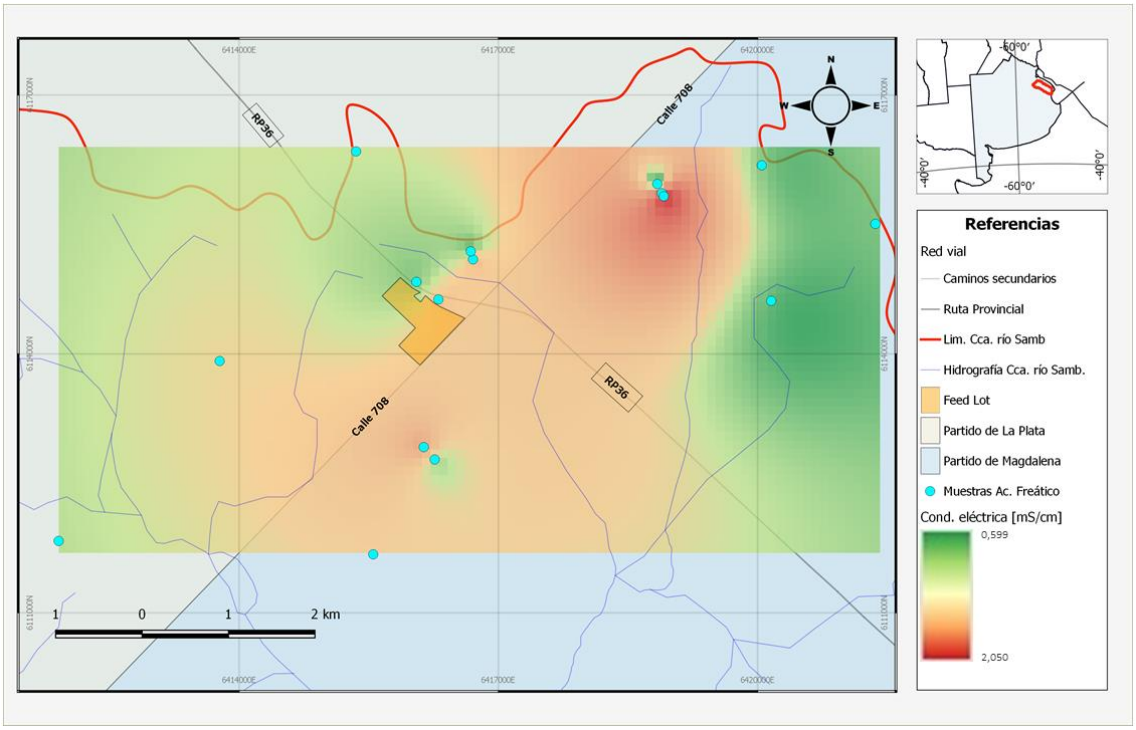


Figura 14 - Mapa de conductividad eléctrica en el acuífero Pampeano

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de las muestras del acuífero semiconfinado se aprecia que las concentraciones de NO_3^- (Figura 15 y Figura 16) no exceden el límite de potabilidad del CAA (2012). Se destaca que en los sitios en los que se extrajeron las muestras QU1, QU2, QU3, IN1 e IN2, los pozos de abastecimiento fueron construidos recientemente (no más de 1 año de antigüedad) y la actividad realizada es de tipo agrícola (quintas e invernaderos) en la que suelen utilizarse fertilizantes. En los sitios en los que se extrajeron muestras de ambos acuíferos se observa que para el caso del sitio S8 la contaminación por nitratos presente en la muestra del acuífero freático (HM1) no afectó al acuífero semiconfinado. En el caso del sitio S10 (muestras DJ1 y DJ2) los resultados analíticos en ambos acuíferos no exceden el límite del CAA.

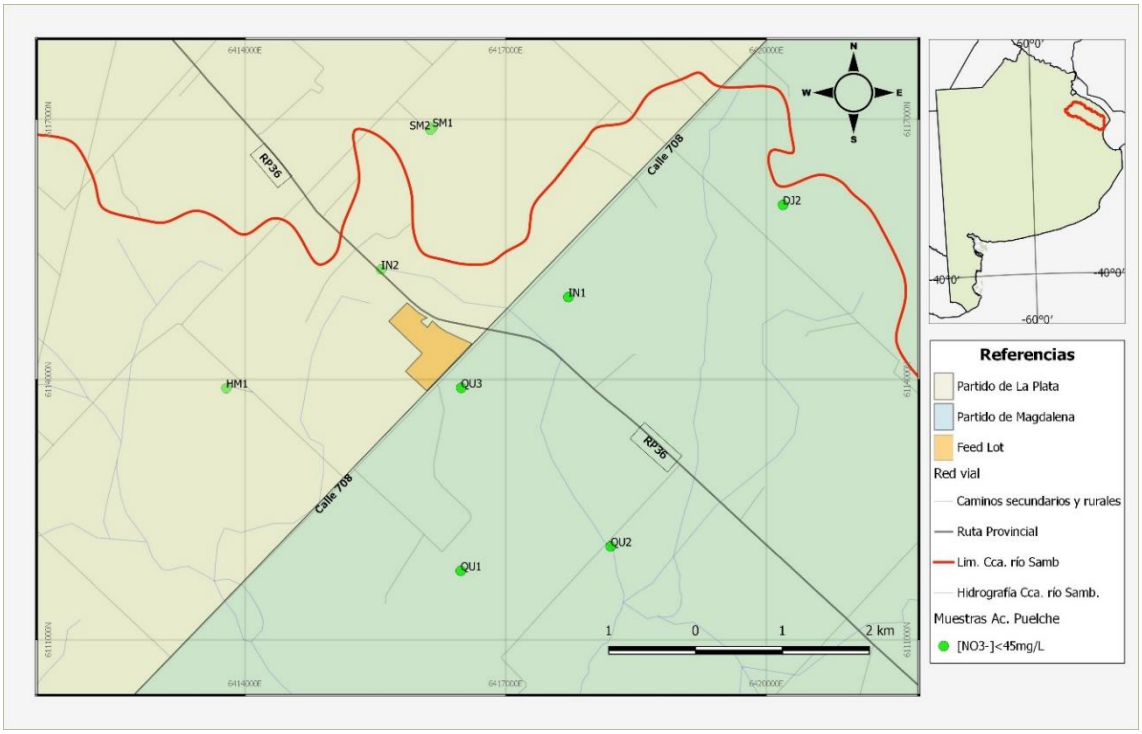


Figura 15 - Ubicación de muestras de agua del acuífero Puelche

Fuente: elaboración propia

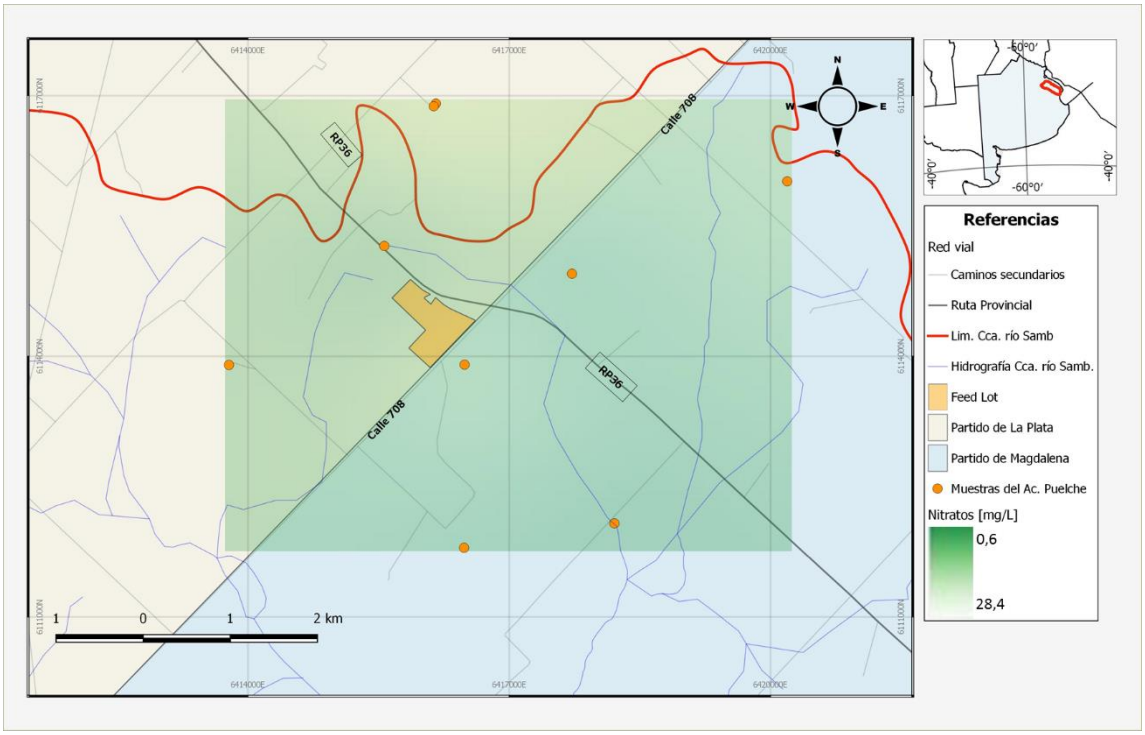


Figura 16 - Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Puelche

Fuente: elaboración propia.

Respecto de la conductividad eléctrica del agua del acuífero semiconfinado, en todos los pozos monitoreados los valores fueron inferiores a 1,0 mS/cm (Figura 17).

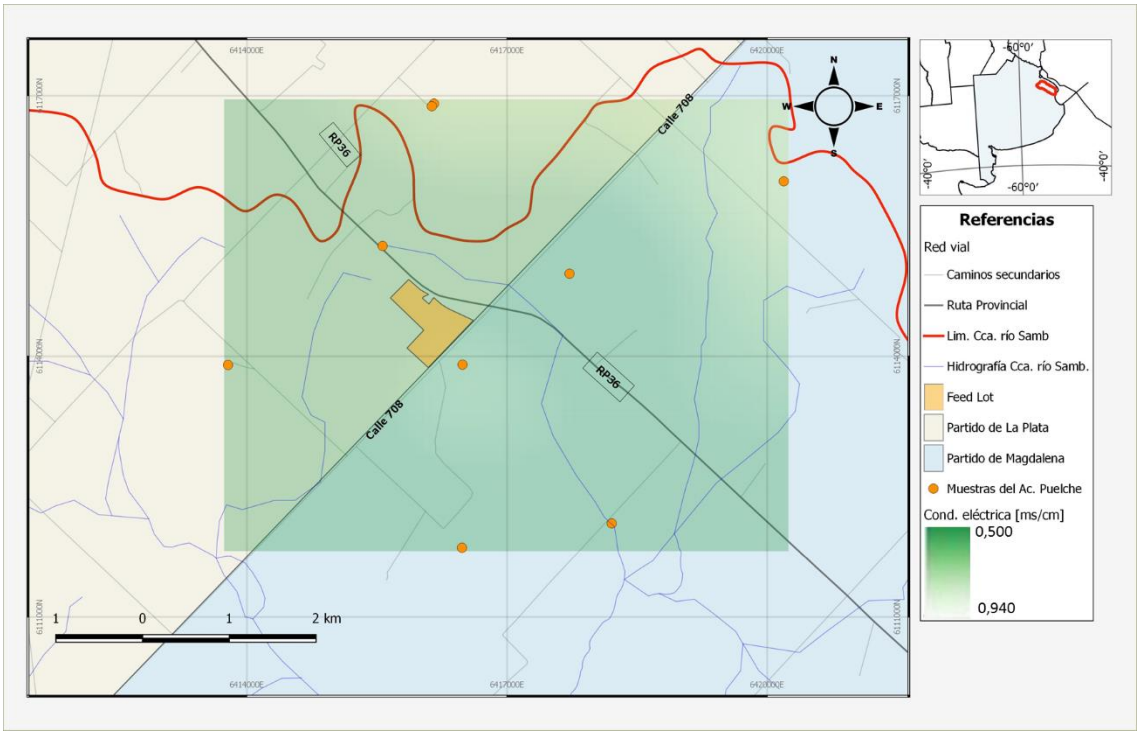


Figura 17 - Mapa de conductividad en el acuífero Puelche

Fuente: elaboración propia.

VI.2 Del relevamiento socio-ambiental y la vulnerabilidad social

Se realizaron entrevistas no estructuradas a los habitantes de 17 de los 18 sitios relevados (Figura 18). En el sitio S12 no se encontraron habitantes pero si acceso al predio para obtener la muestra de agua. En todos los sitios visitados los pobladores viven permanentemente, ilustrándose las características de las viviendas y perforaciones de abastecimiento en las fotografías del Anexo X.1.

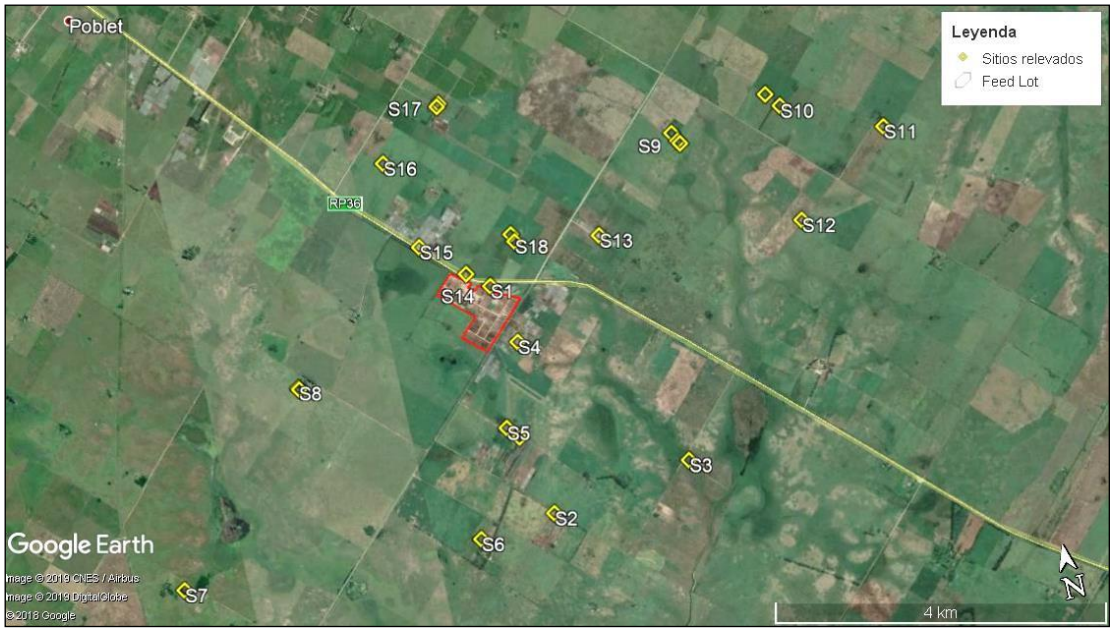


Figura 18 - Ubicación de sitios relevados

Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth©

En el 59% de los sitios (S1, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S14, S16, y S18) el agua consumida proviene de pozos que captan agua subterránea procedente del acuífero freático, mientras que en el 29% de los sitios (S2, S3, S4, S10 y S17) el agua para consumo es extraída del acuífero semiconfinado. En todos estos casos el agua es consumida sin tratamiento previo. En el 12% restante (S13 y S15) el agua para consumo humano es abastecida por camiones "aguateros".

En cuanto a la disposición de excretas en los hogares en todos los sitios la misma se realiza en pozos ciegos. Se recalca que la construcción de los pozos ciegos se realiza generalmente teniendo en cuenta la estructuración de la ubicación de los baños y cañerías en las casas, sin contemplar que su localización debe realizarse preferentemente alejada de los pozos de captación de agua utilizados para abastecimiento.

En cuanto a la percepción del riesgo hídrico asociado al consumo de agua subterránea potencialmente contaminada el 100% de los entrevistados/as, si bien son conscientes que el consumo de agua contaminada puede afectar a la salud, consideran que el agua que utilizan no representa una amenaza para su salud. Se destaca que para aquello/as pobladores de los sitios localizados en las cercanías del Feed Lot (S1, S4, S5, S8, S14, S15 y S18) la presencia del mismo no representa una potencial amenaza a su salud. Solo la persona entrevistada en el Sitio S1, ubicado en las inmediaciones del Feed Lot manifestó interés en conocer los resultados de los análisis químicos de la muestra extraída de su hogar.

En la Figura 19 se puede observar las condiciones habitacionales para los pobladores del S2 y su pozo de abastecimiento, Sitio S3, y del S15. Estos sitios corresponden a Quintas en las que se cultivan hortalizas y extraen el agua subterránea del acuífero Puelche o se abastecen con camiones cisterna.

Figura 19 - Sitios S2, S3 y S15

Fuente: elaboración propia

En la Figura 20 se puede observar las características de los Sitios denominados Establecimientos ganaderos (S5, S8, y S18) y Vivero (S6) y los pozos, molinos y tanques de almacenamiento que utilizan para acceder al agua, ya sea del acuífero freático como del semiconfinado.

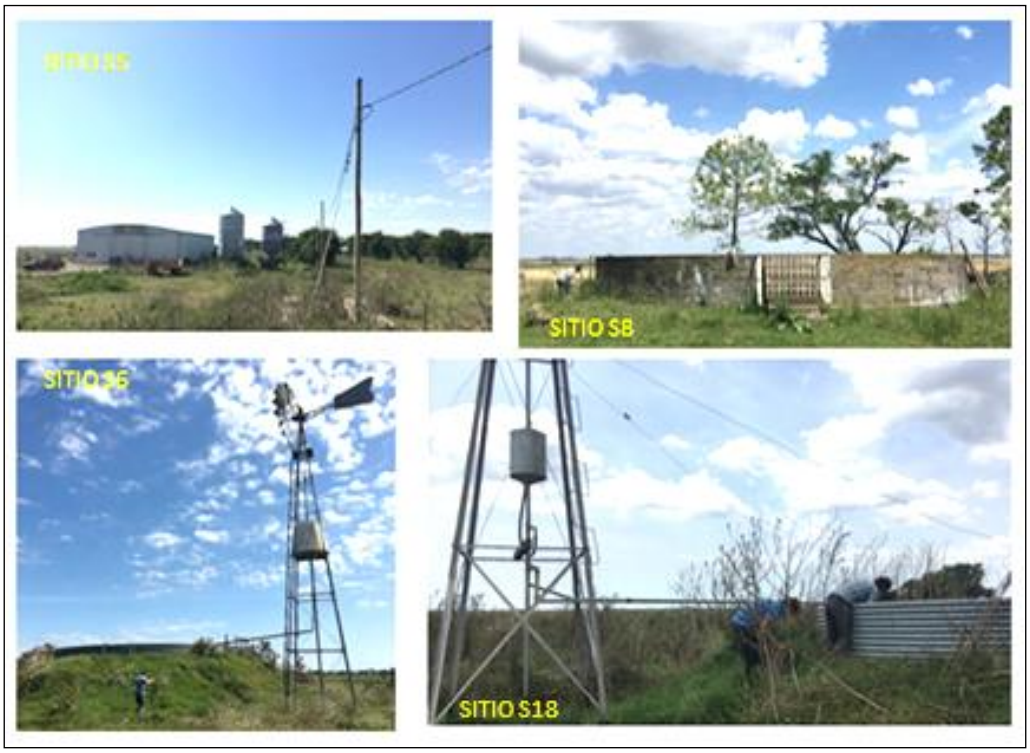


Figura 20 - Sitios S5, S6, S8 y S18

Fuente: elaboración propia

En la Figura 21 se puede observar las viviendas particulares que se encuentran en las inmediaciones del Feed Lot.

Figura 21 - Sitios S1 y S14

Fuente: elaboración propia

Complementariamente, y a modo de lograr una comparación entre los radios censales del área, se analizó la información, en términos porcentuales y a nivel de detalle de radio censal, del Censo de Hogar, Población y Vivienda del 2010 (INDEC, 2014), para establecer el indicador de Vulnerabilidad Social (Páez Campos y Dornes, 2017). La información utilizada para los cálculos es la que se presenta en las Tabla 4, 5 y 6.

En función de la cantidad de datos disponibles, y de los valores de los Índices calculados, a partir del uso del método de rupturas naturales (Jenks, 1977) en el software QGIS v2.18, los índices se clasificaron en tres clases (1, 2 y 3) (Tabla 8):

Radio Censal	Índice Densidad poblacional (dp)	Clase Índice VSdp	Índice VSrh	Clase Índice VSrh	Índice VSde	Clase Índice Vsde	Índice VS	Clase Índice VS
064416701	5,2	3	364	3	273	3	9,00	3
064416702	1,5	2	126	2	110	2	6,00	2
065050207	2	2	39	1	19	1	4,00	1
065050101	0,8	1	81	1	49	2	4,00	1

Tabla 8 - Índice de Vulnerabilidad social por radio censal

Fuente: elaboración propia a partir de INDEC, 2014.

Para el área de estudio el radio censal con mayor índice de Vulnerabilidad Social es el 064416701, debido principalmente a la mayor densidad poblacional y cantidad de hogares en el mismo. Este radio además, según los datos del INDEC, posee el mayor porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas NBI (23%) de los radios analizados. El radio 064416702 posee un valor intermedio de VS y los radios 065050207 y 065050101 presentan la menor VS del área de estudio. Sin embargo nótese que en el radio censal 065050101 es donde se registraron los mayores contenidos de nitratos, convirtiendo a esta zona como la más vulnerable. Estas discrepancias entre los índices de VS y los resultados obtenidos a partir del monitoreo de la calidad del agua se deben a que en el cálculo del índice de VS sólo se contempla la presencia de pozos sépticos, y no así la de otras fuentes de contaminación como lo es la presencia del Feed Lot. Esto marca claramente

la importancia del monitoreo de agua para el análisis de la vulnerabilidad social y riesgo hídrico.

VII Conclusiones

Luego de la investigación realizada y del análisis de los resultados se responde a los objetivos e hipótesis planteados.

Conocer y evaluar la calidad fisicoquímica del agua subterránea, particularmente su contenido de nitratos, en los alrededores de un establecimiento de ganadería intensiva (Feed Lot) ubicado en la cuenca alta del Río Samborombón.

Se verificó que el recurso subterráneo se encuentra afectado en su calidad. A partir de la interpretación de las concentraciones de NO_3^- y de la ubicación de los pozos y molinos muestreados se puede concluir que en el área de estudio existen focos locales de contaminación por NO_3^-, que generan excedencias al límite de potabilidad del Código Alimentario Argentino (CAA, 2012) y que afectan al acuífero freático, principal fuente de agua de consumo de la población de la zona.

Dentro del área de estudio se reconocieron tres sectores afectados por contaminación de nitratos. El Feed Lot constituye una de las fuentes de nitratos que afectan la calidad del agua. Se observa que las concentraciones de NO_3^- por encima del límite de 45 mg/L se hallan en las proximidades del Feed Lot (Sitio S1 - muestra EZA; Sitio S8 – muestra HM2; Sitio S5 - muestras 91FB1 y 91FB2). Cabe aclarar que en estos sitios no se detectó la presencia de otras fuentes locales de contaminación desde este foco de contaminación se aprecia una disminución de los valores de NO_3^- hacía el SO en coincidencia con el sentido del flujo subterráneo regional, lo que podría indicar la migración de nitratos con el agua subterránea apoyada por su comportamiento conservativo.

Hacía el NE del Feed Lot las otras fuentes de NO_3^- están asociadas a la acumulación de residuos orgánicos asociados a la presencia de pequeños corrales o comederos (Sitio S9), y a la disposición de excretas en pozos ciegos (Sitio S18), en las inmediaciones de los pozos y molinos muestreados. Estos pozos de abastecimiento pueden contaminarse fácilmente por el aporte local si tienen algún defecto de construcción o se encuentran en mal estado de conservación.

De los valores obtenidos también se concluye que la contaminación presente en el acuífero freático no alcanzó a afectar al acuífero semiconfinado, siendo este una fuente de mejor calidad para el abastecimiento poblacional que el acuífero freático.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la degradación puntual del recurso subterráneo en el ámbito local y, además, han resultado indicadores sencillos para conocer la calidad del agua.

Analizar la vulnerabilidad social de la población del área y las amenazas vinculadas al riesgo hídrico presentes en el área de estudio.

Se detectó una amenaza de tipo antrópico que genera la contaminación del recurso hídrico subterráneo con NO_3^- y su degradación. Las acciones que generan está amenaza se relacionan con dos motivos principales.

El primero se asocia a la actividad de la población residente en el área de estudio. La zona no cuenta con abastecimiento del servicio de agua corriente y el recurso proviene de pozos y molinos particulares, en los cuales se han detectado por un lado deficiencias constructivas y en la protección sanitaria de las captaciones, y por otro lado la presencia de acumulaciones de residuos en las inmediaciones de los mismos. Al mismo tiempo la disposición de efluentes domiciliarios se realiza *in situ* a través de pozos absorbentes. Esta situación ocasiona la contaminación química del recurso hídrico utilizado para su consumo. Otro de los motivos que genera la contaminación del recurso hídrico subterráneo se asocia a la actividad del Feed Lot y las falencias en la gestión ambiental del mismo, principalmente en lo que respecta al manejo de efluentes líquidos y estiércol.

En cuanto a las condiciones de vulnerabilidad se identificó una vulnerabilidad de tipo socioeconómica. Esta se debe a la falta de acceso a servicios básicos, como es el agua potable de red; donde en la mayoría de los casos se consume agua de mala calidad del acuífero freático. También a la falta de un sistema cloacal adecuado; haciendo que se haga uso de pozos ciegos; y finalmente a la incapacidad de la población de la zona para responder y/o adaptarse a los impactos negativos de la amenaza planteada. Esta vulnerabilidad se intensifica por la incertidumbre de la población sobre la existencia de una amenaza.

A partir de la cuantificación de la amenaza determinada, concentración del ión NO_3^-, y de la descripción de las condiciones de vulnerabilidad de la población, así como su percepción sobre la existencia de una amenaza, se concluye que para el área de estudio se configura un riesgo para la población, en este caso hídrico.

Por lo tanto se puede confirmar la hipótesis planteada: *La actividad del Feed Lot ubicado en la cuenca alta del Río Samborombón genera la contaminación con nitratos del recurso hídrico subterráneo en los alrededores del mismo, incorporando una amenaza de origen antrópico a la población vulnerable de la zona y la aparición de un riesgo, en este caso hídrico.*

VIII Consideraciones finales

Se destaca la importancia de un diagnóstico como el aquí presentado que, con información cuali-cuantitativa e indicadores sencillos, da cuenta de la problemática hídrica.

Sin embargo este estudio no abarca la totalidad de los aspectos ambientales vinculados a los recursos hídricos, por lo que se pone de manifiesto la necesidad de continuar trabajando en el abordaje sistémico de las aguas subterráneas en los alrededores del Feed Lot. De esta manera resulta necesario efectuar un monitoreo más exhaustivo de los pozos de explotación de agua subterránea en los alrededores del Feed Lot. Asimismo, es fundamental el conocimiento de las características constructivas de los pozos y además de nitratos es importante realizar análisis químicos de elementos mayoritarios, minoritarios, y bacteriológicos (bacterias: aeróbicas mesófilas, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*). Para la interpretación espacial de estos datos así como para el análisis del riesgo hídrico, se destaca la importancia del uso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG). Estos permiten sintetizar la información relevada y generada, en capas o mapas temáticos, los cuales son de gran utilidad para la planificación y gestión de los recursos con base en el territorio.

Debido a que el consumo de agua con elevadas concentraciones de nitratos representa un riesgo para la salud, resulta de importancia plantear medidas que garanticen el abastecimiento de agua de buena calidad. Dentro de las opciones de tratamiento, los nitratos pueden eliminarse por intercambio iónico o

desnitrificación microbiana. Ambos métodos son costosos y requieren una operación en continuo. El sistema de intercambio iónico es eficiente, pero genera un efluente concentrado de salmuera que exige un tratamiento posterior y un vertido controlado. Asimismo, la ósmosis inversa es una tecnología de purificación de agua mediante la cual se logra un elevado porcentaje de retención de contaminantes, disueltos y no disueltos. Una estrategia de gestión sencilla y menos costosa sería que en aquellos hogares en los que se identificaron niveles de nitratos superiores a 45 mg/L se suministre agua segura para consumo, sea embotellada o trasportada en camiones cisterna. Hervir el agua afectada antes de consumirla no sirve para su eliminación.

Para lograr la concientización de la población local sobre la problemática estudiada, se requiere la realización de tareas de educación ambiental y la capacitación específica sobre el manejo del agua. La modalidad puede ser en forma de charlas y talleres en todos los niveles educativos y para la comunidad en general; en visitas a los hogares por agentes provinciales de las autoridades de aplicación (la Autoridad del Agua, ADA, y el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, OPDS); difusión en medios de comunicación, etc. y sobre temas como saneamiento y desinfección de tanques y cañerías; enfermedades hídricas; manejo de residuos sólidos; medidas estructurales relacionadas al almacenamiento y distribución de agua así como a la construcción de perforaciones y pozos absorbentes; importancia de la participación ciudadana en la toma de decisiones; entre otras.

La gestión integrada del recurso hídrico debe basarse sobre la participación efectiva de todas las partes involucradas en la cuenca, es decir al gobierno (nacional, provincial y municipal), a las comunidades locales y a las empresas radicadas en ella, siendo el Estado el principal impulsor. La representación de todos los actores se ve reflejada en la composición de los organismos de cuenca, en donde las funciones y responsabilidades están claramente establecidas. El comité de la Cuenca Hídrica del Río Samborombón fue creado en 2002 y está integrado por los autoridades de los Municipios que comprenden a la cuenca. Si bien inicialmente se efectuaban reuniones periódicas en los últimos años estas fueron interrumpidas, presentando hoy en día un funcionamiento irregular.

IX Bibliografía

Ameghino, F. (1886). Las secas y las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no de desagüe. La Plata: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, 2da edición, p66.

Auge, M. (2005). Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino* (pág. 19). La Plata: Universidad de La Plata. Asociación Geológica Argentina.

Auge, M. (2008). *Agua subterránea, deterioro de calidad y reserva.* Buenos Aires: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA).

Auge, M., Hernández, M. (1984). Características geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la llanura bonaerense. Su implicancia en el ciclo hidrológico de llanuras dilatadas. *Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras*, 1021 - 1042.

Borzi, G., Desbois, M., Coralie, D., Santucci, L., Carol, E. (2017). Influencia de la ganadería intensiva en la calidad química del agua subterránea en un sector de la cuenca del río Samborombón. *IV Congreso bianual PRODECA.* Bahía Blanca.

Borzi, G. (2018). *Influencia de la actividad antrópica en la geohidrología de la cuenca del río Samborombón.* La Plata: Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP).

Canter, L. W. (2019). Nitrates in groundwater. University of Oklahoma Routledge. pp 263.

Cardona, O. D. (1993). EVALUACIÓN DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO: Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo. En R. d. Latina, & A. Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales.* Obtenido de http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf

Cavallotto, J. (1995). Evolución geomorfológica de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, La Plata. http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20120126000289

Código Alimentario Argentino (CAA) (2012). Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. Artículos: 982 al 1079- Actualizado al 10/2012.

Ferrari, M. P. (2017). Configuraciones del riesgo y percepción social. Los asentamientos La Lomita y Alta Tensión, Puerto Madryn, Chubut. *Geograficando, 13*(2), e024.

Fidalgo, F., & Martínez, O. (1983). Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Revista Asociación Geológica Argentina, 38(2), 263-279.

Frenguelli, J. (1956). Rasgos generales de la hidrografía de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, La Plata, Ser. II, 62 2-19.

Fucks, E.; Pisano, M. F.; Huarte, R. A.; Di Lello, C. V.; Mari, F.; Carbonari, J. E. (2015). Stratigraphy of the fluvial deposits of the Salado river basin, Buenos Aires Province: Lithology, chronology and paleoclimate. Journal of South American Earth Sciences, 60 129-139.

Fucks, E.; Amico, G. D.; Pisano, M. F.; Nuccetelli, G. (2017).Evolución geomorfológica del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos. Revista Asociación Geológica Argentina, 74 (2) 141-154

Gallopín, G. (1981). *The abstract concept of environment.* In. J. General Systems.

Gallopín, G., Funtowicz, S., O'Connor, M., Ravetz, J. (2001). Una ciencia para el siglo XXI: del contrato social al núcleo científico. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 168: 47-62. Obtenido de http://portal.unesco.org/shs/en/files/3804/10753802881fulltext168spa.pdf /fulltext168spa.pdf

García, A. R. (2012). Field-scale evaluation of water fluxes and manure solution leaching in feedlot pen soils. *Journal of Environmental Quality*, 1591–1599.

Gerla, P., Gbolo, P. (2018). Fate and consequence of nutrients at an abandoned feedlot, Glacial Ridge National Wildlife Refuge, Minnesota, USA. Elem Sci Anth, 6(1).

Gilberston, C. B., McCalla, T. M., Ellis, J. R., Cross, O. E., Woods, W. R. (1971). Runoff, Solid Wastes, and Nitrate Movement on Beef Feedlots. Water

Environment Federation, 43(3), 483 - 493. Obtenido de: https://www.jstor.org/stable/25036920

Gomez, L. C. (2016). *Riesgo hídrico poblacional en relación a las inundaciones y la calidad del agua superficial de la cuenca del Arroyo Claro en el Municipio de Malvinas Argentinas, Buenos Aires.* Universidad Nacional de General Sarmiento.

Gomez Orea, D. (1997), Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental, Mundi Prensa y Editorial Agrícola Española, Madrid.

González Bonorino, F. (1965). Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la Ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico.

GWP - Global Water Partnership. (2000). Manejo Integrado de Recursos Hídricos. *TAC Background Papers Nº 4*. Obtenido de http://www.gwpforum.org/gwp/library/TACNO4.PDF

Hernández, M.; Fili, M.; Auge, M. P.; Ceci, J. H. (1975). Geohidrología de los acuíferos profundos de la Provincia de Buenos Aires. Actas VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca, 479-499.

Herrero, A. C. (2006). *Desarrollo metodológico para el análisis del riesgo hídrico poblacional humano en cuencas periurbanas. Caso de estudio: Arroyo Las Catonas, Región Metropolitana de Buenos Aires.* Tesis doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires., Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires. Obtenido de http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Tcarolina.html#4.2.c

Herrero, A. C. (2012). Problemas ambientales urbanos. En M. Di Pace, M. Alsina, A. Barsky, T. Calello, H. Caride Bartrons, A. Crojethovich,. . . F. Zuberman, *Ecología Urbana* (pág. 376). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

Instituto de Geomorfología y Suelos. (2006). *ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PARTIDO DE LA PLATA. Aportes al ordenamiento territorial.* UNLP. La Plata: Consejo Federal de Inversiones.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.* Instituto Nacional de Estadísticas y

Censos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Obtenido de https://redatam.indec.gob.ar/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?

INTA. (1972). Carta de suelos de la República Argentina - Series de Suelos. *Carta 3557-20-1 - Ignacio Correas*. Castelar, Buenos Aires. Obtenido de visor.geointa.inta.gob.ar/?p=812

Kim, H. R., Yu, S., Oh, J., Kim, K. H., Lee, J. H., Moniruzzaman, M., ... & Yun, S. T. (2019). Nitrate contamination and subsequent hydrogeochemical processes of shallow groundwater in agro-livestock farming districts in South Korea. Agriculture, ecosystems & environment, 273, 50-61.

Kruse, E., Laurencena, P. V. (2005). Modificaciones del ciclo hidrológico en un área del NE de la Provincia de Buenos Aires. (I. G. España, Ed.) *Serie Hidrogeología y aguas subterráneas*, 131-139.

Lacabana, P. (2016). Introducción a los SIG. Clase 1. Seminario SIG. Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable. UNQ.

Laurencena, P., Varela, L., Kruse, E., Deluchi, M., Rojo, A. (2001). VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN EL AGUA. *Las caras del agua subterránea - Simposium geoquímica y aguas subterráneas.* Barcelona. Obtenido de http://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/3380

Laurencena, P., Deluchi, M., Rojo, A., Carol, E., Kruse, E., Bazán, J. M., . . . Cariello, J. (2011). Evolución química del agua subterránea en el sureste de La Plata (Provincia de Buenos Aires). PRODECA.

Lavell, A. (1996). *Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación.* Peru: La Red.

Ley 12257 (1999). Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires. Obtenido de http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-12257.html

Ley 14867 (2016). Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires. La Plata. 30 de Noviembre de 2016. Obtenido de https://intranet.hcdiputados-ba.gov.ar/refleg/lw14867.pdf

Maulé, C., Fonstad, T. (2000). Impacts of cattle penning on groundwater quality beneath feedlots. Canadian Agricultural Engineering (42), 87-93.

Mas-Pla, J., & Menció, A. (2019). Groundwater nitrate pollution and climate change: learnings from a water balance-based analysis of several aquifers in a western Mediterranean region (Catalonia). Environmental Science and Pollution Research, 26(3), 2184-2202.

Oh, J., Kim, H. R., Kim, H. K., Park, S. H., Kim, M. S., & Yun, S. T. (2018, December). Assessment of groundwater nitrate contamination using Bayesian isotope mixture model: a study from rural areas of South Korea. In AGU Fall Meeting Abstracts.

Ordenanza 10015. (2005). Concejo Deliberante de La Plata. La Plata. 9 de Noviembre de 2005. Obtenido de http://www.concejodeliberante.laplata.gov.ar/digesto/or10500/or10015.asp?ver=&resol=

Páez Campos, H. R., Dornes, P. (2017). Riesgo hídrico poblacional ante la contaminación de aguas subterráneas y superficiales por disposición local de efluentes cloacales, en Misiones. *IX Congreso Argentino de Hidrogeología.* Catamarca.

Perdomo, C. H., Casanova, O. N., Ciganda, V. S. (2000). Contaminación de aguas subterráneas con nitratos coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. AGROCIENCIA, 10-22.

Pordomingo, A. (2003). Gestión ambiental en el feedlot. *Guía de buenas prácticas*. La Pampa: INTA Anguil.

Reddy, K. R. (1984). Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 273-309.

Robert, S., Santangelo, F., Albornoz, I., Dana, G. (2009). Estructura del feedlot en argentina-nivel de asociación entre la producción bovina a corral y los titulares de faena.

Sahoo, P. K., Kim, K., & Powell, M. A. (2016). Managing groundwater nitrate contamination from livestock farms: implication for nitrate management guidelines. Current Pollution Reports, 2(3), 178-187.

Sala, J., Ricoy, J., Ceci, J., Hernández, M., Mandel, J., Auge, M., y otros. (1972). *Contribución al conocimiento geohidrológico de la margen izquierda del Río Samborombón.* La Plata: EASNE Convenio CFI PBA.

Sala, J. M., González, N., Hernández, M. A. (1977). Efectos de una barrera hidráulica natural en las aguas subterráneas del litoral de la Bahía de Samborombón. Obra del Centenario del Museo de La Plata, Tomo IV 153-166. La Plata.

Santa Cruz, J. N. (1972). Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 27(1) 5-62.

Suaréz, F., Calello, T. (2012). Ecología y Sociedad. En M. Di Pace, M. Alsina, A. Barsky, T. Calello, H. Caride Bartrons, A. Crojethovich, y otros, *Ecología Urbana* (págs. 155 - 182). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento

Trovatto, M. M., Álvarez, M., Solero, C., Hernández, M. A., González, N. (2010). Aplicación de criterios hidrogeológicos en la definición de un sitio de disposición final, Provincia De Buenos Aires. Argentina. *Congreso ALHSUD.* Caracas.

Trovatto, M. M., Álvarez, P., Cipponeri, M., Salvioli, M. C. (2015). Impacto antrópico sobre el recurso hídrico en cuencas del NE de la Provincia de Buenos Aires. *XXV Congreso Nacional del Agua.* Entre Ríos.

USDA. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. Obtenido de: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/class/taxonomy/

Ursino, S. (2012). Representaciones sociales, contaminación Ambiental y barrios periféricos. *VII Congreso de Medio Ambiente*. La Plata, Argentina.

USEPA. (1995). Drinking water regulations and health advisors. Obtenido de www.usepa.gov

Veizaga, E. A. (2015). *Estudio de la dinámica del nitrato en el suelo proveniente de la actividad ganadera intensiva.* Santa Fe: Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas - UNL.

Viglizzo E, F. F. (2010). Evaluación ecológica: ejemplo de estudio en las pampas de Argentina. *Revista de la Cátedra Unesco sobre Desarrollo Sostenible de la UPV/EHU, 4*, 79.

Williams, J., Cross, B. C. R. Hodgkinson, R. (2004) Nitrogen losses in drainage water following pig slurry applications to an arable clay soil, Controlling Nitrogen Flows and Losses, p. 463.

Wilches Chaux, G. (1988). *La vulnerabilidad Global.* Bogotá: La Red, Tercer Mundo Editores.

X Anexos

X.1 Sitios Relevados

Sitio S1

Sitio S2

Sitio S3

Sitio S4

Sitio S5

Sitio S6

Sitio S8 (HM1 y HM2)

Sitio S9 (E6P)

Sitio S9 (E6S)

Sitio S9 (E6)

Sitio S10 (DJ1)

Sitio S10 (DJ2)

Sitio S11

Sitio S12

Sitio S14

Sitio S15

Sitio S16

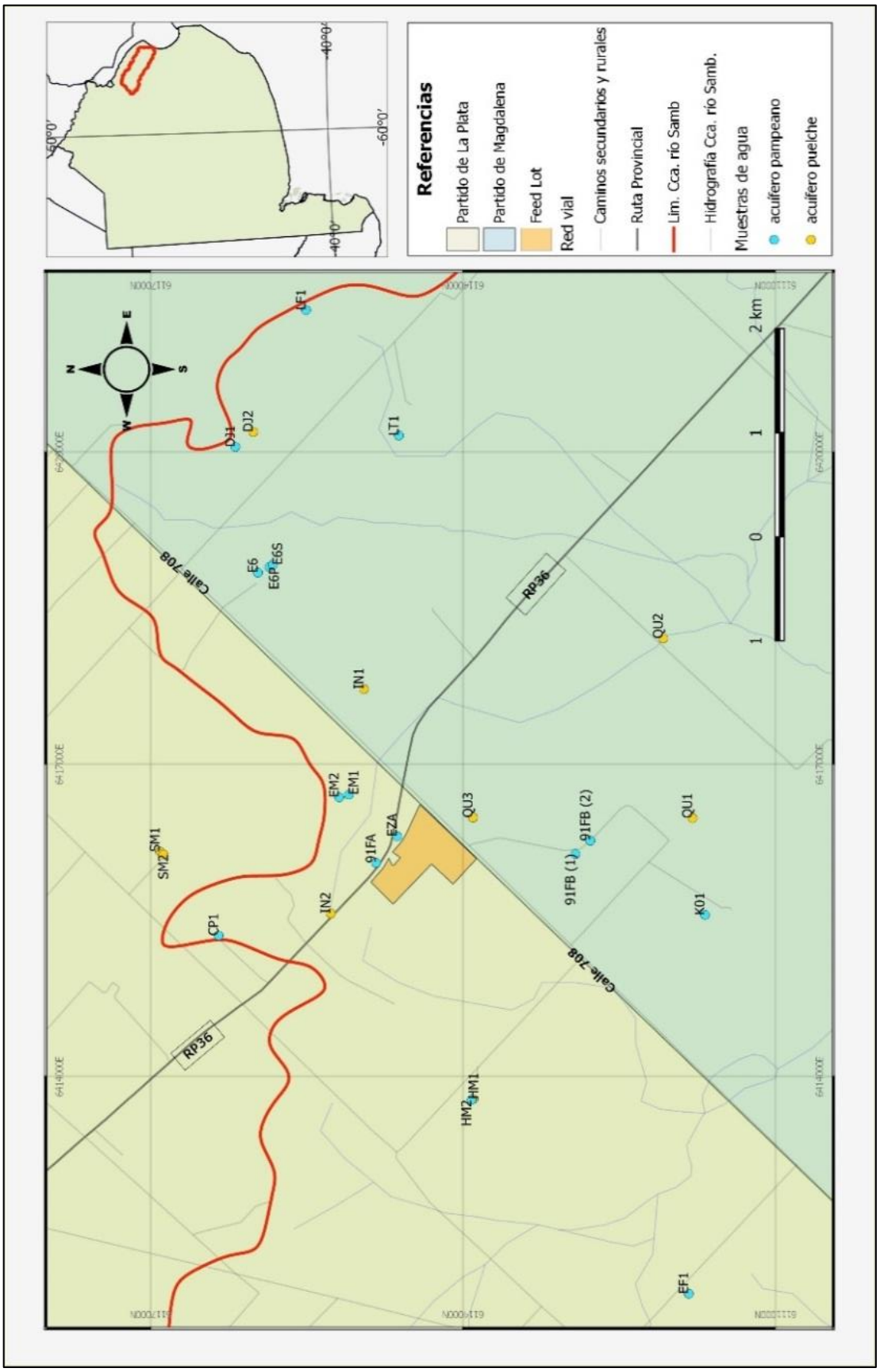
Sitio S17

Sitio S18 (EM1)

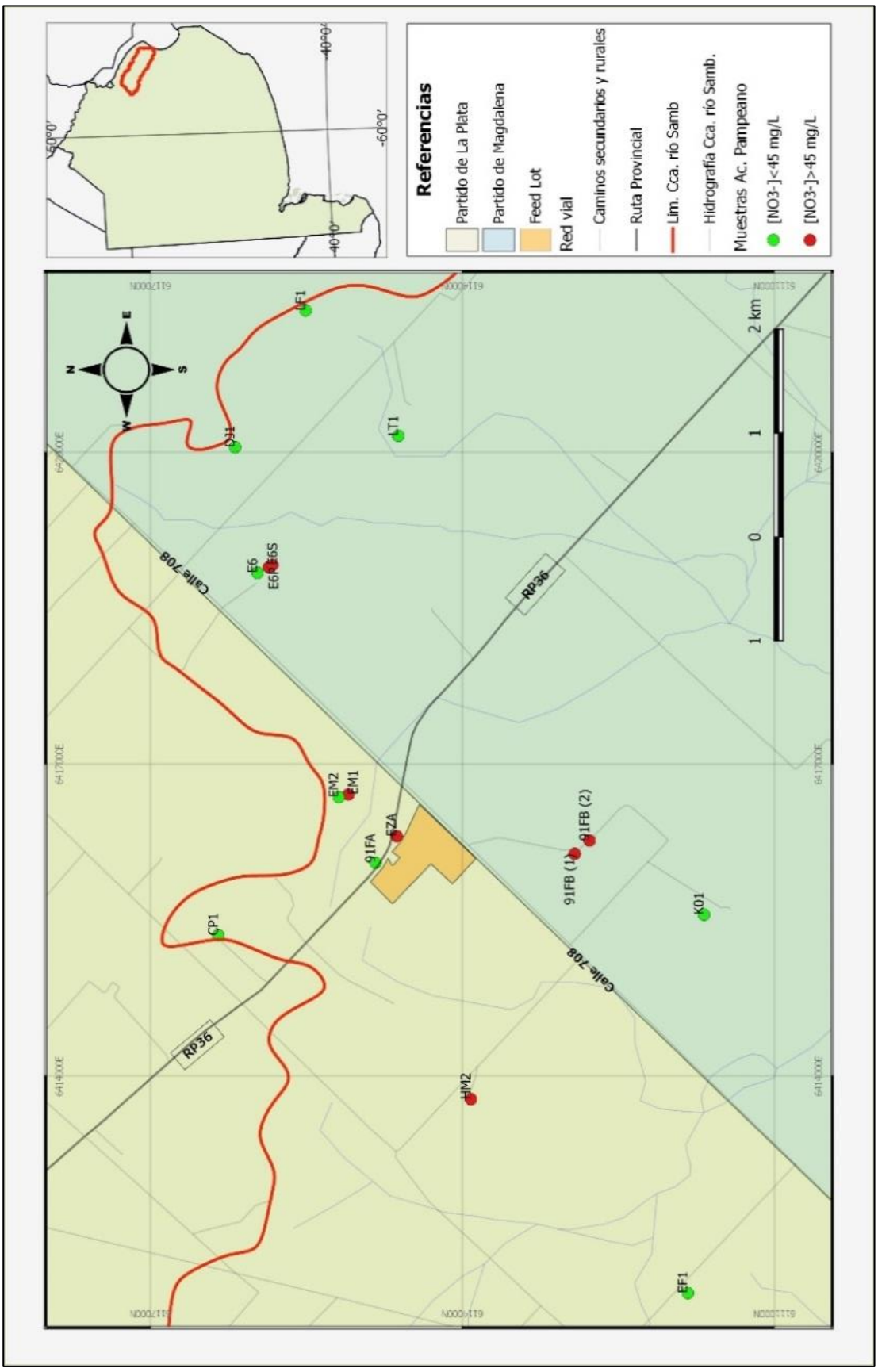
Sitio S18 (EM2)

X.2 Mapas

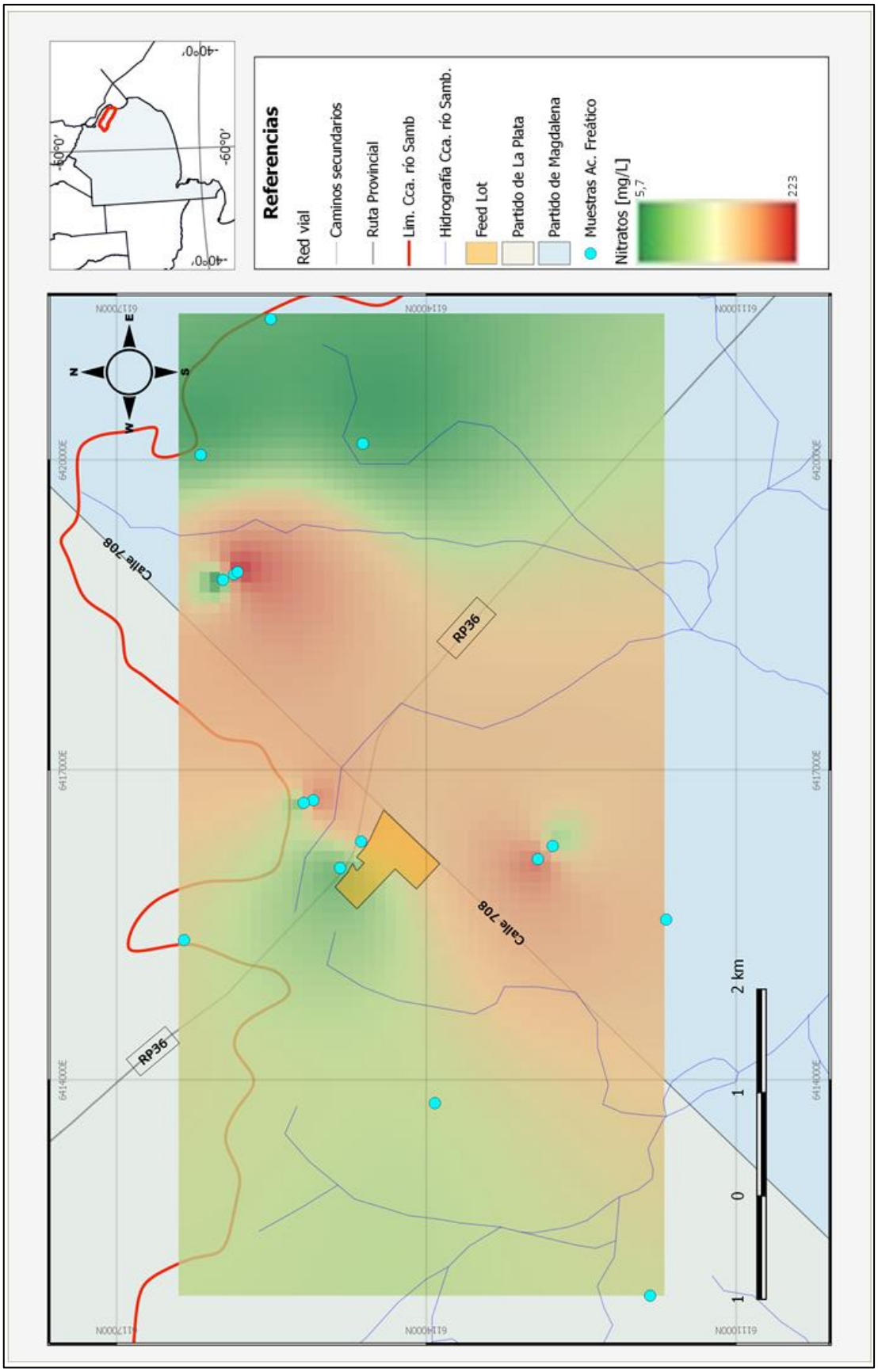
1. Ubicación de muestras de agua en el área de estudio.



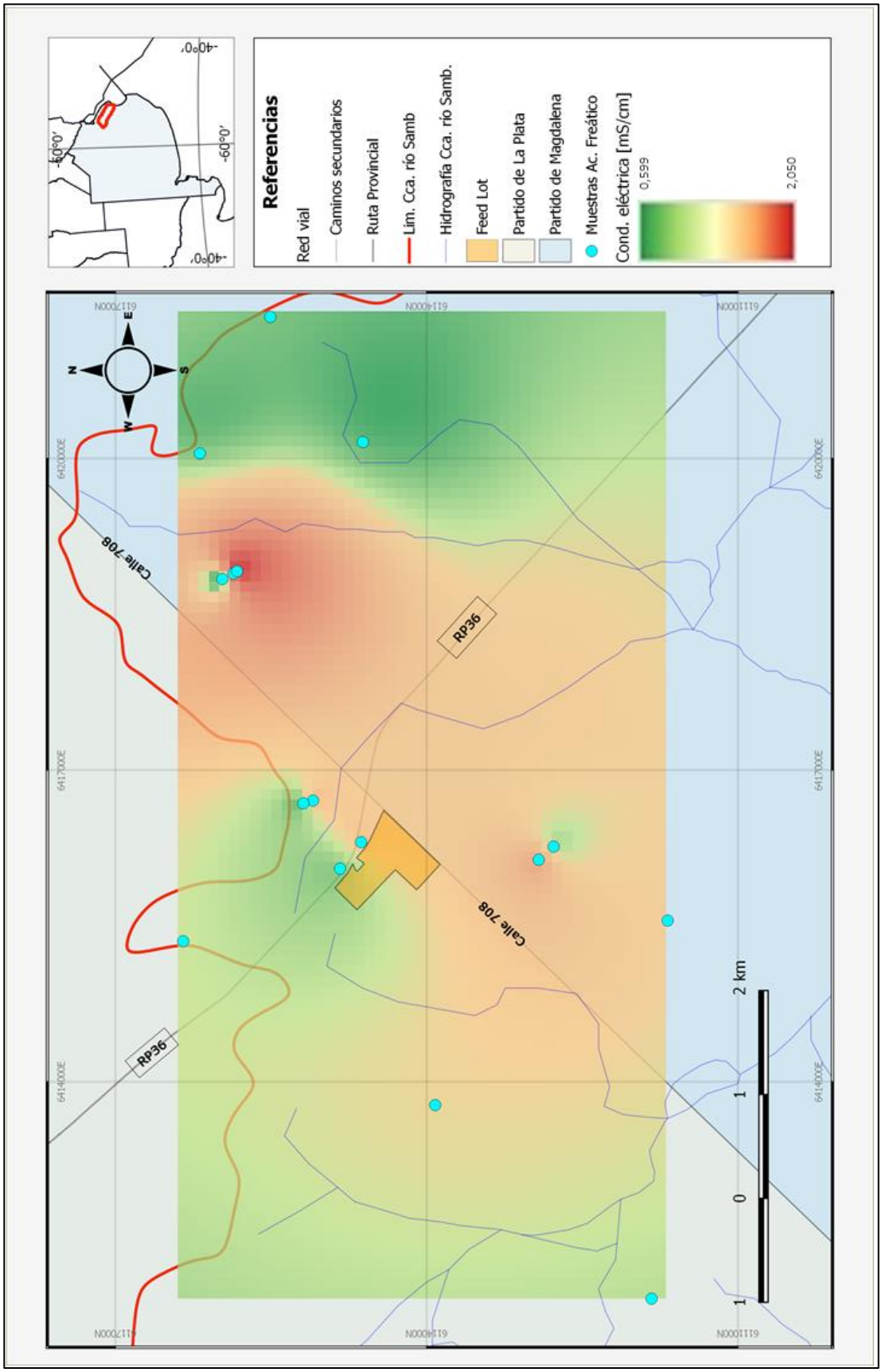
2. Ubicación de muestras de agua del acuífero Pampeano



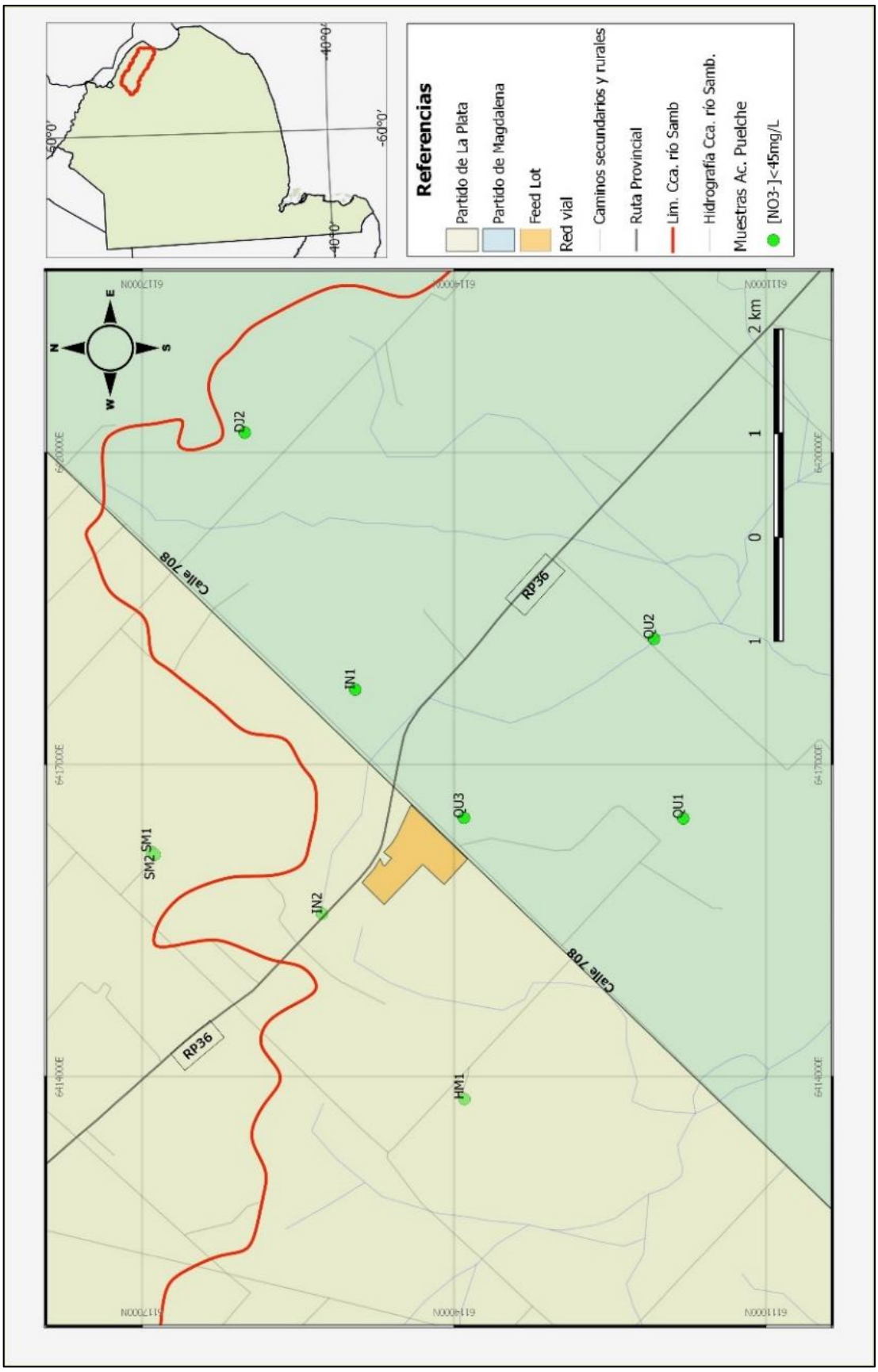
3. Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Pampeano



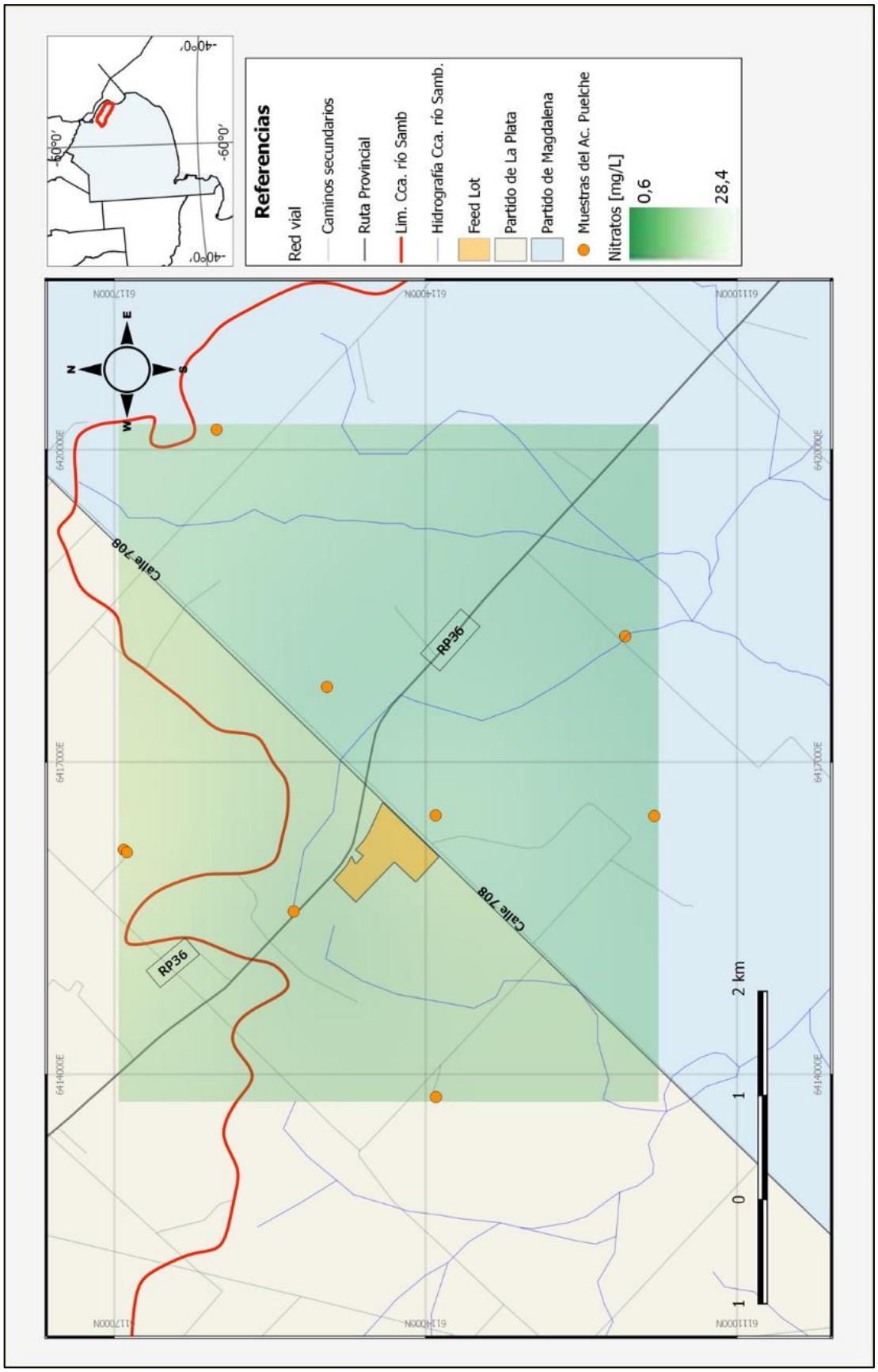
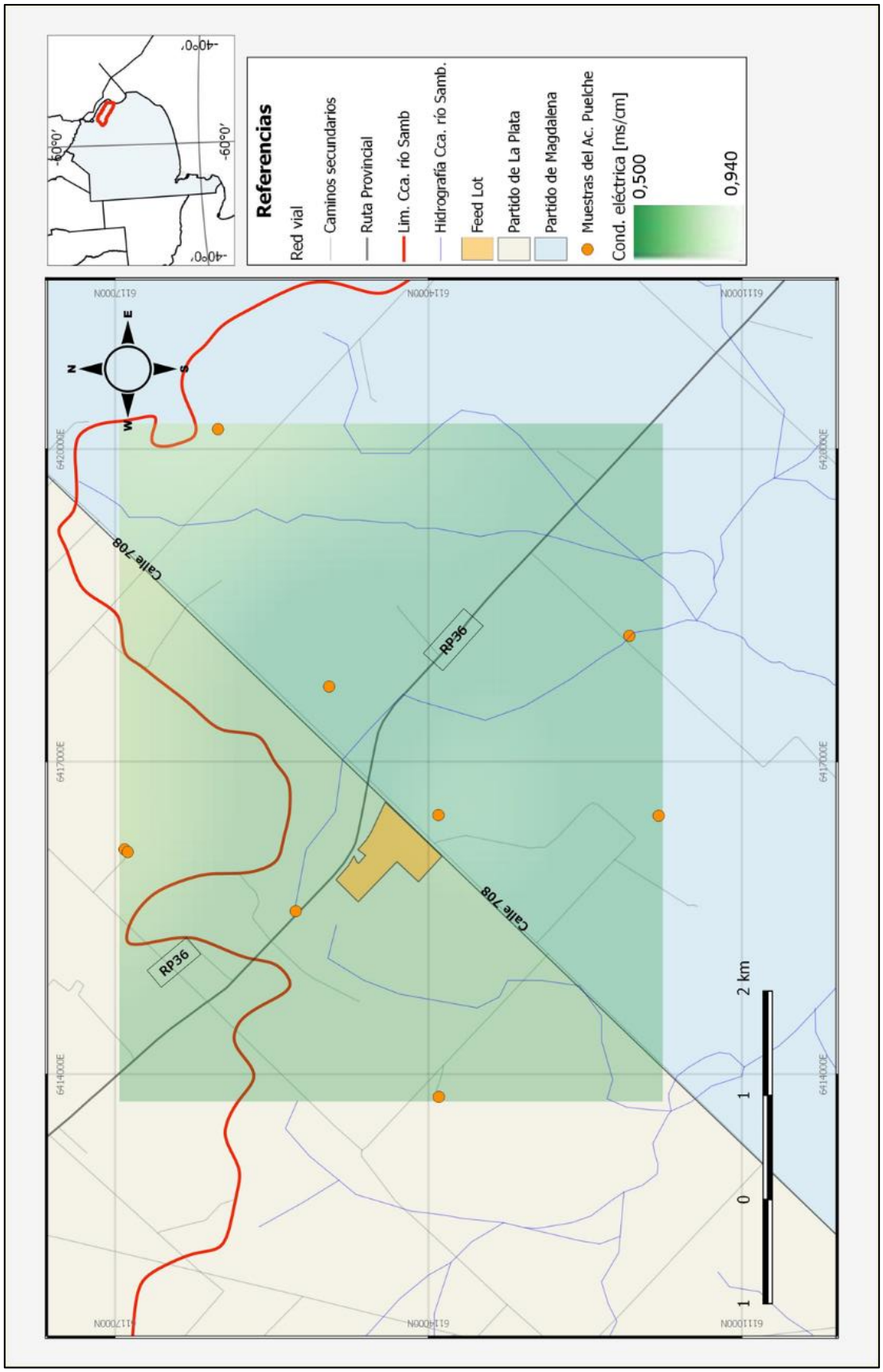
4. Mapa de conductividad eléctrica en el acuífero Pampeano



5. Ubicación de muestras de agua del acuífero Puelche



6. Mapa de concentraciones de Nitratos en el acuífero Puelche



7. Mapa de conductividad en el acuífero Puelche