



FaIn·UNCo
Facultad de Ingeniería

Trabajo Final de Licenciatura en

Ciencias Geológicas

**Estudio sobre la problemática ambiental en un
sector de barda del noroeste de la ciudad de
Neuquén**

Alumno: Sastre, Guillermo Andrés

Legajo: 1722

DNI: 33.899.627

Director: Lic. Bassani, Santiago

Codirector: Lic. Decurgez, Diego

Neuquén, mayo 2022

Resumen

En el siguiente trabajo se realizó la caracterización geológica, geomorfológica y de vegetación de un área de barda¹ al noroeste de la ciudad de Neuquén, que abarca un sector con actividad industrial y desarrollo urbano. El yacimiento petrolífero Centenario coexiste con un sector urbano: el barrio Valentina Norte Rural.

Se identificó y cartografió el territorio a lo largo del tiempo, partiendo del análisis de fotografías aéreas de los años 1972 y 1994, continuando con imágenes satelitales para periodos de tiempo más recientes.

Luego, se identificó el impacto ambiental y se llevó a cabo el análisis mediante la observación de: 1) la alteración de la red de drenaje natural, 2) la alteración del paisaje por aperturas de picadas, locaciones, ductos y calles, 3) la determinación de los peligros asociados a la actividad hidrocarburífera.

Es por ello que el presente trabajo aborda la problemática ambiental generada a partir de las alteraciones en la dinámica del sistema natural, como consecuencia de la actividad industrial y urbana no planificada.

Finalmente, se confeccionaron mapas de peligrosidad en función del impacto observado con el fin de realizar una contribución a la comunidad a partir del estudio de la problemática ambiental, y aportar recomendaciones sobre futuras ocupaciones del territorio.

Palabras claves: problemática ambiental, impactos, peligrosidad, sistema natural.

Abstract

In the following work, the geological and geomorphological characterization of an area of hills in the northwest of the city of Neuquén that covers a sector with industrial activity and urban development was carried out. Centenario oilfield coexists with an urban sector: Valentina Norte Rural neighborhood.

The territory was identified and mapped based on the analysis of aerial photographs of year 1972 and year 1994, continuing with satelital images for more current time periods. Then, the environmental impact was identified and the analysis was carried out by observing: 1) alteration of the natural drainage network, 2) the alteration of the landscape due to the opening of trails, locations, pipelines and streets, 3) the determination of the dangers associated with the hydrocarbon activity. Therefore, the present work addresses the environmental problems that will be generated as a result of the alterations in the dynamics of the natural system as a result of unplanned industrial and urban activity.

Key words: environmental problems, impact, danger, natural system.

¹Término local compuesto por tres elementos geomorfológicos o geoformas meseta, ladera y piedemonte.

Agradecimientos

A mis padres, por todo el apoyo y sacrificio.

A la Universidad Nacional del Comahue, por brindarme una educación gratuita y de calidad.

A Diego Decurgez y Santiago Bassani, por la ayuda para la realización de este trabajo.

Al jurado, Laura Ávila, Santiago Kolher y José Gatica, por sus correcciones y aportes.

Índice

Resumen	i
Abstract.....	i
Agradecimientos	ii
1. Introducción	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Marco Teórico	4
2. Antecedentes	8
2.1 Sector de estudio y sector aledaño	8
2.2 Pozo 1513D	9
3.1 Análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales	11
3.2 Confección de perfiles geológicos	11
3.3 Mapas de pendientes, orientación de laderas y red de drenaje	11
3.4 Mapa geomorfológico y de vegetación.....	12
3.5 Mapa de índice de vegetación NDVI.....	12
3.6 Mapas de zonificación del peligro y exposición de la población a la explotación hidrocarburífera	13
4. Descripción del área de estudio	15
4.1 Estratigrafía	15
4.2 Geomorfología y Topografía	21
4.3 Clima, suelo, vegetación e hidrología.....	27
4.3.1 <i>Clima</i>	27
4.3.2 <i>Temperatura</i>	27
4.3.3 <i>Precipitaciones</i>	27
4.3.4 <i>Viento</i>	28
4.3.5 <i>Suelo</i>	29
4.3.6 <i>Flora</i>	29
4.3.7 <i>Interpretación de imágenes satelitales</i>	30
4.3.8 <i>Hidrología superficial</i>	31
4.4 Ocupación del territorio	36
5. Discusión.....	40
6. Resultados	49

6.1 Mapas de zonificación del peligro y exposición de la población a la explotación hidrocarburífera.....	49
7. Conclusiones y recomendaciones	57
8. Bibliografía.....	64

1. Introducción

La ciudad de Neuquén se presenta como una de las más problemáticas de la región, producto en parte, de la intensidad del crecimiento poblacional registrado en las últimas décadas. Este crecimiento se tradujo en una expansión desordenada de la planta urbana, provocando irregularidades en la demanda de tierras y viviendas, en las dotaciones de equipamiento y servicios, en la ocupación de espacios no adecuados para urbanizar, generando situaciones de riesgo ambiental. (Torrens, 2015, p.1).

El presente Trabajo Final de Licenciatura tiene como finalidad principal realizar un primer acercamiento al estudio de las implicancias ambientales de la interacción entre la actividad hidrocarburífera y el desarrollo urbano en un área localizada al noroeste de la ciudad de Neuquén.

Según Espinoza (2001) “Impacto ambiental es la alteración significativa del ambiente, de los sistemas naturales y transformados, de sus recursos, provocada por acciones humanas y de carácter positiva o negativa”. En este estudio se analizarán características que presenten una alteración perceptible en el periodo de tiempo analizado, a tal fin se considerará la variación generada por la ocupación del territorio por causas antrópicas (actividad hidrocarburífera y avance urbano).

La hipótesis que plantea este trabajo es la generación de potenciales peligros o riesgos ambientales causados por la convergencia de actividades antrópicas en el área de análisis. La peligrosidad de origen tecnológico se determinará en función del avance de la actividad hidrocarburífera y de la ocupación del territorio por el desarrollo urbano. “Los peligros de este tipo vinculados con las actividades industriales y agro-industriales en sitios vulnerables pueden contaminar ciudades, valles, aguas, vegetación y atmósfera, llegando a ser serias amenazas para asentamientos humanos circundantes” (Blanco- Alarcón, 1989). La peligrosidad de origen natural según Romero- Maskrey (1993) “es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda, etc.) En otras palabras, se puede decir que hay un alto riesgo de desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables. Los fenómenos naturales peligrosos considerados como tal por su tipo y magnitud así como por lo sorpresivo de su ocurrencia, constituyen un peligro. Un sismo de considerable magnitud, lluvias torrenciales continuas en zonas ordinariamente secas, un huracán, rayos, etc. sí pueden ser considerados peligrosos. El peligro que representa un fenómeno natural puede ser permanente o pasajero. En todos los casos se le denomina así porque es potencialmente dañino. Constituyen peligro, pues, un movimiento intenso de la tierra, del agua o del aire. Este es mayor o menor según la probabilidad de ocurrencia y la extensión de su impacto”. La ciudad de Neuquén desde la década del setenta hasta el presente contiene en su registro histórico fenómenos naturales peligrosos focalizados en los procesos aluvionales que afectan o causan daños materiales y físicos.

La importancia de realizar este tipo de estudio radica en que, por las características del mismo, posiblemente sea útil para el registro y monitoreo sobre el uso del suelo que resulte incompatible desde el punto de vista ambiental con las mencionadas actividades antrópicas y proponer acciones preventivas para disminuir sus efectos negativos.

El área de trabajo propuesta se sitúa en el sector de meseta, ladera y piedemonte (localmente conocido como sector de "barda") al noroeste del ejido de la ciudad de Neuquén, comprendido entre los 38°55'07" - 38°55'01" de latitud sur y los 68°10'18"- 68°9'68" de longitud oeste aproximadamente, abarcando un sector del barrio Valentina Norte Rural, con una parte urbanizada y con locaciones hidrocarburíferas (este) y otra al oeste principalmente ocupado por la actividad hidrocarburífera, chacras y un loteo en progresiva ocupación (Fig.1 y 2).

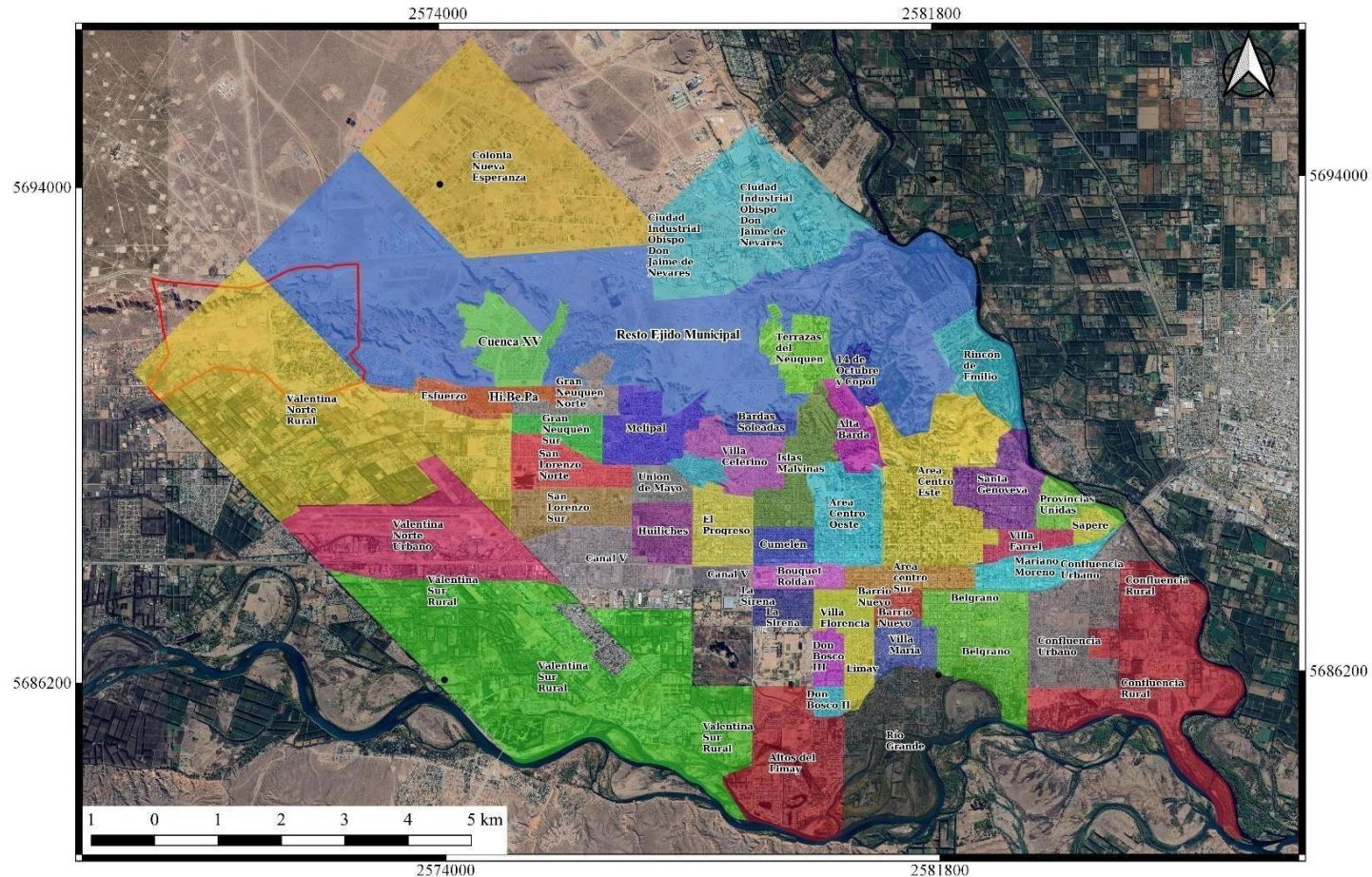


Figura 1: Ubicación del área de estudio en los barrios de la ciudad de Neuquén. (COPAde, 2021)

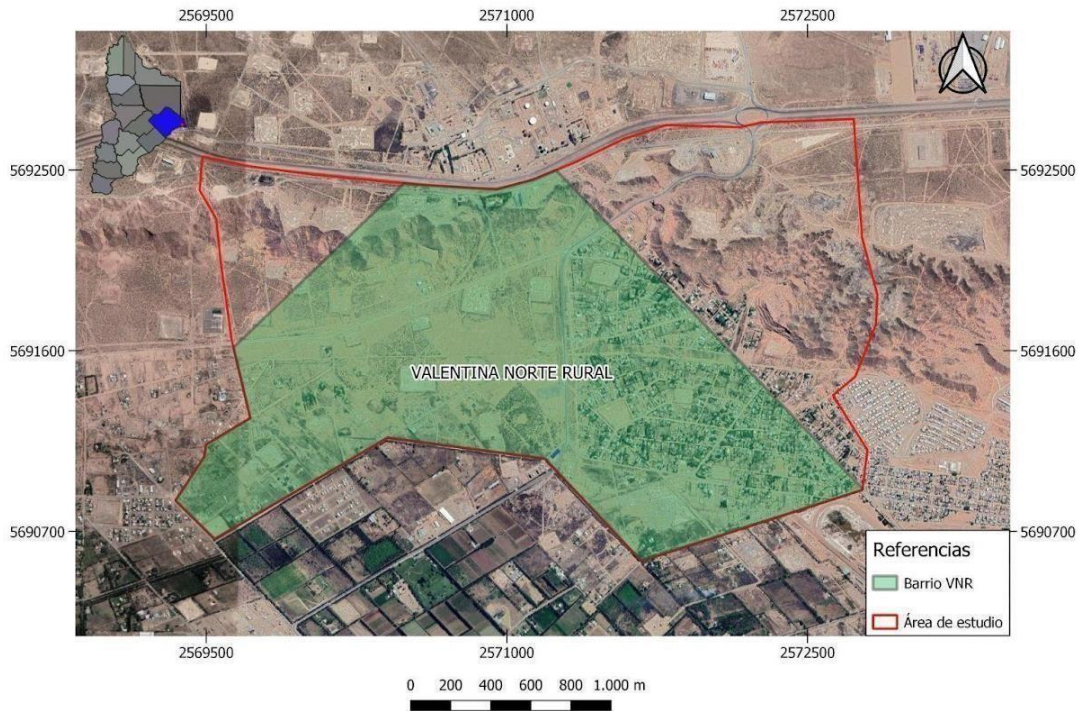


Figura 2: Detalle de ubicación del área de estudio en Neuquén.

1.1 Objetivos

Se plantea como objetivo del presente Trabajo Final de Licenciatura describir, analizar y evaluar los impactos ambientales sobre la dinámica del sistema natural producidos por el desarrollo de la actividad hidrocarburífera y la ocupación del territorio en el área en proceso de urbanización en la meseta y en los barrios de la zona de piedemonte aledaños a Valentina Norte Rural, dentro del ejido de la Ciudad de Neuquén. De acuerdo a los resultados obtenidos, se propone la generación de recomendaciones de mitigación de riesgos y de uso del territorio en la zona de bardas de la ciudad. Estos objetivos se llevarán a cabo a partir de:

- i) caracterizar geológica y geomorfológicamente el área
- ii) identificar y cartografiar la ocupación del territorio a lo largo del tiempo
- iii) identificar el impacto y analizar mediante la observación en relación con: la alteración de la red de drenaje, la degradación de la vegetación, la alteración del paisaje por la apertura de picadas, locaciones, ductos y calles, para determinar los peligros asociados a la actividad hidrocarburífera (derrames, incendios y otros incidentes);
- iv) confeccionar mapas de peligrosidad en función de los impactos observados.

1.2 Marco Teórico

Para comprender la problemática ambiental, objeto de este estudio, se definirán primeramente tres conceptos considerados de importancia para abordar la misma, ellos son: sistema ambiental, resiliencia y calidad ambiental.

La problemática ambiental

Sistema ambiental determina la disponibilidad actual o futura de beneficios, recursos o servicios y su permanencia (sustentabilidad) en el tiempo. El sistema ambiental es un conjunto de elementos del medio natural y/o artificial (humano o antrópico) que interactúan a través de numerosas relaciones y determinan sus propiedades, su dinámica y su estabilidad. Podemos reconocer un subsistema natural (sistema ecológico o ecosistema) y un subsistema antrópico o humano. En el sistema natural identificamos elementos y procesos naturales asociados al clima, a la geomorfología o la hidrología (medio físico), así como a los componentes y procesos bióticos (especies de la flora y fauna y sus interacciones ecológicas). Por su lado, en el subsistema antrópico identificamos aspectos referidos a la población (demografía, crecimiento), economía, instituciones o patrones culturales que definen a la sociedad o grupo humano en estrecha relación de interdependencia que habita un área dada (Solbrig, 1991).

Resiliencia, según la propuesta de Holling (1973), es una condición, una capacidad apreciable en los sistemas ecológicos que cuantifica su estabilidad justo porque la resiliencia determina la persistencia. Persistencia a la hora de soportar perturbaciones y amenazas de todo tipo para, en última instancia, volver a situarse (estabilizarse) en su condición originaria².

Calidad ambiental según el Observatorio Ambiental de la Unión Europea (2010) se define como “el conjunto de propiedades, elementos o variables del medio ambiente, que hacen que el sistema ambiental tenga mérito suficiente como para ser conservado”. Es decir, las características propias del medio que por la acción de la naturaleza y el hombre preservan sus condiciones en niveles óptimos para la vida armónica de todos los seres vivos, razón por la cual, deben ser consideradas prioridad de conservación para la humanidad.

La problemática ambiental causada por una acción o conjunto de acciones del ser humano, también denominada de origen antrópico es principalmente tratada en el presente trabajo. Específicamente la actividad petrolera, que es una de las industrias que genera más impactos ambientales y en la biodiversidad a nivel local y global. En este trabajo también se considera el avance urbano además de la interacción entre estas dos actividades antrópicas.

Con frecuencia se cree que los “impactos directos” de la explotación hidrocarburífera pueden ser controlados con tecnología, y sólo permanecen mientras dura el proyecto. Estudios sobre el destino ambiental del petróleo demuestran que, aunque la toxicidad del crudo disminuye con la degradación (que puede ser biológica o física), este sigue siendo una fuente de contaminación y de toxicidad para los organismos presentes en un ecosistema por largo tiempo (di Toro et al, 2007).

² Desde las leyes de la termodinámica se explica bien cómo la estabilidad se refiere a la capacidad del sistema de permanecer próximo al punto de equilibrio o de retornar a él tras el cese de la perturbación (homeostasis y homeoresis, respectivamente).

Se argumenta también que estos impactos se restringen a la zona del proyecto. En este trabajo vamos a ver que la alteración ecosistémica provocada por la extracción hidrocarburífera se extiende mucho más allá de los límites del proyecto, mucho más aun cuando esta tiene lugar en sectores de pendiente.

Recientemente, un grupo de biólogos conservacionistas ha planteado que el estudio de las consecuencias ecológicas asociadas a la contaminación por derrames o pérdidas, las fallas en la construcción de los pozos y otros accidentes debieran ser una de las prioridades en la investigación científica. Más aún, se insta a los científicos, empresarios y decisores políticos a cooperar en la determinación y prevención de los daños eventualmente asociados a esta actividad, ya que existen muchas lagunas y vacíos de información y conocimiento sobre las consecuencias ambientales de estas operaciones. Una de las limitantes ha sido la falta de acceso a información sobre accidentes, vuelcos, derrames, disposición final de aguas de retorno y la composición de los aditivos utilizados en el fluido de fractura. (Southern et al., 2014).

Una estricta aplicación de medidas ambientales, desde la fase de planificación hasta la de producción, puede minimizar las consecuencias negativas potenciales sobre los recursos naturales regionales, el bienestar y la calidad de vida de la población.

Para fortalecer la necesaria actividad de regulación y control por parte de la autoridad de aplicación, se sugiere establecer convenios de cooperación con centros de investigación y desarrollo regional que contribuyan generando información en el marco de programas de monitoreo ambiental regional de indicadores clave, la elaboración de guías de buenas prácticas, y eventualmente, en el desarrollo de auditorías externas e inspección a campo para afianzar el proceso de mejora continua de la actividad.

Por otro lado, se plantea a la industria la necesidad de establecer procesos de certificación, y verificaciones independientes por terceras partes para la explotación de los recursos hidrocarburíferos, sobre la base de la excelencia y transparencia, con el fin de minimizar potenciales conflictos y generar un sistema de gestión ambiental que asegure la mejora continua.

De acuerdo con lo que indica Sarandón R. (2015) la gestión ambiental del proyecto de explotación de los hidrocarburos constituye un desafío tanto para empresarios como para los gobiernos provincial y nacional, es, a la vez, una oportunidad histórica que debiera aprovecharse para que, dándoles prioridad a las cuestiones ambientales y sociales, el desarrollo del proyecto de explotación de los hidrocarburos se transforme en un proyecto de desarrollo regional integral.

Identificación territorial del área

Según el Plan Urbano Ambiental (2013) la zona de estudio corresponde al área periurbana.

La Ordenanza 8201/98 y modificatorias sobre Usos y Ocupación del Suelo define el Área Periurbana de la siguiente forma:

El **área periurbana** define su identidad territorial por su carácter transicional y en su clara diferenciación morfológica y funcional.

Esta transición permite la coexistencia alternada en un mismo espacio de usos propios de lo urbano y lo rural. En esta interfase se alternan y disminuyen los servicios del área urbana (infraestructura, transporte, recolección de basura, etc.) y se atenúan los "servicios ecológicos" que brindan las áreas rurales (capacidad de absorber dióxido de carbono, descomponer materia orgánica, regular el flujo de agua, etc.).

Dentro de estas áreas se proponen la materialización de zonas de transición, zonas productivas, zonas verdes y recreativas y también zonas de usos residenciales.

Valentina Norte Rural se desarrolla sobre el sector noroeste de la ciudad de Neuquén sobre el límite de los ejidos de Neuquén y la localidad de Plottier. Desde sus orígenes se vincula a las actividades productivas del peri-urbano de la ciudad (Fig.3). Se diferencian claramente dos sectores:

- a) Sector de Valle con suelo apto para la actividad agrícola y dominancia de riego gravitacional. En este sector las propiedades, "chacras productivas" están perfectamente delimitadas, sus propietarios están legalmente constituidos y no han sufrido ocupaciones ilegales. En relación al área de estudio, el sector oeste de dicha área esta principalmente ocupado por la actividad hidrocarburífera, chacras y un loteo en progresiva ocupación.
- b) Sector de media barda con suelos no aptos para la actividad agrícola que no han tenido actividad productiva. En relación al área de estudio, el sector este de dicha área esta principalmente ocupado por un sector urbanizado y con locaciones hidrocarburíferas.

REFERENCIA

- | | | | |
|--|------------------------------|--|---------------------------------|
| | Periurbano de Transición. | | En usos específicos |
| | Producción primaria agrícola | | Periurbano de transición mixto |
| | Parque las bardas | | Periurbano de transición urbano |
| | Área de estudio | | Centro interbarrial |

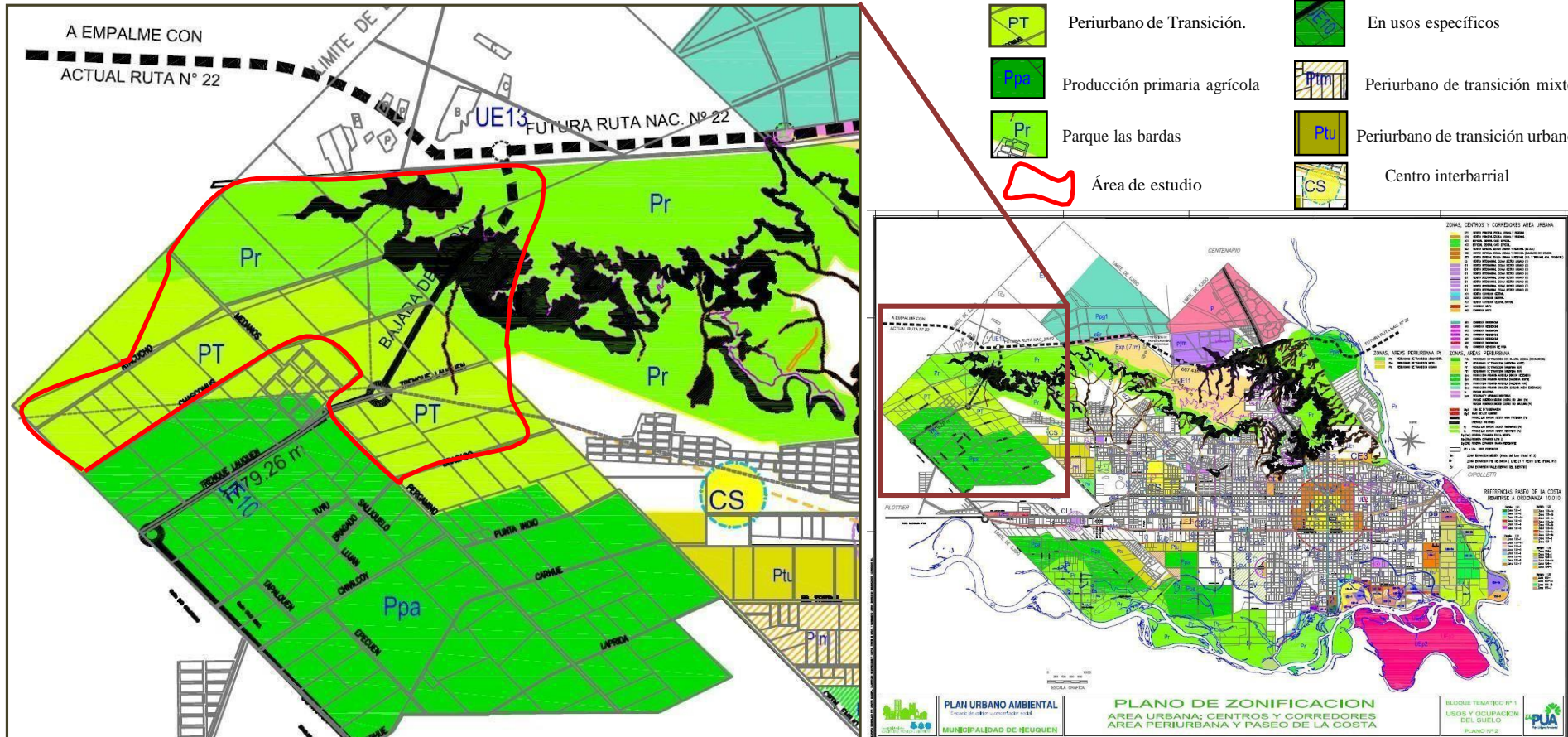


Figura 3: Ubicación del Área de Estudio dentro del plano de zonificación de usos del suelo del ejido municipal de Neuquén. Área urbana: centros y corredores. Área periurbana (PUA, 2013).

2. Antecedentes

2.1 Sector de estudio y sector aledaño

En el ejido de Neuquén hay 111 pozos³ de hidrocarburos que conviven con casas de familia en zonas regularizadas e informales. Prácticamente todas las perforaciones están en Valentina Norte Rural, hacia el oeste de la calle Crouzeilles y al norte del aeropuerto, en una zona plagada de viviendas precarias y a pocas cuadras de los últimos planes de vivienda que se inauguraron.

Área de concesión yacimiento Centenario en el sector Valentina Norte Rural			
Pozos	Activos	Inactivos	Abandonados ⁴
111	72	20	19

Tabla 1: Discriminación de pozos totales en sector de estudio dentro del ejido de Neuquén. Los datos corresponden a los registros de la Subsecretaría Provincial de Hidrocarburos, según las declaraciones que presentan cada fin de año las operadoras.

Los sectores Bajo Bardas Neuquén y Bajo Bardas Plottier están ubicados en una extensa porción de tierra, que acompaña en paralelo la traza de la Autovía Norte, que se destaca por las tonalidades rojizas de los materiales rocosos con contenidos arcillosos presentes en la barda y la repetición de equipos de bombeo y cabezales de producción de gas y petróleo⁵.

En **2010** la empresa Pluspetrol firmó con el municipio de Plottier un convenio para el desarrollo en el norte de la localidad. Por ese entonces ese sector, conocido como Bajo Barda, tenía una muy acotada densidad poblacional. El acuerdo incluso sirvió para llevar algunos servicios básicos al lugar.

Reflejo de la convivencia entre los vecinos y la actividad hidrocarburífera en Bajo Bardas Neuquén y Bajo Bardas Plottier son las faltas de denuncias en la Defensoría del Pueblo. De todas formas, tras el incendio en **2013**, por la fuga de gas de uno de los pozos de Pluspetrol, aledaño al barrio 107 Viviendas (a menos de 100 metros del pozo), los vecinos viven sin miedo pero alertas frente a una contingencia.

El debate sobre la creación de zonas de exclusión⁶ para la actividad petrolera es casi tan vieja como la misma industria en la provincia. En el pasado inmediato tuvo algunas actualizaciones que dejaron más desencuentros que avances.

La discusión se reactivó con el surgimiento de los desarrollos no convencionales en Vaca Muerta. Las dudas ambientales que generaba la técnica del

³ Los datos corresponden a los registros al año 2018 de la Subsecretaría Provincial de Hidrocarburos, según las declaraciones que presentan cada fin de año las operadoras.

⁴ Implica que no sólo se dejaron de usar, sino que se cementaron por no tener más valor económico.

⁵ La postal que ya no asombra a nadie: vivir entre los pozos petroleros en Neuquén (25 de noviembre del 2019). *Río Negro*. Recuperado de: <https://www.rionegro.com.ar/>

⁶ Territorio en el cual se prohíba la actividad de explotación, exploración y tratamiento de residuos petroleros en un radio de 8 kilómetros respecto de viviendas, establecimientos estatales o acuíferos.

fracking llevaron el tema a la Legislatura. En **2014** Jorge Sapag, quien por entonces era el gobernador, fue quien presentó una ley para que se revisara el viejo decreto - aún vigente- sobre la convivencia y el blindaje⁷ de algunas zonas para la actividad petrolera.

Las tensiones surgidas por la elección provincial de **2015** y los cruces con Nación por la Ley de Hidrocarburos, Ley 27.007-modificación Ley 17.1319 nacional de hidrocarburos-, en épocas de nacimiento para los no convencionales, sirvieron de paraguas para cajonear el proyecto. En **2016** hubo un nuevo intento. Solo alcanzó a tener algunas deliberaciones en las comisiones pero terminó durmiendo el sueño de los justos.

El tema se volvió a reactivar con la discusión por las plantas de tratamiento de residuos petroleros que fueron trasladadas hasta Añelo.

En Capua et al., (1999) se describió el impacto de la urbanización sobre el medio natural:

“se extrae por completo la vegetación; se impermeabiliza el suelo; se cortan los taludes para construir; se modifica, y en ciertos casos, se obstruye el escurrimiento superficial; se utiliza maquinaria pesada para construir aterrazamientos para urbanizar lo que provoca la extracción total de la vegetación, la remoción del material fino, la compactación del suelo y por ende un aumento de la escorrentía superficial. La ciudad de Neuquén tiene en su registro el evento de las lluvias del año 2014 con consecuencias muy graves en la ciudad”. Jurio y Torrens (2015) realizaron un estudio explicando los motivos que condujeron a tal situación. El trabajo expresa que el crecimiento urbano no planificado, sumado a la desatención de las autoridades, ha generado como resultado un escenario de mayor vulnerabilidad ante los peligros ambientales, como quedó demostrado en la última inundación de la localidad.

2.2 Pozo 1513D

La problemática asociada a eventos significativos vinculados a la actividad hidrocarburífera tiene como antecedente cercano, a pocos kilómetros (≈ 4 km) del área de estudio (Fig.4), el incendio originado tras la explosión en un pozo de gas en Plottier durante el año 2013. La explosión “se produjo durante una maniobra de desmontaje de un equipo” (Diario Río Negro, 2013)⁸ que se encontraba trabajando en el yacimiento Centenario de Neuquén.

El director de Medio Ambiente de Plottier, Américo Llancapán, indicó que el pozo comenzó a funcionar el 7 de febrero de ese año cuando fue autorizado el informe ambiental presentado por la empresa Pluspetrol y a la Provincia (Diario La Mañana del Neuquén, 2013)⁹. Múltiples consecuencias impactaron sobre el sistema ambiental tras un evento de magnitud significativa: “afectación del aire, quemadura del manto vegetal del suelo y contaminación de agua, agravada con la constante erogación de agua para enfriar las instalaciones ardientes, la que luego corre sucia y contaminada por el suelo y percola a las napas subterránea” (Diario No a la mina, 2013)¹⁰.

⁷ Garantizar la seguridad de personas o bienes ambientales que podrían ser perjudicados por la actividad petrolera.

⁸ El comunicado de Pluspetrol (30 de julio de 2013). *Río Negro*. Recuperado de: <https://www.rionegro.com.ar/>

⁹ El incendio en un pozo de gas de Pluspetrol continuará varios días (31 de julio de 2013). *La Mañana del Neuquén*. Recuperado de: <https://www.lmneuquen.com/>

¹⁰ Denuncia penal contra Pluspetrol por la explosión en Neuquén (20 de agosto de 2013). *No a la mina*. Recuperado: <https://noalamina.org/>

El pozo de hidrocarburos afectado se encuentra ubicado entre 5 y 6 kilómetros al norte de la ciudad de Plottier. El incendio se produjo en el pozo 1513D del yacimiento Centenario (Fig.3). Hay pozos que fueron perforados mucho más cerca, a 50 ó 100 metros de donde viven las personas.



Figura 4: (Izq.) Artículo del medio local: el incendio se produjo en el pozo 1513D del yacimiento Centenario operado por la empresa Pluspetrol¹¹. (Der.) Localización del pozo 1513D dentro del yacimiento Centenario centro y posición en cercanía al área de estudio.

¹¹ El incendio en un pozo de gas de Pluspetrol continuará varios días (31 de julio 2013). La Mañana del Neuquén. Recuperado de: <https://www.lmneuquen.com/>

3. Metodología de trabajo

Enfoque metodológico

Los objetivos propuestos se llevaron a cabo teniendo en cuenta el abordaje de un diseño de investigación de carácter exploratorio que constituye un acercamiento al estudio de un sector en el que ya existen trabajos que abordan el impacto ambiental de las actividades antrópicas sobre la dinámica del sistema natural. A partir de los datos disponibles de los estudios previos se pretende sumar el presente análisis de la problemática ambiental para brindar una síntesis y actualización sobre los sectores del área de estudio que presentan riesgo para asentamientos humanos.

3.1 Análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales

Recopilación de Fotografías aéreas de los años 1972 y 1994, facilitadas por la Dirección Provincial de Catastro e Información Territorial de Neuquén (DPCeIT). Imágenes satelitales Sentinel-2 de la Misión Copérnico de la Agencia Espacial Europea (ESA) con resolución espacial de 10 m para las bandas 2, 3, 4 y 8, disponible en la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Imágenes satelitales históricas y actuales (2003 a 2021) de Google Earth Pro versión 7.3.2.5776. Imágenes satelitales ESRI Satellite actuales, disponibles a través de la herramienta QuickMapServices de QGIS.

Análisis del material y elaboración de mapas en QGIS versión 3.14. Toda la información digital fue proyectada al sistema POSGAR 94 Zona 2.

3.2 Confección de perfiles geológicos

Los perfiles geológicos (págs.17, 18 y 19) fueron generados haciendo uso de brújula Brunton, GPS Garmin eTrex 10 y cinta métrica. Para su digitalización fue utilizado el software de perfilaje SedLog versión 3.1, la herramienta Profile tool de QGIS versión 3.28.3 y el software de edición gráfica Inkscape versión 0.92.4.

3.3 Mapas de pendientes, orientación de laderas y red de drenaje

La elaboración de los mapas de pendientes y orientación de laderas (pág.25 y 26), y red de drenaje (pág.35) se realizó a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) con resolución espacial 5 m del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para el área en estudio (Neuquén 3969-17-4-a; 3969-17-4-c). La información fue proyectada al sistema POSGAR 94 Zona 2 para su procesamiento y análisis en QGIS versión 3.28.3.

La clasificación utilizada para las pendientes corresponde a la propuesta por la FAO (Vargas Rojas, 2009).

Clase	Descripción	%
01	Plano	0-0,2
02	Nivel	0,2-0,5
03	Cercano al nivel	0,5-1,0
04	Muy ligeramente inclinado	1,0-2,0
05	Ligeramente inclinado	2-5
06	Inclinado	5-10
07	Fuertemente inclinado	10-15
08	Moderadamente escarpado	15-30
09	Escarpado	30-60
10	Muy escarpado	>60

Tabla 2: Clases de gradiente de la pendiente. (Vargas Rojas, 2009).

El grado de pendiente se determina de dos maneras: la primera y la más importante, es por medio de mediciones actuales en campo, y la segunda a través de la entrada en una de las siguientes clases; estas pueden requerir una de modificaciones para adecuarse a condiciones topográficas locales (tabla 2).

Además de los atributos de la pendiente que se reportan en la tabla 2, se deben registrar la longitud de la pendiente (particularmente arriba del sitio) y el aspecto (orientación). La orientación influencia por ejemplo: la precipitación, el régimen de temperatura, el riesgo por impacto del viento y el carácter del humus formado en latitudes más altas.

3.4 Mapa geomorfológico y de vegetación

El mapa geomorfológico (pág.24) se realizó a partir de fotografías aéreas de alta resolución con sensores remotos del IGN, imágenes satelitales ESRI Satellite, el DEM del área en estudio y QGIS versión 3.28.3. El mapa de vegetación (pág.34), por su parte, se obtuvo haciendo uso de imágenes satelitales Sentinel-2 y QGIS versión 3.28.3.

3.5 Mapa de índice de vegetación NDVI

El mapa de NDVI¹² (pág.33) se obtuvo operando las bandas 4 (rojo) y 8 (infrarrojo cercano) de las imágenes satelitales Sentinel-2 en QGIS versión 3.28.3, como sigue:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Siendo NIR la banda correspondiente al infrarrojo cercano, y R, al rojo.

¹²

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada es un indicador simple de biomasa fotosintéticamente activa.

3.6 Mapas de zonificación del peligro y exposición de la población a la explotación hidrocarburífera

La definición adoptada en el presente trabajo para el concepto de riesgo ambiental con vínculo en el criterio adoptado para la zonificación del peligro es la siguiente: la Royal Society, en 1992, definió “riesgo” como “la combinación de la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de un peligro determinado con la magnitud de las consecuencias de ocurrencia de tal suceso”.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

Los riesgos ambientales serían un caso particular, donde lo que se valora es el peligro de causar daño al medio ambiente y su coste estimado.

La norma UNE 150008 lo define concretamente como “el resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico”.

En función de la información disponible y el criterio aplicado, se utilizó la siguiente metodología para la elaboración del mapa de zonificación del peligro: aplicación de la herramienta de geoprocésamiento de QGIS **buffer** o un **área de influencia**; es una herramienta que se engloba dentro de lo que se conoce como estudios de *proximidad*.

El resultado de esta herramienta es la generación de un polígono que rodea una geometría en función a una distancia, fija o variable, definida por el usuario. Un buffer puede tener varias aplicaciones estableciendo un área de seguridad, como por ejemplo:

- La protección del medio ambiente.
- Evitar desastres naturales sobre zonas residenciales o accidentes industriales.
- Prevención de violencia.
- Establecimiento de cinturones verdes en áreas comerciales.
- Zonas de protección acústica.
- Prevención de crecidas de un río.
- O incluso zonas fronterizas entre países.

Para estimar la afectación de la peligrosidad en forma preliminar se debe superponer el área de ocurrencia de peligrosidad con el mapa de zonificación urbana/rural presente en el sector de estudio y vincular los elementos que se localizan en el territorio con el área de afectación del peligro (Tabla 3). El criterio establecido para el distanciamiento se desprende de lo establecido por la legislación de Nación y de la Subsecretaría de Ambiente provincial. Incluye la caracterización de los elementos que podrían verse afectados por la ocurrencia del peligro.

Tabla 3: Clasificación de peligrosidad

Peligrosidad			
	Ley nacional	Ley provincial	
Baja	≥ 60 m	≥ 200 m	
Media	40 m a 60 m	100 m a 200 m	
Alta	< 40 m	< 100 m	

4. Descripción del área de estudio

4.1 Estratigrafía

Las rocas aflorantes en el área de estudio en el sector de barda del noroeste de la ciudad de Neuquén corresponden a la Fm. Plottier y los conglomerados a los Depósitos fluviales antiguos del Río Neuquén y Río Negro (Nivel de terraza III) (Rodríguez *et al.*, 2007) (Fig.5).

La Fm. Plottier, de edad Coniaciense Superior (Cretácico Superior), corresponde al Subgrupo Río Neuquén de la sección media del Grupo Neuquén. El afloramiento en el sector de trabajo está compuesto predominantemente por de fangolitas de color rojo ladrillo; los estratos son en general macizos y espesos. Esta litología alterna en sectores con cuerpos lenticulares de areniscas finas verdes con estratificación cruzada de pequeña escala; (Cazau y Uliana, 1973). Según Ramos (1981), está asociado a un ambiente de depositación en una llanura aluvial amplia y de escaso relieve. La secuencia estratigráfica presenta un importante hiato depositacional. Finalizando el perfil estratigráfico se hallan los conglomerados pertenecientes a los Depósitos fluviales antiguos de los Ríos Neuquén y Negro (Nivel III) del Pleistoceno (Rodríguez *et al.*, 2007).

Conforman también la estratigrafía del área de estudio los Depósitos coluviales y los Depósitos de planicie aluviales actuales del Río Limay. Estos últimos son materiales detríticos transportados y depositados por este río de carácter permanente. En razón de la competencia de este curso, las planicies aluviales están constituidas por gravas, con participación menor de arena gruesa como matriz y limos y arcillas en los depósitos de canales y meandros inactivos. En general, son las zonas más fértiles de la comarca, donde se emplazan fincas con sofisticados mecanismos de riego dedicadas al cultivo de frutales y hortalizas (Rodríguez *et al.*, 2007).

Los depósitos coluviales resultan de la acumulación de sedimentos de procedencia local en flancos de pendientes suaves o en depresiones, que son removidos y depositados por acción fluvial efímera o por gravedad; no presentan una morfología o arreglo interno definidos. Pueden estar compuestos por fragmentos gruesos (gravas hasta bloques) de afloramientos próximos, además de arenas y limos; la granulometría varía según la disponibilidad de materiales y con la distancia al área de aporte (Rodríguez *et al.*, 2007).

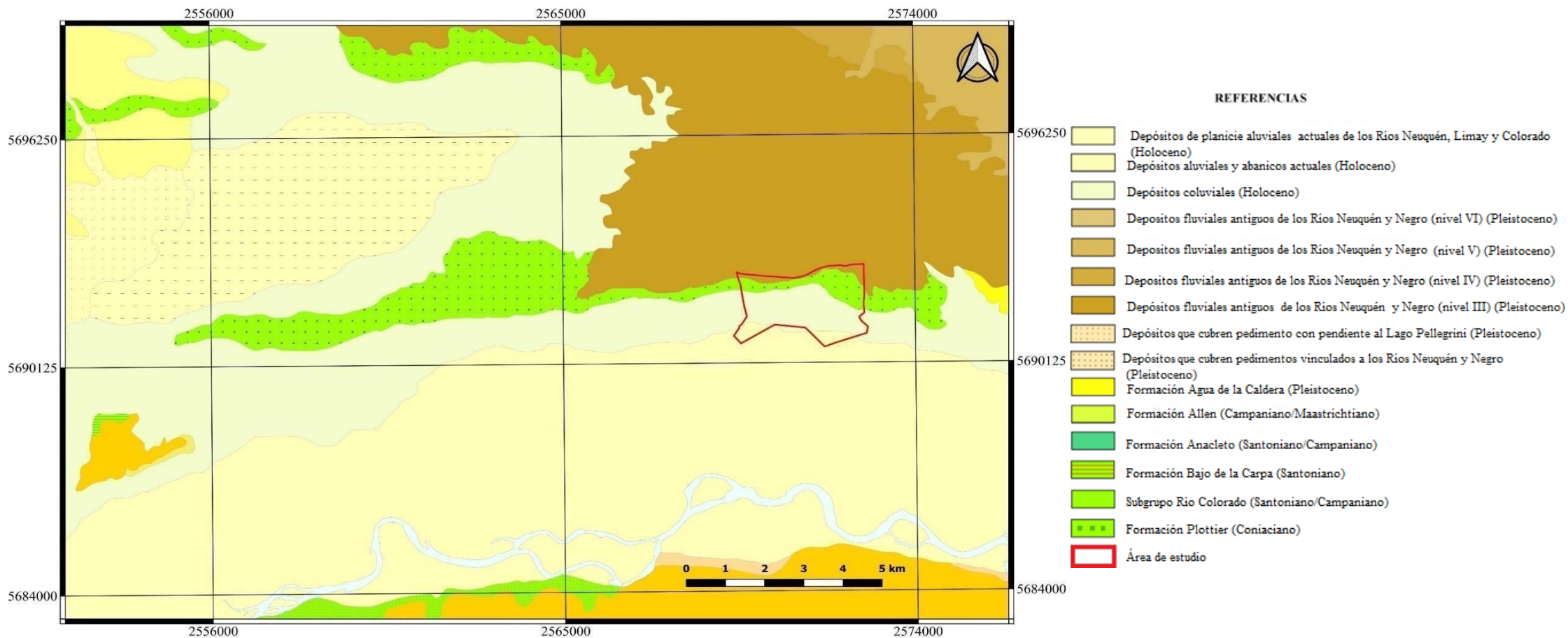


Figura 5: Mapa geológico del área de estudio (modificado a partir de la Carta Geológica 3969-II).

La localización de los perfiles geológicos realizados se sitúa al Noreste del área de estudio y se muestra en la (Fig.6). El perfil 1-1' se encuentra en la (Fig.7), con su respectiva descripción. El perfil 2-2' en conjunto con su descripción se encuentran en la (Fig.8) y finalmente la correlación entre los perfiles se presente en la (Fig.9).



Figura 6: Localización de los perfiles geológicos en el sector Noreste del área de estudio.

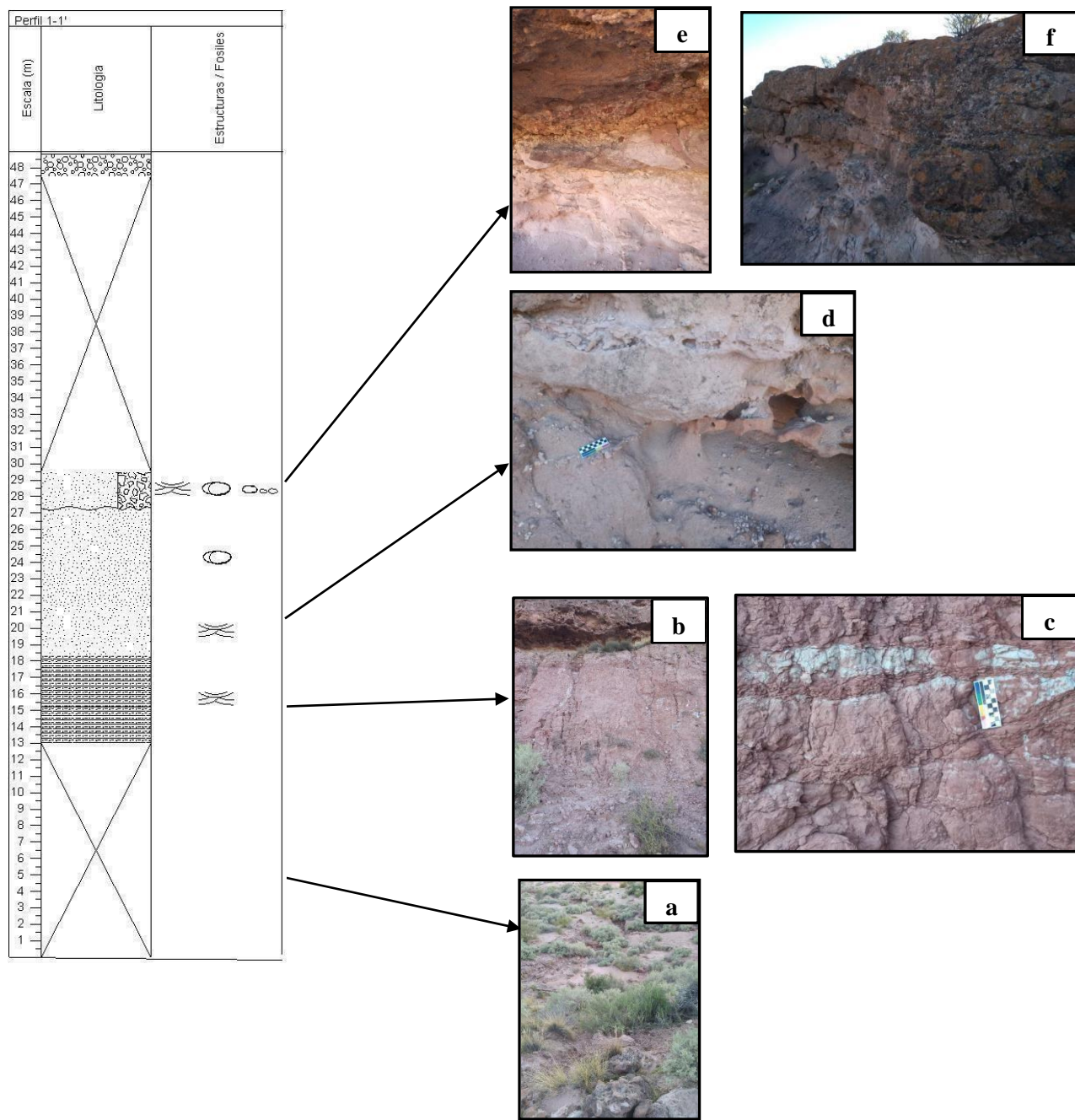
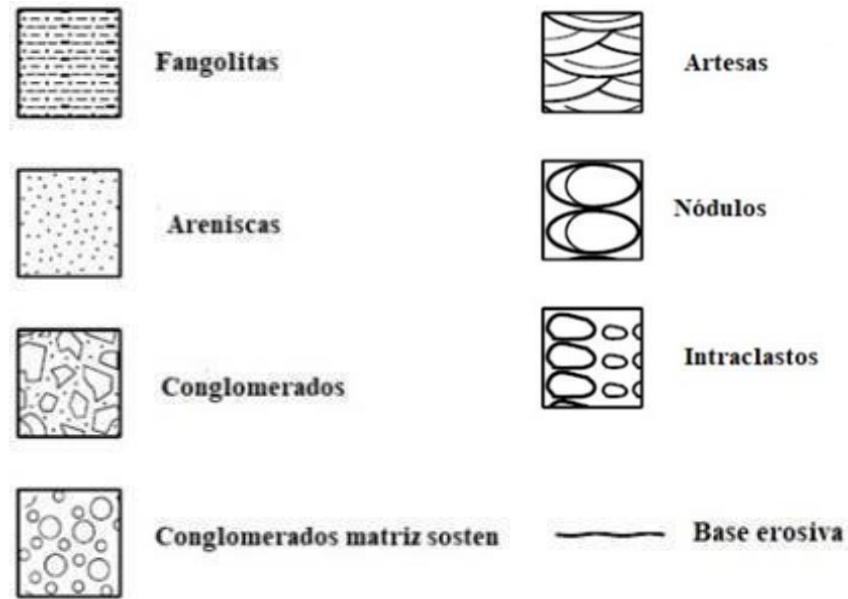


Figura 7: Perfil 1-1'. De base a techo: 13 m de suelo cubierto (a); 5.4 m fangolitas arenosas rojas (b), que lateralmente forman artesas (c); 2.8 m de areniscas finas a medias consolidadas, que lateralmente forman bancos de arenisca fina poco consolidada; 1.2 de areniscas medias consolidadas con set de 0.15 m de estructuras en artesas sobre la base (d); 6.2 m de areniscas finas a muy finas blancas- masivas, que contienen líticos anaranjados, con fuerte reacción al ácido clorhídrico; 2.1 m de areniscas gruesas a muy gruesas a conglomeradicas, de color verde con nódulos carbonaticos con fuerte reacción al ácido clorhídrico, con estructuras en artesas condirección noroeste (f), base erosiva con intraclasto y estructura septaria (e); continua con 18 m de suelo cubierto; coronando el perfil con 1.3 m de conglomerado polimíctico matriz sostén cementada.



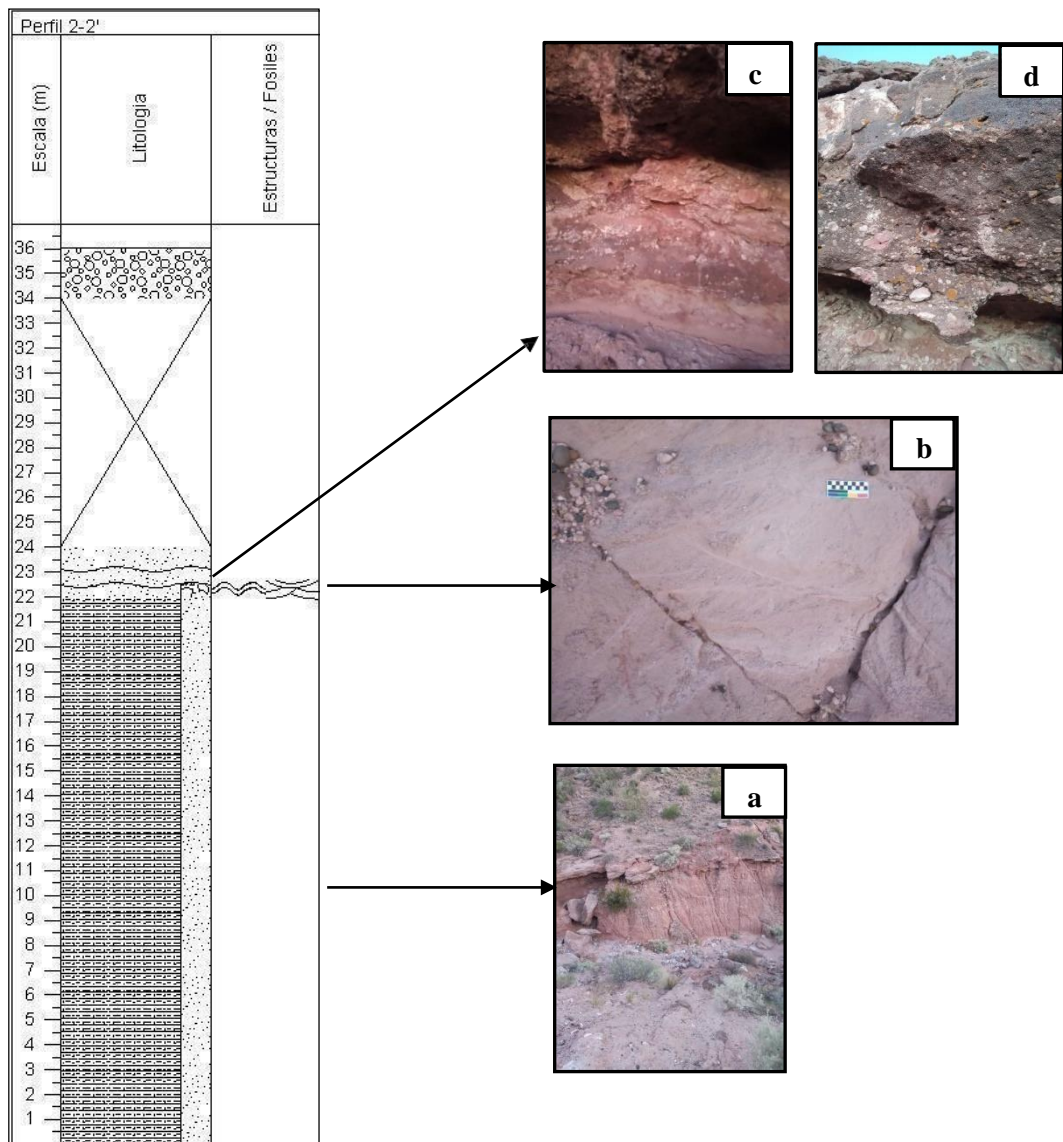
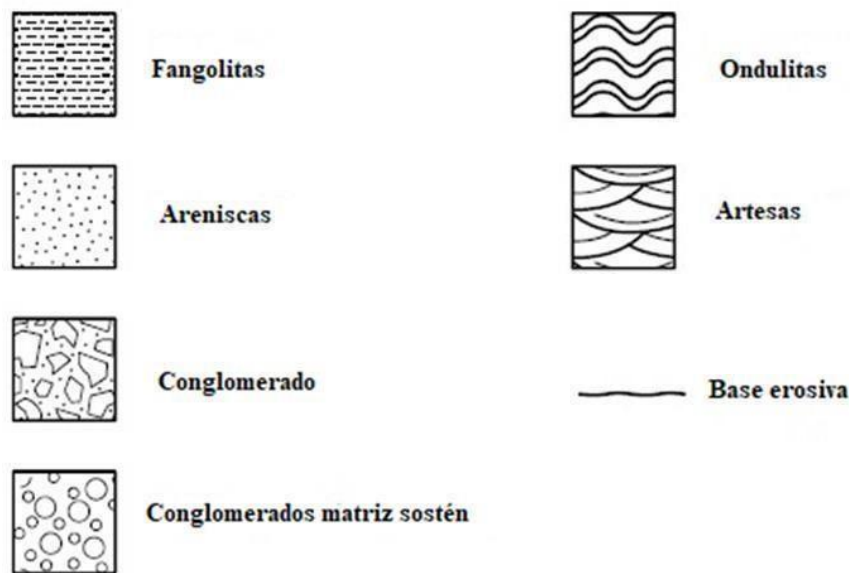


Figura 8: Perfil 2-2'. De base a techo: 22 m de alternancia de fangolitas rojas y areniscas en promedio media a gruesa (a), se observaron cuatro sets de areniscas conglomeradicas con un total de 0.6 m de espesor, areniscas finas con laminación ondulítica, y areniscas con estructuras en artesas (b); 0.66 m de areniscas finas a muy finas blancas con base erosiva (c); 0.8 m de areniscas medias a muy gruesas, grano crecientes hacia el tope, con base erosiva (d); continúa con 10 m de suelo cubierto; coronando el perfil 2 m de conglomerado polimíctico matriz sostén cementada.



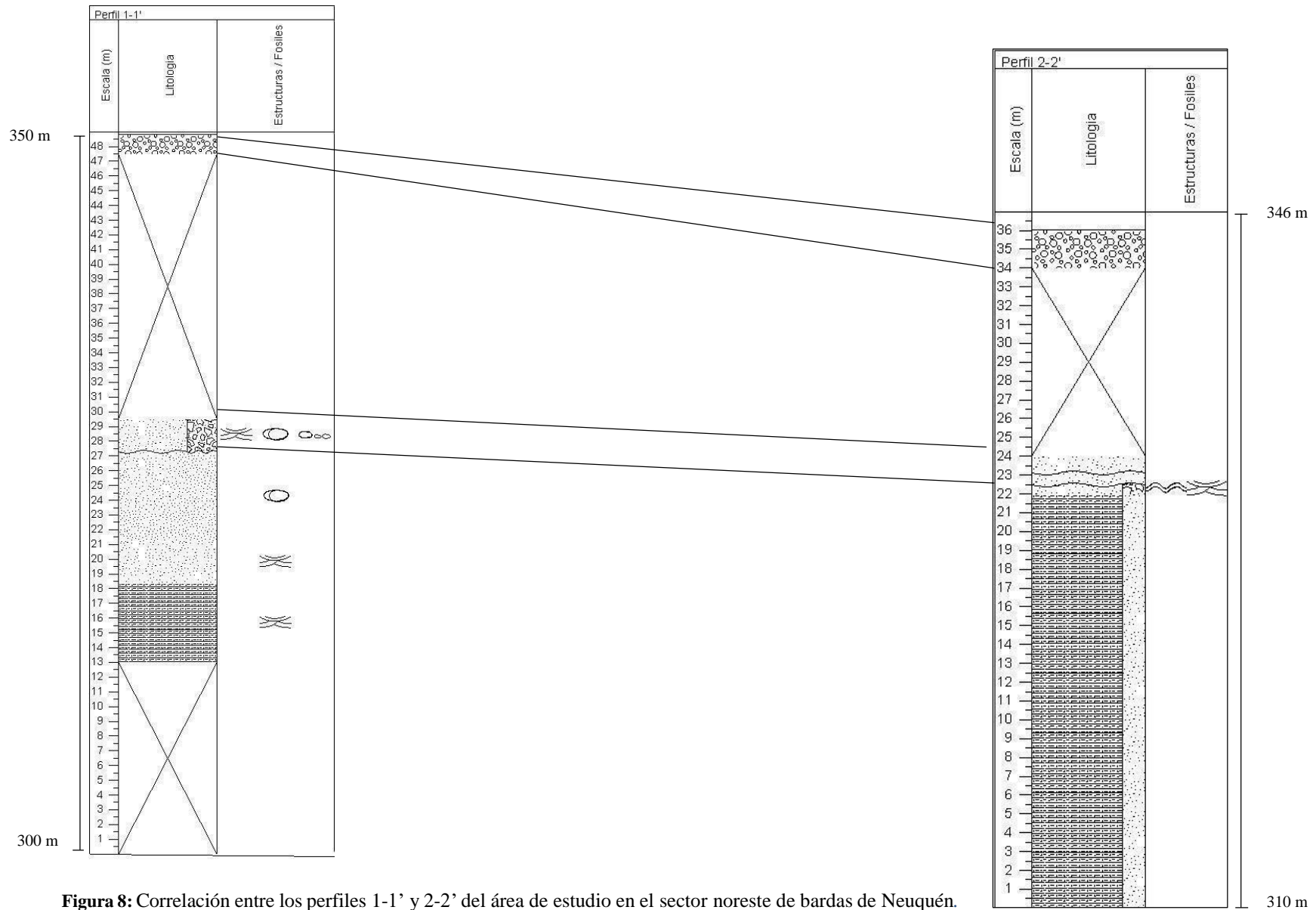


Figura 8: Correlación entre los perfiles 1-1' y 2-2' del área de estudio en el sector noreste de bardas de Neuquén.

4.2 Geomorfología y Topografía

Las Unidades Geomorfológicas principales presentes en el ámbito del área de estudio se muestran en un mapa (Fig.10), mapa elaborado a partir del análisis de imágenes satelitales y reconocimiento en campo y son las siguientes:

- Meseta: Niveles Aterrazados.
- Escarpa de Erosión.
- Pedimentos Locales.
- Planicie aluvial.

Niveles aterrazados: Se trata de una zona de relieve de mesetas en escalones bien reconocido en el área. Ocupan la mayor altura topográfica (cotas de 360 a 370 msnm.) corresponden estratigráficamente a los Depósitos fluviales antiguos del Río Neuquén y Río Negro (Nivel de terraza III).

Las terrazas fluviales son partes de la llanura de inundación que están por encima del nivel máximo de las aguas de un río, como resultado de la incisión del mismo (Leopold *et al.*, 1964). La terraza fluvial es una superficie plana formada por un rellano y un escarpe y suele aplicarse el término de terraza a ambas morfologías (Gutiérrez Elorza, 2008).

La litología de estas geoformas está integrada por rocas sedimentarias cuya variada composición litológica y condiciones estructurales, hace que su comportamiento frente a la meteorización y erosión fluvial, no sea homogéneo, por lo cual se observa el efecto de la erosión diferencial: Se encuentra parcialmente disectada por cauces aluviales, los que producen geoformas reconocidas como remanentes de erosión, hacia los bordes de la meseta.

Escarpa de erosión: Se corresponde con el frente de bardas (ladera), donde en algunos sectores se encuentra cubierta por detritos (talud), provenientes de la erosión eólica e hídrica, y en otros se puede apreciar la estratificación del Grupo Neuquén. Los fenómenos más importantes diferenciados en esta unidad son los derivados de los procesos de remoción en masa: tales como de caídas de rocas, deslizamientos y flujos. En estos movimientos gravitatorios el agua juega un papel relevante en el proceso de remoción en masa, facilitando el desplazamiento de los sedimentos, generando fuerzas (presión de poros) y disminuyendo la resistencia al corte de los materiales, además del socavamiento de los mismos.

Cañones y abanicos aluviales: Según Capua *et al.*, (2011) donde las pendientes del frente de barda decrecen abruptamente se producen cambios en la geometría hidráulica de los cauces que disectan la ladera. Se incrementa el ancho de los cañadones o cárcavas, y esto se acompaña de una disminución de la velocidad y de la profundidad produciéndose la descarga de las partículas. Los materiales desplazados de sus lugares originales por erosión laminar y/o encauzada se depositan conformando un abanico aluvial con su ápice en la desembocadura o extremo de los canales al pie de la pendiente.

El abanico es, por ende, una geoforma integrada por acumulaciones clásicas que “tiene una figura similar a un segmento de cono en planta”

(González Díaz, 1996) con perfiles longitudinales cóncavos y transversales convexos y “con una clara relación entre las superficies del abanico y la cuenca de recepción” (Gutiérrez Elorza, 2008).

Pedimentos locales: Según Capua et al., (2011) entre el frente de barda y los niveles de base locales representados por los ríos Limay y Neuquén -, se desarrolla un modelado de piedemonte. En el sector distal, al pie del frente mencionado, por procesos de pedimentación y carcavamiento, se forman superficies rocosas de erosión y transporte conocidas como pedimentos de flanco, (en el sentido de Fidalgo y Riggi, 1965) “desarrollados al pie de los laterales de los valles fluviales en respuesta a un nivel de base constituido por un colector fluvial local” (González Díaz, 1996). Es decir, en éstos la disposición de la ladera se orienta transversalmente al perfil longitudinal del río.

Sobre la superficie del pedimento es corriente la individualización de una delgada cubierta de material ‘en tránsito’ hacia el nivel de base local. Este material proviene del progresivo retroceso del frente de erosión ubicado en situación lateral con respecto al eje del valle. Además se encuentra ‘salpicado’ con sobresalientes remanentes de erosión o cerros testigos, de variado tamaño y disectados por una densa red de drenaje. Estos relieves residuales permiten proyectar la extensión previa de la meseta. Tienden a ser más altos y numerosos hacia la porción superior del pedimento.

Bajada: Según Capua *et al.*, (2011) la coalescencia lateral de los abanicos aluviales origina una superficie de acumulación conocida como bajada o planicie aluvial pedemontana. En el área coincide con un manto aluvial que tapiza, en sectores, sedimentos fluviales pertenecientes a la terraza más cercana al frente de barda y que recibe después de cada lluvia el agua y los sedimentos erosionados y transportados desde niveles superiores.

Planicie Aluvial: Conforman una amplia faja central de depósitos fluviales, donde la acción de nivelación antrópica ha borrado el patrón de espiras de meandros prácticamente colmados, los que sólo son visibles en sectores localizados. Determina fundamentalmente la edad relativa de esta terraza, su ubicación entre los niveles de depósitos recientes y antiguos, y la nula funcionalidad de los pocos cauces que aún persisten.

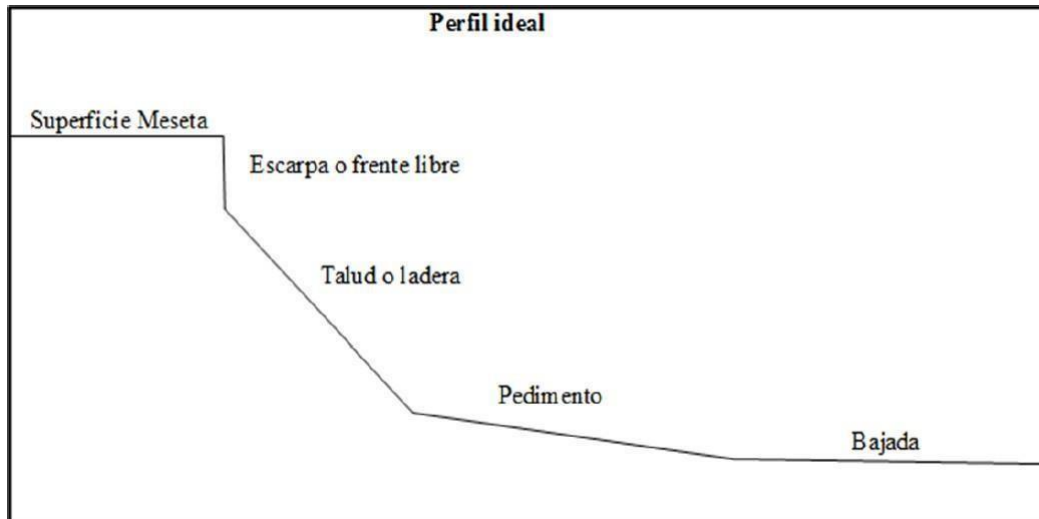


Figura 9: Perfil ideal del frente de barda con los sectores de pendiente característicos de un sistema árido. Extraído de Capua et al., (2011).

Según Vargas Rojas., (2009), las pendientes en el área de estudio tienen valores superiores al 60 % en la ladera, clasificándose como escarpadas a muy escarpadas; en el sector de meseta, la superficie es plana o ligeramente inclinada (0-5%), mientras que en el sector de pedimento, rondan entre el 1% y el 5%, clasificándose como muy ligeramente inclinado a ligeramente inclinado (Fig.11).

La orientación preferente de las laderas es hacia el suroeste, conformando laderas de umbría (Fig.12).

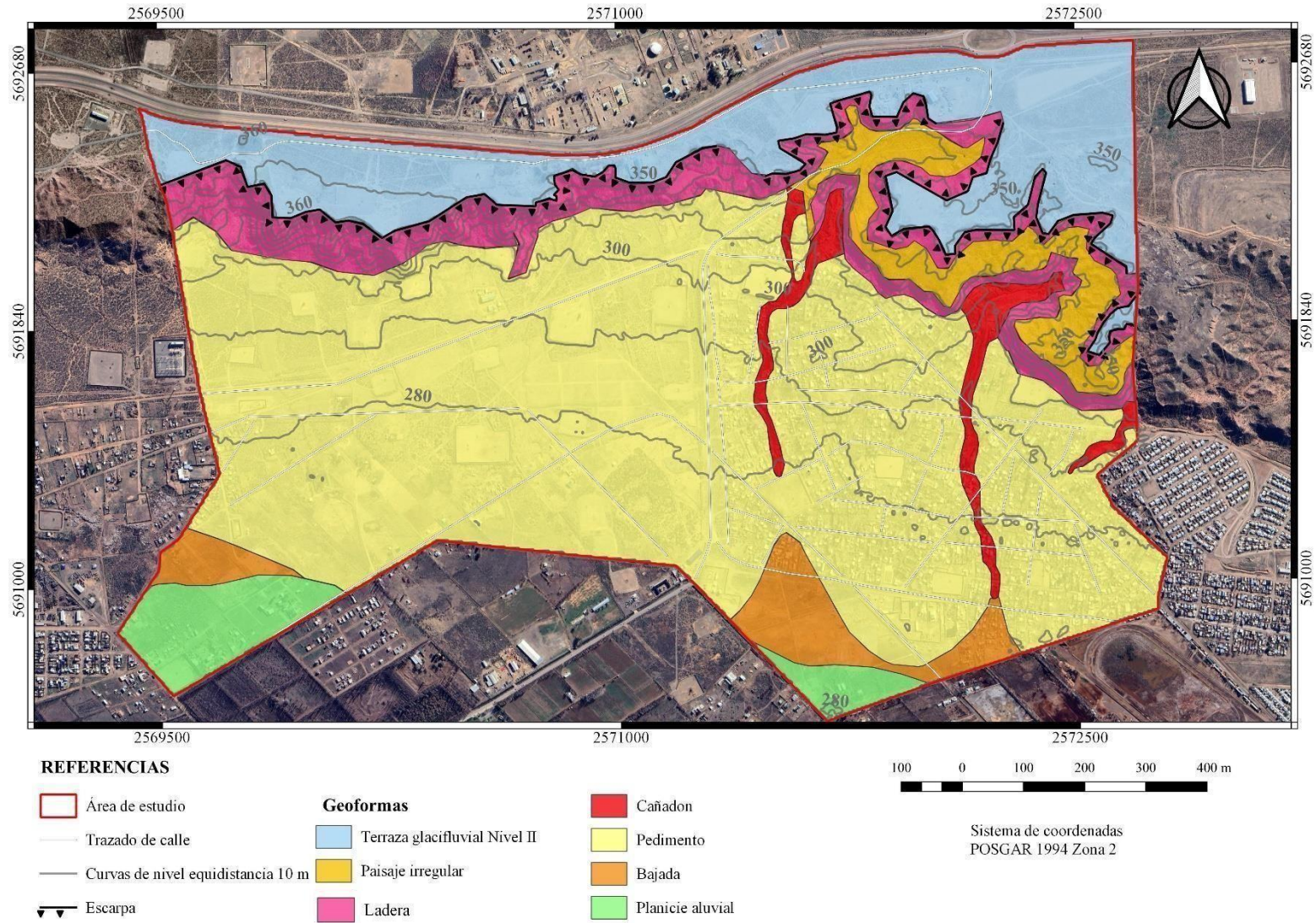


Figura 10: Geomorfología y Topografía del área de estudio al noroeste de la ciudad de Neuquén.

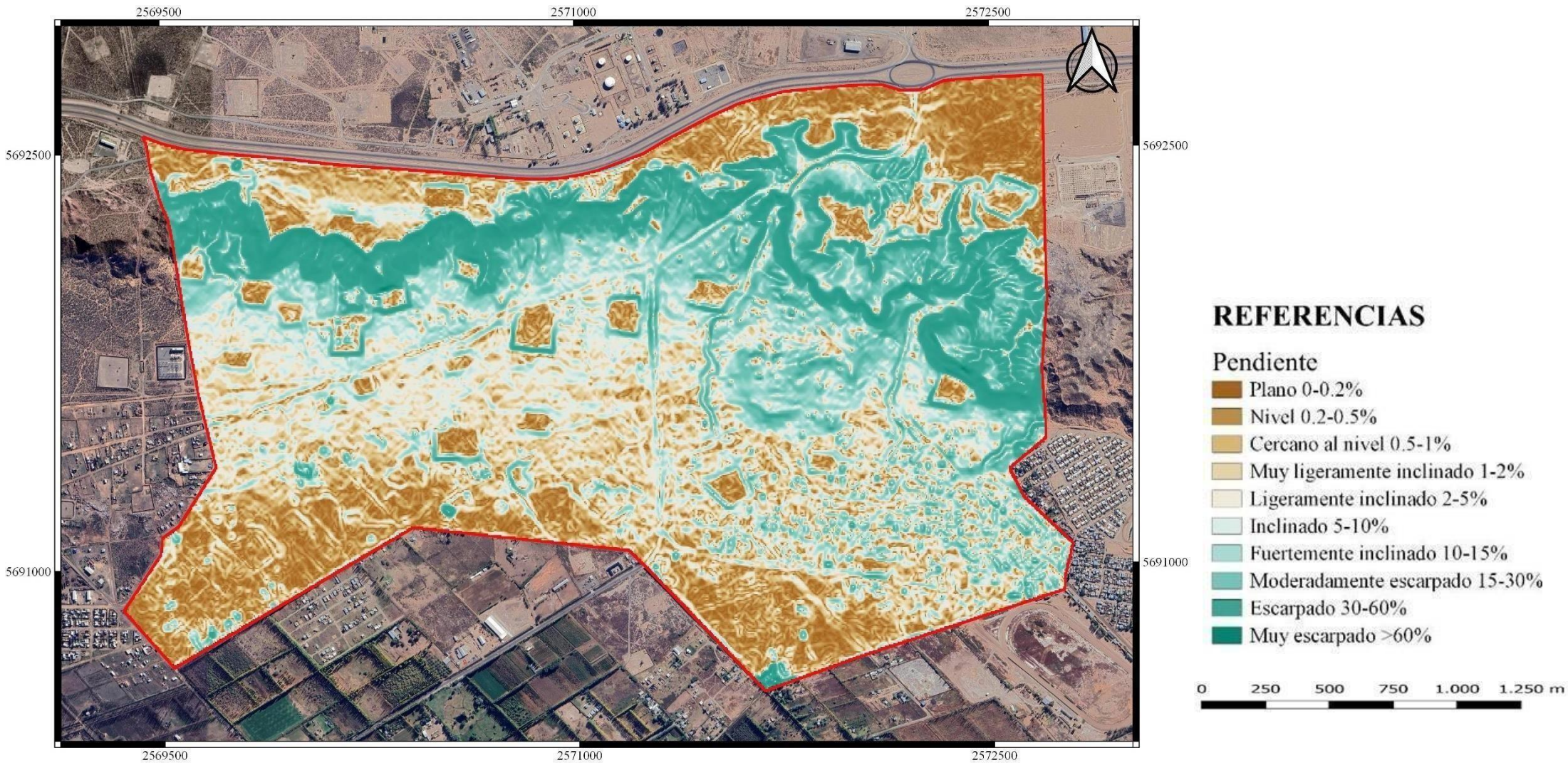


Figura 11: Mapa de pendientes en el sector de barda al noroeste de la ciudad de Neuquén.

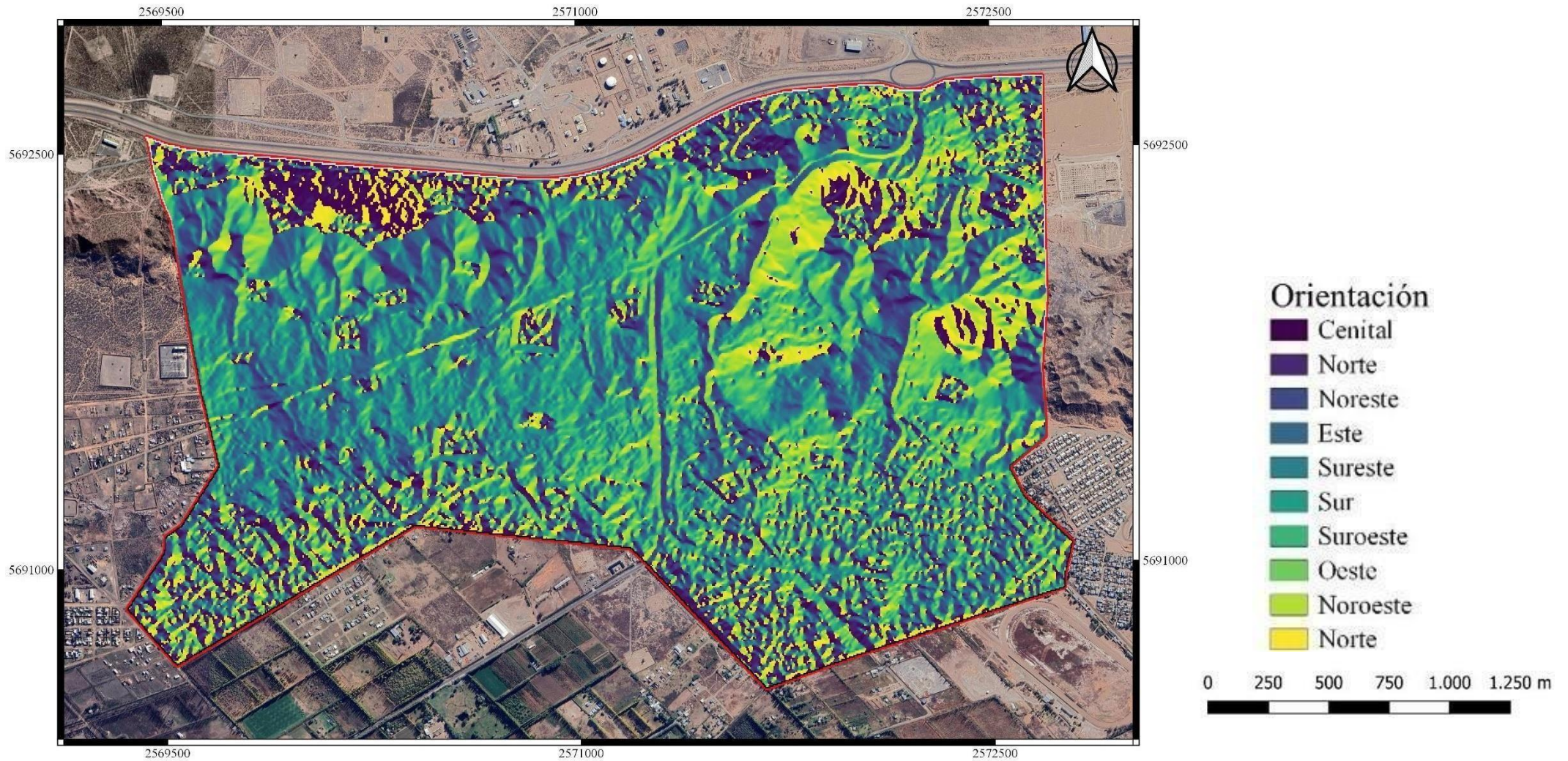


Figura 12: Mapa de orientación de laderas del área de estudio en el sector de barda al noroeste de la ciudad de Neuquén.

4.3 Clima, suelo, vegetación e hidrología

4.3.1 Clima

El clima en esta zona, centro-este de la Provincia del Neuquén, está determinado por la interacción de los anticiclones Atlántico y Pacífico, centrados alrededor de los 30° de Latitud Sur. Un factor determinante es la presencia de la Cordillera de Los Andes, que actúa como barrera entre ellos y las diferencias de temperatura y presión entre el sector cordillerano y la parte casi llana oriental. La región bajo estudio se encuentra dentro de la faja climática de características patagónicas extra andinas. El clima de la región es árido; según la clasificación de Thornthwaite presenta un carácter mesotermal con nulo exceso de agua. La fuente de información utilizada es la estación meteorológica Fernández Oro, ubicada, aproximadamente, a 30 km al Este-Sureste del área de estudio (Burgos *et al*, 1951).

4.3.2 Temperatura

En el área del proyecto, la temperatura media anual es de 13,8 °C (período 2006- 2012), con un rango que oscila desde el mes más frío (julio) con un valor medio de 5,7 °C hasta el más caluroso (enero) con 21,2 °C. Las temperaturas bajas de los meses de invierno se hallan en relación con el ingreso de aire frío proveniente del Océano Pacífico. La temperatura es el factor determinante del aspecto de la vegetación (Provincia del Monte) en conjunto con el balance hídrico prioritariamente deficitario a partir de las altas tasas de evapotranspiración mensual conformar las distintas unidades ambientales. La vegetación posee mecanismos de adaptación que le permite mantenerse en la época de sequía (ejemplo típico de adaptación a las formas más extensas de xerofilia es la “jarilla”). Las heladas son frecuentes de mayo a octubre, muy poco frecuentes en marzo, abril y noviembre y no ocurren en verano (diciembre, enero y febrero) (Burgos *et al*, 1951).

4.3.3 Precipitaciones

La precipitación media en el período 2006-2012 es de 136,3 mm/año, registrándose fuertes variaciones anuales desde un máximo de 244,4 mm en el año 2006 hasta un mínimo de 48,5 mm en el año 2011. La distribución mensual de lluvias es relativamente homogénea, siendo el verano algo más seco (Servicio Meteorológico Nacional). En Saavedra (2023) se hace referencia a los dos eventos de mayores precipitaciones registrados hasta el presente en la ciudad de Neuquén. El primero, la gran inundación que se produjo el 12 de marzo **1975**, producto de lluvias torrenciales extraordinarias (150 mm en 24 hs.), tuvo mayores repercusiones en la ciudad de Neuquén donde tuvieron que evacuarse 2.200 personas y una cifra similar en Río Negro. Para dar cuenta de las consecuencias encontramos que los servicios públicos, los comercios y las

oficinas administrativas estuvieron paralizados durante una semana y el saldo de víctimas fatales fue de 20 personas.

El segundo evento se produjo en el mes de abril del año **2014**, en los márgenes de los ríos Neuquén y Limay, el cual afectó al 80% de la ciudad de Neuquén Capital. La intensidad de la lluvia llegó a 200 mm en 6 días con un pico máximo de 118 mm en aproximadamente 12 horas -entre los días 6 y 7 de abril-, un volumen casi equivalente a la media anual para la capital de la provincia. Hubo dos tipos de afectación como resultado de estas precipitaciones extraordinarias una de ellas localizada a lo largo de las escarpadas laderas de mesetas que limitan la ciudad de este a oeste a lo largo de toda su extensión. Dadas las pendientes propias de estas geoformas, se generaron enormes zanjones que destruyeron las calles trazadas a favor de la pendiente y por donde se encauzó el agua al encontrar obstruidos sus cauces naturales. Esto redundó en el deterioro del tendido de los servicios básicos, e incluso las bases de muchas de las viviendas que quedaron descalzadas o fueron arrasadas por el agua. El segundo tipo de afectación está directamente relacionado a procesos de inundación, los cuales afectaron al resto de la ciudad, asentada sobre el piso del valle, donde en algunos lugares el espesor de la lámina de agua superó el metro de altura. Este proceso también provocó el desborde de los sistemas cloacales, de canales pluviales y de brazos secundarios del río Limay (Etchichury et al., 2016). Más de 1.300 personas fueron evacuadas en la ciudad de Neuquén como consecuencia de la tormenta denominada “Lucrecia” por los medios regionales. Hubo calles inundadas, barrios destrozados y pérdidas millonarias. Algunos de los barrios más afectados fueron aquellos situados al pie de la meseta, así como aquellos ubicados sobre la ruta Nacional N° 22 (Multitrocha), la cual, tal como ocurrió en 1975, funcionó como un dique al estar situada en sentido perpendicular al sentido de escurrimiento de las aguas hacia el río Limay (Etchichury et al., 2016).

4.3.4 Viento

En el área de influencia del sector de estudio, se registran vientos intensos y frecuentes del oeste y suroeste, también algunos menos intensos en el cuadrante noroeste, y en menor proporción durante el año de los otros cuadrantes. El viento resulta de singular importancia por la magnitud de su velocidad media y por la persistencia en determinadas direcciones predominantes. La velocidad media del viento decrece en los meses de verano y sus máximos se producen en primavera. El viento es uno de los parámetros más importantes en la interrelación de elementos y factores que componen el clima regional. Del análisis de los polígonos de direcciones y frecuencias de vientos de superficie en la región se determina la influencia y las modificaciones que producen los respectivos flujos en el comportamiento de la temperatura y tensión de vapor (Burgos *et al*, 1951).

4.3.5 Suelo

En la región predominan los suelos esqueléticos y sub-esqueléticos (producto del transporte en fase prematura o inmaduros), donde no se ha producido la influencia del factor orgánico, siendo por ello de muy poco desarrollo o faltando por consiguiente el horizonte “A”. Corresponde a suelos con déficit hídrico (edafoclima arídico) y estepa arbustiva rala. Este agrupamiento de suelos abarca un porcentaje importante de la Provincia del Neuquén (56%); distinguiéndose dos subregiones: árida serrana y árida mesetiforme. El clima es muy árido, con presencia de una baja y rala estepa arbustiva dejando parte de la superficie del suelo expuesta a la acción de los agentes atmosféricos y cuya actividad se ve favorecida por la débil a nula estructuración del horizonte superficial posibilitando la erosión hídrica como también la eólica (Irisarri., 2006).

Las condiciones ambientales del área de estudio están caracterizadas por un elevado nivel de antropización tanto como consecuencia del uso urbano del suelo (actividad residencial y asociadas) como hidrocarburífero (presencia de instalaciones, ductos, tendidos eléctricos, locaciones, caminos, etc.).

4.3.6 Flora

El área de estudio se ubica en la provincia fitogeográfica del Monte, incluidas dentro del dominio chaqueño (Bran *et al*, 2002).

La estepa arbustiva ocupa la mayor parte del Monte. El tipo de estepa más extendido, y el que le otorga unidad fitosociológica a la Provincia, es el jarillal o estepa de Larrea (Jarilla). Se trata de matorrales de 1,5 a 2,5 m de altura (no sobrepasa los 3 m), con arbustos de follaje permanente y de ramas inermes. Siempre predomina alguna especie del género Larrea (generalmente *Larrea divaricata* o *Larrea cuneifolia*). Secundariamente, aparecen especies subarbustivas y herbáceas, arbustos de porte mediano, como *Bulnesia* spp., *Monthea aphylla*, *Bougainvillea spinosa*, *Cassia aphylla*, *Cercidium praecox*, *Chiquiraga erinacea*, *Prosopis alpataco* y *Zuccagnia punctata*. La cobertura de herbáceas es espacialmente variable, dependiendo de la variabilidad en las precipitaciones y del impacto de las actividades antrópicas.

Debido a que el área de estudio abarca un sector del yacimiento Centenario la cobertura vegetal es muy rala a nula. Las especies vegetales han sido erradicadas como consecuencia de la construcción de picadas, locaciones, sectores urbanizados y, en las inmediaciones a la barda (sectores sin antropizar) se observaron algunos ejemplares aislados de especies arbustivas y principalmente subarbustivas con algunas gramíneas y efímeras. Los ejemplares de mayor representación observados son: jarilla (*Larrea sp*), alpataco (*Prosopis alpataco*) y coirón (*Stipa speciosa*).

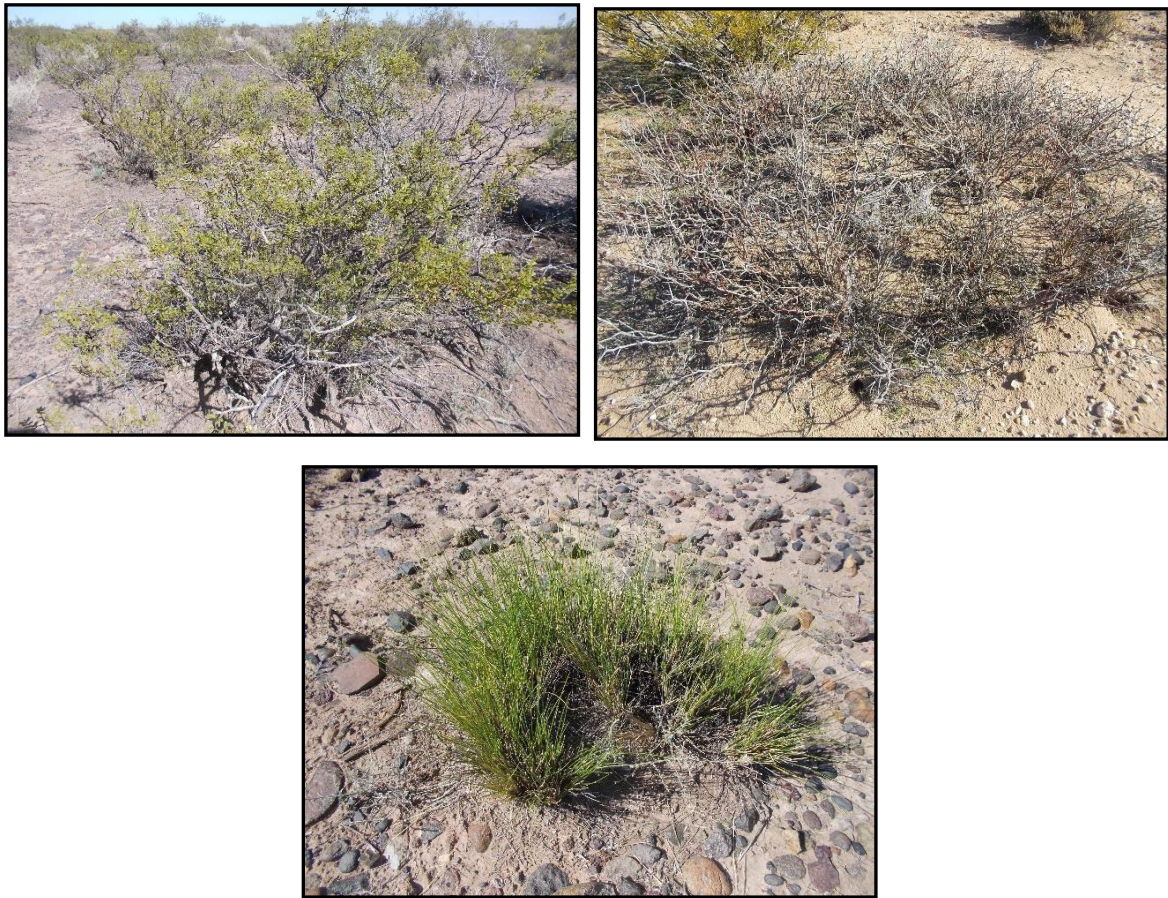


Figura 13: Vegetación de mayor representación en el área de estudio. (Arriba hacia abajo, izquierda a derecha): jarilla, alpataco y coirón.

4.3.7 Interpretación de imágenes satelitales

El NDVI (ver 3.5 pág.: 12) permite saber características de la vegetación de una región determinada, utilizando imágenes satelitales. Los valores del índice oscilan entre -1 y 1. Los valores negativos están relacionados con cuerpos de agua y superficies degradadas por acción del fuego, mientras que valores positivos más bajos (cerca de 0) corresponden a vegetación senescente o de baja cobertura. Los valores positivos altos (cerca de +1) representan alto contenido de biomasa

fotosintética. Los valores alcanzan los 0.90 en sectores de cultivo y en zonas más urbanizadas el índice NDVI está relacionado a la presencia de árboles, cultivos, plazas (Fig. 14).

Generalmente se usan diferentes combinaciones de bandas con los colores rojos, verde y azul para realzar algún tipo de objeto o característica específica del terreno o de la cobertura. Por ejemplo, una imagen en falso color hecha con las bandas NIR (infrarrojo cercano), roja y verde, dará a toda la vegetación un color rojo distintivo, permitiendo que el ojo humano la distinga más fácilmente de su entorno. Para el caso de este estudio se realizó la composición de banda 8-4-3 (infrarrojo cercano VNIR-rojo-verde) de la imagen satelital Sentinel-2 del área de estudio, que permite hacer un análisis visual de la vitalidad de la vegetación (Fig.15). Así con esta combinación el rojo-magenta muestra vegetación vigorosa, cultivos regados. El color marrón permite relacionar la presencia de vegetación arbustiva en función de la densidad. Mientras que gris y azul metálico muestran ciudades y áreas pobladas.

4.3.8 Hidrología superficial

La región estudiada, pertenece a la cuenca del Río Limay, hacia la cual drenan las aguas superficiales. Este río tiene un carácter alóctono en la zona de estudio, encontrándose su área generadora en las regiones Andina y periandina. Presenta un régimen de crecidas (invierno – primavera) y estiajes (verano) relacionados con la alimentación pluvionival de sus nacientes; se caracteriza por un caudal medio de alrededor de 650 m³/seg (AIC), actualmente es atenuado en sus extremos por el manejo de los distintos embalses construidos en su tramo medio. El ámbito de transición entre los pedimentos locales y la planicie del río, donde se ubica el área en estudio, colecta el escurrimiento efímero durante los períodos de lluvias convectivas y desarrolla su esorrentía hacia el sur, con numerosas líneas de escurrimiento (surcos), cauces poco definidos y zonas temporalmente anegables, hasta alcanzar el nivel de base regional, la planicie de inundación del Río Limay.

Sobre los sectores de cotas topográficas elevadas, en las escarpas de erosión, se forman cauces poco difusos (cabeceras de erosión activas), con márgenes incisivas, de profundidad relativamente importante, los cuales pierden expresión y energía durante el transporte, hacia las zonas distales donde generan sus descargas de tipo aluvional, depositando sedimentos de granulometrías limosas.

Según Capua *et al.*, (2011) El área se encuentra bajo la influencia de un clima árido mesotermal, con precipitaciones medias anuales inferiores a los 200 mm y una elevada evapotranspiración potencial que se traduce en un marcado déficit hídrico. Las precipitaciones locales son provocadas por tormentas convectivas en verano y por sistemas frontales durante los meses de invierno vinculados con los centros de baja presión que ingresan desde el Océano Pacífico con dirección Sudoeste – Noreste, responsables de las precipitaciones y nevadas en cordillera las que suelen ir acompañadas de fuertes vientos en la región. Las precipitaciones de origen convectivo se caracterizan por su alta intensidad, corta duración y extensión local. Eventualmente, se manifiestan relámpagos, truenos, fuertes vientos y caídas de granizo.

Estos fuertes chaparrones estivales se vinculan con el potencial morfogenético del área. Las primeras gotas impactan sobre el suelo reseco y recalentado. Las partículas desplazadas en este proceso obturan los poros del suelo formando una costra resistente a la infiltración iniciando así el escurrimiento superficial. Cuando la escorrentía es muy rápida y uniforme, lo cual puede producirse incluso cuando las precipitaciones son de poca intensidad, (Clotet et al., 1986), el agua discurre por la ladera del frente mesetiforme en forma laminar es decir sin llegar a originar una incisión. Al producirse la concentración lineal del flujo comienzan a formarse canales pocos profundos o regueros (*rills*) los que evolucionan hasta dejar paso a la máxima expresión del mismo: el cárcavamiento (Capua et al, 1996). Los zanjones o cárcavas progresan por profundización, ensanchamiento y alargamiento hacia cabeceras, -erosión remontante-. Así la arroyada concentrada reduce el espesor del suelo a la vez que descubre horizontes infrayacentes y produce el transporte parcial de los materiales hacia las zonas bajas inmediatas.

En el área de estudio, la red de drenaje es prácticamente inexistente, dadas las condiciones de elevada antropización del sector. La presencia de infraestructura tanto urbana como de carácter hidrocarburífero ha modificado las condiciones preexistentes del escurrimiento natural local (Fig.16). Las cuencas delimitadas son áreas de aporte de los principales cañadones determinados en la geomorfología del área de estudio y que posiblemente tengan una correlación con los eventos o procesos aluvionales como el ocurrido y registrado en el año 2014.

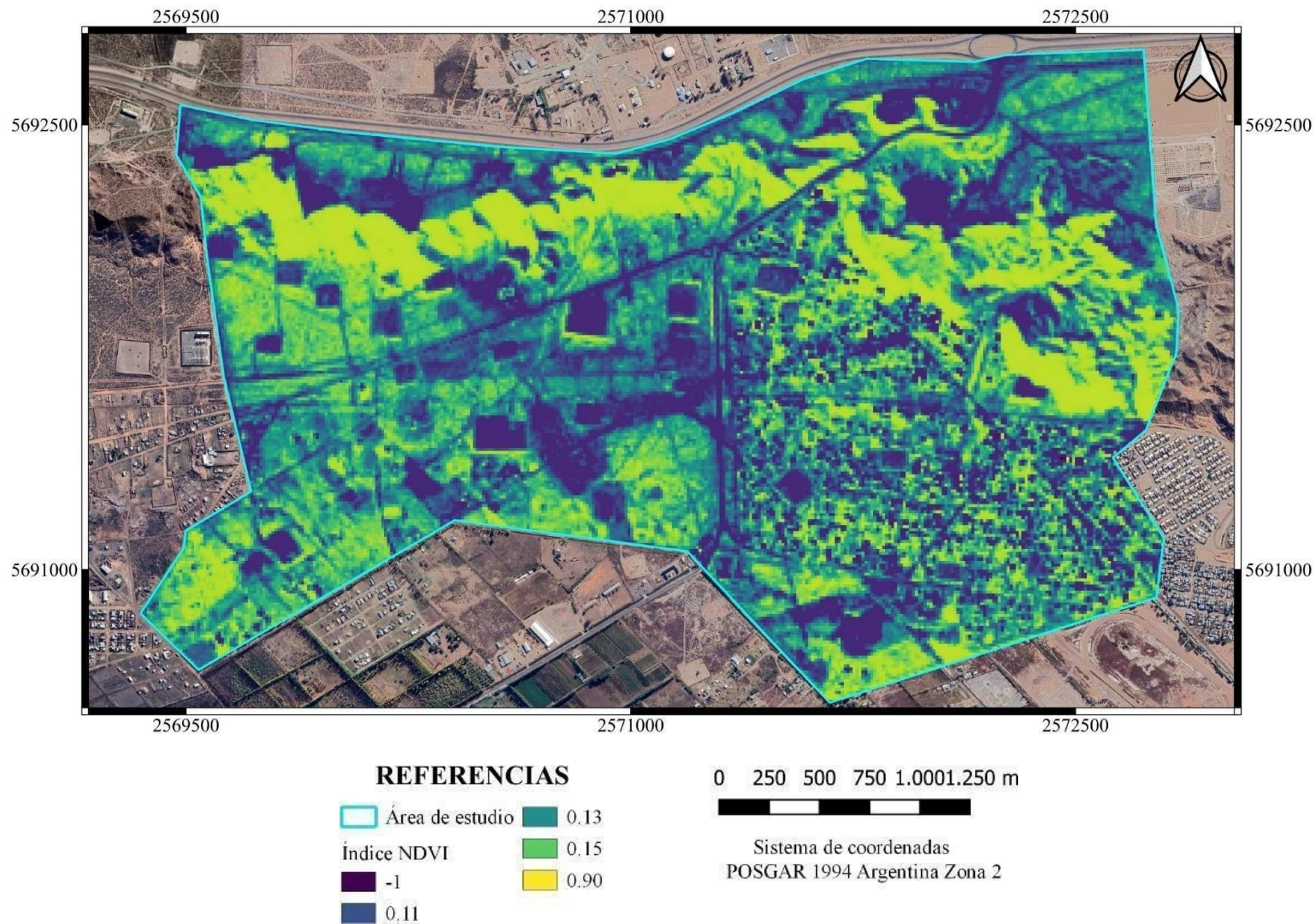


Figura 14: Índice NDVI. Los valores en zonas urbanizadas esta relacionados a la presencia de árboles, plazas y pequeños sectores de cultivo.

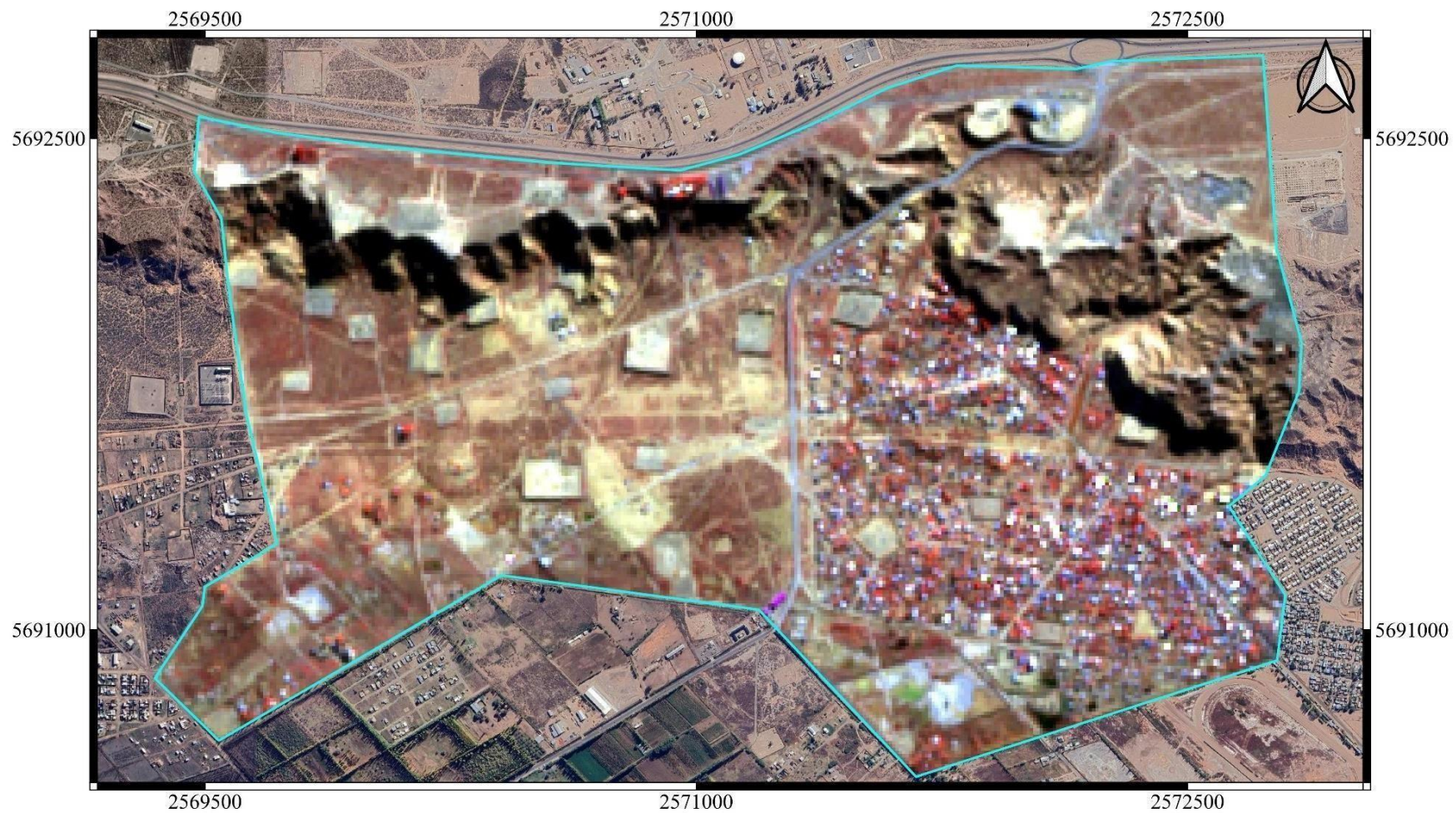


Figura 15: Realce de la vegetación (en rojo).

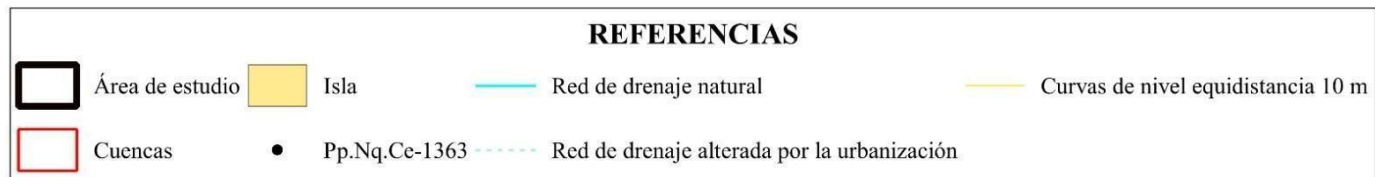
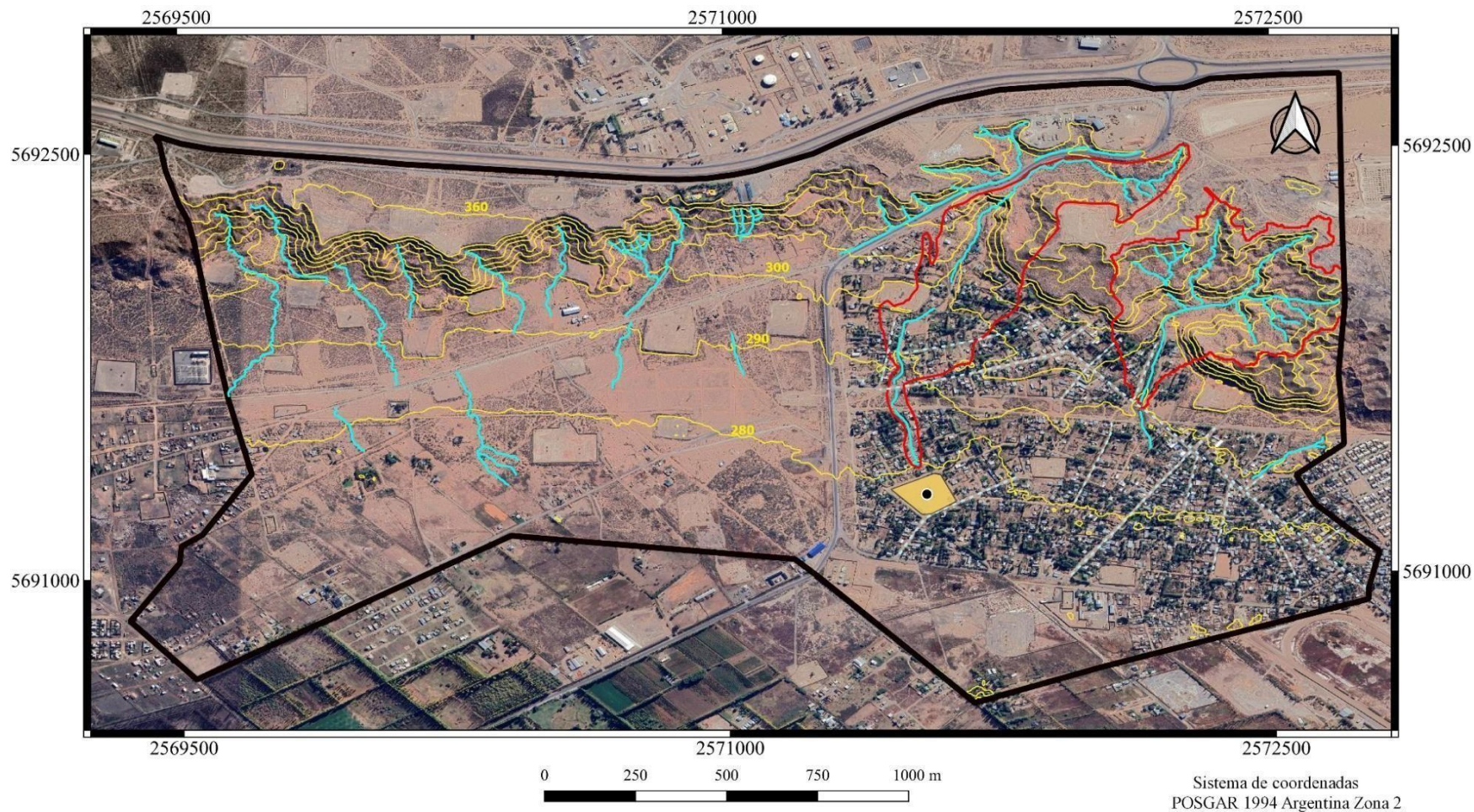


Figura 16: Red de drenaje del área de estudio.

4.4 Ocupación del territorio

La ocupación del territorio y su vinculación con la competencia del uso del suelo entre las dos principales actividades antrópicas, la industria hidrocarburífera y el avance urbanístico, han configurado el escenario actual sobre el área de estudio.

Para comprender el contexto actual de su situación se esgrimirá el argumento considerado que mejor se ajusta al criterio aplicado para el área de estudio.

El argumento es que “los pozos son preexistentes a los vecinos que se instalaron medianera de por medio” para desligarse del devenir riesgoso que significa convivir con un pozo de hidrocarburo.

Los trabajos hidrocarburíferos en Colonia Valentina comenzaron en 1961 con la estatal YPF. Si bien los pozos exploratorios fueron exitosos, la empresa priorizó la explotación futura por lo que no hubo mayores cambios en la zona en ese período. Para 1977 la situación cambió. El área, traspasada a la flamante Pluspetrol, entró en la vigente etapa de explotación. Durante años los pozos fueron pocos y principalmente de recuperación secundaria, dice el Ingeniero Daniel Folmer¹³, quien trabajó muchos años en la zona para dicha compañía.

Para ese entonces, un centenar de personas de una veintena de familias vivían en el lugar. Algunos de ellos se dedicaban a la fabricación artesanal de ladrillos y la cría de animales para subsistencia y pequeña comercialización.

Aunque parezca contradictorio, el avance hidrocarburífero sobre la zona es tan reciente como su masificación poblacional. El convenio marco firmado entre la empresa Pluspetrol y el municipio en 2010 (rubricado como ordenanza 12.409 en 2012) es una muestra de ello: a partir de entonces se instalaron veintidós pozos teledirigidos y, a su vez, se realizan obras que atraen una mayor cantidad de pobladores.

En julio del 2010, el gobierno municipal, firmó un decreto producto del acuerdo marco realizado con la empresa Pluspetrol. La compañía, a cambio del permiso de instalación de una veintena de pozos teledirigidos desde las denominadas “islas”¹⁴, se comprometió a realizar varios proyectos bajo su programa de Responsabilidad Social Empresarial (RSE). La lista incluye trabajos para llevar agua (mientras tanto abastecía con camiones), mantenimiento vial, el tapado y remediación de piletas de oxidación que se encontraban sobre la meseta, la construcción de una nueva planta de tratamiento cloacal e industrial, obras de riego y, por último, un estudio de impacto ambiental.

Este nuevo contexto produjo dos avances además del extractivo: el de la población en busca de una vivienda propia y el de un negocio inmobiliario en ciernes. Por el compromiso asumido en la ordenanza, la empresa llevó adelante las obras para la red de agua que benefició tanto a los vecinos de las tomas como a aquellos que hicieron loteos privados. Lo mismo ocurrió con el tendido eléctrico. Además de las obras de infraestructura, la llegada del transporte público mediante el ramal 12 de colectivo, repercutió de inmediato en el crecimiento de la zona.

¹³ Tres razones para la desigualdad del barrio Valentina Norte (14 de abril 2015). Observatorio Petrolero sur. Recuperado de: <https://www.opsur.org.ar/>.

¹⁴ Las islas son locaciones cerradas por un cerco de cemento para garantizar que pobladores no se instalen más cerca de lo permitido. De acuerdo a la legislación vigente nacional -ley 33598/33 art. 36-, se exige 60 metros mientras que la Secretaria de Medio ambiente de Neuquén aprueba los proyectos que contemplan 200m de distancia con alguna vivienda.

El caso de Valentina Norte es muy particular por un lado se avanza urbanísticamente y por otro se aumenta la producción extractiva. O sea que, de ser una zona de sacrificio, también será zona de sacrificados recién llegados. Por lo pronto, ambos avances están reduciendo el carácter productivo del barrio.

Al abordar el tema del carácter productivo los vecinos nos dicen que “mientras más avanza la ciudad, más se van corriendo los vecinos, sobre todo los que crían animales, porque en una ciudad no podés tener chanchos, gallinas, caballos, está prohibido. Acá la gente produce para su consumo principalmente”. En los últimos años, el mundo urbano y sus reglas va imponiéndose al mundo rural, con las consecuencias que esto conlleva para quienes subsisten de esa economía.

En las Figuras 17 y 18 se ilustra la evolución del uso del suelo y el avance urbano en la zona de estudio desde los años 1972 y 1994 (sin ocupación), pasando por 2006 (convivencia peligrosa, barrio Valentina Norte Rural zona Los Hornos), 2015 (notorio aumento del desarrollo del barrio) y el 2021 (desarrollo actual de urbanización).



Figura 17: Avance de la urbanización. Entre 1972 y 1994, este sector de barda de la ciudad permanecía aún despoblado (foto aérea de la DPCEIT). Montaje de fotografías aéreas de los años 1972 (izq.) y 1994 (der.) en imagen satelital Google Earth del año 2022.

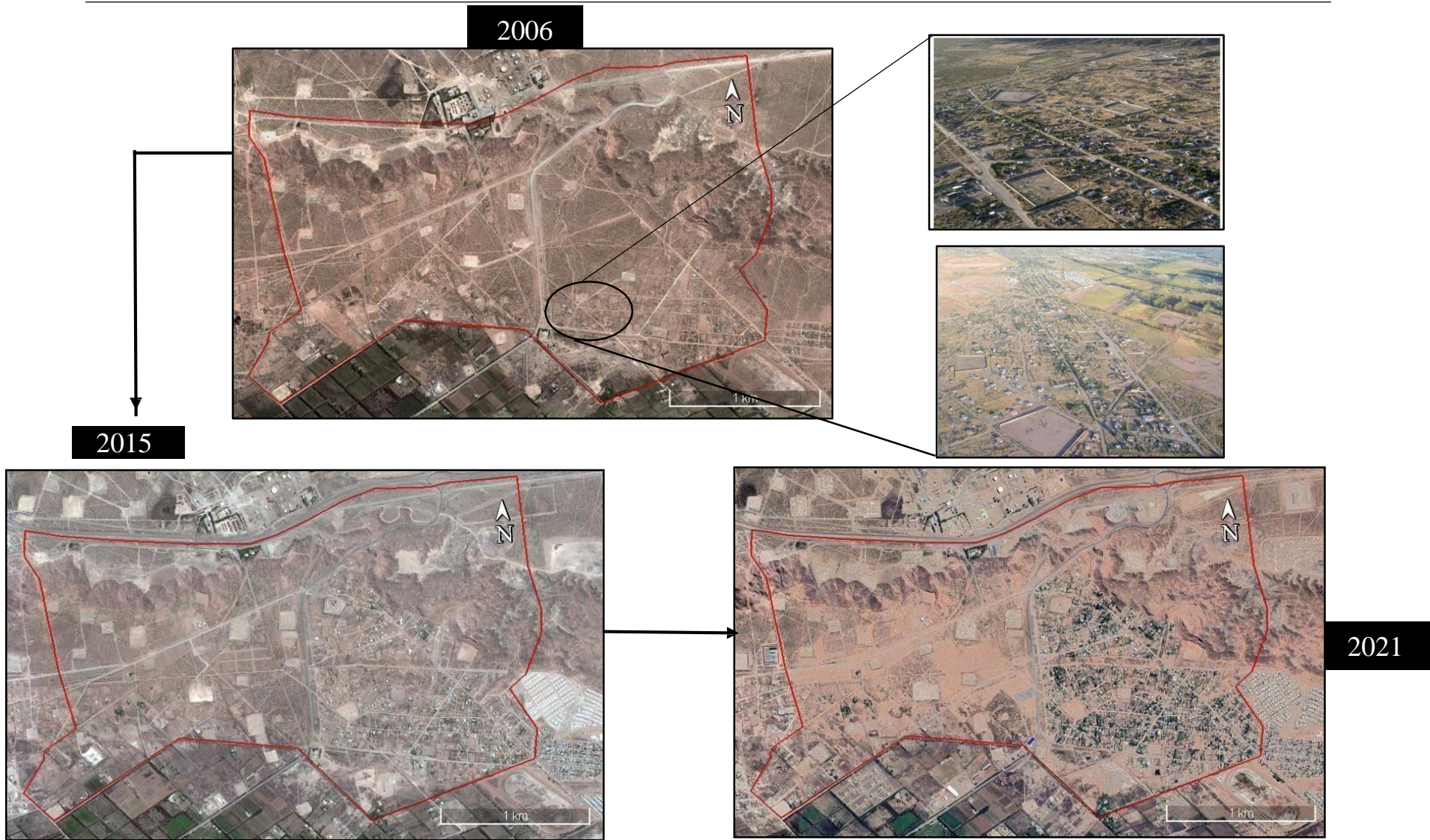


Figura 18: (Arriba hacia abajo, izquierda a derecha): en el año 2006, convivencia peligrosa, barrio Valentina Norte Rural zona Los Hornos (fotografía OPSur). En el 2015 se observa un notorio aumento del desarrollo del barrio (Google Earth). En el 2021, aumento acelerado actual del desarrollo del barrio Valentina Norte Rural (Google Earth).

5. Discusión

5.1 La problemática del sector de barda del noroeste de la ciudad de Neuquén

Las principales actividades antrópicas, la hidrocarburífera y la urbana han impactado sobre la dinámica del sistema natural en el entorno del área de estudio. La interrelación entre ambas actividades configura un escenario complejo de interacción con el sistema ambiental. Como ya fue indicado sumado a la actividad del hombre también se observan desde el sistema ambiental procesos naturales de riesgo aluvional.

El trabajo de campo en el área de estudio consistió en la observación, el análisis y la posterior aplicación del criterio adoptado en cada una de las interacciones de ambas actividades. El criterio *cualitativo* sobre indicadores de impacto adoptado para este trabajo según Gómez Orea (1999) se aplica sobre aquellos para los que no se dispone de una unidad de medida y hay que recurrir a sistemas no convencionales de valoración.

Los impactos sobre el sistema ambiental u alteración de la dinámica del sistema natural son los que atañen al área de estudio.

A continuación se presentan una serie de interacciones registradas en el área de estudio:

- La construcción de locaciones, junto con sus caminos de acceso origina una serie de efectos puntuales que se muestran en la figura 19. Se elimina la vegetación, el perfil del suelo, y se altera, cuando hay pendiente, la topografía del terreno mediante taludes de cortes y relleno. Los impactos al suelo y en el relieve tendrán importancia proporcional al volumen de movimiento de suelos, que a su vez aumenta exponencialmente con la pendiente del terreno (Pereyra *et al.*, 2011).

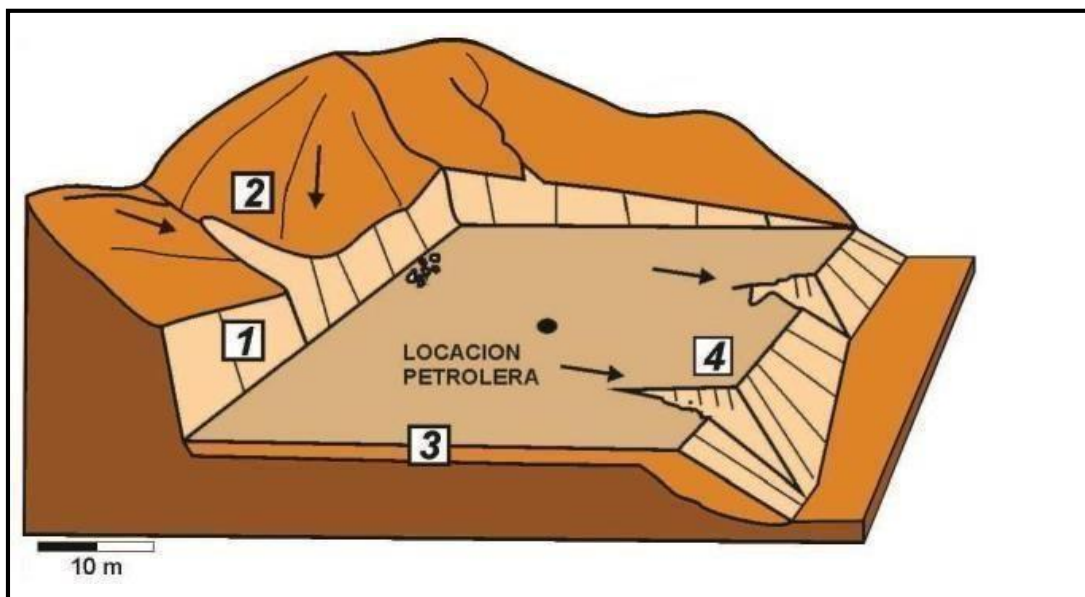


Figura 19: Impactos en locaciones petroleras. 1: Talud de corte con remoción en masa e imposibilidad de revegetación, 2: Erosión hídrica retrogradante, 3: Suelos compactos y salinos, 4: Erosión en talud de relleno. (Extraído de Pereyra *et al.*, 2011).

- Mediante la observación y análisis durante las etapas de reconocimiento en campo se registró fotográficamente las instalaciones hidrocarburíferas representativas del sector de estudio localizadas en las distintas unidades geomórficas. Se elaboró un mapa de instalaciones hidrocarburíferas del sector de estudio en base a datos recopilados de Energía, Minería e Hidrocarburos de la Provincia del Neuquén, con la finalidad de contribuir a un mayor entendimiento del sector de la industria hidrocarburífera en el área de estudio.



Ubicación/ Estado del pozo	Unidad Geomórfica	Uso del suelo
38° 54' 47.11" S 68° 10' 26.45" O / Inyector con recuperación secundaria	Meseta	Actividad hidrocarburífera (YPF.Nq. Ce -67) ¹⁵

¹⁵ La nomenclatura o sigla de los pozos de petróleo y gas responde a la siguiente estructura de términos: código del operador (punto), código de provincia y/o código costa afuera (punto), abreviatura del nombre de pozo (punto) y número del pozo.



Ubicación/ Estado del pozo	Unidad Geomórfica	Uso del suelo
38° 55' 10.30" S 68° 11' 8.28" O/ Productor de petróleo	Talud	Actividad hidrocarburífera (Pp.Nq. Ce-1138)



Ubicación/ Estado del pozo	Unidad Geomórfica	Uso del suelo
38° 55' 26.11" S 68° 10' 11.89" O/ Inyector con recuperación secundaria	Pedimento	Actividad hidrocarburífera (Pp.Nq.Ce -1106)

- Según el Plan Urbano Ambiental (2013) el municipio de la ciudad de Neuquén no cuenta con planos que describan la red del sistema de cañerías de gas, agua y oleoductos que forman parte del sistema operativo de explotación en el área de Valentina Norte (Fig.20).

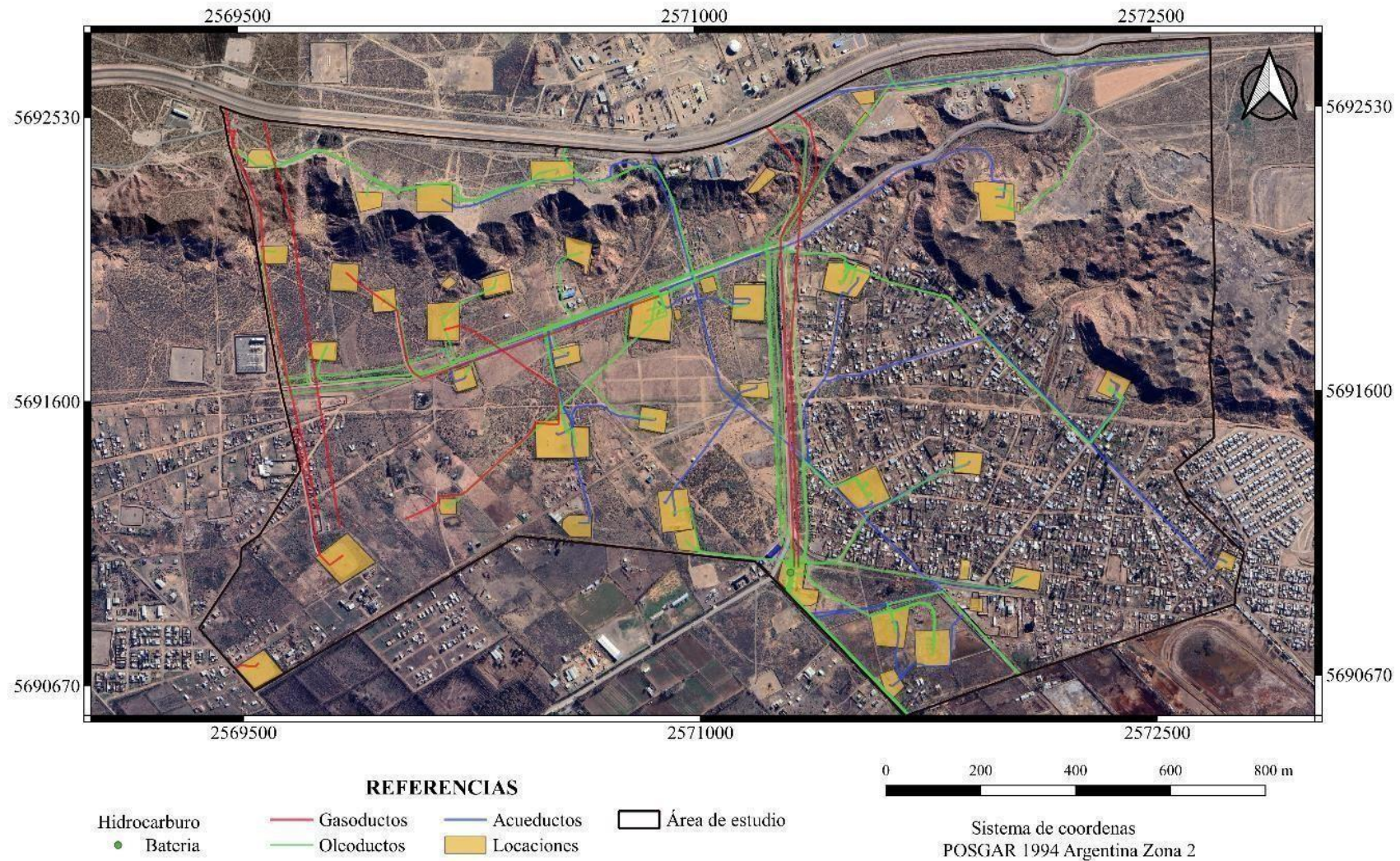


Figura 20: Mapa de Hidrocarburos para el área de estudio, elaborado en base a datos de Energía, Minería e Hidrocarburos de la Provincia del Neuquén.

- En el informe ambiental¹⁶ fruto del acuerdo entre Pluspetrol y el municipio realizado por el Ingeniero agrónomo y Magister en gestión ambiental, Juan Manuel Mendia, se presentan los datos tenidos en cuenta para el área de estudio.

En el informe, se detalla que el 74,6% de los pozos del área hidrocarburífera Centenario se encuentran ubicados en Valentina Norte Rural. Al mismo tiempo, asegura que el uso residencial, industrial y extractivo (hidrocarburos) compiten fuertemente por la zona, siendo el primero el que más avanza sobre tierras productivas (Fig. 23). Entre 2006 y 2012 -período del estudio- el uso urbano creció 379%, mientras los servicios industriales crecieron 108% y las extractivas 84%. Los barrios que más crecieron son Valentina Norte Rural, Valentina Sur Rural y Esfuerzo.

En el informe se precisan datos sobre el crecimiento poblacional en la zona del barrio Valentina Norte Rural, que ha sido de un 27.5% en los últimos años y está previsto un aumento cercano al 40% en el próximo quinquenio. La densidad de locaciones hidrocarburíferas en el área es de 1 locación/15 ha y pasará a 1/11ha con el rápido crecimiento urbano. El patrón de distribución de los emplazamientos se vuelve intrincado y sin ninguna regulación ante la demanda habitacional por parte de la población.

Los resultados del informe indican que la distancia de las locaciones al sector urbano no debería estar a menos de 300 metros para una mayor seguridad en la que el índice de Peligro (IP)¹⁷ sea < 1 , como se muestra en la figura 24. Para determinar la libre disposición del sustrato analizado sobre suelo seco, la Disposición 057/09 de la Provincia del Neuquén mantiene el Valor Guía de 10000 ppm (1%) de HTP¹⁸, mientras que como resultado de estas conclusiones los valores de HTP mayores a 4500 ppm¹⁹ en la zona vadosa del suelo, puede ser un criterio a tomar en cuenta para analizar las cadenas de carbono y determinar el riesgo en suelos afectados por hidrocarburos para la salud humana.

A su vez, el informe también trabaja sobre las normas que deberían ser aplicadas y las contradicciones legales vigentes en cuanto a esta convivencia. “Desde el punto de vista estrictamente legal, la propiedad del recurso se encuentra separada de la propiedad del suelo (sistema regalista) por lo que el Estado otorga permisos de exploración, concesión de explotación y/o celebra contrato de exploración y explotación dependiendo de cada caso. Esta actividad es de utilidad pública según surge de la aplicación del art. 13 del Código de Minería de la Nación. Esto permite que se pueda realizar aún contra la voluntad del propietario del suelo (Ley 17319 art. 66)” (PUA, 2013).

¹⁶ Mendía Juan Manuel, “Estudio de la degradación de suelos y evaluación de la sanidad edáfica con relación a la actividad industrial, petrolera y agrícola en Valentina Norte, provincia del Neuquén” expte. oe- 4194- m- 2011. Mayo 2012.

¹⁷ La suma de los cocientes de riesgo individuales para múltiples sustancias. Risk Integrated System of Closure. (RISC, 2009).

¹⁸ Algunas metodologías agrupan cientos de hidrocarburos en un solo parámetro, denominado Hidrocarburos Totales del Petróleo.

¹⁹ Valores superiores a 4400 ppm de HTP como un Indicador de Peligro > 1.0 en la evaluación del riesgo para la salud humana en suelos afectados por hidrocarburo.

Finalmente, el informe recomienda también que se ajusten las actividades a las normativas vigentes y saca a luz principios constitutivos del derecho ambiental: prevención, precaución, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de sustentabilidad y la garantía de la participación ciudadana en la planificación.

- El Municipio de Neuquén cuenta con la Ordenanza N° 7609/96 y los Decretos Reglamentarios 738/97 y 872/01. Esta ordenanza fue sancionada con el objeto de instrumentar los medios para preservar el ambiente y prevenir y evitar la contaminación ambiental derivada de actividades hidrocarburíferas dentro del Ejido Municipal (art.1). A tal fin prevé dentro de las facultades de la autoridad de aplicación la de determinar las áreas del Ejido Municipal que estén o puedan estar en situación de riesgo o incompatibilidad de usos, con la actividad hidrocarburífera (Fig.21 y 22) adoptando medidas de resguardo, mitigación o prevención de daños y/o promoviendo acuerdos entre las partes involucradas (art. 5 inc. d).

Los procesos judiciales vinculados con los conflictos ambientales en el área son significativos, no sólo por la cantidad sino por el tenor de los reclamos que afectan derechos humanos esenciales como el derecho a vivir en un ambiente sano, derecho a la salud, al acceso al agua entre algunos que se pueden mencionar. En muchos de estos casos se trata de procesos colectivos, es decir involucran a muchas personas y versan sobre derechos de incidencia colectiva y el demandado es el municipio de la ciudad de Neuquén como responsable primario del ordenamiento del territorio y del control ambiental de las actividades que se desarrollan en el territorio.



Figura 21: Convivencia peligrosa, barrio Valentina Norte Rural zona Los Hornos-Neuquén Capital. Limitando con el pozo Pp.Nq. Ce-1357 ubicado al Noroeste del barrio.



Figura 22: Asentamientos en superposición con la actividad hidrocarbúrfica. Limitando con el pozo Pp.Nq. Ce-1363 ubicado al Suroeste del barrio.

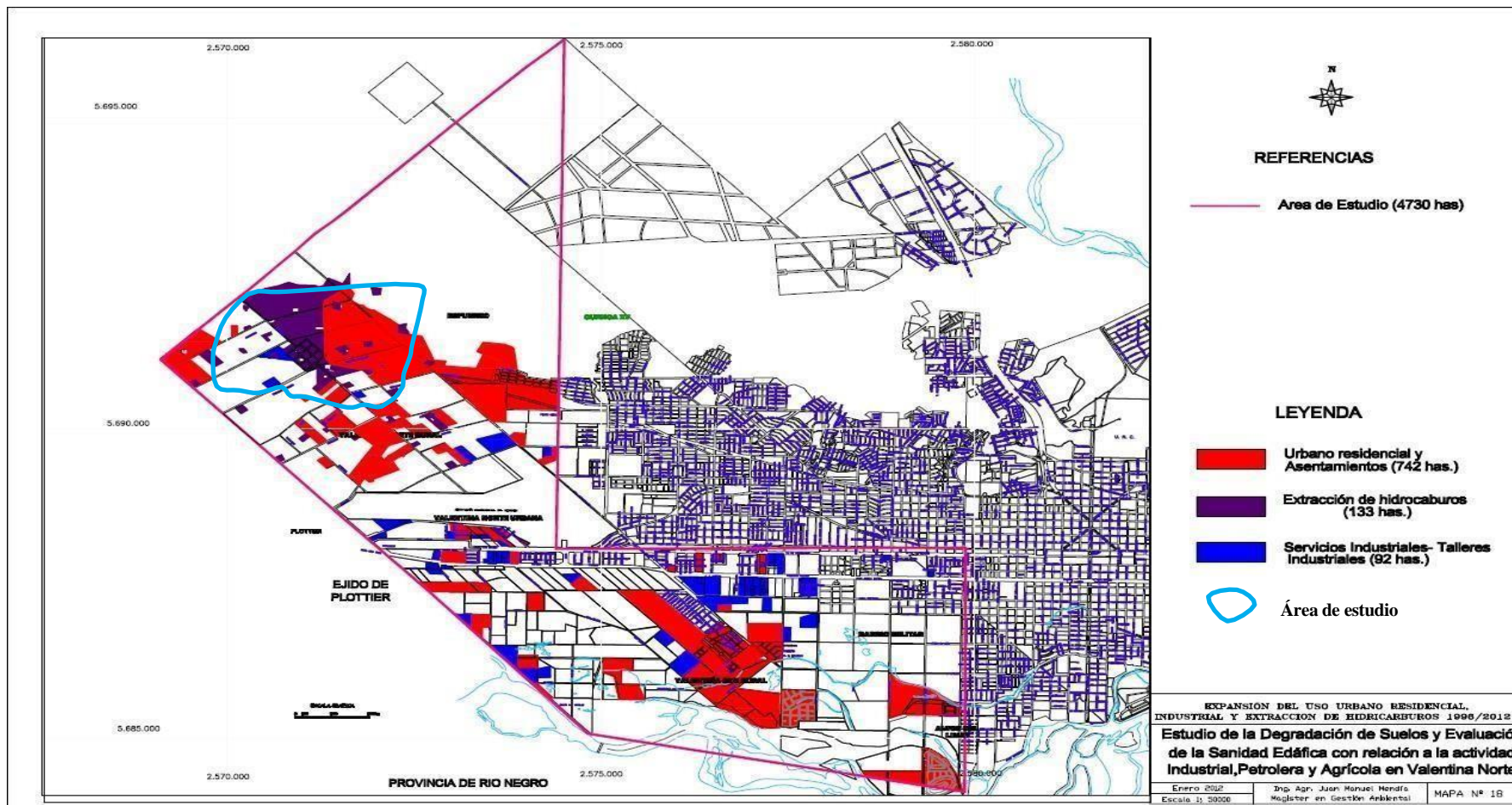


Figura 23: Expansión del uso urbano residencial, industrial y extracción de hidrocarburos 1995/2012 (modificado de Mendía, 2012).

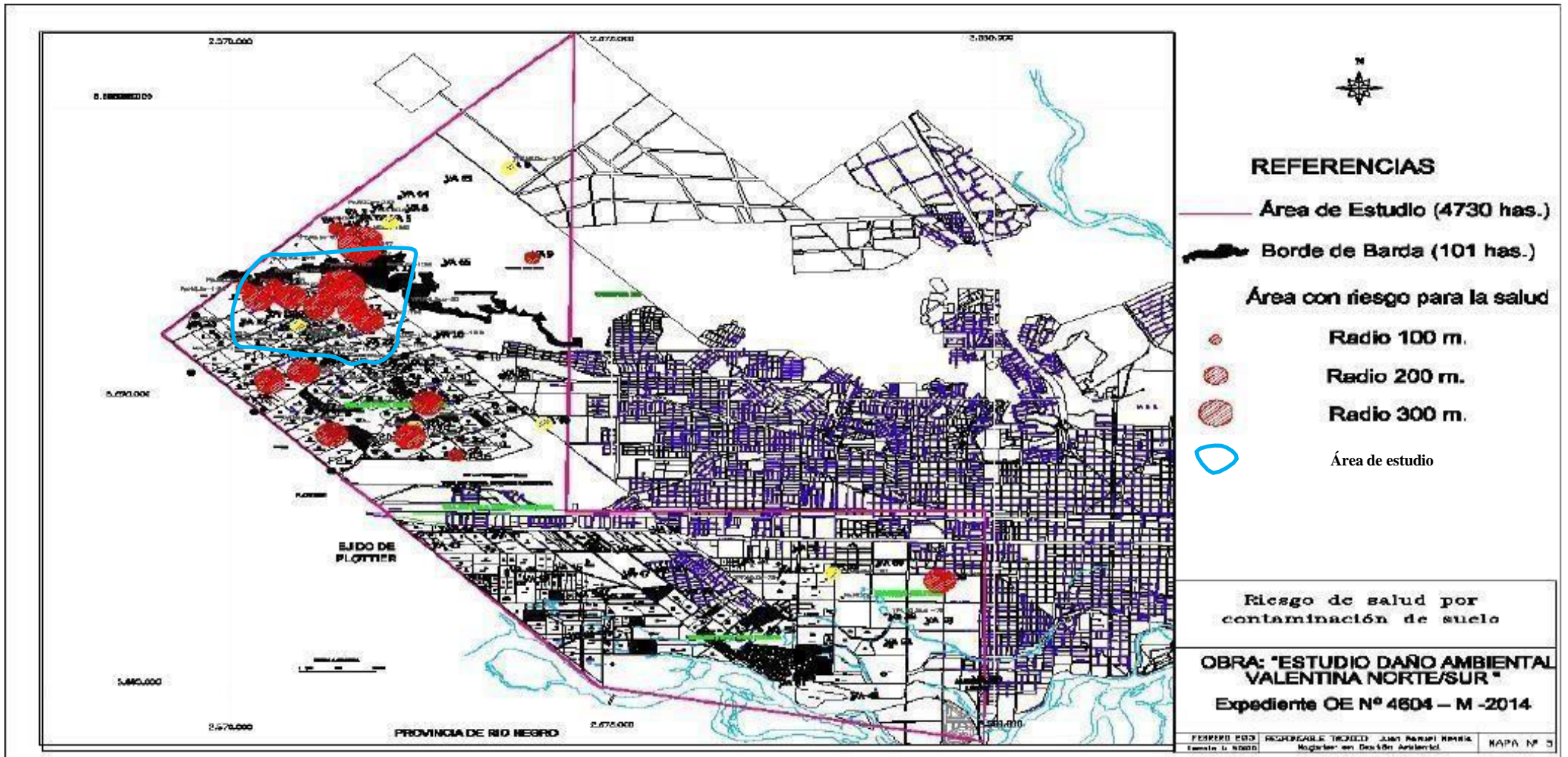


Figura 24: Riesgo de salud por contaminación de suelo (modificado de Mendía, 2012).

6. Resultados

6.1 Mapas de zonificación del peligro y exposición de la población a la explotación hidrocarburífera

Para los fines del estudio es necesario definir y delimitar el área de influencia ambiental. El concepto de área de influencia está relacionado con el espacio físico donde los impactos ambientales, producto de una determinada actividad, pueden ser percibidos de manera directa e indirecta. El **Área de Influencia Directa** (AID) es el espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de Impacto Ambiental es máxima²⁰. Por otro lado, se define como **Área de Influencia Indirecta** (AII) al espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de los impactos ambientales decrece con la distancia al sitio donde se genera impacto²¹.

Las denominadas “islas”, son locaciones cerradas por un cerco de cemento para garantizar que pobladores no se instalen más cerca de lo permitido. De acuerdo con la legislación vigente nacional de la Secretaría de Estado de Energía y Minería –Decreto. PEN 33598/33 art. 36-, se exigen **60 metros** mientras que la Secretaría de Medio Ambiente de Neuquén apruebalos proyectos que contemplen **200 metros** de distancia con alguna vivienda acorde a la legislación vigente provincial -Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II-.

Para la elaboración de los mapas se identificaron y discriminaron cada pozo por estado ya sea productor de petróleo, gas, inyector (agua) y abandonado. Los pozos inyectores son un pozo en el que los fluidos se inyectan en vez de producirse, siendo el objetivo principal mantener la presión de yacimiento. Existen dos tipos principales de inyección: gas y agua. El gas separado proveniente de los pozos de producción o posiblemente el gas importado puede ser reinyectado en la sección superior de gas del yacimiento. Las locaciones denominadas islas fueron identificadas en el sector este del área de estudio (Fig.25).

El criterio adoptado para la realización del mapa de zonificación del peligro establecido por la legislación vigente nacional que contempla un distanciamiento igual o mayor de 60 metros como peligrosidad baja (Fig.26). Para visualizar el contraste de criterios se elaboró el mapa de zonificación del peligro con el criterio establecido por la Secretaría de Medio Ambiente del Neuquén que contempla una distancia igual o mayor a 200 metros en relación a alguna vivienda como peligrosidad baja (Fig.27).

En la confección de los mapas se aplicó la herramienta de geoprocésamiento de QGIS Multiple Rings Buffer considerando el primer criterio de igual o mayor a 60 metros como peligrosidad baja, entre 40 y 60 metros para peligrosidad media y menos de 40 metros para peligrosidad alta.

En el caso del segundo mapa con las mismas locaciones denominadas “islas” se aplicó la herramienta de geoprocésamiento de QGIS Multiple Rings Buffer considerando el segundo criterio de igual o mayor a 200 metros para peligrosidad baja, entre 200 metros y 100 metros para peligrosidad media, y menos de 100 metros para peligrosidad alta.

Las locaciones denominadas “islas” son consideradas a los fines del estudio por ser muestras representativas fidedignas del vínculo estrecho entre ambas actividades antrópicas tanto la industrial como la urbana en el contexto actual del sector de territorio en estudio.

²⁰ Fuente: Norma NAG 153 del Ente Regulador del Gas – Sección 1 – Punto 1. Siglas y Definiciones – Definiciones “Área de Influencia Directa”.

²¹ Fuente: Norma NAG 153 del Ente Regulador del Gas – Sección 1 – Punto 1. Siglas y Definiciones – Definiciones “Área de Influencia Indirecta”.

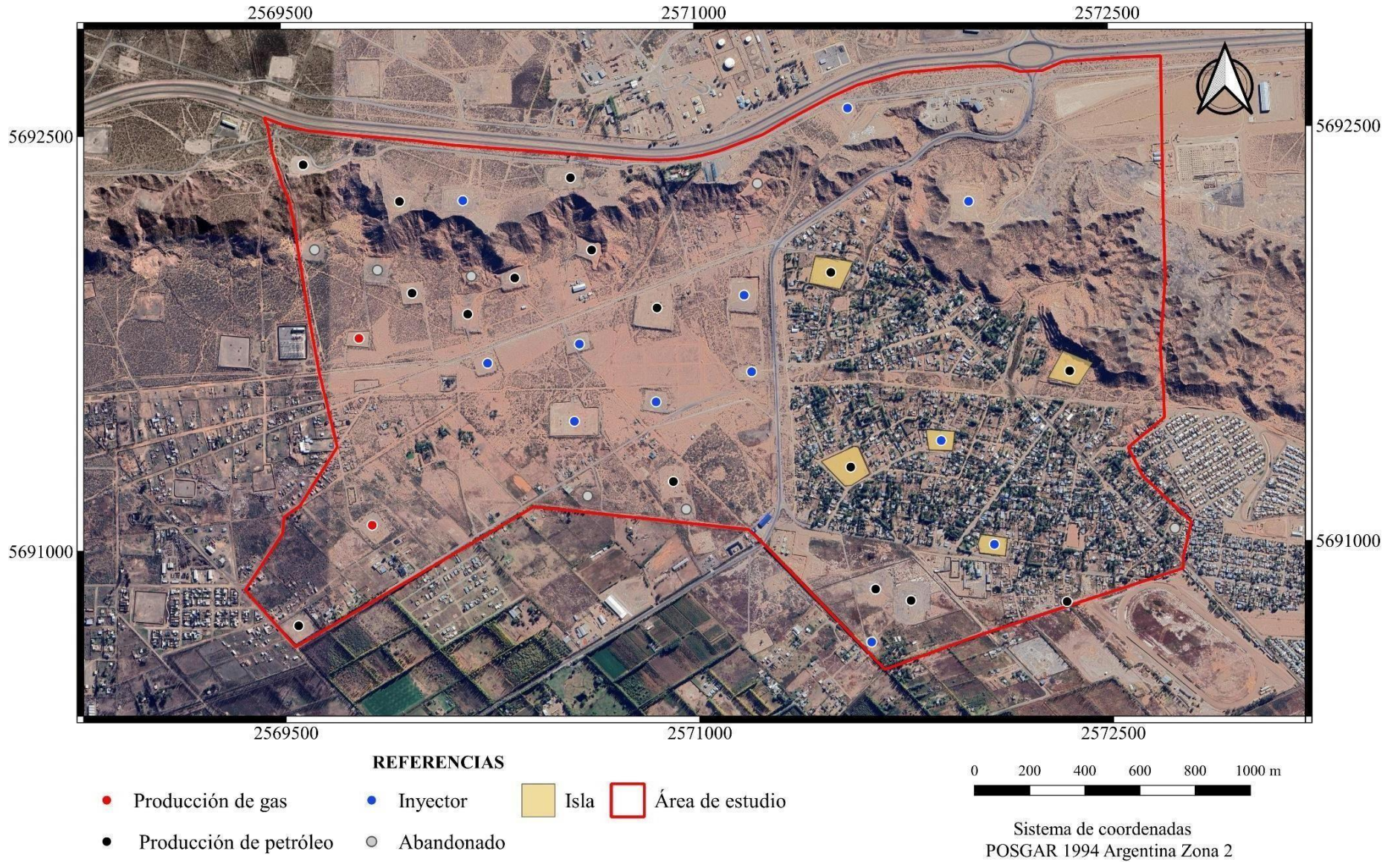


Figura 25: Mapa de la ubicación de cada pozo con su respectiva categoría y las locaciones denominadas islas en el área de estudio.

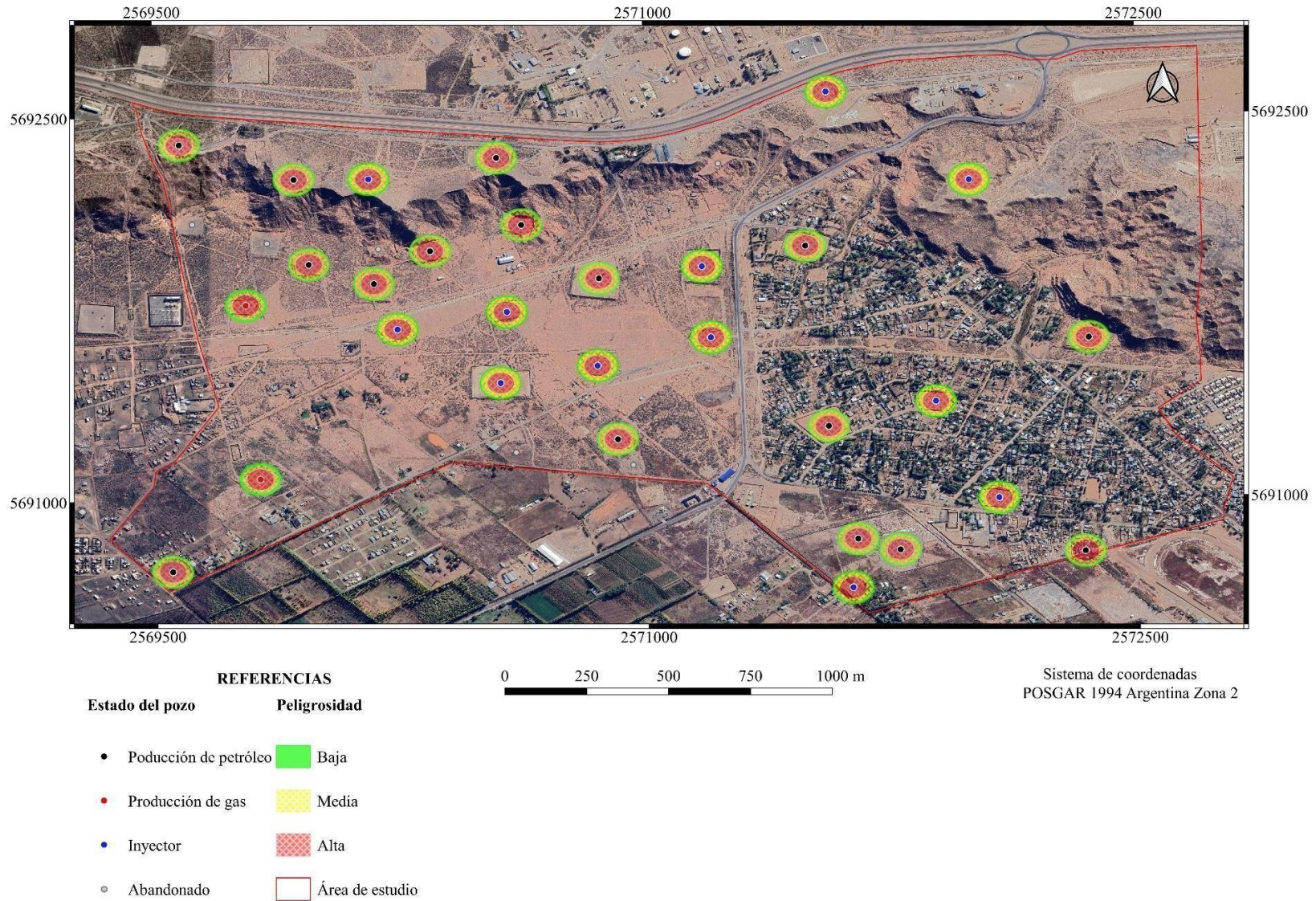
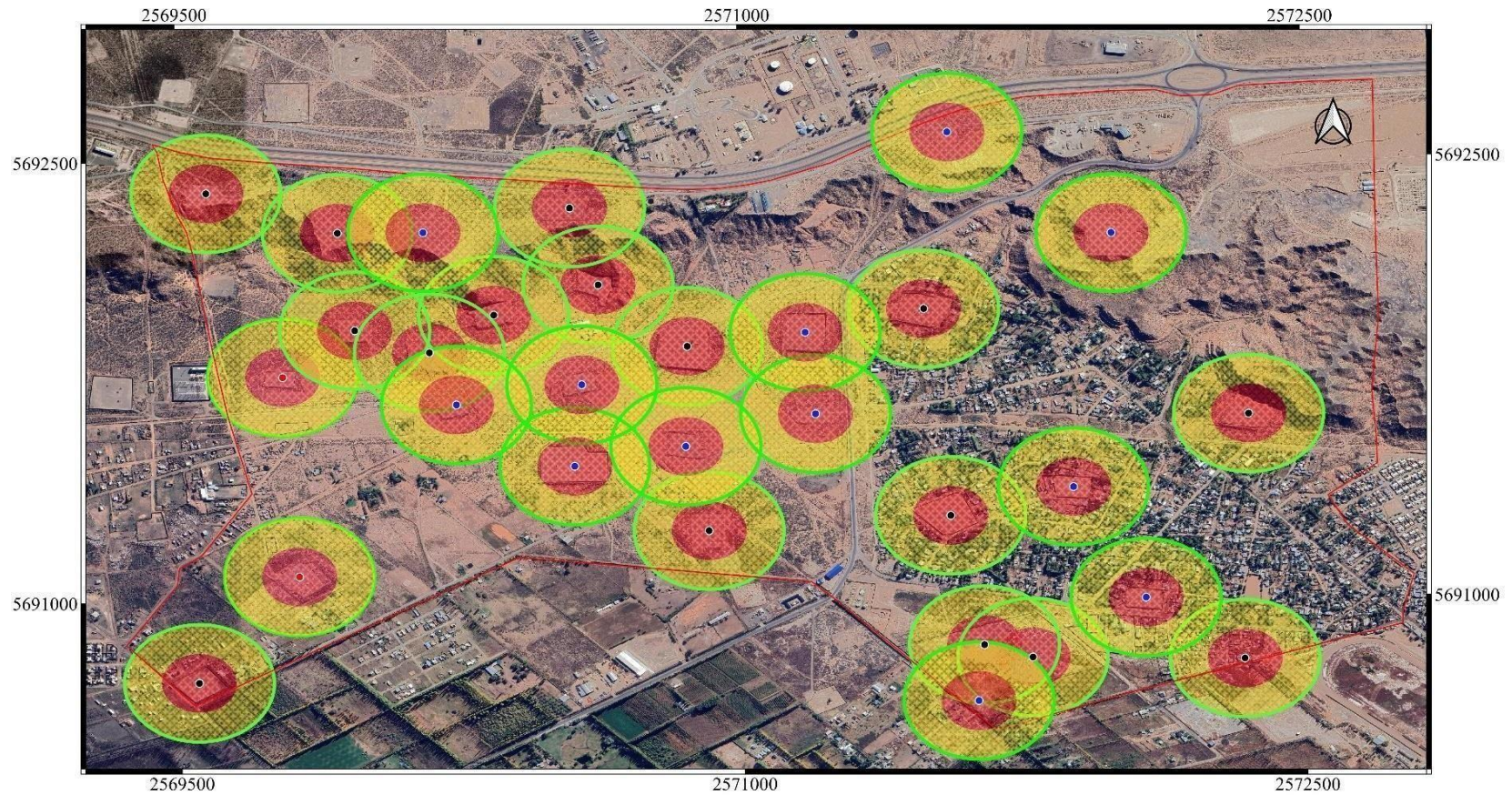


Figura 26: Mapa de zonificación de la peligrosidad del sector de estudio según el criterio establecido por la legislación vigente nacional de la Secretaría de Estado de Energía y Minería – Decreto. PEN 33598/33 art. 36- , que exige una distancia igual o mayor a 60 metros con alguna vivienda como peligrosidad baja.



REFERENCIAS	
Estado del pozo	Peligrosidad
• Producción de petróleo	Baja
• Producción de gas	Media
• Inyector	Alta
• Abandonado	Área de estudio

Figura 27: Mapa de zonificación de la peligrosidad del sector de estudio según el criterio establecido por la Secretaria de Medio Ambiente de Neuquén que exige una distancia igual o mayor a 200 metros con alguna vivienda acorde a la legislación vigente provincial -Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II- como peligrosidad baja.

Los criterios aplicados en el mapeo de la zonificación del peligro y exposición de la población a la explotación hidrocarburífera se analizaron visualmente para contabilizar las casas expuestas en cada nivel de peligrosidad.

Los resultados para el primer caso, según el criterio establecido por la legislación vigente nacional de la Secretaría de Estado de Energía y Minería – Decreto. PEN 33598/33 art. 36- que exige una distancia de igual o mayor a 60 metros con vivienda como peligrosidad baja, muestran que con las condiciones territoriales actuales tiene mayor cantidad de viviendas expuestas en este nivel de peligrosidad y siendo menor la exposición en términos porcentuales de viviendas en los niveles de peligrosidad media y alta. Para este primer caso se confecciono la tabla 3 con los resultados del análisis visual del mapa.

	Peligrosidad			Total
	Baja	Media	Alta	
Casas	1521	14	9	1544
Porcentaje	98%	0,90%	0,60%	100%

Tabla 4: Cantidad y porcentaje de viviendas expuestas en cada nivel de peligrosidad, según el criterio establecido por la legislación vigente nacional de la Secretaría de Estado de Energía y Minería –Decreto. PEN 33598/33 art. 36-.

El segundo criterio establecido por la Secretaria de Medio Ambiente de Neuquén que exige una distancia de igual o mayor a 200 metros de distancia con una vivienda acorde a la legislación vigente provincial -Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II- como peligrosidad baja, muestran que con las condiciones territoriales presentes tiene la mayor cantidad de viviendas expuestas en este nivel de peligrosidad. Siendo la zona de Los Hornos la que mayor porcentaje tiene de viviendas expuestas a un nivel alto de peligrosidad (4 %). Para este segundo caso se confecciono la tabla 4 con los resultados del análisis visual del mapa.

	Peligrosidad			Total
	Baja	Media	Alta	
Casas	1191	285	68	1544
Porcentaje	77%	18%	4%	100%

Tabla 5: Cantidad y porcentaje de viviendas expuestas en cada nivel de peligrosidad, según el criterio establecido por la legislación vigente provincial –Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II.

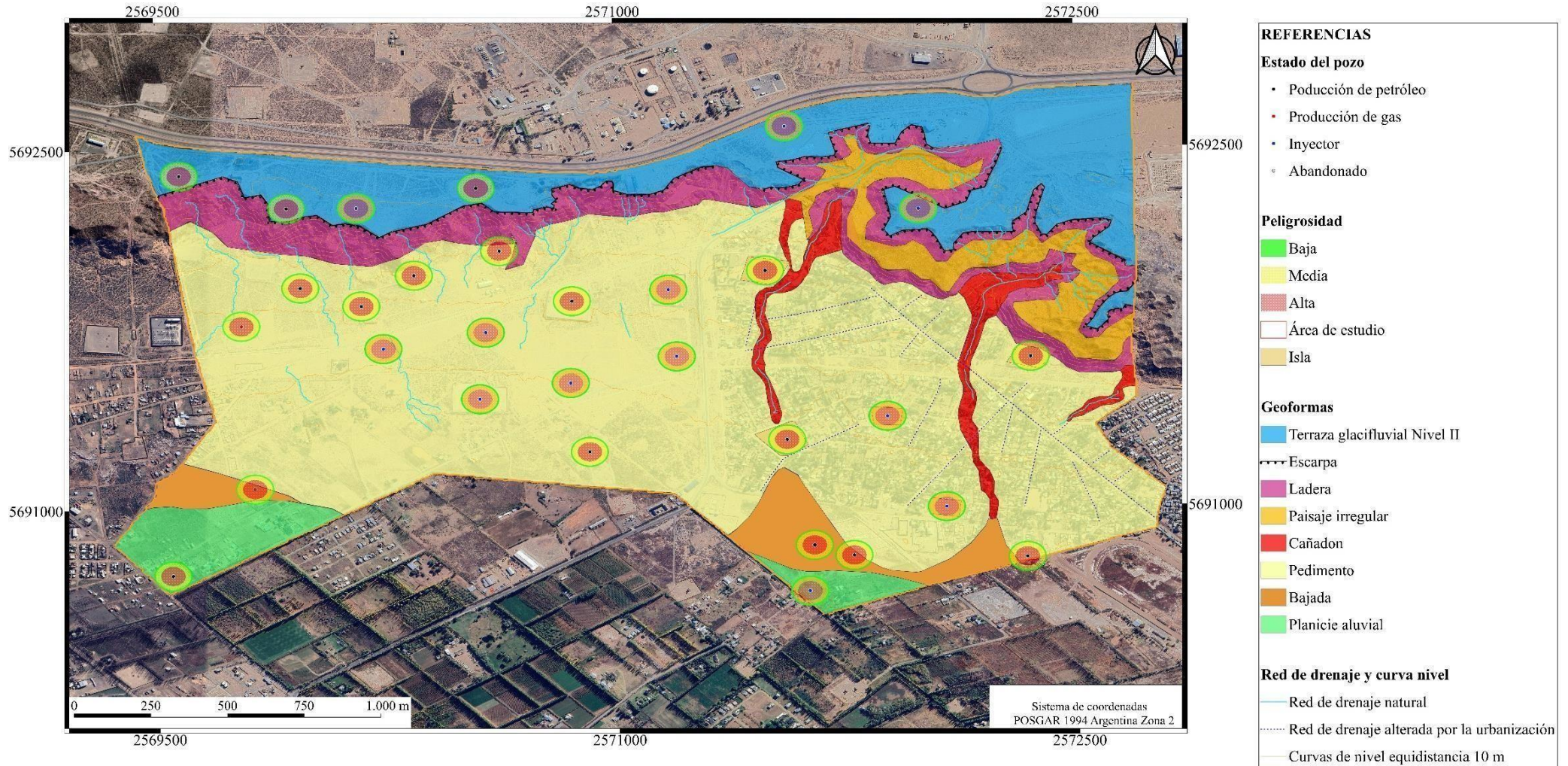


Figura 28: Mapa de integración de aspecto referido a la geomorfología y la red de drenaje para el primer criterio establecido por la legislación vigente nacional de la Secretaría de Estado de Energía y Minería –Decreto. PEN 33598/33 art. 36-, que exige una distancia igual o mayor a 60 metros con alguna vivienda como peligrosidad baja.

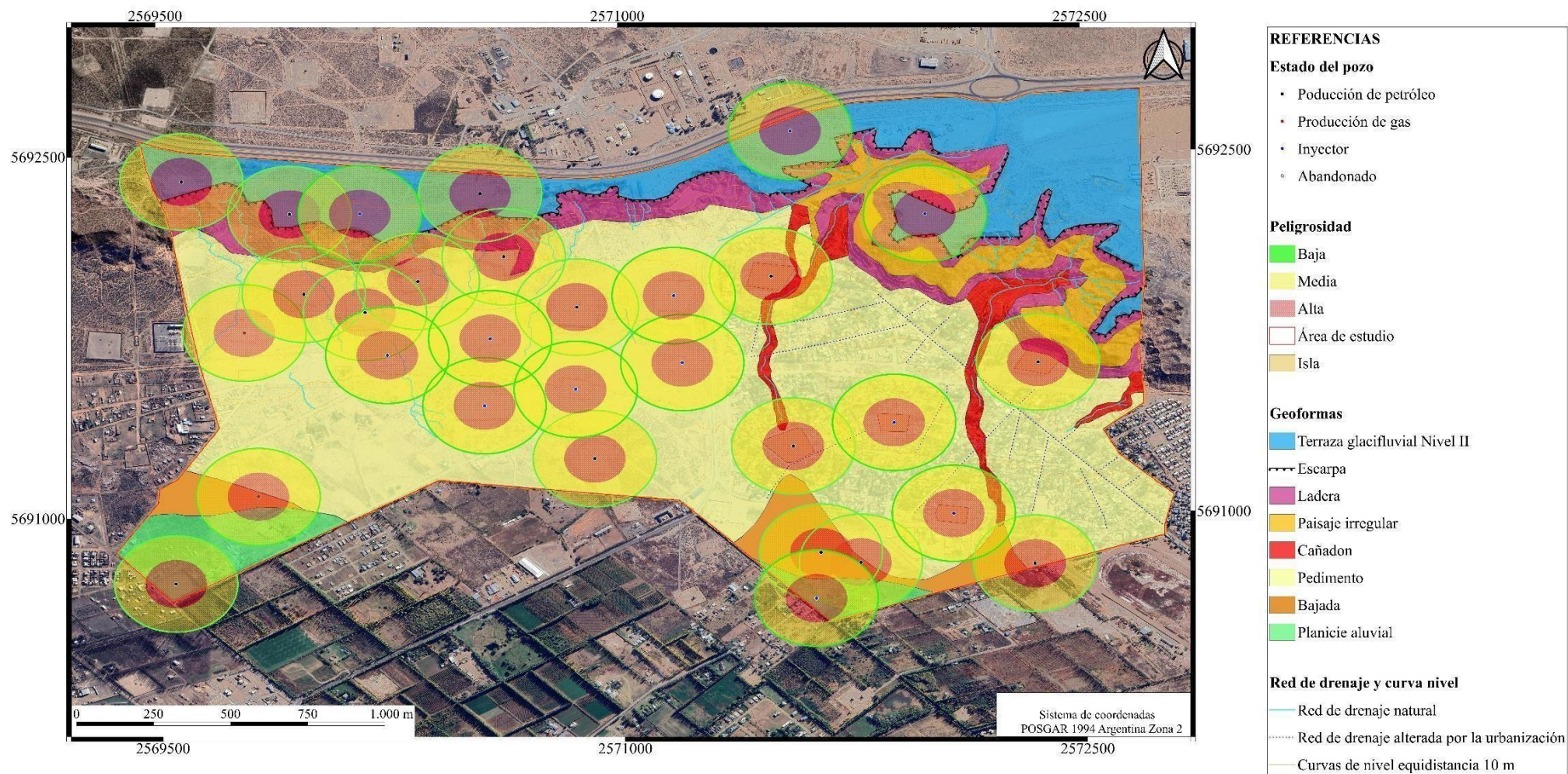


Figura 29: Mapa de integración de aspecto referido a la geomorfología y la red de drenaje para el primer criterio establecido por la Secretaria de Medio Ambiente de Neuquén que exige una distancia de 200 metros con alguna vivienda acorde a la legislación vigente provincial -Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II- como peligrosidad baja.

La integración y mapeo de la información referida a la geomorfología y la red de drenaje para el primer mapa (Fig.28), considera el criterio establecido por la legislación vigente nacional de la Secretaría de Estado de Energía y Minería –Decreto. PEN 33598/33 art. 36-, que exige una distancia de igual o mayor a 60 metros con alguna vivienda para ser de peligrosidad baja.

Las cinco locaciones multipozos o islas se ubican en el pedimento, dos de las cuales se localizan en cercanías a cañadones que en la mayor parte del año se encuentran inactivos, revegetados y antropizados en su sección final. La red de drenaje natural (ver *Sección 4.3.8*) alterada por la construcción de las mismas locaciones, presentan elevación del terreno, mecanismo por el cual se protegen las instalaciones y se reduce el riesgo hídrico de los cauces en cercanía a locaciones o islas.

La locación- isla (Fig.16, pág.35) ubicada al sureste del área de estudio intercepta el cañadón proveniente del noroeste, alterando el drenaje natural. Ante una precipitación torrencial podría producir el anegamiento de sectores urbanizados contiguos. El factor urbano también interviene en la alteración de la red de drenaje en locaciones-islas que se ubican en cercanía al pie de barda, con sectores urbanos que desvían cauces de bajo a mediano riesgo hídrico e inactivos la mayor parte del año.

El segundo mapa (Fig.29) considera el criterio establecido por la Secretaria de Medio Ambiente de Neuquén (Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II), que establece una distancia de igual o mayor a 200 metros con alguna vivienda como peligrosidad baja.

Como fue expresado más arriba, esta legislación provincial más restrictiva indica para el sector más urbanizado que ocupa la mitad este del área en análisis que 68 viviendas se encuentran dentro de un área con peligrosidad alta.

7. Conclusiones y recomendaciones

Dentro de los límites de la zona de este trabajo, se efectuó un relevamiento ambiental de las instalaciones hidrocarburífera existentes (pozos, líneas de conducción, plantas, baterías, etc.), focalizando en las islas. Claramente se observa que no se ha respetado la legislación pertinente en el sector Este ya urbanizado.

A partir del mismo se proponen algunas medidas que podrían llegar a implementarse en forma preventiva:

Medidas preventivas sobre locaciones/islas ubicadas sobre el piedemonte restringidas al área de estudio:

- Pp.Nq. Ce-1357, (Fig. 31 y 32, pág.59): Comparte locación con Ce-47, Ce-1358, Ce-1359, Ce-1293 y Ce-1233.
- Estado del pozo: productor de petróleo.
- Sobre el lateral norte se encuentra montado el colector de campo sin base de hormigón, sin recinto de contención. Sobre el lateral sur se encuentra montado un satélite²² sobre platea de hormigón. La locación se encuentra cercada con paredón de placas de hormigón, con candado.
- Colocar cartelería de riesgo al colector de campo. Colocar cartelería de riesgo al satélite. Colocar cerco perimetral al colector de campo. Retirar rezagos metálicos (lateral este de la locación).
- Influencia poblacional: viviendas precarias al este a ± 43 metros, al norte ± 85 y al noroeste a ± 134 metros. Influencia tránsito: calle vecinal sobre el lateral norte a ± 70 metros

- Pp.Nq. Ce-1363, (Fig.33 y 34, pág.60): Comparte locación con Ce-1360, Ce-1361, Ce-1362, y Ce-43.
- Estado del pozo: productor de petróleo.
- Se encuentra un satélite en el lateral Oeste de la locación. Colector de campo en el lateral norte de la locación, no tiene carteles de riesgo, cercado parcialmente con placas de hormigón. Locación cercada con placas de hormigón, portón con candado.
- Colocar cartelería de riesgo al satélite de campo. Colocar cerco perimetral al satélite de campo. Colocar cartelería de riesgo al colector de campo. Reparar cerco perimetral del colector de campo. Colocar cartel de identificación al satélite de campo. Colocar cartel de identificación al colector de campo.
- Influencia poblacional: viviendas al norte a ± 109 m, al noreste ± 82 m, al sur a ± 47 m, al oeste a ± 74 m. Influencia tránsito: calles vecinales al norte a ± 104 m, al este ± 60 m, al sur a ± 27 m, al oeste a ± 60 m.

- Pp.Nq. Ce-1106, (Fig.35 y 36, pág.61): La locación se encuentra cercada con paredón de placas de hormigón, con candado.
- Estado del pozo: inyector (agua).
- Colocar cartelería de riesgo a la instalación de superficie.
- Influencia poblacional: viviendas al oeste a ± 81 m, al sureste a ± 59 m, al norte a ± 53 m, al suroeste a ± 86 m.

²² Colector con líneas de conducción hacia pozo de inyección de agua.

- Pp.Nq. Ce-1104 (Fig.37 y 38, pág.62): La locación se encuentra cercada con paredón de placas de hormigón, con candado. La misma esta ubicada sobre un cañadón, impidiendo la circulación del agua por el mismo. Freatímetro en el esquinero sureste.
- Estado del pozo: inyector (agua).
- Influencia poblacional: taller al suroeste a ± 73 m, viviendas al oeste a ± 83 m, al sureste a ± 80 m, al noreste a ± 54 m, al norte a ± 50 m. Influencia transito: calle vecinal al sur a ± 49 metros.

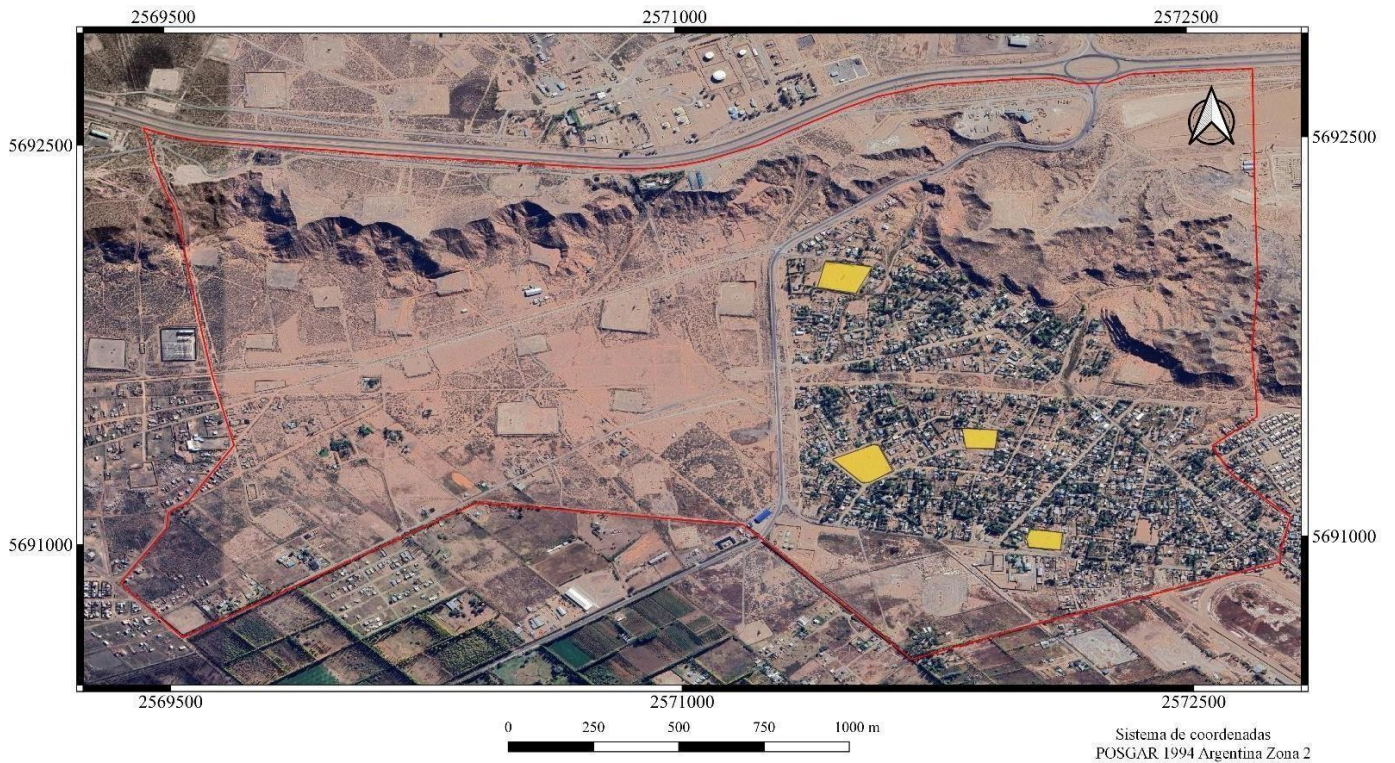


Figura 30: Ubicación de locaciones/ islas en el sector Este urbanizado.

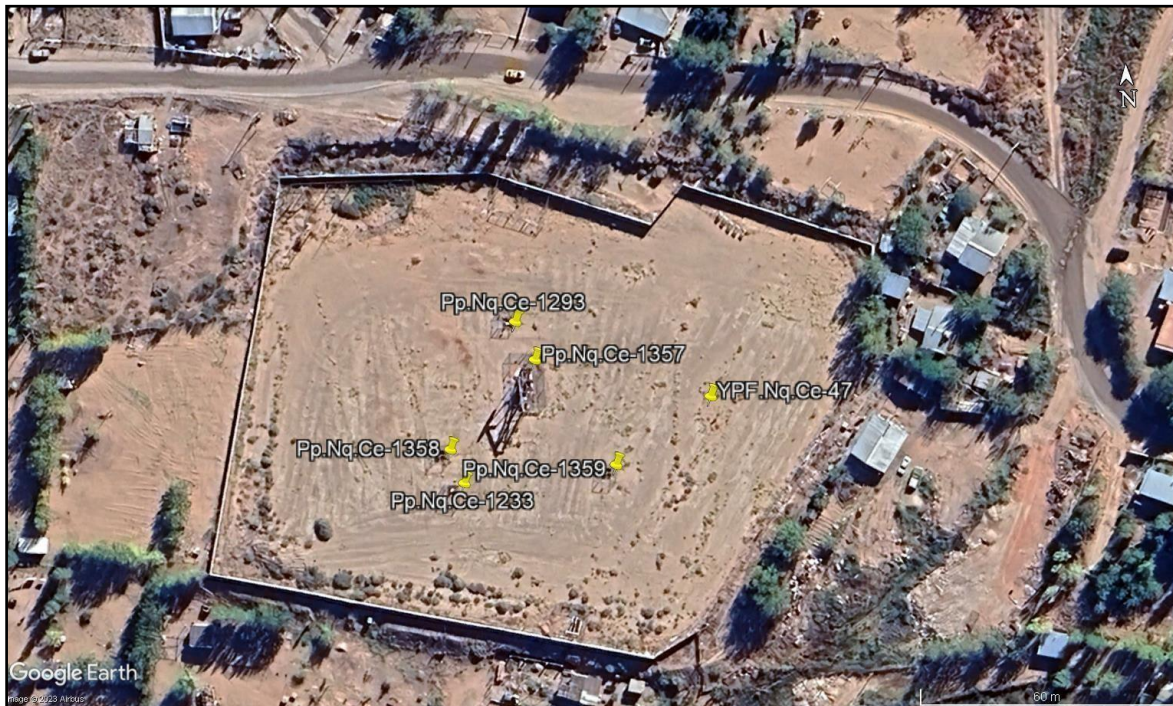


Figura 31: Vista cenital de locación/isla con presencia de multipozos.



Figura 32: (Izq.). Colector sin base de hormigón. (Der). Satélite sin cartelería de riesgo.



Figura 33: Vista cenital de locación/isla con presencia de multipozos. Se observa como la locación esta implantada sobre un drenaje impidiendo la circulación del agua, pudiendo generarse ante un evento torrencial inundaciones en el sector urbanizado.



Figura 34: (Izq.). Colector cercado parcialmente con placas de hormigón. (Der). Satélite sin cartelera de riesgo.



Figura 35: Vista cenital de locación/isla con único pozo.



Figura 36: Colocar cartelera de riesgo a la instalación de superficie.



Figura 37: Vista cenital de locación/isla con único pozo.



Figura 38: Colocar cartelera de riesgo a la instalación de superficie.

En la zona de Los Hornos se localizan 15 pozos en total de los cuales 12 fueron relevados y analizados en función de considerarse la zona más crítica por tener la mayor cantidad de viviendas aledañas en sectores con alta peligrosidad, es decir su cercanía a instalaciones hidrocarburíferas es menor a 100 metros en función del criterio establecido por la Secretaría de Medio Ambiente de Neuquén acorde a la legislación vigente provincial -Decreto 1631/06 Anexo I, capítulo II-.

Los 12 pozos se encuentran en las locaciones denominadas “islas” (3 o más pozos por locación) en la actualidad el desarrollo de este tipo de metodología permite establecer una “zona de seguridad”, pues, aunque ocupan una mayor superficie les permite tener alejadas las viviendas informales. En estos sectores trabajan con equipo insonorizados, reducen el horario de trabajo sólo al horario diurno para no molestar a los vecinos, reducen la movilidad de los equipos por el riesgo de los camiones y el mantenimiento de las calles lo realiza la empresa.

Estos sectores son los que presentan mayores riesgos en relación con la población, por los pozos, los oleoductos y gasoductos.

Las consideraciones para el sector oeste del área de estudio a raíz que ya se ve una inicial ocupación urbana en presencia de ductos principalmente de gas es evitar que se repita lo que se observa en la mitad este del área, donde las casas están en situación de peligro.

Los procesos actuales que inciden en el modelado del paisaje son erosión hídrica, erosión eólica, meteorización – principalmente mecánica- y procesos de remoción en masa. Los mismos se han intensificado a partir de las actividades que desarrolla el hombre sin considerar la fragilidad del ambiente y sin un adecuado manejo del medio natural (Ibarra, 2019).

Recomendaciones para tener en cuenta relacionadas con las actividades hidrocarburífera y urbana:

- Ordenamiento territorial, tendiente a tratar de mitigar los impactos ambientales que ya se presentan y minimizar otras posibles problemáticas a futuro.
- Planificación de vías de acceso y de evacuación seguras para la atención de contingencias y/o urgencias ante inundaciones producto de eventos torrenciales severos.
- Colocar señalización pertinente a los ductos.
- Acordar con la concesionaria un esquema de manejo sustentable de la actividad hidrocarburífera que defina un horizonte temporal y un área de explotación acotada.
- Observando el sector ya urbanizado (Este) queda claro que no se han respetado las normativas nacionales ni provinciales en relación a la distancia entre las casas y una locación hidrocarburífera. Para el sector Oeste, todavía sin urbanizar, la densidad de instalaciones hidrocarburíferas es mayor, teniendo además una mayor proporción de cañerías de conducción de distinto tipo. Al observar el mapa de la Fig. 29 (pág. 55) se observa claramente la superposición entre los "buffer" de peligrosidad referente a la legislación provincial, por lo que se debería generar en forma urgente una legislación (provincial/municipal) impidiendo la urbanización de esta zona.

Líneas futuras de investigación

- Estudio de riesgo aluvional ante fenómenos que se verían potenciados por la alteración de la red de drenaje natural por la actividad antrópica.
- Caracterización de los procesos de remoción en masa sobre la ladera de la barda que impliquen un riesgo potencial para la población e instalaciones en cercanía al pie de barda.

8. Bibliografía

- **Blanco-Alarcón, A., 1989.** Gestión Ambiental para el Desarrollo, compilación, Sociedad Colombiana de Ecología, Intercor, Editora Guadalupe.
- **Bran D., Ayesa J. y López C., 2002-** Áreas ecológicas de Neuquén. Laboratorio de Teledetecciones-SIG. INTA-EEA BARILOCHE.
- **Burgos, J. J. y Vidal, A. L. 1951** "LOS CLIMAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA, según la nueva clasificación Thornthwaite" Revista Meteor, Año 1 N.º1, Buenos Aires.
- **Capua o.; Jurio e.; Giordano, a. 1996.** Gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. La Revista de CALF No 188. Neuquén.
- **Capua, O., Giordano, A., Jurio, E., 1999.** Problemática del barrio Bardas Soleadas, Ciudad de Neuquén. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, 31 p.
- **Capua, O., Jurio, E., 2011.** Componentes y dinámica natural del ambiente de la Ciudad de Neuquén. Boletín Geográfico año XXXII N°33. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, pp. 55-68.
- **Cazau, L.B. y M.A. Uliana., 1973.** El Cretácico Superior continental de la Cuenca Neuquina. 5º Congreso Geológico Argentino, 3: 131-163. Buenos Aires.
- **Clotet, n.; Gallart, f.; Sala, m. 1986-1987.** Los badlands: características, interés teórico, dinámica y tasas de erosión. En: Notes de Geografía Física. N° 15-16. Barcelona. España.
- **Decreto reglamentario N° 0738** de 1997 [Consejo Deliberante Neuquén Capital]. Contaminación ambiental derivada de actividades Hidrocarburíferas. 13 de junio de 1997.
- **Decreto reglamentario N° 0872** de 2001 [Consejo Deliberante Neuquén Capital]. Contaminación ambiental derivada de actividades Hidrocarburíferas. 22 de mayo de 2001.
- **Di Toro, D.M. McGrath, J.A., Stubblefield, W.A., 2007.** Predicting the Toxicity of Neat and Weathered Crude Oil: Toxic Potencial and the Toxicity of Saturated Mixtures. Environmenatl Toxicology and Chemistry 26(1): 24 36.
- **Ente Nacional Regulador del Gas., 2019.** Norma Argentina para la protección ambiental en el transporte y la distribución de gas natural y otros gases por cañerías (NAG-153). (En: <https://enargas.gob.ar>)
- **Espinoza, G., 2001.** Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Santiago de Chile: Banco Interamericano de Desarrollo BID. 186 pp.
- **Etchichury L., Gatti, I., Fabio L., Membribe A., Murgida A M. 2016.** Eventos extremos y riesgos. Diferencias y similitudes en políticas de gestión local del riesgo. Casos de ingeniero Jacobacci, Neuquén, La Plata y Quilmes. V Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas. Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue.
- **Fidalgo, F., y Riggi, J. 1965.** Los rodados patagónicos en la meseta de Guenguel y alrededores (Santa Cruz). En: Revista XX (3). Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires.
- **Gómez Orea, D., 1999.** Impacto ambiental. Evaluación del impacto ambiental. Madrid: Agrícola Española, 189 p.

- **Gonzalez Diaz, E., 1996.** Asociación geomórfica pedemontana. Apuntes Curso de perfeccionamiento. Dirección de Educación Continua – Facultad de Ciencias Agrarias – Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue. Inédito.
- **Gutiérrez Elorza, M., 2008.** Geomorfología. Pearson-Prentice Hall Edit. Barcelona. España.
- **Holling, C. S., 1973.** Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23.
- **Ibarra, K.A., 2019.** Caracterización geotécnica de un sector de la ciudad de Neuquén. Tesis de Grado, Universidad Nacional del Comahue, 75 p, Neuquén.
- **Irisarri, J., 2006.** Suelos de la provincia del Neuquén. Escala 1:500.000. INTA-CFI-UN del Comahue, 224 pp. Buenos Aires.
- **Mendía Juan Manuel., 2012.** “Estudio de la degradación de suelos y evaluación de la sanidad edáfica con relación a la actividad industrial, petrolera y agrícola en Valentina Norte, provincia del Neuquén”. Neuquén, Argentina: Universidad Nacional del Comahue. Mimeo.
- **Municipalidad de Neuquén., 2013.** Código de planeamiento y gestión urbano ambiental, Bloque temático n° 1, PUA.
- **Lepold, L.B; Wolman, M.G, y Miller, J.P. 1964:** Fluvial Processes in Geomorphology. Freeman. San Francisco, 522 págs.
- **Observatorio Ambiental de la Unión Europea., 2010.** Concepto de Calidad Ambiental. Disponible: Consultado 22 de enero de 2010 10:44 a.m. (En: <https://www.redalyc.org/pdf/705/70538663003.pdf>)
- **Ordenanza N° 7609** de 1996 [Consejo Deliberante Neuquén Capital]. Contaminación ambiental derivada de actividades Hidrocarburíferas. 13 de septiembre de 1996.
- **Ordenanza N° 8201** de 1998 [Consejo Deliberante Neuquén Capital]. modificatorias sobre Usos y Ocupación del Suelo. 10 de julio de 1998.
- **Ramos, V.A., 1981.** Descripción geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte. Servicio Geológico Nacional, Boletín N° 182: 1-103. Buenos Aires.
- **RISC, 2009.** Total Petroleum Hydrocarbons. Risk Integrated System of Closure. Indian Department of Environmental Management. Technical Resource Guidance Document. Chapter 8: pag 8-1 pag 8-17.
- **Rodríguez, M. F., Leanza, H. A., Salvarredy Aranguren, M., 2007.** Hoja Geológica 3969-II Neuquén, provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Naturales. SEGEMAR. Boletín 370, Buenos Aires, pp. 1- 165.
- **Romero, G. y Maskrey, A. 1993.** Como entender los desastres naturales. A. Maskrey (Ed.), Los Desastres No Son Naturales (137 pp.). Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. <http://www.desenredando.org>
- **Royal Society. 1992.** Risk: Analysis, Perception and Management. London.
- **Sarandón, R., 2015.** Impacto ambiental de la explotación de los recursos no convencionales (Número de informe capítulo 05). Repositorio Institucional de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
(En: <http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20190211015576>).

- **Saavedra, J.M., 2023.** Riesgo aluvional de áreas recientemente urbanizadas en la margen sur de la naciente del Río Negro. Departamento El Cuy. Provincia de Río Negro. Tesis de grado, Universidad Nacional del Comahue, 79 p, Río Negro.
- **Solbrig, O. T., 1991.** Biodiversity. Scientific issues and collaborative research proposal. MAB Digest N° 9, UNESCO, 74 p.
- **Souther, Sara, Morgan W. Tingley, Viorel D. Popescu, David T.S. Hyman, Maureen E. Ryan, Tabitha A. Graves, Brett Hartl, Kimberly Terrell., 2014.** Biotic impacts of energy development from shale: research priorities and knowledge gaps. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 12(6): 330-338, DOI: 10.1890/130324.
- **Torrens, C., Ciminari, M., Jurio, E., 2015.** Problemáticas ambientales derivadas de la expansión urbana. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, 9 p.
- **Una Norma Española., 2008.** Análisis y evaluación del riesgo medioambiental (UNE 150008:2000 EX). (En: <https://une.org>)
- **Vargas Rojas, R., 2009.** Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 99 p.

Links:

http://giscopade.neuquen.gov.ar:8080/sig_copade