

# **Análisis geo-ambiental de la explotación de arena en Rincón de la Bolsa - Departamento de San José, Uruguay**

*Trabajo final de la Licenciatura en Geología*



Estudiante: Juan Martín Rivero

Tutor: Gerardo Veroslavsky

Mayo 2023

## Contenido

Resumen .....	4
1. Introducción.....	5
2. Objetivos .....	7
2.1 Objetivo general .....	7
2.2 Objetivos específicos.....	7
3. Ubicación y consideraciones generales del área de estudio.....	8
4. Marco teórico .....	11
4.1 Contexto geológico regional .....	11
4.2 Contexto geomorfológico, geológico e hidrogeológico local.....	12
4.3 Contexto ambiental.....	20
5. Metodología .....	22
6. Resultados .....	25
6.1 Caracterización geológica, perfiles estratigráficos y descripción de pozos .....	27
6.2 Correlación lateral de pozos y geología local.....	40
6.3 Contexto ambiental: principales normativas minero-ambientales.....	45
6.4 Resultados de entrevistas y visión departamental .....	45
6.5 Modificaciones territoriales para el área de estudio .....	46
6.6 Régimen comparativo minero: obras públicas vs privadas.....	51
7. Discusión y Conclusiones.....	53
8. Bibliografía .....	56
ANEXOS.....	58

## Lista de tablas

<b>TABLA 1.</b> COORDENADAS DE LOS VÉRTICES Y BARICENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO (UTM WGS 84 – ZONA 21H).....	9
<b>TABLA 2.</b> POZOS RELAVADOS PARA LA ZONA DE CIUDAD DEL PLATA (UTM WGS 84 – ZONA 21H).....	27

## Lista de figuras

FIGURA 1. ÁREA DE ESTUDIO RESALTADA EN RECUADRO ROJO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	8
FIGURA 2. A. COMPORTAMIENTO DEL ESCUDO URUGUAYO Y COBERTURA SEDIMENTARIA. B. EN PARTICULAR, AL SUR, LA CUENCA DE SANTA LUCÍA. (TOMADO DE VEROSLAVSKY ET AL., 2006).....	12
FIGURA 3. FOTOGRAFÍA TOMADA DESDE LA CANTERA “PEREZ BUSTOS” HACIA EL NORTE. PUEDE APRECIARSE EL DESNIVEL TOPOGRÁFICO TOMANDO COMO REFERENCIA LA DENSA VEGETACIÓN, LUEGO EL ENTALLE Y POSTERIORMENTE EL VALLE, EL CUAL CORRESPONDE A LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO SANTA LUCÍA. ....	13
FIGURA 4. PORCIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO, RELATIVO AL SECTOR SE DEL DEPARTAMENTO DE SAN JOSÉ. TOMADO DE LA CARTA GEOLÓGICA DEL DEPARTAMENTO DE SAN JOSÉ 1:100.000 – SPOTURNO ET AL., 2004.....	14
FIGURA 5. FOTOGRAFÍA TOMADA EN EL ENTALLE DEL RÍO SANTA LUCÍA POR DEBAJO DEL OMSNM, ZONA ALTAMENTE EROSIONADA. ESTRATO DE CONGLOMERADOS MATRIZ-SOPORTADO CON CLASTOS MAYORES A LOS 3CM.....	14
FIGURA 6. PERFIL DE SONDEO “CODALIN-328”, UBICADO EN RUTA NACIONAL N°1, KM 33, CORRESPONDIENTE A LA SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES CAMACHO, CHUY Y DOLORES (DE BASE A TECHO). PERFIL TOMADO DE SPOTURNO ET AL.,2004.....	17
FIGURA 7. OBSÉRVESE DESDE EL TRAZADO COLOR AMARRILLO HACIA EL SUR, ÁREA DE INTERÉS, DONDE SE HAN DESARROLLADO CON EL CORRER DE LOS AÑOS LOS PRINCIPALES PROCESOS ANTROPOGÉNICOS (MINERÍA, DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, EXPANSIÓN DEMOGRÁFICA Y URBANIZACIÓN). RESALTADO EN COLOR ROJO PERFORACIONES DE LA DINAMIGE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	25
FIGURA 8. MAPA DE RELIEVE DEL ÁREA DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	26
FIGURA 9. MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	26
FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS POZOS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO. INFORMACIÓN OBTENIDA DESDE EL VISUALIZADOR GEOMINERO DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA (NOV. 2021). ELABORACIÓN PROPIA. ....	28
FIGURA 11. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.....	29
FIGURA 12. MAPA GEOLÓGICO Y DISTRIBUCIÓN DE POZOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	40
FIGURA 13. CORTE GEOLÓGICO NW-SE DEL ÁREA DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	42
FIGURA 14. RETROEXCAVADORA SOBRE BANDAS EXTRAYENDO ARENA Y ACOPIANDO.....	44
FIGURA 15. BOMBA Balsa DENTRO DEL LAGO DE EXTRACCIÓN DE ARENA. ....	44
FIGURA 16. MAPA MINERO-AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	47
FIGURA 17. A. PROCESO EROSIVO SOBRE AL MARGEN DE ALCANTARILLA DE DESAGÜE EXISTENTE. B. TALUD DE CANTERA PEREZ BUSTOS, EROSIONADA. ....	49
FIGURA 18. BERMAS INCIPIENTES SOBRE EL ALAMBRADO LIMÍTOFE DE CAMINO VECINAL, LA MISMA NO RESPETA LAS DISTANCIAS DEFINIDAS EN EL CÓDIGO MINERO, IMPACTO SIGNIFICATIVO VISUAL Y RIESGOS PARA LOS HABITANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD. NO CUENTAN CON CARTELERÍA.....	50
FIGURA 19. CANALIZACIÓN DE PLUVIALES QUE RECOGE EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA H. MARTÍNEZ, UN EMPRENDIMIENTO DE CARÁCTER PRIVADO QUE DERIVA SUS AGUAS A UNA ALCANTARILLA EN CAMINO VECINAL, LA CUAL ESTÁ OBSTRUIDA POR GRAN CANTIDAD DE SÓLIDOS. PUEDE APRECIARSE LA EUTROFIZACIÓN DEL AGUA, GENERANDO UNA ESPECIE DE LAGO LÉNTICO. ....	50
FIGURA 20. ESQUEMA SINTÉTICO DE LAS DIFERENTES ETAPAS QUE OCURREN DESDE EL INGRESO DE UN EXPEDIENTE DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN AMBIENTAL PARA EXPLOTAR (AUTORIZACIÓN AMBIENTAL PREVIA-AAP; Y AUTORIZACIÓN AMBIENTAL DE OPERACIÓN-AAO). ....	52

## Resumen

Rincón de la Bolsa es un barrio perteneciente a la localidad de Ciudad del Plata, ubicada al norte de la Ruta Nacional N°1 y al sur y paralelo a la planicie de inundación del río Santa Lucía, departamento de San José. Esta región posee un legado minero importante vinculado a la extracción de arena en los álveos del río Santa Lucía, lo que llevó consigo modificaciones constantes del paisaje. Esta región ha sido fruto de explotaciones de arena desde la década de 1970 hasta nuestros días, abasteciendo no solo el crecimiento de infraestructura local, sino, principalmente a la capital del país. Producto de la actividad minera y el crecimiento demográfico, la región ha sido sometida a presiones antropogénicas sin precedentes, las cuales se visualizan principalmente en afectaciones al ambiente y modificación del paisaje. A partir de los antecedentes de las actividades extractivas se definió el área de estudio, la cual corresponde a la porción SE del departamento de San José, que coincide con la porción más oriental del acuífero Raigón. Sectores altamente presionados por la industria, logística, crecimiento urbano y explotación de canteras, poniendo en riesgo la sostenibilidad y equilibrio ambiental de cara al futuro. La revisión bibliográfica permitió discernir las principales normativas vinculadas a la extracción de áridos, donde se observó que conciernen a controles generales de la minería y no por zonas, material extractivo, o prioridades de conservación, siendo engorroso definir las responsabilidades como entidad de control de cada institución, promoviendo “libertades” en las condiciones de explotación. Los principales resultados alcanzados en este trabajo fueron la elaboración de un mapa geológico a partir de datos de subsuelo, revisar las afectaciones ambientales preponderantes del área y revisar la normativa minero – ambiental que se aplica a nuestros días.

**Palabras claves:** Extracción Minera, Medio Ambiente, Recursos Naturales, Rincón de la Bolsa.



## 1. Introducción

Las zonas costeras de ríos y arroyos del Uruguay, asociadas muchas veces a planicies de inundación recientes y actuales, son sitios de explotación de áridos de construcción, primando la extracción de sedimentos (arcillas, limos y arenas). En el territorio nacional es común identificar zonas donde se extraen estos recursos, muchas veces avalado por las leyes del país y otras veces, fruto de la irregularidad y carencia de controles mineros y ambientales. En ese sentido y a grandes rasgos, la explotación de yacimientos de áridos para la construcción en Uruguay está regulada básicamente por el Código Minero en su Clase IV, la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental y por el Ministerio de Transporte en aquellas explotaciones que tienen como finalidad obras públicas.

La extracción de recursos minerales y, en particular, aquellos materiales indispensables para el rubro de la construcción, históricamente se explotaron y explotan en zonas aledañas a las grandes ciudades, producto de la demanda y los costos reducidos en materia de transporte. Por otra parte, la extracción de recursos en estos sitios estratégicos entra en conflicto con el crecimiento demográfico de las grandes ciudades y urbes a nivel mundial, siendo una connotación importante de la escasa y dilatada planificación del ordenamiento territorial (Durán *et al.*, 2014). La explotación de materiales de construcción debe además garantizar los mejores resultados en términos de protección de los recursos naturales renovables, no renovables y del medio ambiente, pues los efectos sobre la naturaleza pueden ser pequeños dentro de una escala global, pero significativos a escala local (Fernández, 2008).

La Geología Ambiental emplea los conocimientos geológicos en la identificación y el estudio de problemáticas medioambientales, contribuyendo a través de la investigación en la implementación de mejoras en entornos naturales (Keller, 1988). En otras palabras, se ocupa del estudio de los riesgos ambientales y geológicos de la Tierra, ya sea por los propios efectos de la naturaleza (sismos, volcanes, mareas, etc.) o derivado de acciones humanas. Las interacciones del hombre con la naturaleza tanto en el medio biótico como abiótico ocurren a procesos acelerados y muchas veces devastadores, generando afectaciones e impactos en el ecosistema, siendo muchos de ellos irreparables e irreversibles (Vitousek *et al.*, 1997). Estos impactos no siempre están controlados y fiscalizados por las normativas vigentes en el país, independientemente de la escala a la cual está sometida la interacción en el ambiente. En Uruguay, si bien se ha avanzado en el desarrollo de mecanismos de control y fiscalización, estos aún son insuficientes. En ese sentido, existe una profunda necesidad de conocer la importancia de los procesos y la necesidad de preservación de los recursos, asegurando la disponibilidad de recursos naturales para las generaciones futuras y frenando los efectos antropogénicos en el ambiente.

La geología del Cenozoico uruguayo presenta una serie de desafíos para su estudio, principalmente debido a su poca exposición en superficie o en cortes, ya que las formaciones geológicas de esta era suelen presentar cobertura edáfica y vegetal casi en la totalidad de su extensión. A su vez, estas formaciones constituyen una fuente importante de recursos minerales e hídricos (ej. áridos y aguas subterráneas) (Spoturno *et al.*, 2004).

En el área objeto de estudio se explota arena a cielo abierto empleando métodos subaéreos y subacuáticos, abarcando la franja paralela sur de la planicie de inundación del río Santa Lucía. De acuerdo a imágenes satelitales correspondientes al mes de mayo de 2020, la zona explotable es de aproximadamente 8km de longitud. Los yacimientos allí explotados han sido objeto de estudio en distintas investigaciones, tanto por la academia como por instituciones público-privadas. Si bien se ha generado distinta y valiosa información, el enfoque se vincula esencialmente a la ingeniería y geología, no existiendo en la literatura disponible una visión holística e integrada de la situación geo - ambiental de la zona.

Un dato importante y no menor a la hora de analizar la situación del sector es que desde el visualizador geo-minero de la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) y del visualizador ambiental de la Dirección Nacional de Evaluación y Calidad Ambiental (DINACEA), se constata que todas estas canteras activas cuentan con las habilitaciones de explotación y las licencias ambientales correspondientes; lo que da como hipótesis primaria que todas ellas han sufrido un proceso de estudio y posterior aprobación por parte de la Administración Pública.

El presente trabajo tiene como directriz general elaborar un estudio geo-ambiental de la explotación de arena en el margen sur del río Santa Lucía, en la zona de Rincón de la Bolsa en el departamento de San José. Se concentra en la identificación de aquellos elementos del paisaje que sufrieron y sufren modificaciones y hoy en día pasaron a ser elementos formadores del mismo (pila de estériles, pila de suelos, destapes, etc.). Se considera, además, aquellos procesos que son de origen natural y provocados indirectamente por acción antrópica (ej. erosión) y que la actividad extractiva los ha acelerado, es decir, analizar de forma holística y global aquellas modificaciones territoriales que ha sufrido el área de estudio desde la instalación de la actividad minera. Entre otras cosas, se busca profundizar en aquellos sitios que se ven afectados y vulnerados ambientalmente, generando lineamientos básicos de estudio, siendo un instrumento teórico/práctico de aplicabilidad de cara al futuro, pudiendo ser replicado en otros contextos del territorio nacional. Se considera fundamental una visión holística del asunto (geología, ambiente, actores sociales, políticos, etc.) siendo cada uno de ellos clave en el desarrollo sustentable del país.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Realizar un análisis geo-ambiental de la explotación de arena en Rincón de la Bolsa, departamento de San José, con énfasis en el análisis de las problemáticas ambientales, geológicas y evaluación de controles ambientales en un área de conservación ambiental.

### 2.2 Objetivos específicos

- a. Caracterizar la geología local apoyada en relevamientos de superficie y elaborar perfiles estratigráficos para confeccionar un mapa minero/ambiental del área de estudio.
- b. Revisión de normativa ambiental y minera vinculada a la explotación de áridos, buscando caracterizar aspectos técnicos no considerados ni alcanzados por la normativa vigente.
- c. Analizar de forma global la influencia de la extracción de arena y la implantación de minas y canteras en la zona de Rincón de la Bolsa, revisando la posición de diferentes actores.
- d. Proponer medidas alternativas generales que tiendan a minimizar los impactos producidos por la explotación de áridos.

### 3. Ubicación y consideraciones generales del área de estudio

La desembocadura del río Santa Lucía en el río de la Plata se conoce como Delta del Tigre y constituye el límite geográfico entre los departamentos de San José y Montevideo (fig. 1). Hacia la margen derecha del río Santa Lucía se emplaza Ciudad del Plata con 31.145 habitantes de acuerdo al censo realizado en 2011 por el Instituto Nacional de Estadística de Uruguay, mientras que, sobre la izquierda, se ubica la ciudad de Santiago Vázquez, con una población aproximada de 1.500 habitantes.

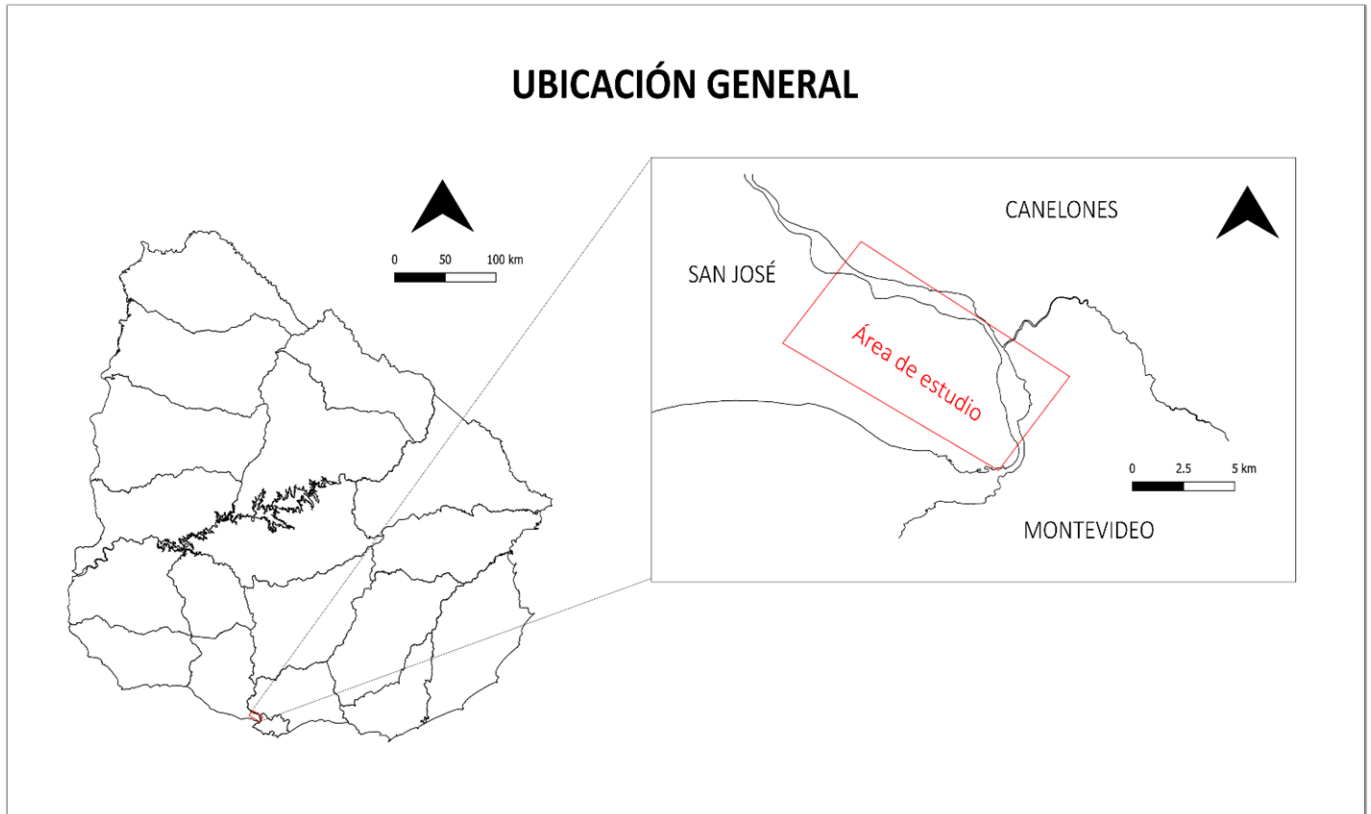


Figura 1. Área de estudio resaltada en recuadro rojo. Elaboración propia.

El área de estudio se encuentra al sureste del departamento de San José y al norte de Ciudad del Plata, abarcando gran parte del barrio conocido como Rincón de la Bolsa. Posee una extensión lineal de aproximadamente 15 km (costa sur del río Santa Lucía) y corresponde a las cartas topográficas del Servicio Geográfico Militar (SGM) 1:50.000, K28 “Los Cerrillos” (al Norte) y K29 “La Barra” (al Sur).

La figura 1 comprende una superficie total de 77,5 km<sup>2</sup>, siendo los límites oeste y sur el eje de la ruta 1 vieja, al norte, el río Santa Lucía, y al este, la localidad de Santiago Vázquez (desembocadura del río Santa Lucía).

En la siguiente tabla se detallan las coordenadas de los vértices y el baricentro del área de estudio.

**Tabla 1. Coordenadas de los vértices y baricentro del área de estudio (UTM WGS 84 – zona 21H).**

<b>Referencia</b>	<b>X (m E)</b>	<b>Y (m S)</b>
<b>Vértice SW</b>	548508.78	6157526.66
<b>Vértice NW</b>	552363.66	6162793.76
<b>Vértice NE</b>	562491.52	6155714.70
<b>Vértice SE</b>	558992.13	6150848.42
<b>Baricentro</b>	555536.77	6156524.53

Se trata de un área principalmente de sustrato sedimentario con una topografía baja y plana, la cual ha sufrido intervenciones antrópicas producto de instalaciones de diversas empresas, las cuales operan dentro de un marco regulatorio y de promoción a la radicación industrial desde hace más de medio siglo. La topografía del sector ha sido “manufacturada” en nuevos términos por el hombre, resultando en una especie de paisaje metropolitano que podría interpretarse en parte como un paisaje antropizado, con perfiles paisajísticos y parches discontinuos (Intendencia de San José, 2012).

Si bien el largo y ancho del área de estudio se restringe a la región definida en párrafos anteriores, este trabajo se concentró en identificar todas las canteras y zonas adyacentes que tuvieran como características principales las explotaciones de arena y que hayan generado un impacto positivo y/o negativo en el entorno inmediato, las cuales oscilan en torno a 18 canteras con concesión para explotar vigente, y en torno a una decena abandonadas, lo que no implica que retiren material ocasionalmente.

Entre las características generales del área destacan un relieve plano con poca pendiente, asociado a sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias (arcillitas, limolitas y areniscas) que se desarrollan entre las curvas topográficas 0 y 15 msnm (metros sobre el nivel del mar), disminuyendo al acercarse a la planicie de inundación y cauce del río Santa Lucía. La porción norte del área de estudio es una zona húmeda, de bañados y albuferas, saturada en agua y vegetación densa asociada, con una red de drenaje con patrones dendríticos y distributivo del río Santa Lucía; el cual es afluente del río de la Plata. Respecto a la porción central, la de mayor interés del presente trabajo, se trata de una zona que oscila los 10 msnm y que visualmente se diferencia de la porción norte dada la geomorfología y el banco de arena que divide la zona de bañados. Además, desde esa zona hacia el sur es donde se encuentran las construcciones y desarrollo de infraestructura de la población local. Las vías de acceso son la Ruta 1 y la vía conocida como “ruta 1 vieja”, donde se desplaza la mayor parte de la población.

El ecosistema de la región sur del río Santa Lucía está constituido por un humedal con diversas planicies de inundación, el cual está sometido a los diversos ingresos de agua salobre del estuario del río de la Plata. Mas allá de las urbanizaciones existentes, se considera que el área en general

conserva una importante área natural, principalmente en las márgenes del río. Se reconocen diversos ambientes como la costa del río Santa Lucía, la costa del río de la Plata, algunos humedales de porte asociados al río Santa Lucía, y bañados como el del arroyo El Tigre sobre el Oeste del área que constituyen un ambiente de gran diversidad, ecológicamente singulares (Marmisolle, 2022).

De acuerdo con informes del SNAP, la flora del área está constituida principalmente por monte ribereño en las márgenes del Santa Lucía, monte y matorral psamófilo, montes alóctonos (plantados), ubicados en diversos puntos, tanto en la costa como sobre la pradera, que incluyen eucaliptos, pinos y acacias. Gran parte de ellos, plantados como antiguas exigencias ambientales y montes de abrigo, que tenían como objeto disminuir el impacto visual y barrera sonora. Se asocian también especies vegetales características de la zona como juncal y paja mansa, consolidando un recurso renovable cuya explotación en la zona ha generado un medio de extracción y sustento económico de muchas familias locales.

De acuerdo al visualizador ambiental de DINACEA en la web, el área de trabajo corresponde a la cuenca hidrográfica homónima al nombre del río en Nivel 1, y en Nivel 2 se subdivide en dos microcuencas, al este denominada “*río Santa Lucía entre arroyo Colorado y río de la Plata*” y al oeste “*río Santa Lucía entre río San José y arroyo Colorado*”.

La ciudad de referencia en el entorno es Ciudad del Plata. La misma se encuentra a 30 minutos de la capital del país. De acuerdo al censo del Instituto Nacional de Estadística (INE) 2011, Ciudad del Plata cuenta con una densidad poblacional de 255,66 hab/km<sup>2</sup>. La principal actividad económica de la zona es la pequeña agricultura, galpones de logística e industrias (curtiembres, graneleras y químicas), de gran porte instaladas desde el siglo pasado en la región.

Según la memoria del Mapa Geológico y de Recursos Minerales del departamento de San José (Spoturno *et al.*, 2004), la extracción de arena en la zona de Rincón de la Bolsa es la más grande en volumen explotable y en concentración de canteras de arena del país al 2014, con una producción anual en promedio, superior a los 50.000 m<sup>3</sup> anuales.

## 4. Marco teórico

En análisis geo-ambiental consiste en la aplicación de los conocimientos geológicos en el estudio y la investigación del medio ambiente. Apoya al diagnóstico y mitigación de los problemas de contaminación, minimizando la posible degradación ambiental o maximizando la posibilidad del adecuado uso del ambiente natural o modificado. También se ocupa de los peligros y riesgos por fenómenos naturales y antropogénicos (Gobierno de México, 2013).

Rincón de la Bolsa es una región dominada por procesos y modificaciones territoriales desde hace décadas, las actividades extractivas iniciales no fueron acompañadas por sus debidos procesos de estudios de impacto ambiental, relevamientos de flora y fauna (entre otros), por lo que, hasta no alcanzar la órbita de la DINACEA a través de sus decretos reglamentarios, fueron eximidos de estudios y requerimientos ambiental. En análisis geo-ambiental recaba de forma holística la situación actual del territorio, generando un diagnóstico de los recursos, considerando al ser humano como el actor responsable de los procesos vinculados a las modificaciones del ambiente.

### 4.1 Contexto geológico regional

La geología uruguaya está representada por una gran variedad de litologías de distintas edades, composiciones y procesos diferentes, existiendo una serie de rocas antiguas (Precámbricas) hasta rocas recientes (Cenozoicas). A grandes rasgos, Uruguay se divide en 2 grandes grupos litológicos de edades y características distintas, el basamento Cristalino, conformado por una serie de rocas Precámbricas dividida en 3 Terrenos Tectonoestratigráficos (Piedra Alta, Nico Pérez y Cuchilla de Dionisio) (Bossi, 2003), y 3 Cuencas Sedimentarias, integradas por rocas que van del Paleozoico hasta el Holoceno (fig. 2).

El área de estudio se encuentra comprendida en lo que se conoce como la Cuenca Santa Lucía, ubicada geográficamente en la región sur del Uruguay, en el departamento de San José (Rossello *et al.*, 2001). La génesis de esta cuenca está vinculada al Lineamiento Santa Lucía-Aiguá-Merín (SaLAM) (fig. 2), que se expresa como un corredor tectónico rectilíneo, de rumbo general N70°.

El relleno principal de la Cuenca Santa Lucía está constituido por rocas volcánicas y sedimentarias jurocretácicas que se reúnen en las formaciones Puerto Gómez, Cañada Solís, Castellanos y Migués, alcanzando en algunas perforaciones potencias próximas a los 2.400 m (Veroslavsky *et al.*, 2004). Luego de la fase extensional principal, en un marco tectónico de subsidencia térmica se depositaron durante el Cretácico Tardío, rocas sedimentarias continentales (fluviales), esencialmente siliciclásticas, fosilíferas que se reúnen en las formaciones Mercedes y Asencio.

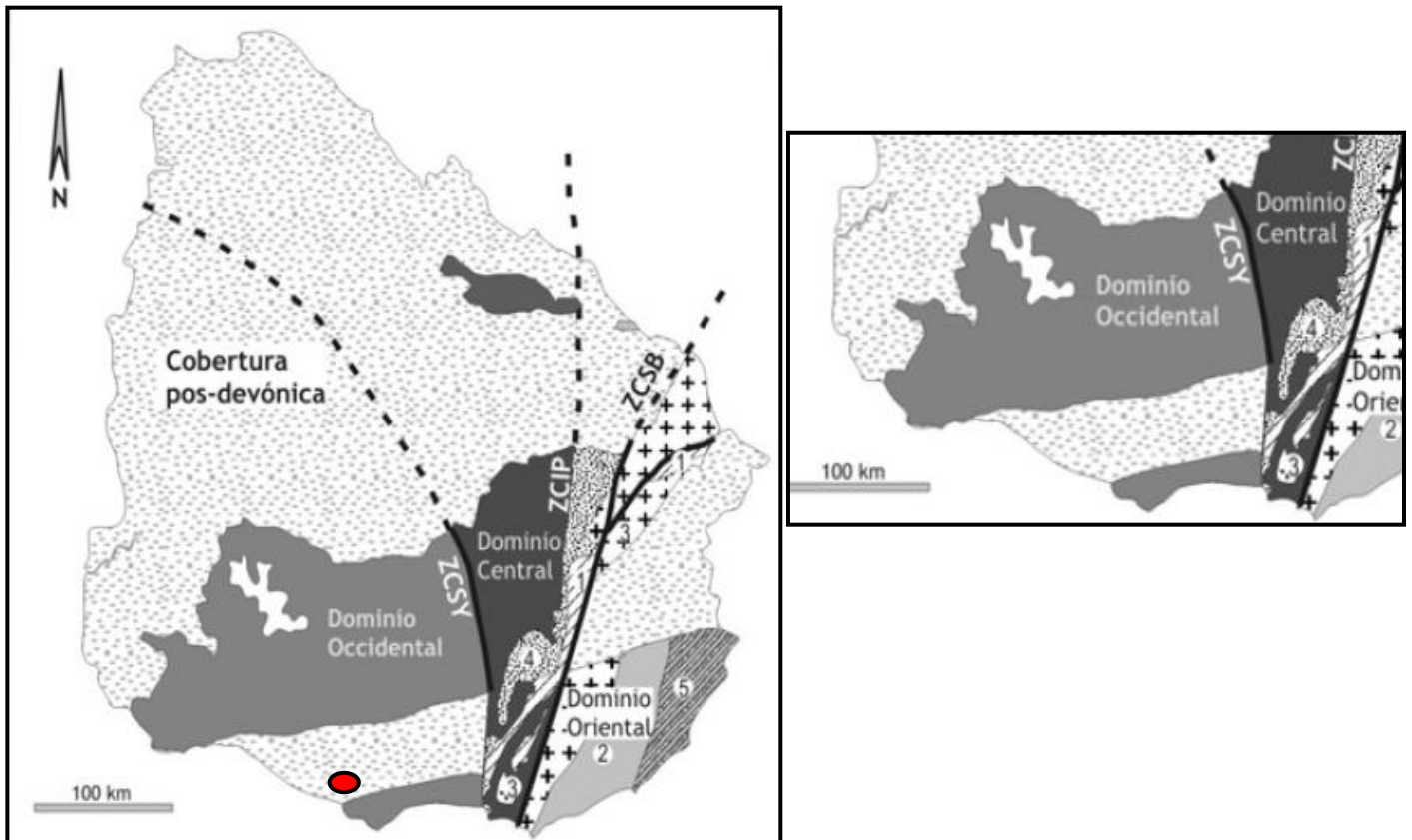


Figura 2. a. Comportamiento del escudo uruguayo y cobertura sedimentaria. b. En particular, al sur, la cuenca de Santa Lucía. (Tomado de Veroslavsky et al., 2006).

## 4.2 Contexto geomorfológico, geológico e hidrogeológico local

### 4.2.1 Geomorfología

La geomorfología del área corresponde a la de zonas costeras, constituida por sedimentos finos a medios, asociado a los procesos costeros que ocurrieron en la historia geológica. Para el área de estudio en particular se aprecian ambientes de playa, entalles y terrazas, barra de arena y zonas de albuferas y bañados en la planicie de inundación del río Santa Lucía (Spoturno *et al.*, 2004).

Haciendo una revisión histórica de las imágenes satelitales disponibles en Google Earth (16 años), se constatan cotas que oscilan entre 0 y 20 m en relación al nivel del mar a medida que nos alejamos del cauce del río Santa Lucía, existiendo una divisoria de aguas (zona alta) en la ruta 1. La zona de planicie de inundación está vinculada al valle del Santa Lucía y es a partir de ahí, desde donde se logran las mejores apreciaciones del sistema de terrazas y entalles de las diferentes unidades litoestratigráficas de la cuenca para el área de estudio (fig. 3).

La pendiente promedio en cortes longitudinales, dirección E-W es de 0,2%, y en dirección N-S es de 0,9%; siendo la zona más alta a medida que se aproxima a los terraplenes de la ruta 1 vieja. Un detalle, no menor, es que a medida que se recorre el área, los entalles y zonas de contacto de las formaciones Dolores-Chuy y Bañados, el descenso de altura en relación a los msnm es fácilmente visible.





Figura 3. Fotografía tomada desde la cantera “Perez Bustos” hacia el norte. Puede apreciarse el desnivel topográfico tomando como referencia la densa vegetación, luego el entalle y posteriormente el valle, el cual corresponde a la planicie de inundación del río Santa Lucía.

#### 4.2.2 Geología

De acuerdo a la carta geológica del departamento de San José 1:100.000 (Spoturno *et al.*, 2004), la geología del área se compone por la Formación Villa Soriano al N y E del área de estudio, acompañada de una gran superficie de bañados y barras de arena correspondiente a la planicie de inundación del río Santa Lucía; la Formación Chuy como eje central del área y orientada en dirección NW-SE; y la Formación Dolores al S y centro del área de estudio (fig. 4).

Para el área en cuestión y de acuerdo a Coronel *et al.*, (1988), las litologías aflorantes en el área consisten básicamente a las formaciones Chuy, Dolores y depósitos recientes y actuales. No obstante, resultados primarios de este trabajo indican probables litologías vinculadas a las anteriores formaciones, así como también muy ocasionalmente Formación Raigón, producto de los procesos erosivos, los cuales se visualizan en el entalle del río Santa Lucía (fig. 5).

En lo que respecta a potencias Coronel *et al.*, (1980) indican importantes espesores de arena recientes (no compactadas), destacando además, que los bancos de arena cartografiados constan de reducida expresión areal y sugiriendo ahondar en los estudios del área, dejando abierta la hipótesis que arenas de otras formaciones como Raigón y Villa Soriano son potencialmente explotables.

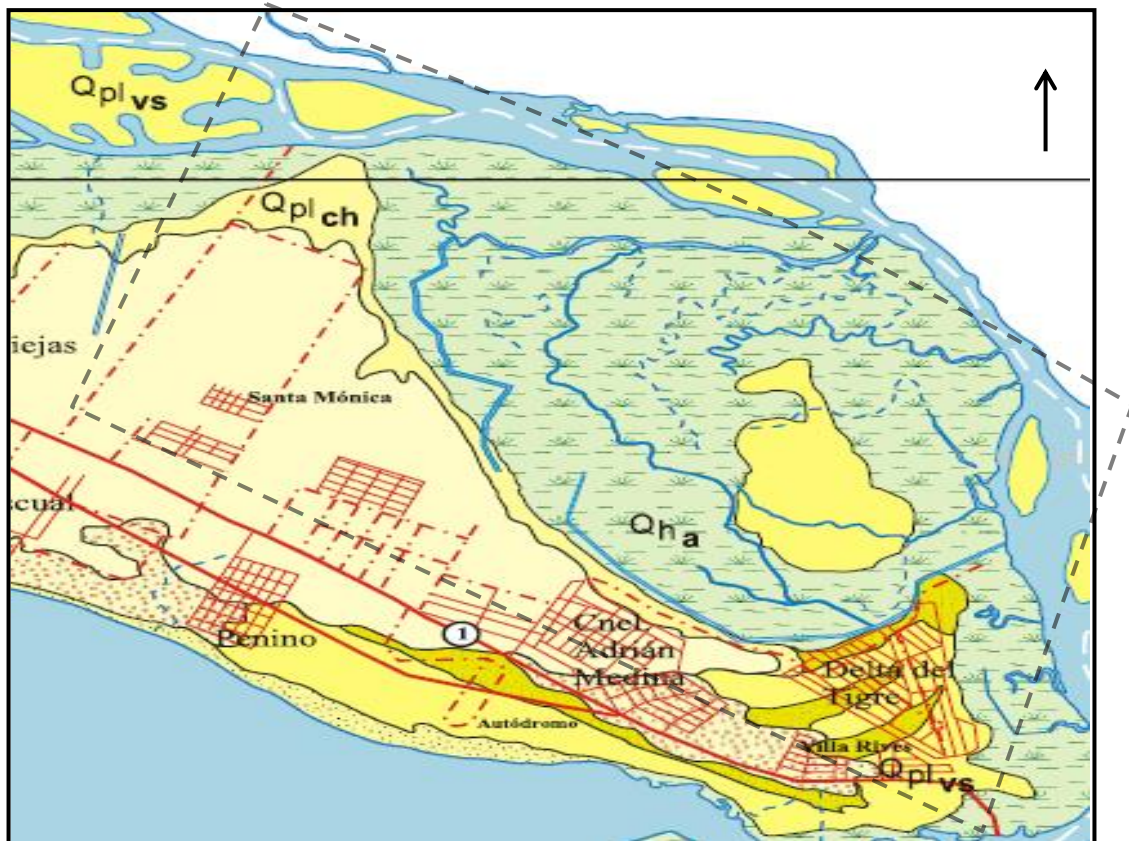


Figura 4. Porción del mapa geológico del área de estudio, relativo al sector SE del departamento de San José. Tomado de la Carta Geológica del Departamento de San José 1:100.000 – Spoturno et al., 2004.



Figura 5. Fotografía tomada en el entalle del río Santa Lucía por debajo del Omsnm, zona altamente erosionada. Estrato de conglomerados matriz-soportado con clastos mayores a los 3cm.



a. Formación Raigón

Esta unidad fue definida por Goso (1965) como un conjunto de areniscas con granulometría variable de coloración blanca amarillenta, con intercalación de lentes y niveles de arcillitas verdes y conglomerados. Estratigráficamente se encuentra apoyada sobre las formaciones Camacho y Fray Bentos y subyaciendo a la Formación Libertad (Spoturno *et al.*, 2004). Litológicamente, se caracteriza por arcillitas y areniscas finas y muy finas arcillosas verdes, areniscas finas y medias feldespáticas y cuarzo-feldespáticas blancas, areniscas gruesas y muy gruesas feldespáticas y conglomerados clasto soportados (Loureiro & Sánchez, 2021).

Esta unidad se encuentra ampliamente extendida en el departamento de San José tanto a nivel de superficie como en subsuelo. La región de mayores afloramientos ocurre al sur del departamento, siendo las más importantes las barrancas de abrasión de la costa del río de la Plata, especialmente las de San Gregorio, Kiyú, Mauricio y Ordeix.

Desde el punto de vista de su distribución topográfica, esta unidad se desarrolla en superficie entre las cotas de 0 y 20 m con un intervalo de  $\pm 10$  m en la depresión del sur y entre cotas de 10 y 30 m con un intervalo de  $\pm 5$  m en la depresión del norte (Spoturno *et al.*, 2004).

b. Formación Libertad

La Formación Libertad (Goso, 1965), corresponde prácticamente a lo que Caorsi y Goñi (1958) denominaban Loess de Arazatí (Loureiro & Sánchez, 2021). En el departamento de San José logra una amplia distribución areal, disponiéndose como un manto que tapiza gran parte de las unidades subyacentes, ocupando las zonas de interfluvios y laderas medias, con entalles en áreas de laderas bajas y valles donde muchas veces se logran reconocer unidades más antiguas o por el contrario son a su vez tapizados por sedimentos aluviales y coluviales recientes.

Morfológicamente, genera un paisaje de lomadas plano convexas, suavemente onduladas, con interfluvios alargados planos a plano convexas, laderas planas con pendientes suaves y muy suaves (Spoturno *et al.*, 2004). Litológicamente, se compone de sedimentos masivos con gran presencia de bioturbación, marrones a pardo grisáceos, principalmente de granulometría fina (arcilla, limo, limolitas y loess). La fracción arena es secundaria y, por lo general, se encuentra dispersa en la matriz fina, lo que le da a la roca un carácter lodolítico (Spoturno *et al.*, 2004). Esta formación es importante en acuíferos de la Formación Raigón dentro del área de estudio, muchas veces siendo el sello del acuífero en el sur del departamento de San José.

c. Formación Chuy

La Formación Chuy fue definida por Goso (1972). Esta unidad presenta escasa expresión superficial. Su localización está vinculada a la faja costera del río de la Plata, en el entorno de la desembocadura de los principales cursos de agua, formando parte de la terraza alta, debajo de la Formación Dolores y situándose por detrás de las barras del sistema costero moderno, e inclusive es cubierta parcialmente por los médanos arenosos actuales y subactuales (Spoturno *et al.*, 2004).

De acuerdo con Spoturno *et al.*, (2004), en sondeos esta unidad es fácilmente reconocible. Cateos demuestran que entre los 3 y 4 m (en promedio) se reconocen sedimentos arenosos de Formación Chuy. Desde el punto de vista litológico, los niveles gruesos de arena se disponen en estratos horizontales y estructuras lenticulares, presentando desarrollo de estratificación cruzada de bajo ángulo. Las arenas muy finas, limos y arcillas se disponen en bancos y estratos masivos a los que a veces se intercalan niveles con estructuras plano paralelas centimétricas, y/o niveles de orden métrico horizontales (fig. 6). La buena selección granulométrica y la baja consolidación de esta formación permiten la extracción de arena de esta unidad litoestratigráfica.

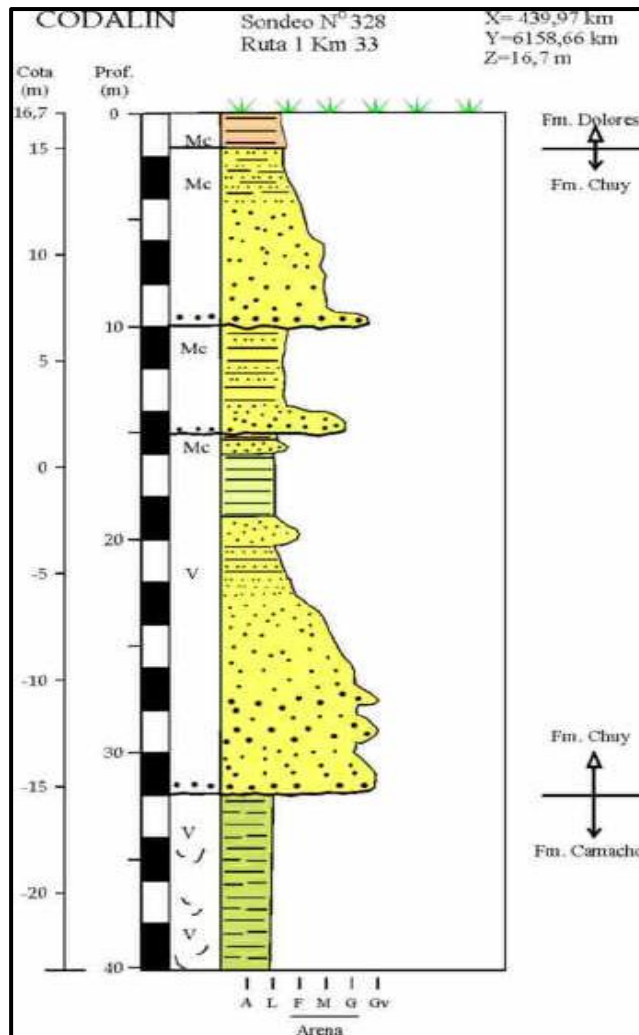


Figura 6. Perfil de sondeo “CODALIN-328”, ubicado en Ruta Nacional N°1, km 33, correspondiente a la secuencia estratigráfica de las formaciones Camacho, Chuy y Dolores (de base a techo). Perfil tomado de Spoturno et al.,2004

#### d. Formación Dolores

Esta unidad fue definida por Goso (1972) al estudiar el sistema de terrazas en la barra del río San Salvador en el departamento de Soriano. Según los autores, los criterios estratigráficos surgieron de elementos geomorfológicos, donde a partir de la separación de un sistema de 3 terrazas, se lograron identificar 3 formaciones geológicas.

La Formación Dolores se expresa en la terraza más alta, en los entalles más altos de los cursos de agua, con cotas que oscilan entre 10 y 20 m sobre el nivel del mar (Spoturno *et al.*, 2004). Se compone de lodolitas y areniscas arcillosas muy finas de colores pardos, producto de una sedimentación continental relacionada a fenómenos eólicos y de coluvión, con formación de flujos de barro que se redepusieron en las zonas topográficamente más bajas (Preciozzi *et al.*, 1985). Goso & Muzio (2006) coinciden con el ambiente de sedimentación de esta unidad propuesto por Preciozzi, indicando, además, que estos sedimentos son principalmente fangolitas masivas y friables con contenido variable de carbonatos en forma de nódulos con concreciones.

Por lo general, el techo de esta formación está cubierto con un horizonte de suelo bien desarrollado tipo A y B bien diferenciados. En la base se apoya en la mayor parte de los casos de manera discordante sobre la Formación Chuy, y ocasionalmente sobre las formaciones Camacho y Raigón. Desde el punto de vista litológico esta unidad se caracteriza por: loess, limo-arcillas, arcillas y fangolitas (Spoturno *et al.*, 2004).

e. Formación Villa Soriano

Según Goso 1972, la Formación Villa Soriano es definida como sedimentos de muy bajo grado de consolidación, cuyo registro constituye la resultante de los procesos transgresivos durante el Holo-Pleistoceno, estando en el departamento de San José asociados al área de la faja costera y en las planicies fluviales particularmente en el entorno de la desembocadura y curso inferior de los principales canales de drenaje del río de la Plata. En superficie es reconocida por valles aluviales conformando terrazas intermedias disectadas por sistemas aluviales actuales, desarrollando suelos incipientes. Respecto a su génesis, los depósitos constituyen una sucesión de registros de ingresos marinos durante períodos interglaciares del Cuaternario (transgresión Holocénica), en los que ocurrió sedimentación en ambientes costeros, en los que también se intercalan cenizas volcánicas (Bossi & Ferrando, 2001).

La Formación Villa Soriano presenta características similares a las observadas en la faja costera de los departamentos de Canelones y Montevideo, es decir, sedimentos con baja a nula consolidación y variado desarrollo textural (Spoturno *et al.*, 2004). Los tipos litológicos que ocurren con mayor frecuencia son los siguientes: limos, limos-arcillosos, arcillas, arenas finas y muy finas y arenas medias. Debido a su posición topográfica, casi siempre por debajo de una napa de agua, estos sedimentos se presentan saturados lo que explica en buena parte su baja consolidación. Desde el punto de vista topográfico se estima que la formación está comprendida entre las cotas de -15 y 7m, tomando como referencia el *datum* del puerto de Montevideo (Spoturno *et al.*, 2004).

f. Depósitos Recientes y Actuales

Se reconocen un conjunto de sedimentos recientes y actuales, cuyo origen son el resultado de procesos que actuaron luego de la transgresión de la Formación Villa Soriano (Spoturno *et al.*, 2004). Dentro de este conjunto de sedimentos y para el área en cuestión, básicamente se tratan de depósitos de origen continental y depósitos litorales. El depósito reciente y actual de origen continental es el asociado al río Santa Lucía y su planicie respectiva y, dentro de los depósitos litorales, los bañados de origen actual.

Como ya lo describe Spoturno *et al.*, (2004), litológicamente es amplia la variedad textural de los depósitos fluviales, lo cual depende en la mayor parte de las veces de las dinámicas de los ríos,

en este caso, del Santa Lucía. Para el área de estudio, las expresiones en superficie de estos depósitos se visualizan con mayor claridad en la franja paralela y próxima en el entorno de 15-20 m del río, en la cual la dinámica del río y construcciones de pescadores de la zona han dejado al descubierto depósitos masivos y poco consolidados de arenas y limos.

#### **4.2.3 Hidrogeología**

Respecto a las aguas subterráneas, las mismas ocurren en medios porosos dada la geología del área en esa zona del departamento. La principal fuente de agua subterránea corresponde al Sistema Acuífero Raigón (SAR), donde predomina el flujo intergranular y representa un valioso recurso para una cantidad importante de actividades económicas (MTOPI et al., 2005).

Se define el Sistema Acuífero Raigón (SAR), como el conjunto sedimentario que se desarrolla en la región occidental de la Cuenca Santa Lucía, teniendo como base a las formaciones Camacho y/o Fray Bentos y, como techo, a las formaciones Libertad o Dolores, cuando estas existen. Abarca una superficie aproximada de 1.800 km<sup>2</sup>, sobre la cual se asienta una población del orden de los 47.000 habitantes (MTOPI et al., 2005).

Los límites geográficos aproximados del SAR son: al Sur el río de la Plata, al Este el río Santa Lucía hasta la localidad de 25 de Agosto; al Norte la vía férrea que pasa por las localidades de Villa Rodríguez, San José y Mariano Soler; completando desde allí una línea imaginaria hasta las nacientes del arroyo Pavón; y al Oeste el arroyo Pavón hasta el río de la Plata. Las principales rutas que atraviesan la zona son las N° 1, N° 3 y N° 11, además de decenas de caminos vecinales (MTOPI et al., 2005).

La Formación Raigón se caracteriza por contener arenas gruesas a medias, a veces gravillosas, cuarzo-feldespáticas, de regular a buena selección. Dependiendo de la granulometría, llega a ser mal seleccionada y polimictica en los casos de las gravillas. La formación está asociada básicamente a sistemas fluviales deltaicos, desembocando en pequeñas bahías someras y tranquilas, generando niveles erosivos, de corte y relleno en la unidad inferior (Bessoaut *et al.*, 2000).

De acuerdo a los estudios anuales que realiza el INIA en colaboración con otras instituciones nacionales, los principales consumidores de agua del SAR en orden descendente son: abastecimiento a poblaciones, industrias, riego, avícolas, ovinos, lechería y suinos; lo que marca una tendencia de usos variados y fuentes puntuales y difusas en toda el área, generando un espectro amplio a la hora de definir un diagnóstico ambiental del sector en cuestión.

### 4.3 Contexto ambiental

La riqueza paisajística y biótica del río Santa Lucía y área de influencia no es novedosa; la productividad de la conocida “cuenca lechera”, el abastecimiento de agua (subterránea y superficial) y todas aquellas actividades con fines productivos, son alguno de los pilares del sustento económico de gran porcentaje de la población. La actividad ganadera, agrícola, industrial, y los distintos usos del agua hacen que diferentes actores políticos y sociales ejerzan un mayor control en las matrices productivas. En ese sentido, el instrumento más reciente y notorio a nivel nacional, corresponde a las once medidas estratégicas que conforman el “*Plan de Acción para la Protección del Agua en la Cuenca del Santa Lucía*”, la cual consiste básicamente en 11 resoluciones que implican una rigurosidad en medidas ambientales de control y principalmente de vertido a curso de agua.

Los humedales, conocidos por su efecto “esponja” y capacidad de recuperación ambiental además del albergue de flora y fauna nativa, hacen que estos sitios ocupen hoy un rol importante en lo que respecta a la conservación ambiental. La zona de humedales caracterizada por una vegetación de bañado y parque-bosque ripario con pantanos estacionales de agua dulce sobre el suelo, hacen que ocupe una superficie mayor al 50% del área de estudio del presente trabajo.

En síntesis, el área de estudio está representada por dos unidades paisajísticas dominantes, la zona de planicies fluviales asociadas al río Santa Lucía con baja intervención antrópica, y la unidad litoral suroeste, representada por aquellas matrices altamente productivas y que han modificado el paisaje.

De acuerdo al Sistema de Información Ambiental en la Web se puede identificar lo siguiente:

- i. Dos cuencas hidrográficas Nivel 1: río Santa Lucía y río de la Plata, pudiendo groseramente identificarlas como al norte y al sur, respectivamente.
- ii. Dos cuencas hidrográficas Nivel 2: río Santa Lucía entre río San José y Aº Colorado y río de la Plata entre río Rosario y río Santa Lucía.
- iii. Plan Estratégico SNAP 2015-2020: Toda la zona de bañados del río Santa Lucía está definida como “prioritaria para la conservación”, sin embargo, parte de las distintas ampliaciones mineras cubren estas superficies (explotación de áridos para construcción), independientemente de la prioridad definida. Además, de acuerdo al Decreto 55/015 toda esa zona (incluyendo los recintos mineros) está definida como “Humedales del Santa Lucía”, abarcando un área de 86.510 hás; y que tiene en sus directrices principales la no apertura de nuevas minas a no ser la operación de las ya existentes. Siendo catalogado como un ecosistema “en peligro”. No cuenta a la fecha con plan de manejo.

Se pudo constatar con las imágenes satelitales la modificación en los usos del suelo a lo largo de los años y la intervención antrópica y poblacional masiva en el área de estudio y zona de influencia.



La Intendencia de San José en su plan de ordenamiento territorial del 2012 ya destacaba la importancia de definir la costa del río de la Plata y los humedales del Santa Lucía como ámbitos de conservación ambiental. En las últimas décadas se han planteado diversas iniciativas para la conservación ambiental de parte del área en estudio. Gran parte de la misma presenta el reto de su dominio privado. Al respecto, se destaca: a) las diversas actuaciones del programa Eco Plata en relación al manejo más sustentable de todo el frente costero; b) la declaración departamental de playa Penino como Playa Ecológica (esta área tiene especial relevancia por sus aves migratorias); c) la propuesta de incorporación del área “Humedales del Santa Lucía” al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Al respecto, por acuerdo entre los gobiernos departamentales de San José, Canelones y Montevideo, se presentó ante la DINACEA la correspondiente propuesta de ingreso en el año 2008. A *posteriori* se cumplieron diversas instancias (llegándose a una audiencia pública), pero aún no se ha concretado tal incorporación. Esta Área Natural Protegida de los Humedales de Santa Lucía se localiza en la Cuenca Inferior del Río Santa Lucía, entre la localidad homónima y su desembocadura.

En el marco del ordenamiento territorial de Ciudad del Plata la Intendencia de San José propone en su plan de ordenamiento territorial medidas en las que confluyen diferentes sectores institucionales y la articulación de estos, visualizando un reto importante para las próximas décadas, entre las cuales y desde el punto de vista ambiental asociado al ordenamiento territorial propone medidas que deberían comenzar a estudiar y valorarse, algunas de ellas: la calificación de hábitat periférico; dentro de los servicios básicos la integración social y de calidad ambiental; la consolidación de nuevas centralidades en los corredores metropolitanos acordes con su escala; definir el ordenamiento industrial metropolitano por eficacia, sostenibilidad y competitividad; conformar un sistema de parques metropolitanos valorizándose los espacios naturales del entorno de la aglomeración; proteger y promover las calidades ambientales y productivas del espacio rural, entre otros.

## 5. Metodología

La realización de este trabajo se estructuró y ejecuto básicamente en tres etapas: una etapa inicial de gabinete, una intermedia de trabajos en litotecas y campo; y la final, de gabinete. Se realizaron tres entrevistas del tipo “*semi-abiertas*” a profesionales vinculados con la explotación de áridos en la órbita pública y privada.

A. Trabajo de Gabinete: Consistió inicialmente en una recopilación de antecedentes bibliográficos que incluyó: geología descriptiva del área, mapas geológicos, fotos aéreas e imágenes satelitales y esbozos geológicos del área de estudio. Fue importante en esta etapa la información recogida de los distintos sitios web de instituciones y organismos del Estado (*se desarrolla detalladamente al final de este capítulo*<sup>\*</sup>). A continuación, se describe cronológicamente cada una de las distintas fases de trabajo en gabinete, entre ellas se destacan las siguientes:

a) FASE I: Se revisaron antecedentes cartográficos, imágenes satelitales, mapas geológicos y artículos científicos vinculados al área de estudio y arenas de Rincón de la Bolsa. La información recopilada sirvió de insumo para identificar las distintas litologías del área, zonas de canteras, zonas industriales y zonas mayormente pobladas; además de todos los elementos ambientalmente sensibles y/o afectados a la hora de cartografiar el área de estudio. Por otra parte, la revisión de mapas y fotos aéreas, fueron fundamentales para planificar las visitas a campo, identificación de vías de acceso y sitios de interés a visitar, con la finalidad de recolectar preferentemente datos geológicos que apoyaron la caracterización de las distintas unidades litoestratigráficas.

b) FASE II: Consistió en la descripción de *cutting* correspondiente a cada metro de pozo perforado dentro del área de estudio, totalizando 12 pozos. Todos los sedimentos se encontraban correctamente identificados y guardados en la litoteca de DINAMIGE (Montevideo). Si bien se identificaron 12 pozos dentro del área de estudio, al momento de reconocer las muestras se constató que el pozo DIN A 149/1, no contaba con el registro. En esta instancia se utilizó el software libre “*sed log*” para elaboración de los perfiles estratigráficos correspondientes.

La posibilidad de estudiar las muestras de pozos fue clave para caracterizar e interpretar la geología del área de estudio, reconocer límites, espesores y correlaciones laterales, ampliando así la información de subsuelo de Rincón de la Bolsa.

c) FASE III: Identificación primaria de las industrias extractivas a partir de imágenes satelitales. Se solicitó información a instituciones públicas (DINACEA-DINAMIGE-OSE), mediante la Ley de acceso a la información pública (Ley 18.381). Esta información fue básica a la hora de identificar canteras activas, inactivas y abandonadas, áreas en

recuperación, pozos georreferenciados (*cutting* de pozos realizados en la zona), fuentes de contaminación fijas y difusa, redes de saneamiento, sitios con autorizaciones ambientales, entre otros.

- d) FASE IV: Con la información relevada en las fases anteriores, se pasó a diseñar una versión primaria de un mapa geológico y minero/ambiental del área estudio, siendo necesaria para su definición la información de campo (relevada en la siguiente Fase). Para el diseño de mapas se trabajó de forma primaria en el software *Google Earth pro*, definiendo allí las grandes unidades, sitios de interés, posibles cortes geológicos y puntos de visita. En lo que respecta a las zonas densamente explotadas y que vienen sufriendo intervenciones a lo largo de los años, se usaron las herramientas satelitales “*collect earth*” y la plataforma **eos** de “*land viewer*” (potentes extensiones libres en la web), la cual dispone activamente del satélite SENTINEL, que brindan imágenes satelitales con antigüedad de 15 a 20 días y una resolución espacial de detalle, que en lo que respecta a los cambios de uso de suelo ofrece una gran definición y manejo de la información más ajustada. Posteriormente, se trabajó en el software Q.Gis V2.2, para el diseño de mapa y el contraste de imágenes satelitales a lo largo de los años.

B. Trabajo de Campo: Con las fases anteriores ya abordadas, se pasaron a realizar salidas de campo, actividades estas que fueron planificadas en 3 ocasiones distintas en un lapso de cuatro meses. Entre las actividades de campo principales se realizó:

- i. Recorridas por canteras y centro de disposición de residuos previamente seleccionados, verificando su funcionamiento y/o inactividad.
  - ii. Visita a sitios de interés y afloramientos ya predefinidos para observar la geología local y recolección de muestras.
  - iii. Mapa y corte geológico.
  - iv. Identificación, caracterización y cuantificación de todos aquellos elementos del medio físico que han sido modificados y/o potencialmente alterados, considerando para ellos todos los impactos producidos por la explotación de áridos y su entorno inmediato.
- e) FASE V: El trabajo de campo fue importante para desarrollar esta etapa del trabajo, donde se pudo procesar la información apoyada en tomas de muestra con descripciones de toda aquella información elaborada en gabinete y antecedentes, permitiendo obtener los resultados de este trabajo y las pautas fundamentales que permitieron desarrollar las conclusiones.

## Información Pública – Organismos del Estado\*

DINAMIGE: La Dirección Nacional a través del exp. 530/20 de fecha 2 de octubre de 2020, concedió acceso a la información solicitada, la cual habilitó a tomar información de canteras del área de estudio y pozos existentes en la Litoteca (*cutting*). Pozos relevados para descripción de cutting: DIN A 1149; DIN A 1241/2; DIN A 1241/1; DIN A 770; DIN A 775; DIN A 974; DIN A 1125/2; DIN A 742/1; DIN A 742/2; DIN A 1125/1; DIN A 455; DIN A 149/1.

DINACEA: La Dirección Nacional a través de la Resolución Ministerial 134/2020, habilitó al acceso de todas las canteras del área que contaban con Autorización Ambiental de Operación o que estaban en trámite, dando acceso a los expedientes respectivos.

OSE: Ante la consulta de red de saneamiento para toda Ciudad del Plata, OSE indicó mediante exp. 457/2021-5 de fecha 28 de abril de 2021 que “...*en localidad de Ciudad del Plata no hay red de saneamiento existente. Se está realizando obra de red de saneamiento en el barrio San Fernando de dicha localidad, pero la misma no se encuentra en funcionamiento a la fecha*”. La solicitud de dicha información se basó en descartar fuentes difusas, lo cual no fue posible para toda el área de estudio dado la inexistencia de saneamiento, existiendo canaletas de desagües y fosas sépticas esparcidas a lo largo y ancho de la misma.

## 6. Resultados

Con la finalidad de caracterizar el subsuelo del área, los trabajos de investigación se concentraron en la porción central y sur del área (delimitado en la figura 7 en trazado color amarillo). Se constató que la porción centro-norte se caracteriza por ser una zona de bañados y humedales, plana y anegada, con un paisaje uniforme. Además, para esta zona en particular, no existen emprendimientos industriales o procesos antropogénicos dada las características topográficas, por lo que se apreció únicamente ganadería extensiva en el lugar.

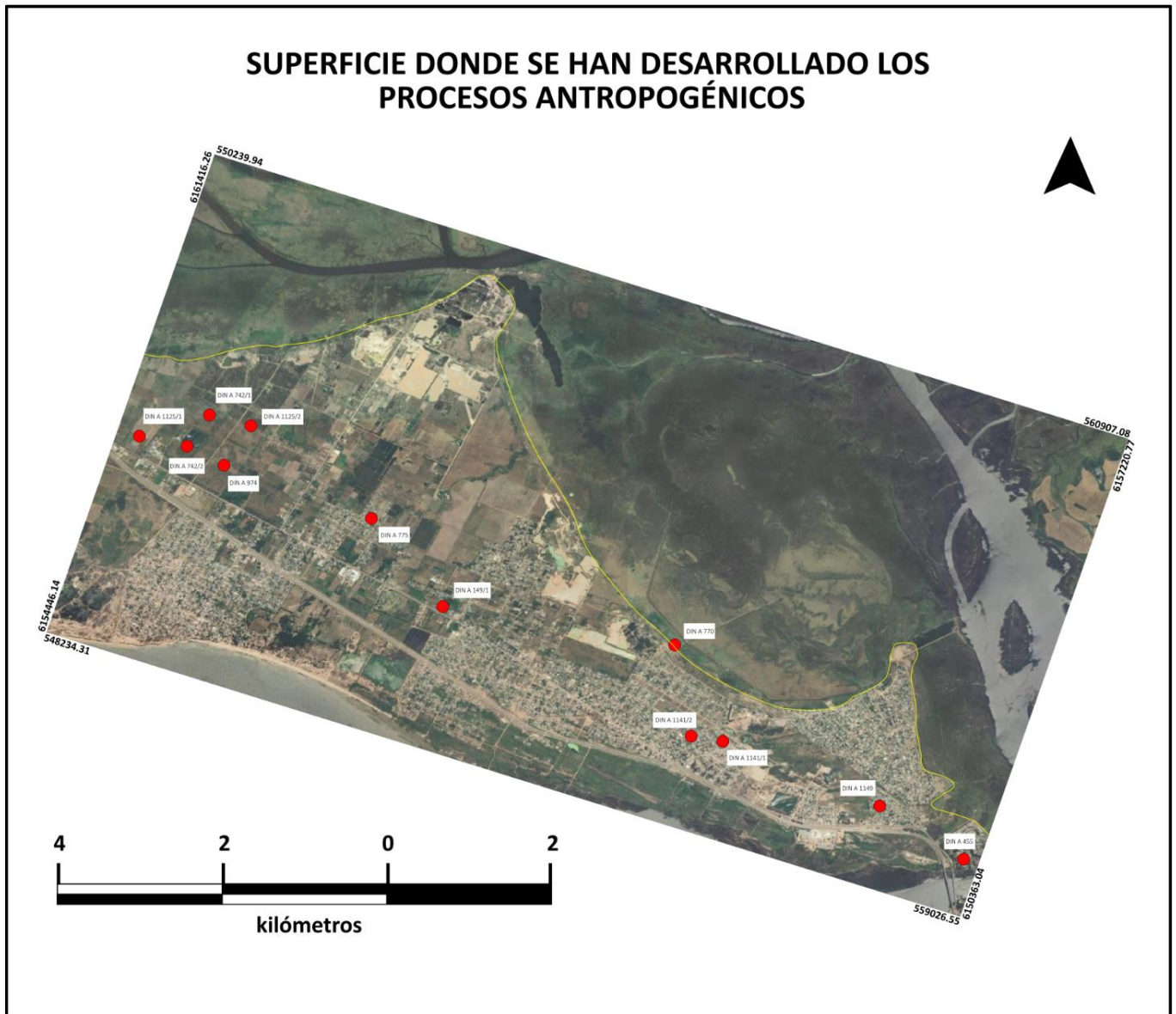


Figura 7. Obsérvese desde el trazado color amarillo hacia el sur, área de interés, donde se han desarrollado con el correr de los años los principales procesos antropogénicos (minería, disposición de residuos sólidos, expansión demográfica y urbanización). Resaltado en color rojo perforaciones de la DINAMIGE. Elaboración propia.

Las morfologías dominantes corresponden a depósitos de arena preferentemente, vinculado a una morfología tipo “cordón” (terraza del río Santa Lucía-Formación Chuy) de dirección SE-NW, limitado al norte por bañados del río Santa Lucía y al sur por la Formación Dolores (figs. 8 y 9). Es característico de la porción central del área de estudio una terraza, ocurriendo así una diferencia de altura de entre 7 y 5 m con la zona explotable (al sur).

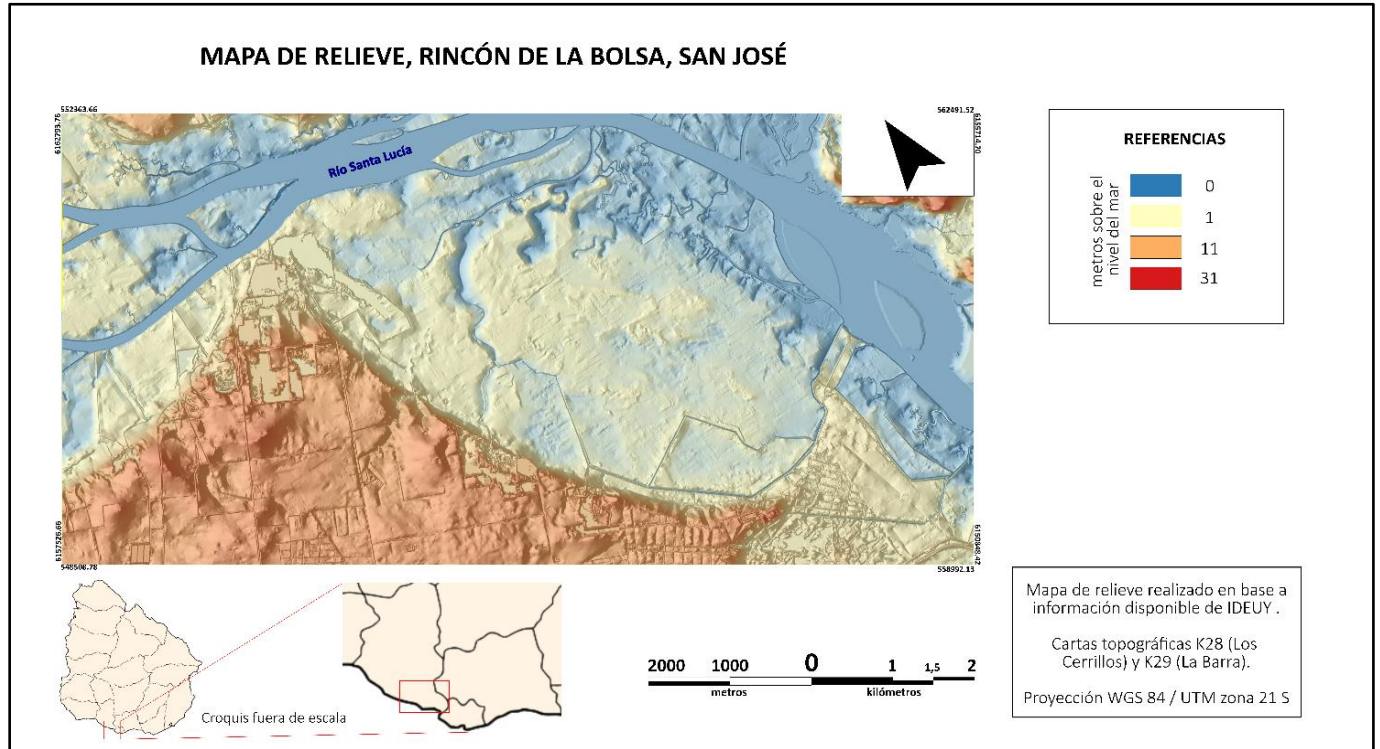


Figura 8. Mapa de relieve del área de estudio. Elaboración propia.

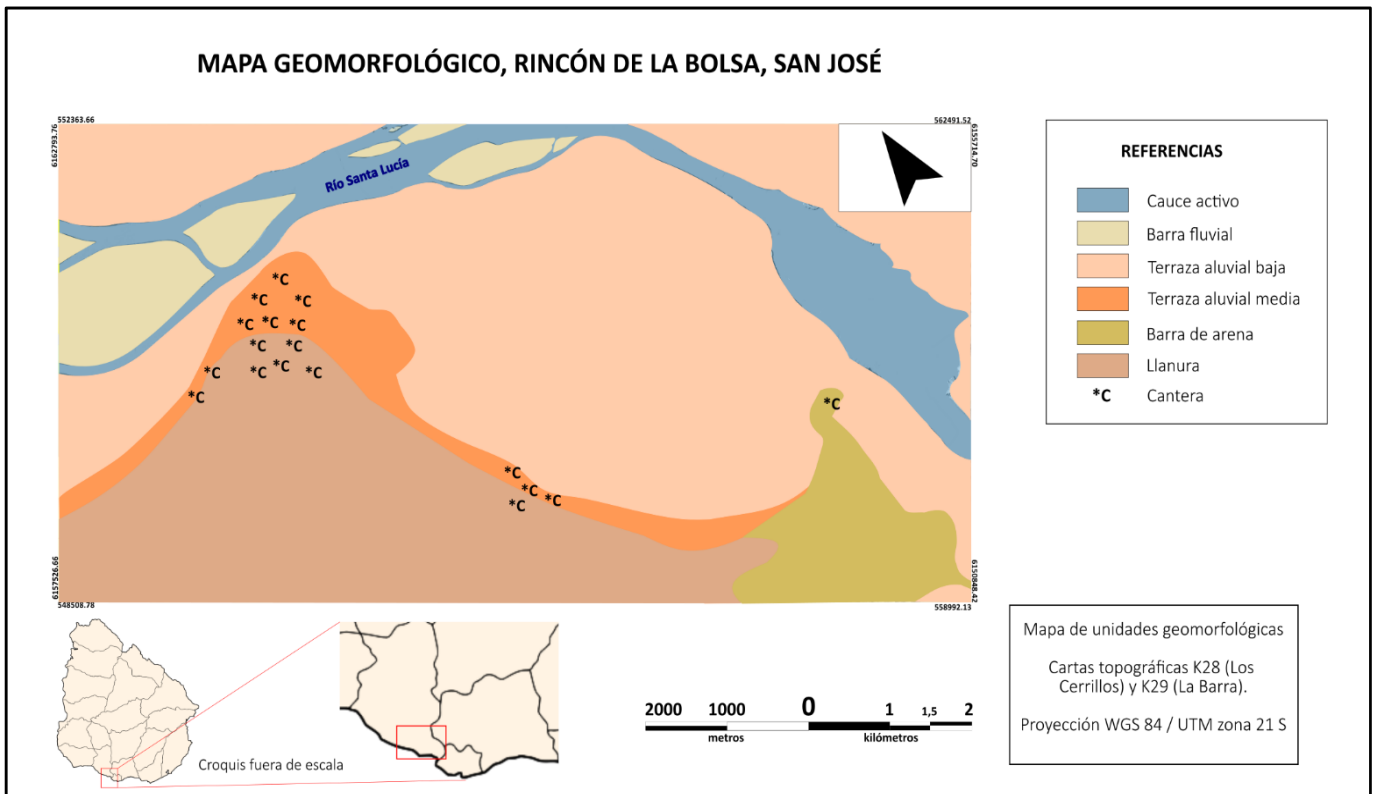


Figura 9. Mapa geomorfológico del área de estudio. Elaboración propia.

## 6.1 Caracterización geológica, perfiles estratigráficos y descripción de pozos

En términos generales, puede subdividirse el área en 3 grandes zonas; una zona dominada por un curso fluvial y meandriforme donde predomina la zona baja-inundable asociada a bañados y depósitos actuales; una zona costera formada por cordones litorales, barras y depósitos acrecionales de arena y, finalmente, un sector intermedio dominado por llanuras y terrazas que corresponden a las formaciones Dolores y Chuy (zona de mayor análisis debido a la distribución geográfica de los pozos en cuestión).

Las litologías predominantes del área de estudio son areniscas, limolitas y arcillitas, producto de ambientes y procesos sedimentarios diferentes (continentales, fluviales y marinos). En superficie los afloramientos corresponden mayormente a sedimentos arenosos siendo los mismos limitados. Observar afloramientos no es una tarea fácil del lograr y mayormente se los puede observar y analizar en barrancas, canales de drenajes y cortes en canteras privadas, producto de la extracción con maquinaria. Asociado a ello y característico de lugares llanos, la pendiente promedio (en un corte N-S y E-W) no supera el 1 y 1,5% de variación respectivamente, siendo llanuras las morfologías características.

A continuación, se presentan los pozos identificados para el área de estudio (tabla 2 y fig. 10), y posteriormente la descripción métrica de cada perfil de pozo relevado.

**Tabla 2.** Pozos relevados para la zona de Ciudad del Plata (UTM WGS 84 – zona 21H).

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Longitud (X) m E</b>	<b>Latitud (Y) M S</b>	<b>Formación</b>
<b>DIN A 1149</b>	Planta Reductora de UTE	558101	6151927	Cuaternario
<b>DIN A 1241/2</b>	San Fernando San Jose	555759	6152468	Dolores
<b>DIN A 1241/1</b>	San Fernando	556225	6152847	Dolores
<b>DIN A 770</b>	Delta del Tigre	555655	6154327	Chuy
<b>DIN A 775</b>	Rincón de la Bolsa	552040	6156142	Dolores
<b>DIN A 974</b>	Bambina San Jose	550152	6157064	Dolores
<b>DIN A 1125/2</b>	Fabrica Bambina S Jose I	550489	6157545	Dolores
<b>DIN A 742/1</b>	Tropas Viejas	549965	6157580	Dolores
<b>DIN A 742/2</b>	Tropas Viejas II	549856	6157367	Dolores
<b>DIN A 1125/1</b>	Fabrica Bambina S Jose	549206	6157375	Dolores
<b>DIN A 455</b>	Delta del Rincón 1	559136	6151134	Cuaternario
<b>DIN A 149/1</b>	Sin registro			



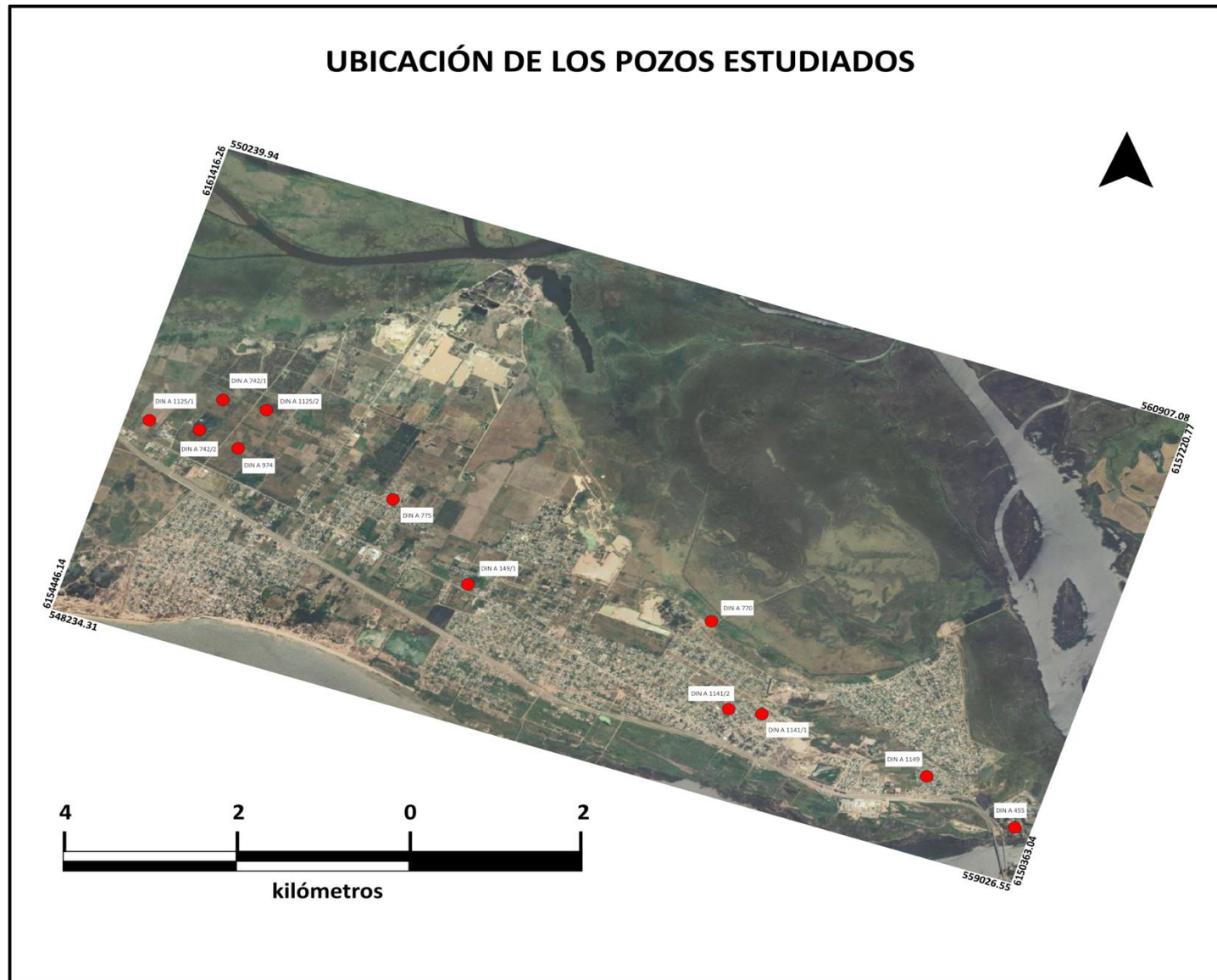
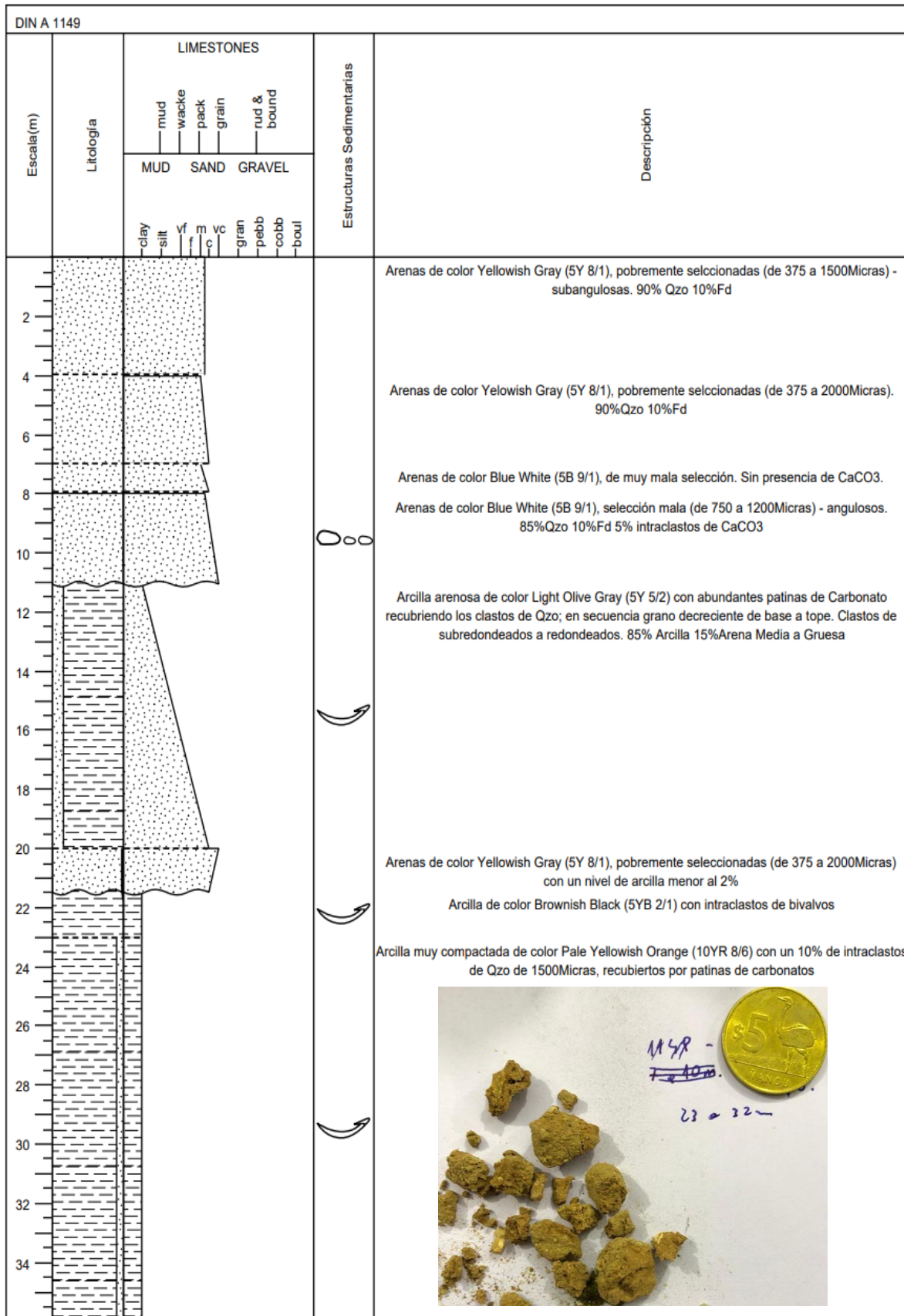


Figura 10. Distribución geográfica de los pozos dentro del área de estudio. Información obtenida desde el visualizador geométrico de la Dirección Nacional de Minería y Geología (nov. 2021). Elaboración propia.



Figura 11. Perfiles estratigráficos

Figura 11a. DIN A 1149 (36m)



**Obs:** Se destaca para este perfil 10m de arena homogénea con colores similares y, posteriormente, gradación inversa a arcillas marrones desde la mitad al final del pozo. Este perfil corta sedimentos actuales y recientes y luego sedimentos pelíticos y masivos posiblemente de la Formación Dolores

Figura 11b. DIN A 1241/2 (40m):

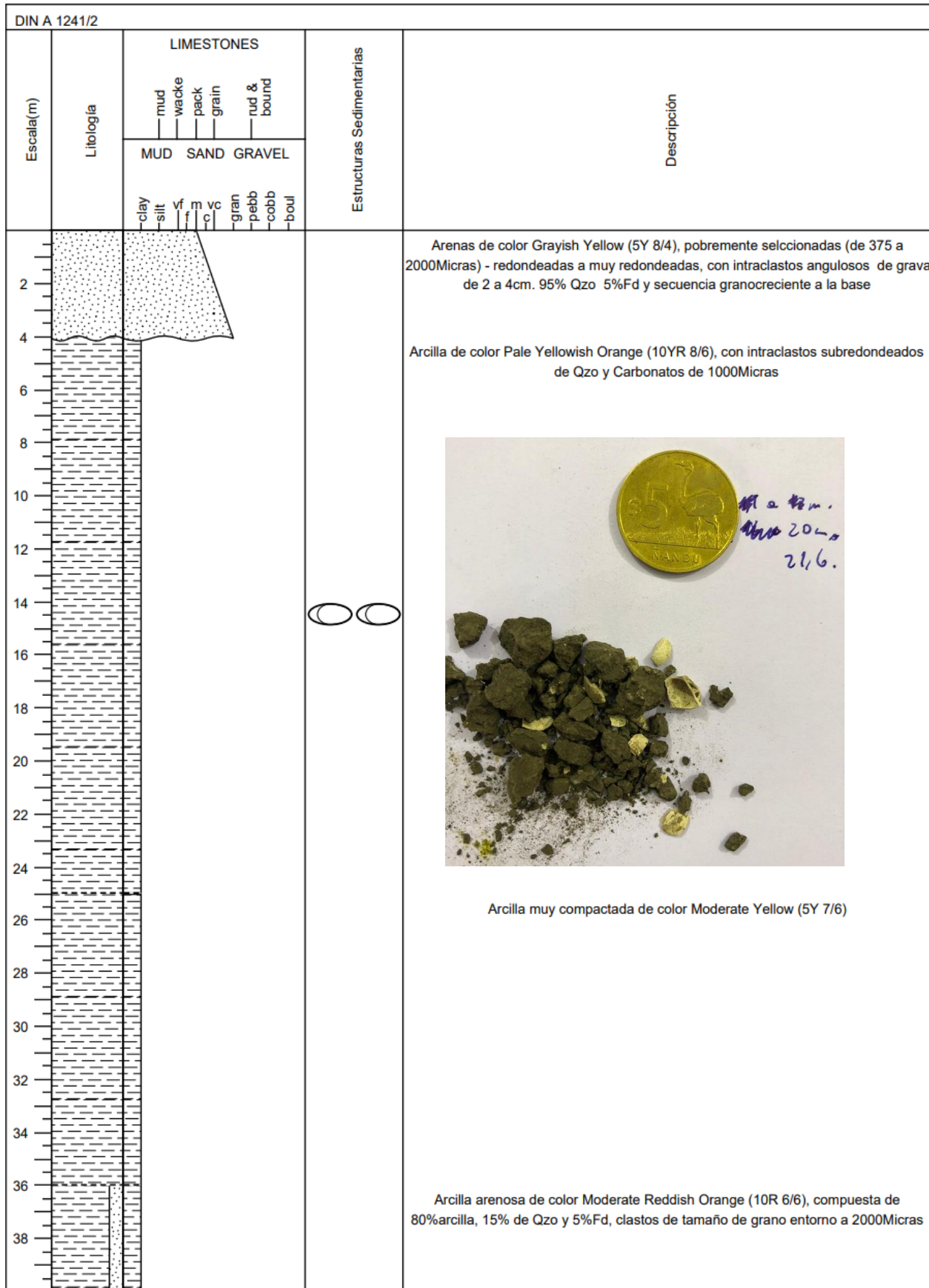
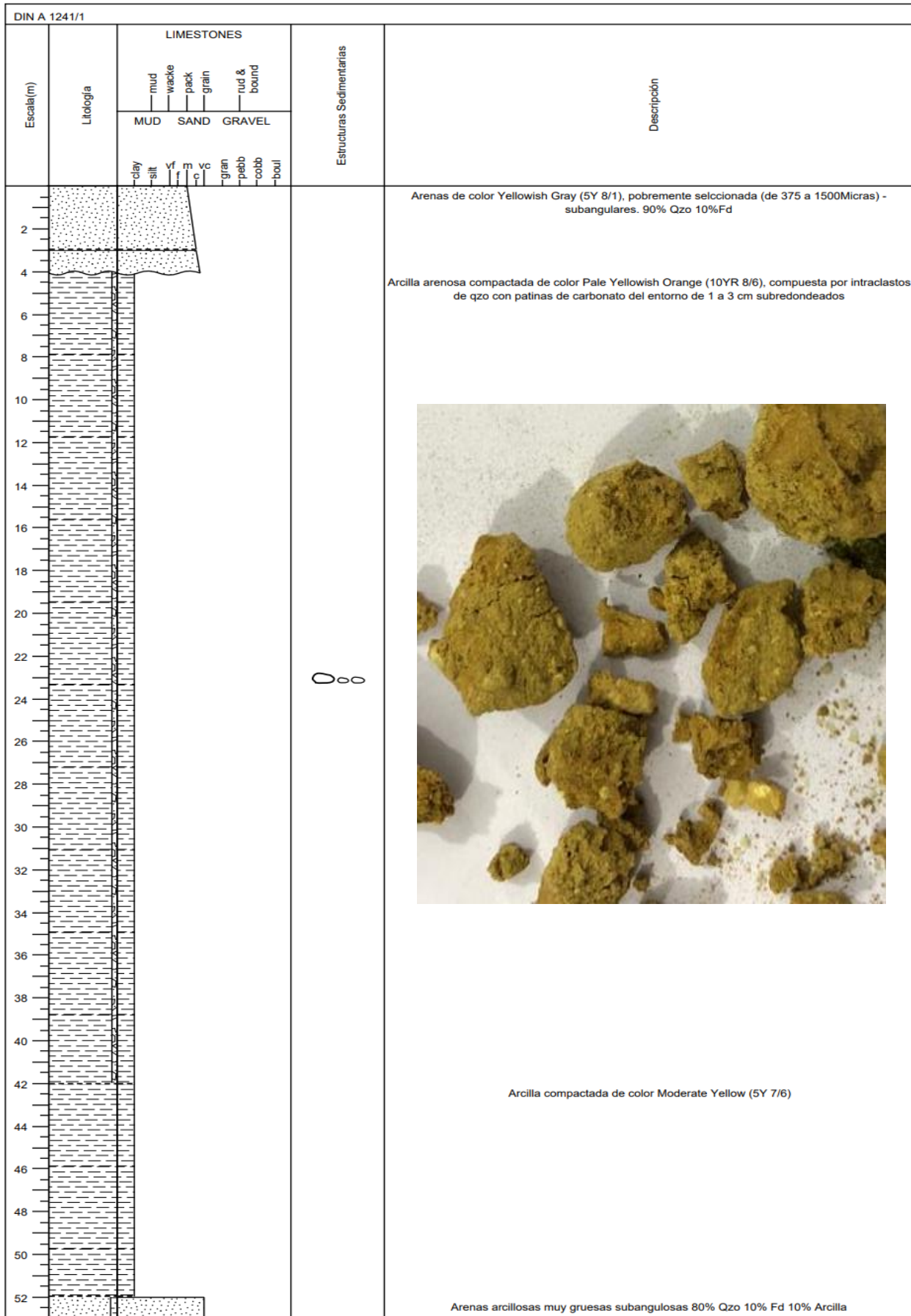
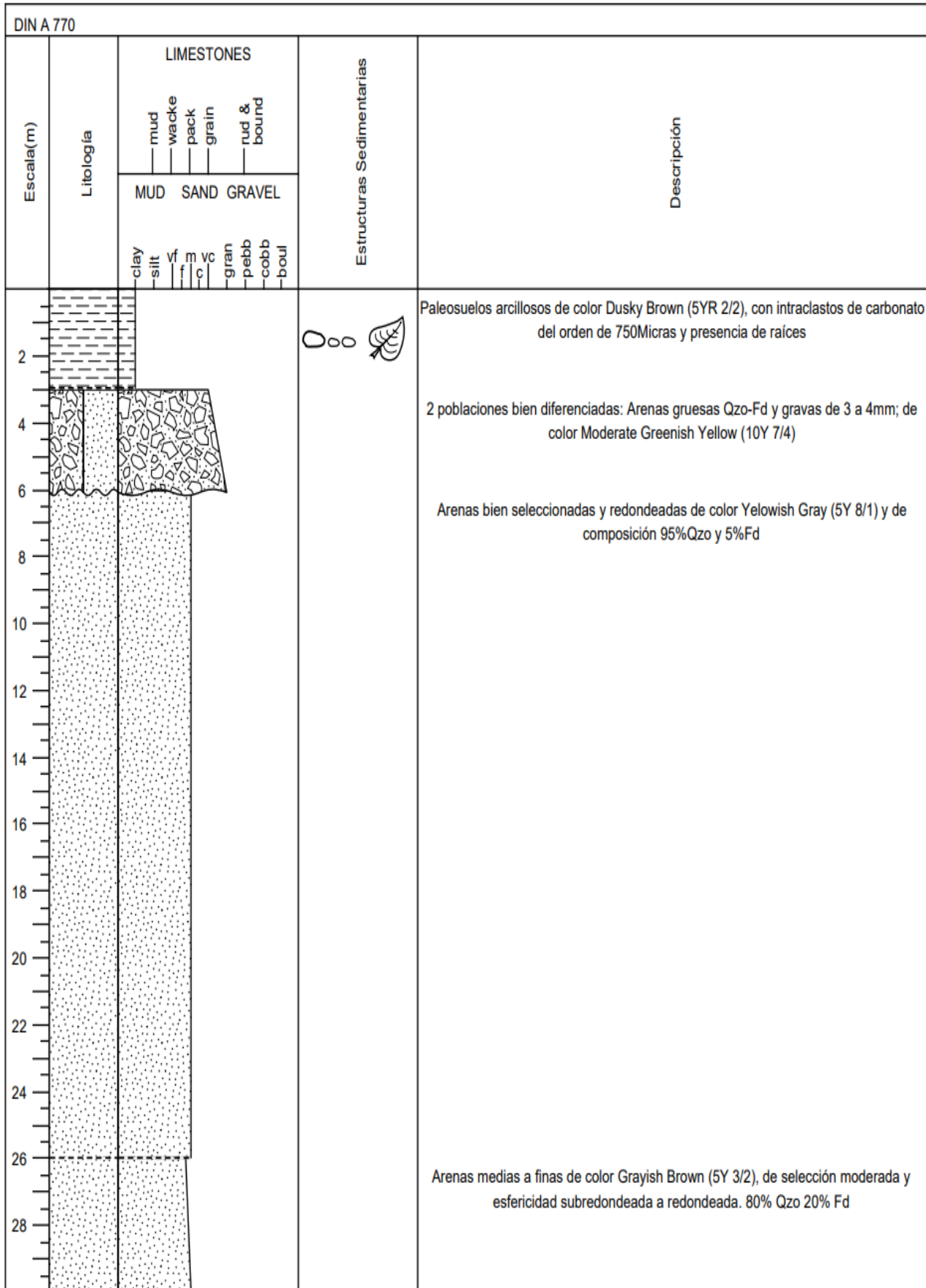


Figura 11c. DIN A 1241/1 (53m):



**Obs:** Se destaca más de 45m de arcilla arenosa compactada, con características similares al pozo homónimo. Con características texturales al pozo anterior, el 1241/1 presenta arcilla masiva con clastos de arena intercalados y en la base arena gruesa, que dada la profundidad puede llegar a pertenecer a la Formación Raigón

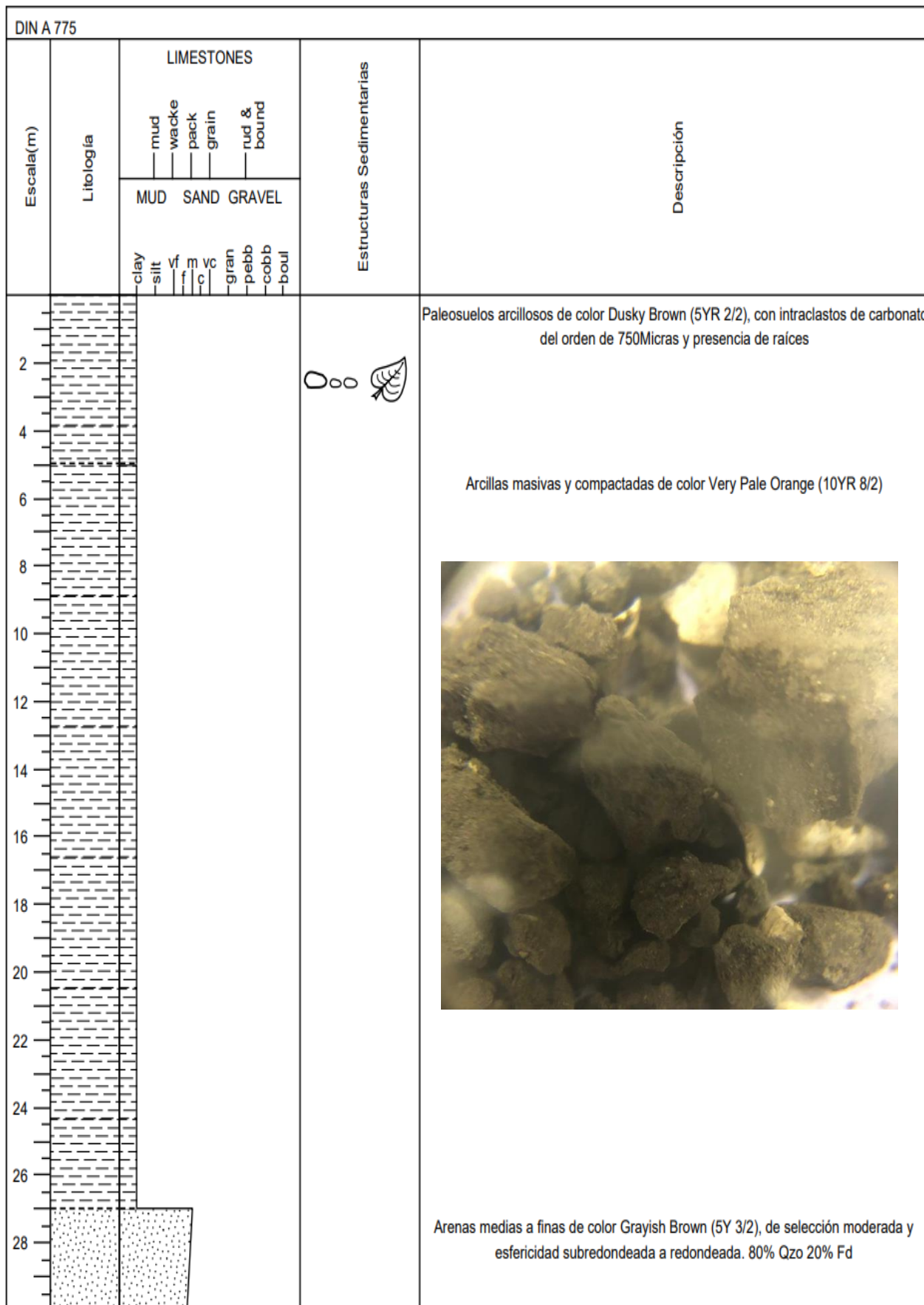
Figura 11d. DIN A 770 (30m):



**Obs:** Se destaca en este perfil 24m de arena cuarzosa bien seleccionada. Esta perforación es una de las más representativas de la Formación Chuy, arena media de buena a muy buena selección con alto contenido de cuarzo subredondeado



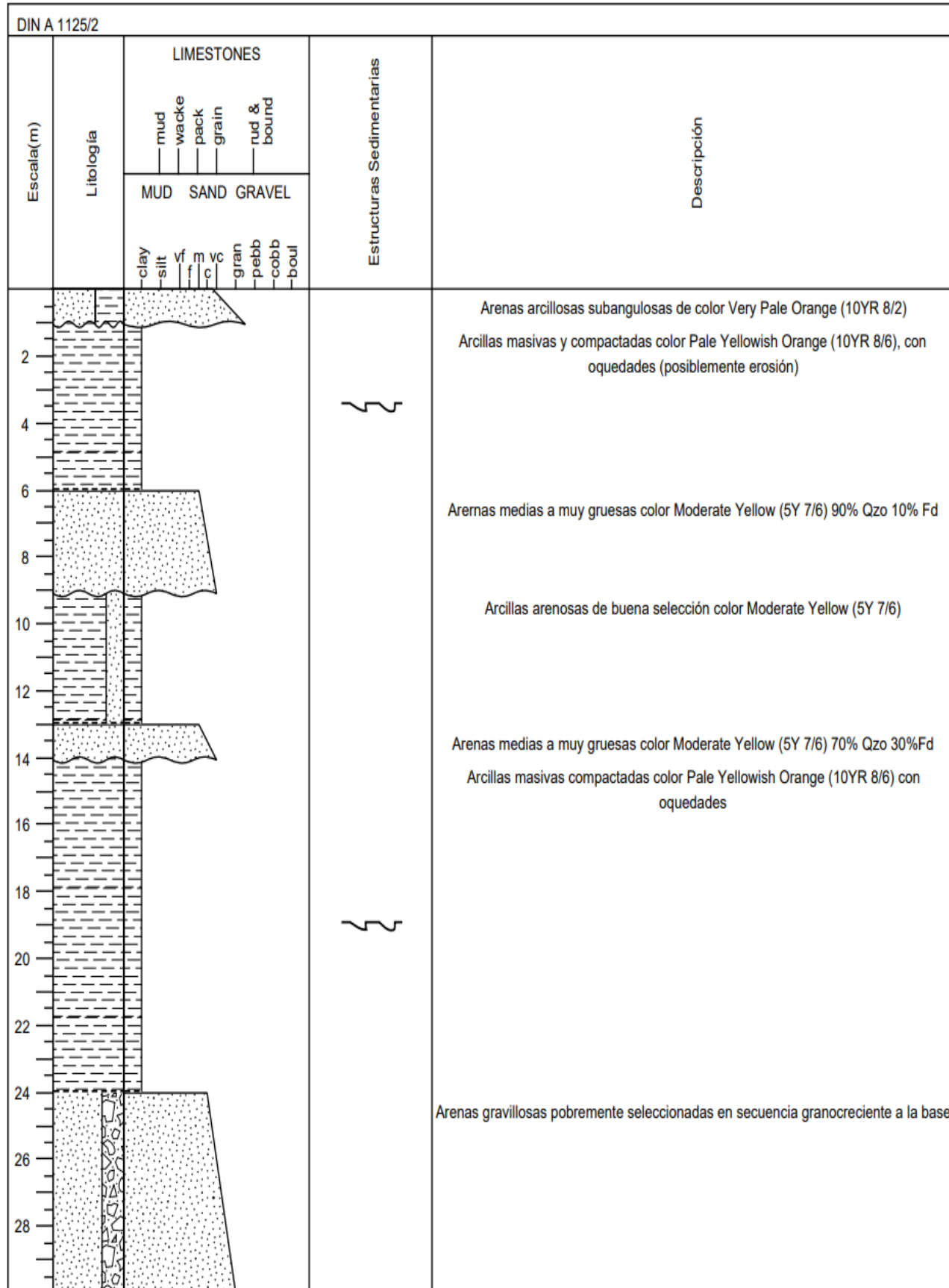
Figura 11e. DIN A 775 (30m):



**Obs:** Se destaca en este perfil más de 25m de arcilla marrón oscura compactada. La perforación en cuestión encontrada próxima al baricentro del área de estudio puede ser una de las más representativa de la Formación Dolores, lodolitas marrones masivas que gradan a arenas de buena a muy buena selección (Formación Chuy)



Figura 11g. DIN A 1125/2 (30m):

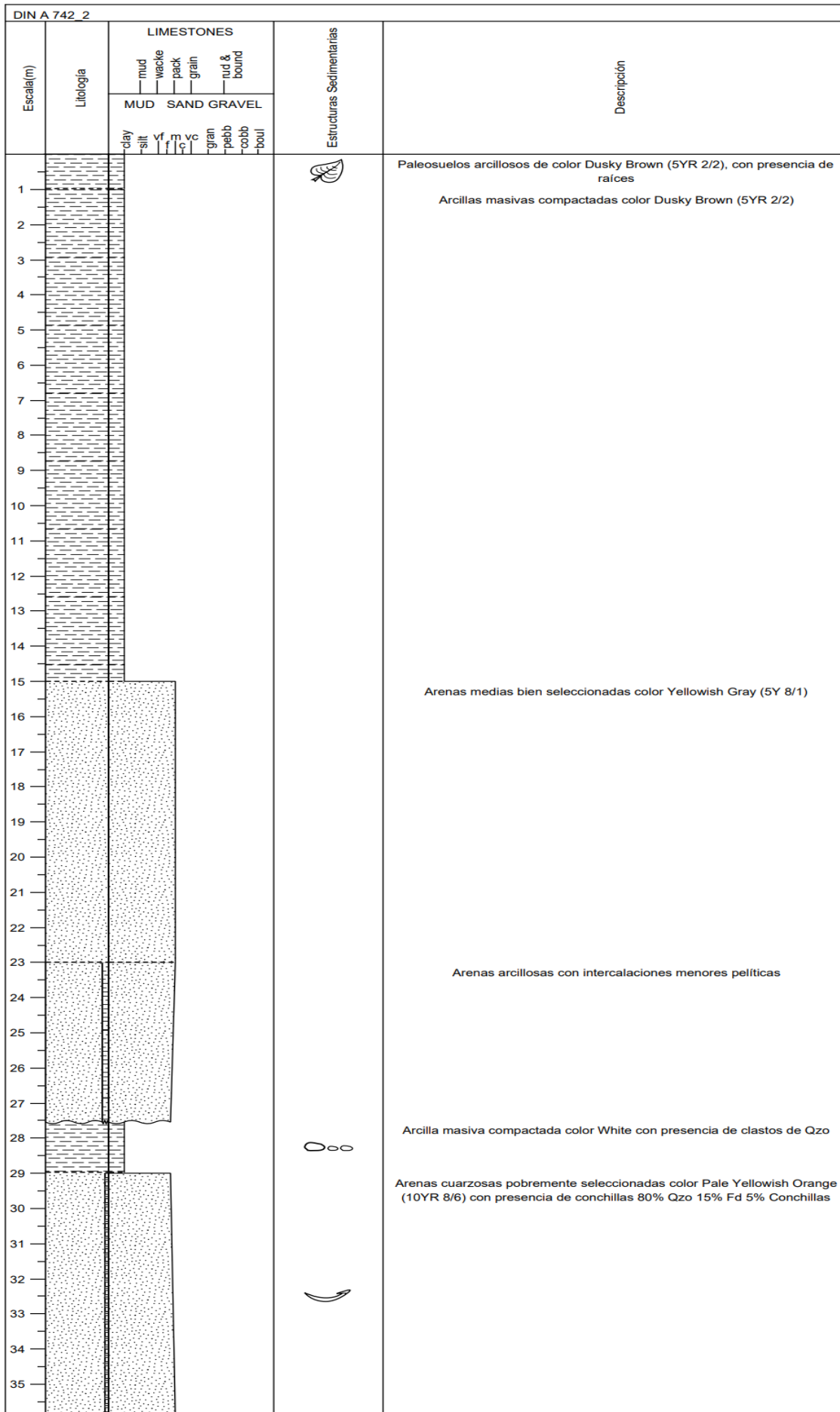


**Obs:** Se destaca en este perfil una secuencia de estratos de arena y arcillas en paquetes que oscilan los 4 y 10m aprox. Las secuencias son granocrecientes a la base. Se visualiza para este perfil una secuencia desordenada de depósitos medios a gruesos de arena suprayacente a la Formación Dolores. Subyace la Formación Chuy



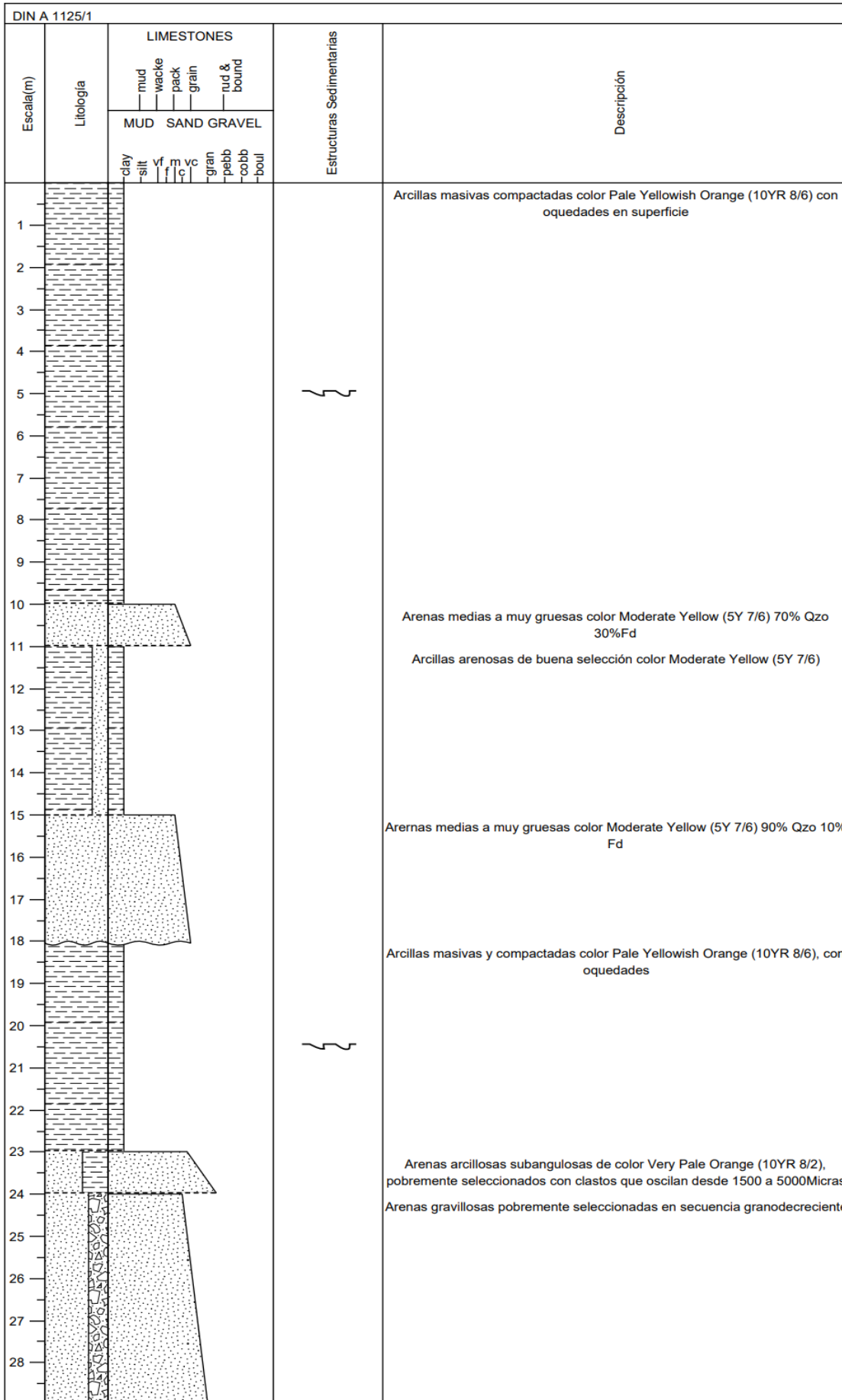


Figura 11i. DIN A 742\_2 (36m):



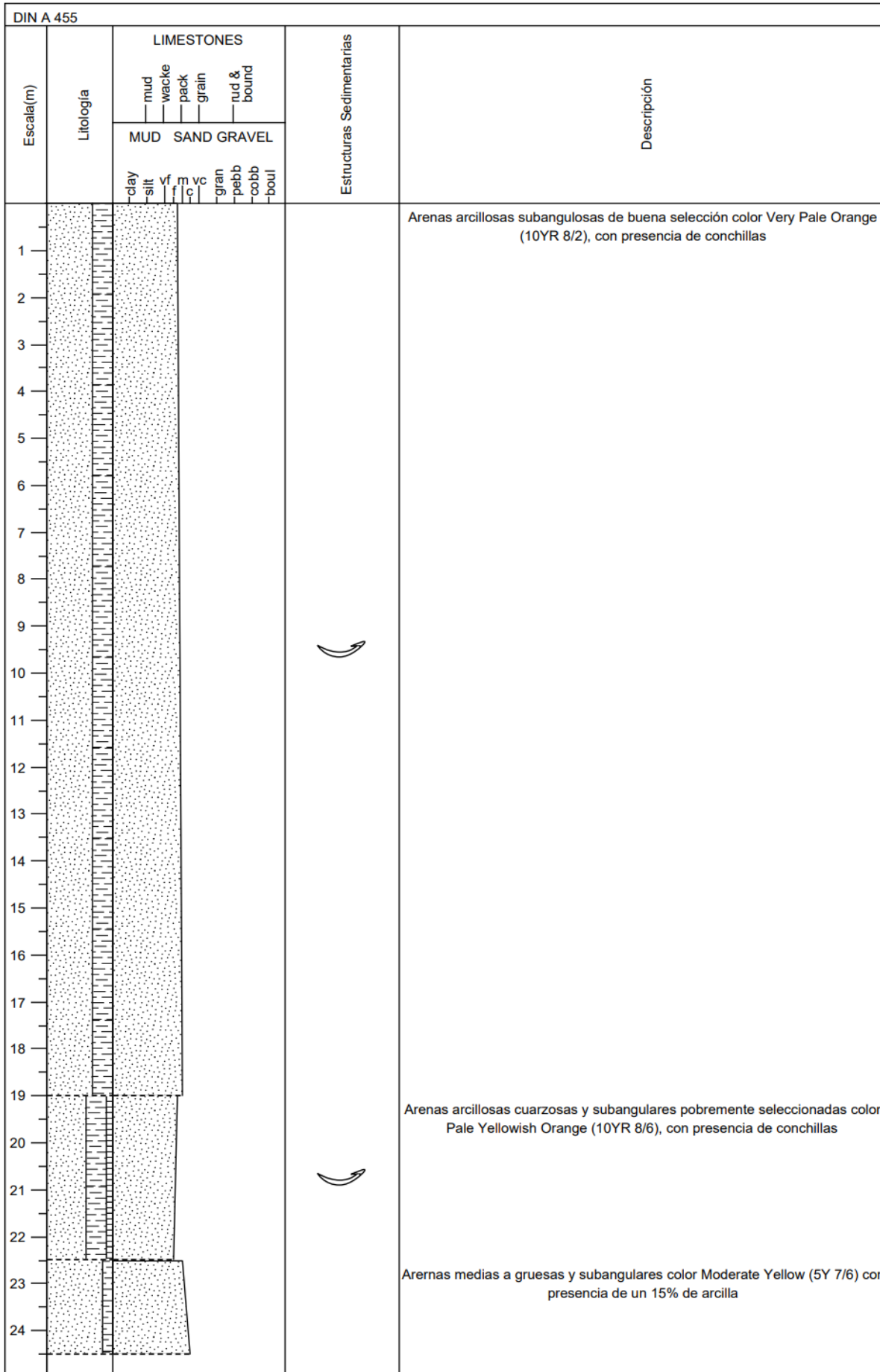
**Obs:** Se destaca en este perfil dos paquetes de arcilla y arena media bien definidos, alcanzando una profundidad total de pozo de 36m. Al igual que el pozo homónimo comparte una columna arcillosa posiblemente de la Formación Dolores y subyacente arena de buen a muy buena selección correspondiente a la Formación Chuy

Figura 11j. DIN A 1125/1 (29m):



**Obs:** Se destaca en este perfil paquetes masivos de arcilla marrón oscuro compactada con intercalaciones de estratos de arena media a gruesa del entorno de 1 a 3m de potencia. De características similares a los pozos anteriores este pozo recorta sedimentos de la Formación Dolores con acreciones laterales de barras de arena en sentido granocreciente a la base. Subyace arenas de Formación Chuy

Figura 11k. DIN A 455 (24,5m):



**Obs:** Se destaca en este perfil un paquete uniforme de arenas arcillosas color ocre pálido de inicio a fin de pozo, con presencia de conchillas, el cual asciende a los 20m de espesor. Próximo a la desembocadura del río Santa Lucía esta perforación se caracteriza por depósitos arenosos masivos recientes y actuales con intercalación de lodolitas. Pasados los 23m de profundidad posible Formación Chuy

## 6.2 Correlación lateral de pozos y geología local

En esta sección se representa y analiza la correlación lateral de pozos, la cual se distribuye en dirección NW-SE, el corte abarca 8 de los 12 pozos, buscando la mayor representatividad posible. Se tomó ese criterio para la elección de este tipo de corte considerando básicamente 3 aspectos fundamentales: i) la distribución geográfica de los pozos; ii) la ubicación respecto a las formaciones; y iii) principios estratigráficos básicos definidos por Steno (1669), como son la horizontalidad original, continuidad lateral y la superposición de estratos.

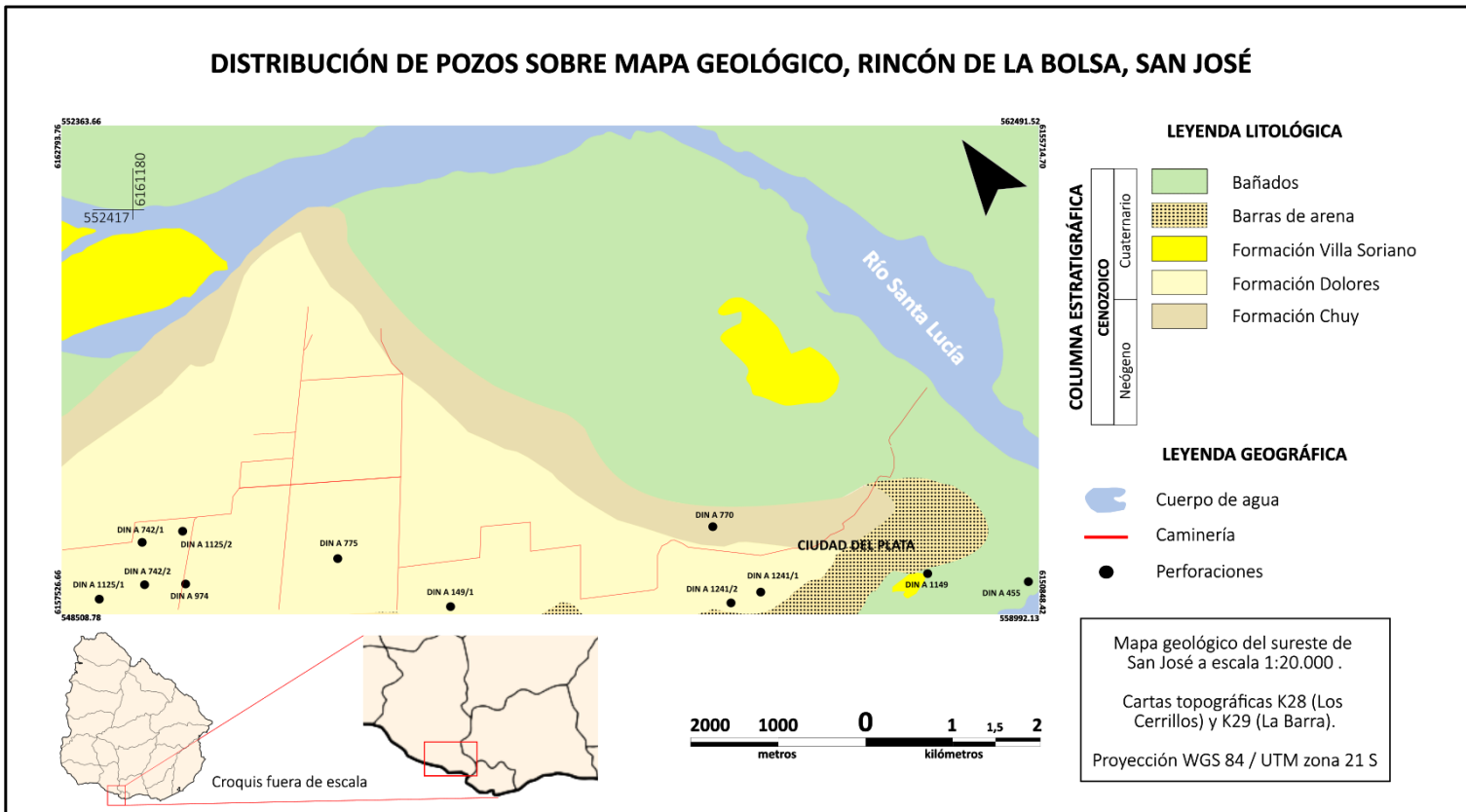


Figura 12. Mapa Geológico y distribución de pozos en el área de estudio. Elaboración propia.

La información litológica métrica de cada pozo y su análisis en conjunto nos arroja una primera aproximación de la correlación lateral de los mismos en el área de estudio, reforzando en este caso una descripción litológica bastante clara en lo que respecta a las formaciones Dolores, Chuy y los sedimentos recientes y actuales. Para ello, fue necesario considerar en el corte los pozos: DIN A 1125/1, DIN A 742/2, DIN A 974, DIN A 775, DIN A 1241/2, DIN A 1241/1, DIN A 1149 y DIN A 455. La totalidad de los pozos tienen una profundidad que oscila entre los 25 y 53 m, siendo la mayoría pozos del entorno de 35 m. En lo que respecta a la granulometría, los tamaños varían preferentemente de arcilla a arena media, ocasionalmente arena gruesa y grava (a partir de los 20 m en únicamente dos pozos). Estos dos pozos, situados en el extremo W se encuentran próximos geográficamente, con espesores semejantes, pudiendo asociarse a un evento fluvio-deltaico de la Formación Raigón. La heterogeneidad de estructuras sedimentarias es escasa y con reducida

variación en la lateral, presencia de bivalvos y una asociación de paleosuelos con raíces para los primeros metros de pozos en todos aquellos ubicados en la porción central y SW del área. Los principales cambios granulométricos son secuencias grano-crecientes a la base, presentado secuencias similares analizando pozo a pozo.

En concordancia con la topografía y los mapas geológicos, a medida que nos desplazamos en el corte al SE del área subyacen litologías más finas donde se caracteriza por paquetes métricos de arenas y posteriormente arcillas marrones oscuras compactadas, el reflejo de ello son los pozos DIN A1149 y 455. Es congruente que este tipo de sedimentos se asocien a las formaciones Villa Soriano y Dolores, respectivamente. Dada las planicies y llanuras los afloramientos son muy escasos no pudiendo contrastar de forma completa lo observado metro a metro en cada pozo.

En la zona central, se observa una potencia importante de arcillas y lodolitas colores marrones y ocre (coincidente con Goso y Muzio 2006), con intraclastos cuarzosos y carbonáticos a lo largo de todo el paquete, con colores anaranjados pálidos y que tiende a acuñarse al E del área de estudio. Probablemente, la secuencia se trate de la Formación Dolores en toda su extensión geográfica, subyacente a la Formación Villa Soriano y depósitos recientes y actuales suprayacente a la Formación Chuy. Otro dato importante que surge del corte, es la presencia ocasional de sedimentos pertenecientes a la Formación Chuy (muy a la base), lo cual refleja el porqué de la no actividad antrópica en la apertura de canteras en esa zona, estando restringido a la terraza existente entre la planicie de inundación del río Santa Lucía y las ondulaciones al sur del área (los mapas se encuentran a escala en los anexos del documento).

## CORTE GEOLÓGICO, RINCÓN DE LA BOLSA, SAN JOSÉ

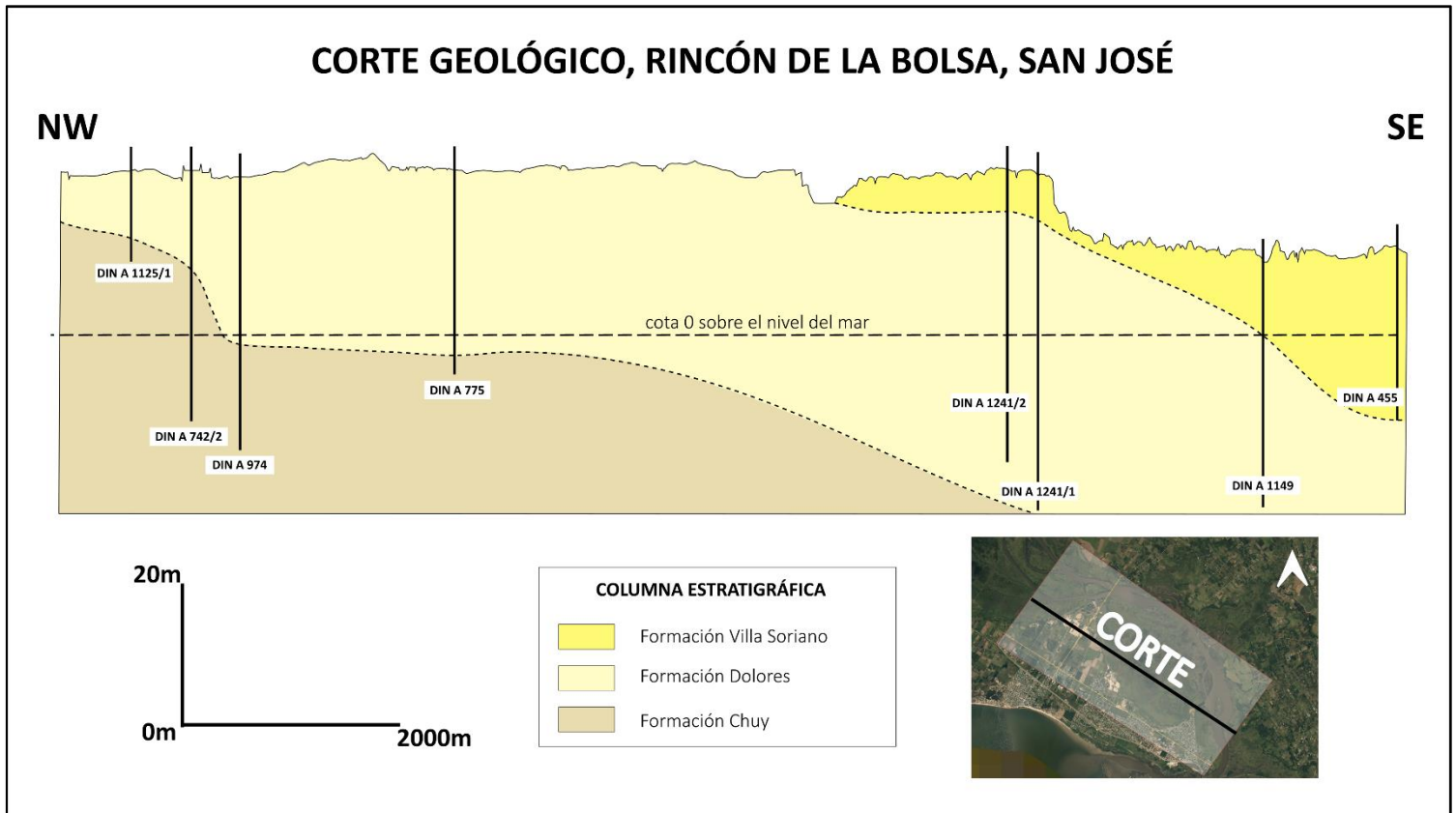


Figura 13. Corte Geológico NW-SE del área de estudio. Elaboración propia.

En zona central y este es característica la presencia de depósitos masivos de arena con paquetes que superan los 10m, sin embargo, la composición textural y la selección moderada, no es de las mejores en lo que refiere a su extracción para el uso de árido de construcción.

La Formación Chuy, restringida a la porción centro-sur del área, es visiblemente distinguible además de su litología por la morfología visible en planta, la cual se percibe por una especie de “cordón” en dirección NW-SE, limitada por la planicie de inundación del río Santa Lucía y la Formación Dolores (al S), donde radican los emprendimientos extractivos de arena desde hace más de 30 años.

Lamentablemente, esa zona del área no dispone de pozos registrados o material de *cutting* que permitan una mayor información geológica del subsuelo a nivel institucional disponible, salvo la perforación DIN A 770, sin embargo, de los expedientes de las canteras habilitadas en la DINAMIGE y en la DINACEA, describen a la Formación como “*sedimentos arenosos, arcillo-arenosos finos a medios de color blanco amarillento a rojizo producto de un ambiente marino*”.

Estos depósitos están asociados a posiciones de terrazas altas en los valles de los principales cursos de agua y en la faja costera del río de la Plata, ocupando antiguos entalles que se registraron durante los períodos glaciales. En esta unidad se pueden reconocer dos facies: una transgresiva, que se

desenvuelve en la faja costera y otra facies fluvial, que se reconoce asociado a las terrazas de los valles en el área continental. Las facies fluviales, se registran en la misma posición topográfica de las terrazas, integrada por lentes de arcillas, arenas de granulometría y composición variable, gravas, cantos y bloques. El conjunto se dispone en un arreglo lateral gradacional con frecuentes estructuras canalizadas de corte y relleno característico de sistemas fluviales meandranes y anastomosados (MTOP et al., 2005).

En los trabajos de campo con apoyo del estudio de las perforaciones (en especial, DIN A 770), se constata que la Formación Chuy es poco variable en la lateral, tratándose principalmente de depósitos arcillosos masivos (puntualmente) y arenas en secuencias métricas de muy buena selección hacia la base, intercaladas con depósitos lenticulares y estructuras sedimentarias plano paralelas.

Respecto al recinto minero y el material explotable, es importante resaltar que se tratan de arenas friables, materiales que permiten que la extracción sea netamente mecánica con empleo de retroexcavadora (fig. 14), y cuando el nivel freático no lo permite, mediante el bombeo con bombas balsas (fig. 15).





Figura 14. Retroexcavadora sobre bandas extrayendo arena y acopiando



Figura 15. Bomba balsa dentro del lago de extracción de arena.

### 6.3 Contexto ambiental: principales normativas minero-ambientales

Revisada la Normativa referente a la explotación de áridos circunscripta al área, se sintetizaron y extrajeron las siguientes generalidades para su posterior análisis:

- i. **Código minero** (aprobado por decreto ley N° 15.242), en su Art. 7 define “...*yacimientos de sustancias minerales no metálicas, que se utilizan directamente como materiales de construcción, sin previo proceso industrial que determine una transformación física o química de la sustancia mineral*”.
- ii. **Ley de Evaluación de Impacto Ambiental** (aplicado mediante el Decreto 349/005), en sus Art. 2 -ámbitos de aplicación- “*extracción de minerales a cualquier título, cuando implique la apertura de minas a cielo abierto, subterráneas o subacuáticas...*”. El marco de aplicabilidad son las Autorizaciones Ambientales Previas (AAP) y las Autorizaciones Ambientales de Operación (AAO) respectivamente.
- iii. **Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) a través de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) y la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH)**, otorga y regula los yacimientos de áridos para construcción que tienen como finalidad obras públicas, generalmente explotadas por terceros en el marco de autorizaciones ambientales; e Hidrografía, básicamente otorga autorizaciones para explotación de arenas en márgenes de ríos y arroyos (menor a 75m del cauce), trámite contemplado unilateralmente por la respectiva Dirección Nacional.

En un primer análisis de los organismos de control expuestos anteriormente, se destacan dos elementos relevantes. Por un lado, distintas Instituciones que intervienen sobre el mismo objeto (la explotación del recurso) y por otro, límites no del todo claros en su uso y explotación respecto al contralor, lo cual varía en función de las necesidades y principalmente, la gran diferencia entre el dominio público-privado, un asunto recurrente en la explotación de áridos en nuestro país. Asimismo, no puede dejar de nombrarse que vinculado a cada ley de presupuesto quinquenal pueden potencialmente surgir nuevas directrices en lo que respecta a las extracciones en álveos de dominio público, sin embargo, a la fecha y en la práctica, los áridos de construcción continúan explotándose con las mismas características contractuales y de contralor que décadas atrás.

### 6.4 Resultados de entrevistas y visión departamental

Teniendo en cuenta la información recopilada anteriormente, se realizaron entrevistas a geólogos que desarrollan sus actividades en el orden público - privado (Juan Ledesma, Roberto Carrión y Ana Pereira-ver anexos). Ledesma y Pereira coinciden en que la aplicación del Decreto 349/005 de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental ha sido de impacto positivo en los proyectos de orden privado, no obstante Carrión considera pertinente un análisis global de las Normativas, lo que marca las distintas opiniones y refleja lo que expone las Normativas Minero Ambientales a la

fecha, lo que en la práctica se divide en muchos trámites en diferentes Instituciones con el mismo objeto: la extracción del árido.

El Diario “*San José Ahora*” en una publicación de noviembre de 2019 ya indicaba cuestiones como la falta de planificación en el Ordenamiento Territorial, además de levantar denuncias por presuntas extracciones irregulares de arenas en zonas aledañas, lo cual indicaría la complejidad de la extracción de arena en la región, afirmando la idea de Carrión en lo cual debe ser analizada la extracción y demás fases del ciclo extractivo de una forma conjunta en todos los sentidos.

Los profesionales entrevistados, coinciden en que la explotación de áridos en esta región del departamento ha sido y son fuentes de trabajo para la población local, reforzando mano de obra directa e indirecta, revalorizando el subsuelo, el cual en muchos casos terminan siendo fraccionados y vendidos en padrones rurales (transformados a suburbanos). Esta situación es conocida también en el departamento de Maldonado en zona de areneras, las cuales al día de hoy al agotarse el recurso los propietarios fraccionan los predios, generan vías de accesos (calles), y los venden a privados, generándose entre otras cosas nuevas viviendas y barrios en la zona (caso de Portezuelo en las proximidades de Punta del Este).

#### 6.5 Modificaciones territoriales para el área de estudio

Desde la década de 1990 y, en un notorio incremento, las industrias y los galpones logísticos han acompañado el crecimiento geográfico de la zona, como se observa en la figura 16. Las industrias existentes (con Autorizaciones Ambientales vigente-tomadas del visualizador web de DINACEA), ocupan gran parte de la región, entre ellas químicas, curtiembres, metalúrgicas, frutícolas, de envasado de productos químicos, entre otras. La óptima posición respecto a la capital del país y el acceso al agua subterránea, contribuyen a la ocupación del territorio.

Indicadores de la página web de la OPP (tomados el 07/09/2022), demuestran un núcleo importante de población fija en Ciudad del Plata, superando los 31.000 habitantes, además de demostrar que existe una tasa de empleo mayor del 70% de varones y del entorno del 45% para mujeres, lo cual potencialmente podría estar indicando que la mano de obra local está vinculada a los rubros minero-industrial de la zona, tanto de forma directa como indirecta.

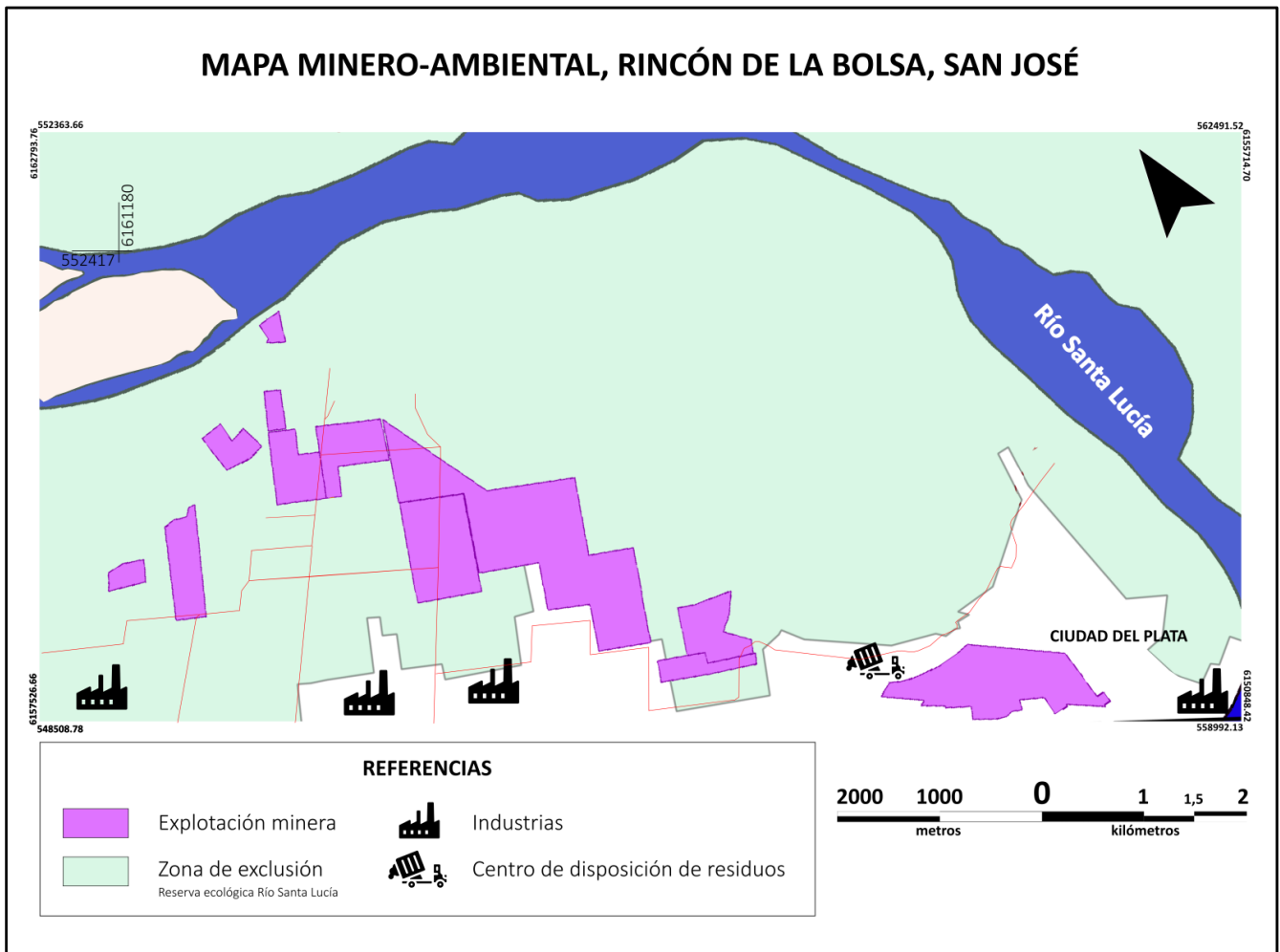


Figura 16. Mapa Minero-Ambiental del Área de Estudio. Elaboración propia.

En la actualidad y ya previo a la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, la DINAMIGE otorga Concesiones para Explotar del entorno a los 30 años, lo cual en la práctica es difícil de contrastar con lo presentado en el proyecto (de cara al futuro) en lo que respecta a su situación prevista de clausura y/o abandono, adosado de las variables económicas, los *commodities* y la eventual situación económica del país, es complejo definir que la situación de proyecto se cumpla en el cierre de la explotación minera con lo proyectado.

Para el área de estudio y zonas aledañas, existen minas abandonadas que: a) no han decantado en proyectos sustentables post cierre y, b) degradaciones paulatinas al ambiente producto de no cerrar adecuadamente las canteras. En ambos casos lo más notorio es recorrer el área de estudio y visualizar canteras abandonadas sin alambrados, cartelería o cualquier elemento de advertencia ante el acceso de la población y, por otra parte, es común constatar procesos erosivos, taludes verticales sin bermas o alambrados, acumulación de residuos de cualquier tipo (inclusive peligrosos), alcantarillas obstruidas, acumulación de sólidos y eutrofizaciones de cañadas, entre otros, son algunos ejemplos del mal manejo del emprendimiento. Muchos son los casos, que pasan de estar operativos a estar en fase de abandono (figs. 17, 18 y 19).

El relevamiento ambiental realizado en el área, coincide con las observaciones realizadas por la Intendencia de San Jose en su plan de ordenamiento territorial del 2012, donde en líneas generales destacan la importancia de poder “ordenar” y promover un ordenamiento territorial en el área de manera paulatina y que vincule las instituciones nacionales y departamentales. Desde una mirada global, surge que no sería conveniente instaurar áreas SNAP (por ejemplo), cuando se produce de forma ascendente un crecimiento demográfico desordenado en la zona. Si bien los aspectos ambientales a nivel industrial y extractivo están dentro de un marco normativo, las contaminaciones difusas por todas las casas instaladas en lo que es la terraza media y baja (y anexa al vertedero), están generando contaminaciones directas al ambiente y al agua subterránea de forma continua.

Por otra parte, han existido proyectos mineros que han tenido desenlaces positivos en lo que respecta a un cierre parcial o definitivo de mina, algunos ejemplos (fuera del área de estudio):

- La mina San Gregorio en el departamento de Rivera en su estado de apogeo en la década pasada, presentó proyectos de cierres, avances de cierres e informes de desempeño, garantías ambientales, entre otros, que demostraron un correcto control ambiental de sus actividades.
- La explotación de escombreras de antiguos proyectos extractivos de minería metálica en el departamento de Florida, actualmente utilizados como piedra partida para obras viales y civiles.
- El turismo minero en Artigas, vinculado túneles y galerías de ágatas y amatistas inactivos
- Lagos para usos recreativos y deportivos en Montevideo y área perimetral, generados a partir de antiguas extracciones de arenas.

Los anteriores ejemplos son algunos casos destacados en nuestro país de impactos ambientales significativos e irreversibles (positivos), que al día de hoy además de no estar generando un daño residual producto de la explotación, son fuentes de trabajos para las comunidades locales.





Figura 17. a. Proceso erosivo sobre al margen de alcantarilla de desagüe existente. b. Talud de cantera Perez Bustos, erosionada.





Figura 18. Bermas incipientes sobre el alambrado limítrofe de camino vecinal, la misma no respeta las distancias definidas en el código minero, impacto significativo visual y riesgos para los habitantes desde el punto de vista de la seguridad. No cuentan con cartelera.



Figura 19. Canalización de pluviales que recoge el frente de explotación de la cantera H. Martínez, un emprendimiento de carácter privado que deriva sus aguas a una alcantarilla en camino vecinal, la cual está obstruida por gran cantidad de sólidos. Puede apreciarse la eutrofización del agua, generando una especie de lago léntico.



## 6.6 Régimen comparativo minero: obras públicas vs privadas

La planificación y diseño de obras viales públicas son más complejas que la elaboración únicamente constructiva de un plan o cronograma de trabajo en si mismo como se lo veía erróneamente años anteriores, pasando a tener que cubrir otros aspectos importantes como los controles ambientales, acercamiento a la comunidad e incorporación de personal idóneo, con la finalidad de que la obra no solo sea “una obra”, si no que los vecinos, el ambiente y los trabajadores también estén relacionados directamente en la obra civil. Entre otras cosas y a modo de ejemplo, como se integrará funcional y paisajísticamente la intervención con el área en la que se desarrollará, que impactos se generaran sobre los usos actuales del suelo y sobre las comunidades existentes y qué medidas se tomaran para tender al uso sustentable de los recursos en su área de influencia (González *et al.*, 2015).

Por consiguiente, basándonos en la normativa ambiental aplicable a la fecha, la minería con fines de obras públicas, es un régimen distinto al de carácter privado o comercial, ya que no dependen de una concesión para explotar y por lo general, tampoco de un estudio de impacto ambiental, por lo cual en líneas generales y de forma sistemática, los cierres ambientales pasan a ser previsto al final de las obras, careciendo de una planificación adecuada e integrada al ambiente. En particular, las canteras de obra pública al estar vinculadas a una obra específica, que requiere un volumen de material para un tiempo definido y acotado, no siempre esta fiscalizada, ya que la Administración debería hacerle visitas e inspecciones en tiempos ajustados. En muchos casos, se genera un pasivo ambiental el cual no será regularizado o tratado como tal, hasta que no se habilite nuevamente ese proyecto, o si no, quedará con las mismas características a las que estuvo activo antes de darse por cerrado.

Por distintas razones (citando alguna de ellas): no exigir un geólogo que evalúe todas las fases del ciclo de explotación y un marco regulatorio que es favorable al responsable de la explotación, las explotaciones de orden público muchas veces no tienen controles en su cierre, a diferencia de canteras comerciales. Las restauraciones de predios, fase de seguimiento en el cierre y clausura y posterior abandono deberían ser elementos fundamentales en la explotación de cualquier yacimiento, transformando el recurso finito en sustentable, pudiendo derivar el recinto minero para otro fin, tanto como evaluar el yacimiento para futuras explotaciones, fines recreativos, turísticos, entre otros.

De forma sintética en la figura 20 se detallan las distintas etapas que transcurre un proyecto minero una vez ingresa a la DINACEA, derivado de las exigencias establecidas en el Decreto 349/005:

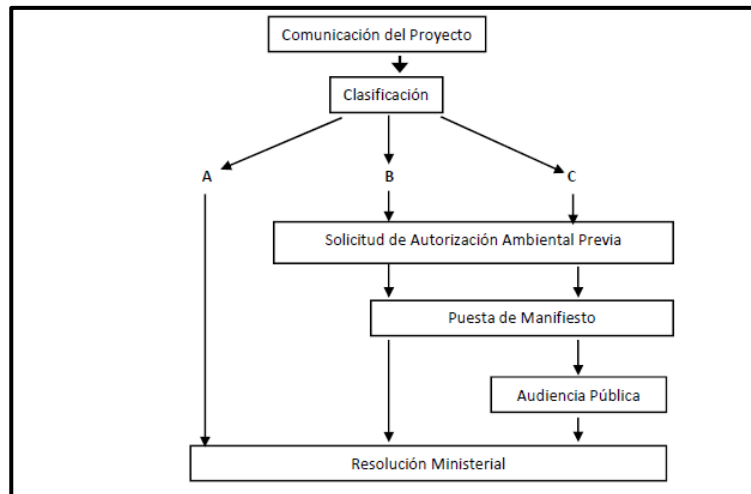


Figura 20. Esquema sintético de las diferentes etapas que ocurren desde el ingreso de un expediente de solicitud de Autorización Ambiental para explotar (Autorización Ambiental Previa-AAP; y Autorización Ambiental de Operación-AAO).

En resumen, los proyectos de mineros de orden público en su mayoría (no todos), son clasificados “A” en el entendido que se tratan por lo general de extracción de áridos que están acotados a un período de tiempo y un volumen determinado. Los controles de cierre desde el punto de vista ambiental de forma holística no ocurren en la mayoría de los casos.

## 7. Discusión y Conclusiones

A partir de información levantada en el campo y obtenida de las distintas instituciones y principalmente de los *cutting* obtenidos metro a metro, se generaron datos suficientes para comprender la estructura geológica del área de estudio, en particular, la distribución y configuración espacial de las unidades geológicas que se presentan en el subsuelo del área de estudio y establecer una correlación lateral.

Los trabajos permitieron identificar y describir las distintas unidades litoestratigráficas y su correspondiente asociación en la lateral, coincidiendo en gran parte con las distintas investigaciones que se han desarrollado en el área (Loureiro & Sánchez, 2021; Sporturno *et al.*, 2004) y generando algunos nuevos aportes. En ese sentido, es de importancia para las Instituciones públicas y privadas poder comprender el subsuelo del área, generando nuevos aportes que sirvan para ayudar en la toma de decisiones tanto para la explotación como para el ordenamiento territorial.

Los datos de subsuelo obtenidos permitieron construir el mapa geológico del área, el que entre otras cosas confirma los mapas geológicos que anteceden el área y principalmente muestra información novedosa en lo que es el desarrollo de las distintas formaciones en la lateral, especialmente las potencias, su composición y la mineralogía.

La Formación Dolores para el área se compone principalmente por sedimentos limo-arcillosos masivos, lo cual desde el punto vista ambiental tiene aspectos positivos (si estuviesen las industrias apoyadas directamente sobre las arenas bien seleccionadas, un eventual derrame podría alcanzar las aguas subterráneas de forma más rápida), ya que las grandes industrias se encuentran distribuidas geográficamente sobre esa formación en el área. Cabe recordar que en los últimos años el área de estudio ha sufrido un crecimiento industrial importante además de los asentamientos irregulares existentes, 6 dentro del área de estudio (MVOTMA, 2018), sumado a lo que no hay saneamiento, incrementa los aportes de aguas residuales al subsuelo.

Se pudo observar que los afloramientos en el área son muy pocos, teniendo que derivar las observaciones a cunetas, frentes de canteras y canales artificiales de agua que dejan expuestas las distintas litologías por lo que los trabajos de descripción de pozos fueron fundamentales para cerrar el modelo geológico del área. Los perfiles relevaron la presencia de sucesiones de paquetes decimétricos de arcillas y lodolitas intercalado ocasionalmente con arenas de buena a muy buena selección correspondiente a la Formación Chuy.

Para el centro del área de estudio se obtuvieron datos del alcance en subsuelo de la Formación Chuy, la que si bien es aflorante y se encuentra a escasos metros en la zona donde radican los emprendimientos extractivos, para el centro del área también se observan paquetes métricos de arena de moderada a muy buena selección y de composición preferentemente cuarzosa.

En lo que respecta a la legislación ambiental y minera se afirma la hipótesis de que el marco normativo si bien contempla un rol de fiscalización, el área se encuentra fuertemente antropizada, principalmente en el cordón E-W correspondiente a la Formación Chuy, en el cual las extracciones continúan activas a pesar de ser un área de conservación ambiental. En ese sentido, los procesos erosivos vinculados a frentes activos e inactivos de explotación, acopios, zanjas y cañadas se ven afectados producto de la acción antrópica; conjuntamente con el aporte de sólidos a cursos de agua son las principales afectaciones al medio.

Para el presente trabajo los estudios realizados sumados a las entrevistas realizadas a profesionales con experiencia significativa en extracción de materiales para la construcción y con conocimiento específico del área de estudio, permitió analizar con mayores elementos de análisis los aspectos extractivos y ambientales. A partir de esto, se podrían establecer un conjunto de consideraciones y recomendaciones que se expresan a continuación:

1. Es necesario una revisión de las Normativas Minero-Ambientales de nuestro país, no solo a los efectos de control y alcance, sino también a nivel de actualización de Decretos, por ejemplo, el 253/079, lleva vigente a la fecha más de 40 años sin una actualización de carácter público.
2. La explotación de arenas destinadas a la construcción (principalmente), debería garantizar una extracción sostenible, ya que no solo se trata de asegurar los recursos naturales finitos, si no también mitigar aquellos efectos residuales derivados de la explotación, los cuales una vez finalizada la actividad extractiva no tienen un seguimiento ambiental por parte del privado o el Estado.
3. Redefinir las políticas de contralor del Estado en lo que concierne al objeto de estudio, extracción de áridos, actuando de forma ágil, coordinada y en pro de las mejoras continuas en todos los procesos ambientales que deriven en extracción y explotación de minas.
4. Es necesario que se incluya personal capacitado en la toma de acciones específicas, entre otras cosas un geólogo en todo el ciclo de extracción del recurso, apoyado en las directrices de un profesional de seguridad, con el fin de minimizar los posibles riesgos que puedan derivar de una mina activa, inactiva o abandonada.
5. Que las diferentes empresas que extraen recursos minerales del subsuelo uruguayo para obras viales y civiles públicas se ajusten a las exigencias de los privados (en cuanto a normativa),

concretizando acciones de restauración en todos los sitios que hayan sido intervenidos para extraer recursos.

6. Es un desafío para Uruguay y su agenda, incorporar el control de pasivos ambientales, generando entre otras cosas, que las pequeñas y medianas empresas se comprometan a la fase de cierre, post cierre y clausura, implementando acciones de mejoras reales en lo que concierne a finales de ciclos extractivos.
7. Es necesario ser pragmático en que las minas abandonadas no sean un futuro vertedero o zona de disposición de residuos, generando un sin fin de vertederos y trincheras en el territorio nacional, afectando de forma directa el agua superficial y subterránea.
8. Involucrar a la comunidad académica en la toma de decisiones, aprovechar recursos generados por otras instituciones en el marco de otros proyectos (Prenader, pozos de la litoteca de DINAMIGE, pozos de privados) en ampliar el conocimiento geológico del subsuelo uruguayo, aprovechando y gestionando mejor nuestros recursos, incluyendo consigo mejoras en políticas ambientales de agua subterránea y superficial.
9. Esta investigación podría ser ampliada, incorporando componentes sociales y territoriales, obteniendo así elementos cualitativos que permitan “visualizar” desde otra perspectiva la presión antrópica que ha sufrido Rincón de la Bolsa y Ciudad del Plata, enriqueciendo la información disponible para futuras investigaciones.

## 8. Bibliografía

- Bango, G. 2020. Caracterización sedimentológica e hidráulica de la Formación Raigón (Plioceno) en la región suroccidental del departamento de San Jose, Uruguay. Trabajo final para la Licenciatura en Geología. Universidad de la República, Facultad de Ciencias. Montevideo.
- Bessoaut, C.; De Souza, S.; Oleaga, A. y Pacheco, F. 2000. Caracterización Geohidrológica del Acuífero Raigón. Revista de Geociencias. Montevideo.
- Bossi, J. y Ferrando, L. 2001. Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000. Versión 2.0. Montevideo.
- Bossi, J. 2003. Estratigrafía del Precámbrico de Uruguay: Terrenos Tectono-Estratigráficos y Geocronología. Sociedad Uruguaya de Geología. Publicación Especial N° 1. Montevideo.
- Coronel, N.; Spoturno, J. y Theune, C. 1980. Áreas prospectivas de arenas del valle del río Santa Lucía. IGU, Montevideo.
- Coronel, N.; Veroslavsky, G. y Goso C. 1988. Carta Geológica a escala 1:100.000 y memoria explicativa de las Hojas Los Cerrillos y La Barra (parcial). DINAMIGE-Facultad de Agronomía-Facultad de Humanidades y Ciencias, Montevideo.
- Durán, G.; Arranz, J. y Vega R. 2014. Análisis del potencial geológico de rocas industriales en proyectos de planificación territorial: una revisión. Instituto Geológico y Minero de España.
- Fernández, A. 2008. Estudios de la evaluación de impacto ambiental. “Proyecto de explotación de la cantera SANTUTIS”. Peña Cerrada.
- González, E.; Gallareto, D.; Castells, Martín.; Delfino, C. y Díaz, G. 2015. Especificaciones Técnicas Ambientales para obras del sector vial. Dirección Nacional de Vialidad, Ministerio de Transporte, Uruguay.
- Goso, H. 1965. El Cenozoico en el Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay (informe interno mecanografiado), Montevideo.
- Goso, H. 1972. El Cuaternario Uruguayo. Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. Min. Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo.
- Goso, C. y Muzio, R. 2006. Geología de la costa uruguaya y sus recursos minerales asociados. Montevideo.
- Intendencia de San José. 2012. Plan local de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible de Ciudad del Plata y su área de influencia. San José, Uruguay.
- Keller, E. 1988. Environmental Geology Charles and Nerril Publishing Co. Fifth Edition. Columbus, Ohio, USA.
- Loureiro, J. 2014. Evaluación de las Reservas de Arena en Ciudad del Plata, departamento del San José. MIEM-DINAMIGE, Montevideo.



- Loureiro, J. y Sanchez, L. 2021. Evaluación de Reservas de Arena en Ciudad del Plata. Observatorio Geofísico del Uruguay, Udelar y MIEM/DINAMIGE.
- Marmisolle, J. 2022. Curso Geomorfología Ambiental. “Estudio de la Desembocadura del Río Santa Lucía”. Facultad de Ciencias. Montevideo.
- MTOP – DNV – DEGAC. 2015. Marco Legal Ambiental.
- MTOP; MVOTMA; MIEM; OSE; FCIEN. 2005: Gestión Sostenible del Acuífero Raigón Uruguay, Informe Técnico Final del Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA/8/031.
- MVOTMA. 2018. Programa de Mejoramiento de Barrios Unidad de Evaluación y Monitoreo. Asentamientos recientes en Uruguay: un estudio exploratorio. Montevideo.
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto. 2022. OBSERVATORIO TERRITORIO URUGUAY. Montevideo, Uruguay. <https://otu.opp.gub.uy/perfiles/san-jose/ciudad-del-plata>.
- Preciozzi, F.; Spoturno J.; Heinzen W. y Rossi, P. 1985. Memoria Explicativa de la Carta Geológica del Uruguay. Dirección Nacional de Minería y Geología - MIEM. Montevideo- Uruguay.
- Rossello, E.; De Santa Ana, H. y Veroslavsky, G. 2001. La Cuenca Santa Lucía (Uruguay): un *pull apart* Juro-Cretácico transtensivo dextral. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Vol 56.
- San José Ahora (2019). “Investigarán extracción de arena desde el río San José”. San José, Uruguay. <https://www.sanjoseahora.com.uy/2019/11/26/investigaran-extraccion-de-arena-desde-el-río-san-jose/>.
- Servicio Geológico de México (2013). “Que es la Geología Ambiental”. Pachuca, México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157805/Que-es-la-Geologia-ambiental.pdf>
- Spoturno, J.; Oyhantcabal, P; Aubet, N. y Cazaux, S. 2004. Mapa geológico y de recursos minerales del departamento de San José a escala 1/100.000. Proyecto CONICYT 6019.
- Steno, N. 1669. De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Florencia, Italia.
- Veroslavsky, G.; Ubilla, M. y Martínez, S. 2004. Cuencas Sedimentarias del Uruguay – Cenozoico. Montevideo, Uruguay.
- Vitousek, P.; Mooney, H.; Lubchenco, J. y Melillo, J. 1997. Human domination of earth’s ecosystems. Science, 277(5325).

## ANEXOS

### 1. Modelo de Entrevista

#### Entrevista

Se propuso realizar 3 entrevistas de formato “semiestructuradas”, abordando la temática en cuestión mediante una metodología que incluyó tanto preguntas cerradas como abiertas. Se entrevistó a un técnico de la DINACEA, un técnico de DINAMIGE y un profesional independiente (geólogo), que esté vinculado como profesional en su asesoramiento técnico a la extracción de arenas en el Barrio Rincón de la Bolsa, departamento de San José.

1. ¿Cuántos años hace que desarrolla sus actividades profesionales en el área de la geología? ¿Y en la extracción de áridos?
2. ¿Ha trabajado en los últimos años con proyectos mineros?
3. Desde su experiencia, ¿podría enumerar 3 impactos ambientales positivos y 3 impactos ambientales negativos asociados a la extracción de áridos de construcción?
4. ¿Cuáles considera usted que han sido las principales transformaciones socioeconómicas y territoriales que ha sufrido el área de estudio producto de la extracción de arena?
5. En relación a la DINACEA como órgano de contralor ambiental, ¿cree que se ha producido un impacto positivo desde la aplicación del Decreto 349/005 y las autorizaciones ambientales?
6. Para la DINAMIGE como ente regulador minero, ¿existe alguna dificultad en el ejercicio de su función y la aplicación el Código Minero en Rincón de la Bolsa desde su experiencia?
7. ¿Considera usted que el gobierno departamental y/o nacional podría tomar algún tipo de recaudo que hasta la fecha no esté siendo considerado? ¿Cuales?
8. ¿Qué opina usted de la gestión ambiental que efectivamente desarrollan los proyectos mineros en esta zona del territorio?
9. En lo que respecta a la explotación de los yacimientos, ¿considera adecuada las técnicas utilizadas a la fecha? ¿Podrían implementarse mejoras? ¿De qué tipo?
10. ¿Podría definirme las características mineralógicas y texturales de la arena que extraen los proyectos a los cuales está vinculado?
11. ¿Considera que existan planificaciones adecuadas de explotación de cantera teniendo en cuenta el ciclo de vida de un proyecto?
12. En base a su experiencia en el rubro ¿está de acuerdo con los planes de cierre que se planifican para este tipo de actividad? En la práctica, ¿en qué medida éstos son aplicados?
13. ¿Conoce usted algún tipo de manifestación (reclamos o denuncia) por parte de la población local y sociedades civiles ante los Organismos competentes que haya ocurrido? ¿De qué tipo?
14. Durante la explotación de la cantera, ¿se realizan muestreos, ensayos, descripción de Formaciones e intercambios de información con la Academia?
15. ¿Como ve la incorporación de residuos como reemplazo de áridos?

a. Entrevista Geólogo Roberto Carrión

Respuestas:

1. Geología, como Licenciado desde 1996 – En el área de la minería entre los años 2010 – 2019
2. En proyectos mineros directamente no, ya que trabajaba en DINAMIGE y estaba en la División Evaluación de Proyectos Mineros e Inspecciones. De DINAMIGE me retiré en 2020 y por dos años no puedo trabajar en minería
3. Desde el punto de vista ambiental en modo general, la implantación de un proyecto extractivo genera un impacto negativo, ya que se genera una modificación del entorno. No obstante se debe considerar en su totalidad, ya que si no se pueden realizar proyectos de extracción de áridos no habría construcción. La minería es impactante en el ambiente, pero es necesaria para la actividad humana. Por lo tanto, yo pienso que visto desde el punto de vista ambiental en forma estricta no existen impactos positivos.
4. En primer lugar, se generan puestos de trabajo, no solo directos, sino también indirectos. El transporte es uno de los principales rubros en el abastecimiento de áridos para la construcción.
5. Por otro lado, los pasivos que quedaron en la zona de Carrasco, han sido utilizados como lagos en cuyo entorno se ha realizado desarrollos inmobiliarios de alto precio. Por ello hay que tomar todo el tema en su conjunto.
6. Como aplicación del decreto sí. Ahora bien, la tramitación en DINACEA (DINAMA anterior) han enlentecido los proyectos, ya que se solicitan muchas cosas que escapan a los mismos.
7. Aplicación del Código de Minería no. El mayor problema en la actualidad es el ordenamiento territorial, ya que no han priorizado la explotación de áridos.
8. El ordenamiento del territorio está bajo la égida de los gobiernos departamentales, eso ha influido mucho en la zona de rincón de la bolsa y las piedras la paz, ya que los planes son implementados por arquitectos que no tienen idea de la geología y por lo tanto de donde pueden existir ese tipo de recursos minerales, demandantes de la construcción.
9. Eso depende de cada empresa, ya que la DINACEA solicita recaudos, que luego no son controlados, o muy pocas veces se inspeccionan.
10. La metodología de explotación en áridos, está bastante adecuada, depende mucho de la empresa que explota, pero en general no existen grandes inconvenientes.
11. No estoy vinculado a proyectos mineros.
12. Sí, en general sí ya que de ello depende la vida de la empresa.
13. Los cierres muchas veces superan la realidad, en la práctica se aplican a medias.
14. Sí, eso sucede mucho, ya que en la planificación del territorio las Intendencias no han tenido en cuenta la existencia de yacimientos de áridos y se han dejado realizar urbanizaciones en el entorno de las explotaciones. Eso lleva a que luego los propietarios hagan denuncias sobre las explotaciones, que ya existían antes de que se realizara el fraccionamiento.
15. Ensayos sí lo necesitan para una venta que se lo exija. Hasta hace algún tiempo en DINAMIGE no se exigía mucho sobre la calidad del material. Intercambio con la Academia es casi nulo.
16. No tengo conocimiento sobre el tema



b. Entrevista Geólogo Juan Ledesma

Respuestas:

- 1.- Como actividad profesional desde mi graduación en 1983, pero desde mucho antes participaba en el ámbito académico y de servicios profesionales, exactamente desde los años 70.
- 2.- En proyectos mineros he trabajado desde los años 70.
- 3.- Los impactos ambientales precisamente por ser impactos generan perjuicios al medio ambiente. Sucede que dichos impactos pueden o no ser de relevancia y eventualmente mitigados. No conozco impactos ambientales positivos asociados a la extracción de áridos de construcción.
- 4.- Las principales transformaciones socio económicas han sido la creación de puestos de trabajo y la valorización de la tierra debido al valor del subsuelo.
- 5.- La DINACEA (EX DINAMA) ha tenido un efecto positivo a partir de la exigencia de las licencias ambientales.
6. No existen dificultades, Rincón de la Bolsa está a 20 km de DINAMIGE. Si se desea se puede ir todos los días. Por ejemplo durante mucho tiempo existió la inspección móvil de guías de transporte en ruta 1.
7. Resulta extremadamente peligroso pensar que por el hecho de ser gobierno departamental o nacional están dadas las condiciones para tomar recaudos. Nada garantiza el resultado. Para ellos basta mencionar que la Ley de Ordenamiento territorial fue escrita por Arquitectos sin consulta a los Geólogos que somos quienes disponemos del mejor conocimiento del medio físico como para aportar conocimiento y advertencias.
8. La gestión ambiental que desarrollan los proyectos mineros en la zona son mínimos, es decir lo que puede exigir a la DINACEA.
9. Las técnicas empleadas (extracción con retroexcavadora y refulado) son apropiadas. Podrían implementarse mejoras, sí, pero el precio de mercado hoy no lo permite. Por ejemplo selección granulométrica adecuada a cada uso.
10. Arenas cuarzo feldespáticas, finas a medias, mal seleccionadas, subangulosas a subredondeadas con contenidos variables de cemento arcilloso.
11. La planificación escasea debido a que los mineros de arena son tomadores de precio y el ritmo de extracción depende de la oportuna demanda del mercado. Hoy hacen un agujero extraen miles de m<sup>3</sup> y luego pasan meses y hasta años para retomar la actividad.
12. Los planes de cierre son homologados primero por DINAMIGE y luego también por DINACEA. Sobre el particular DINAMIGE tiene herramientas legales igual que DINACEA para exigir el cumplimiento de dichos planes. Tanto la explotación como los planes de cierre y el pos explotación deberían estar encadenados a proyectos, por ejemplo de desarrolladores inmobiliarios. De manera de agregarle valor a los predios abandonados. La marina del Santa Lucia es un ejemplo. Los proyectos extractivos de arena están cercanos a cursos de agua navegables y eso debería ser un atributo de valor para desarrollar proyectos inmobiliarios (residencial + atracaderos + deportes náuticos, etc).
13. No conozco en particular ningún caso de protesta manifiesta. El mayor efecto sobre la población lo constituye el transporte, pues aumenta la circulación de camiones y en aquellos caminos de balasto o tosca el polvo levantado afecta a la población. Este es un ejemplo de impacto negativo que puede ser mitigado con camión pipa.
14. Dependiendo de las exigencias del mercado puede ser necesario la realización de ensayos granulométricos los cuales son derivados a laboratorios de ensayos geotécnicos. No es común llevarlo a la Academia para su ejecución, pues el gran problema de las Facultades con laboratorio es el tiempo que les lleva realizar un ensayo de este tipo.
15. Depositar residuos en una cantera cuyo piso está en contacto con el nivel piezométrico regional, en mi opinión constituye claramente un delito ambiental.

c. Entrevista Técnica Ana Pereira

Respuestas:

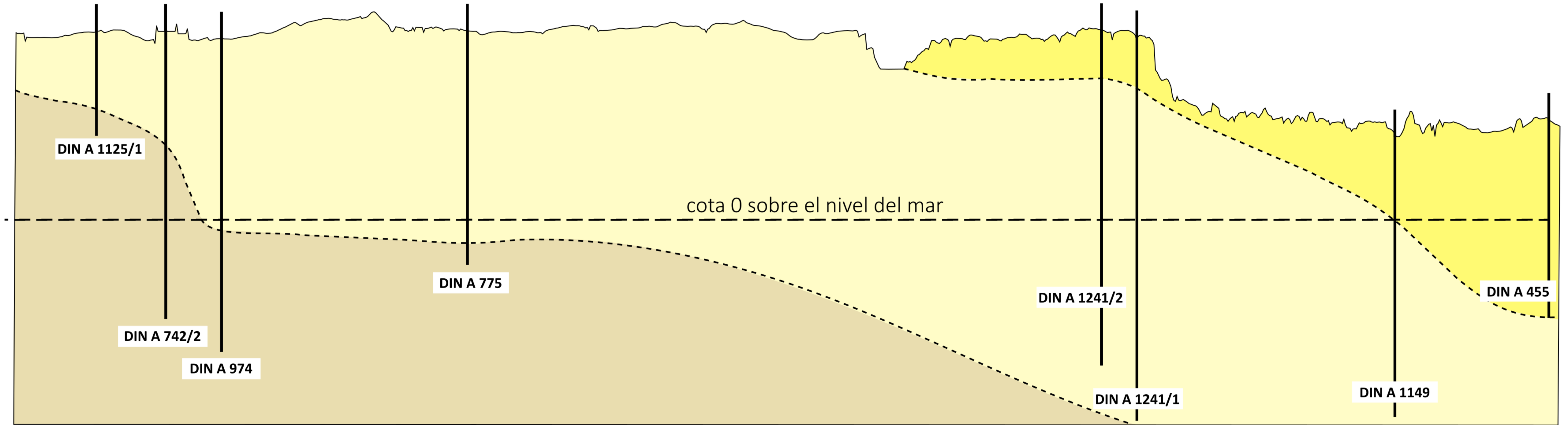
1. Desde 11 años, no trabajo en la exploración y/o explotación de minerales, trabajo en un organismo de contralor.
2. Formando parte de un proyecto minero trabajé hasta 2012, trabajo en el control ambiental de proyectos mineros hace 9 años.
3. Siendo la sociedad una componente del ambiente, los impactos positivos se enfocan hacia el desarrollo social, económico y urbanístico/vial. Los impactos negativos son el impacto visual, los “pasivos” ambientales en lo que respecta al uso final del predio afectado cuando no cuentan con una planificación previa y el socio-económico en la zona cuando terminan las explotaciones.
4. La instalación de estos proyectos son una fuente de trabajo para las personas del lugar, trabajo directo e indirecto, esto trae consigo que la población y/o el desarrollo urbanístico se dé alrededor de los lugares de trabajo. Esto lleva a que se tenga que ordenar y diseñar el territorio de forma de determinar el fraccionamiento, trazado de calles, distribución de servicios (UTE/OSE) y ubicación de centros de salud, educación, etc. Para esta zona se dieron varios cambios en los trazados de los trayectos de entrada y salida de camiones, así como implementación de rotondas para acceso a la ruta.
5. Si lo considero de impacto positivo la aplicación del Dec. 349/005 en la zona de estudio, este permite, siempre que sea posible, aplicar una mejora continua, ya sea para mejorar la autogestión ambiental de las empresas o buscando las mejoras alternativas para las etapas de cierre y abandono de los proyectos.
6. No aplica
7. Sí, en este momento se debería estar haciendo mayor énfasis en el uso final de los predios explotados en esta zona, una vez agotados los recursos y/o su integración con el medio.
8. Hay proyectos que tiene buen autocontrol de la gestión ambiental y otros requieren de un mayor control y seguimiento por parte, en este caso, de DINACEA. Estos últimos requieren mayor control de la gestión de sus residuos categoría I, acopio de sustancias peligrosas (combustibles, lubricantes, baterías), principalmente.
9. Considerando las tecnologías disponibles en el país creo que son las adecuadas.
10. Son arenas cuarzosas formados por granos redondeados.
11. Desde el punto de vista de las normativas ambientales, si bien las empresas deben renovar su Autorización Ambiental de Operación cada 3 años y esto implica una actualización de su Plan de Gestión Ambiental de Operación, el cual incluye el plan de cierre, al momento de que se instalaron estos proyectos no se previó la planificación de los planes de cierre y abandono.
12. Inicialmente los planes de cierre presentados por las empresa y autorizados por los organismos fueron genéricos, pero con el correr de los años, en el caso de DINACEA, ha exigido a las empresas actualizarlos para hacerlos aplicables y muchos deben ser implementados durante la etapa de operación. Aún falta establecer un uso final y/o integración al medio para el área de las areneras en la zona de estudio para que no queden como otras áreas del país como La Paz – Las Piedras.
13. Sí, ha habido manifestaciones por los caminos utilizados para la entrada y salida de los camiones considerando la seguridad vial y el material particulado por la rodadura. También reclamos entre privados respecto a pozos brocales que se quedaron sin agua donde los organismos han tenido que aportar sus conocimientos técnicos para resolverlos.
14. En el caso de DINACEA no.
15. Como nuevas alternativas para utilizarse en algunos sectores donde se utiliza arena en baja escala, pero no como reemplazo en la construcción dado que, además de las especificaciones que en algunos productos se requieren, los volúmenes necesarios y continuos que requiere este sector no podría alcanzarse ni garantizarse.



# CORTE GEOLÓGICO, RINCÓN DE LA BOLSA, SAN JOSÉ

NW

SE


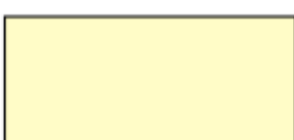



20m

0m

2000m

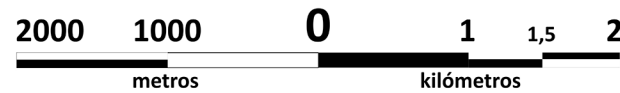
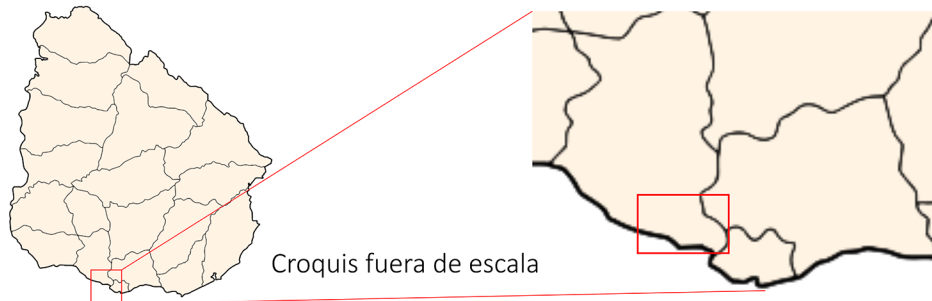
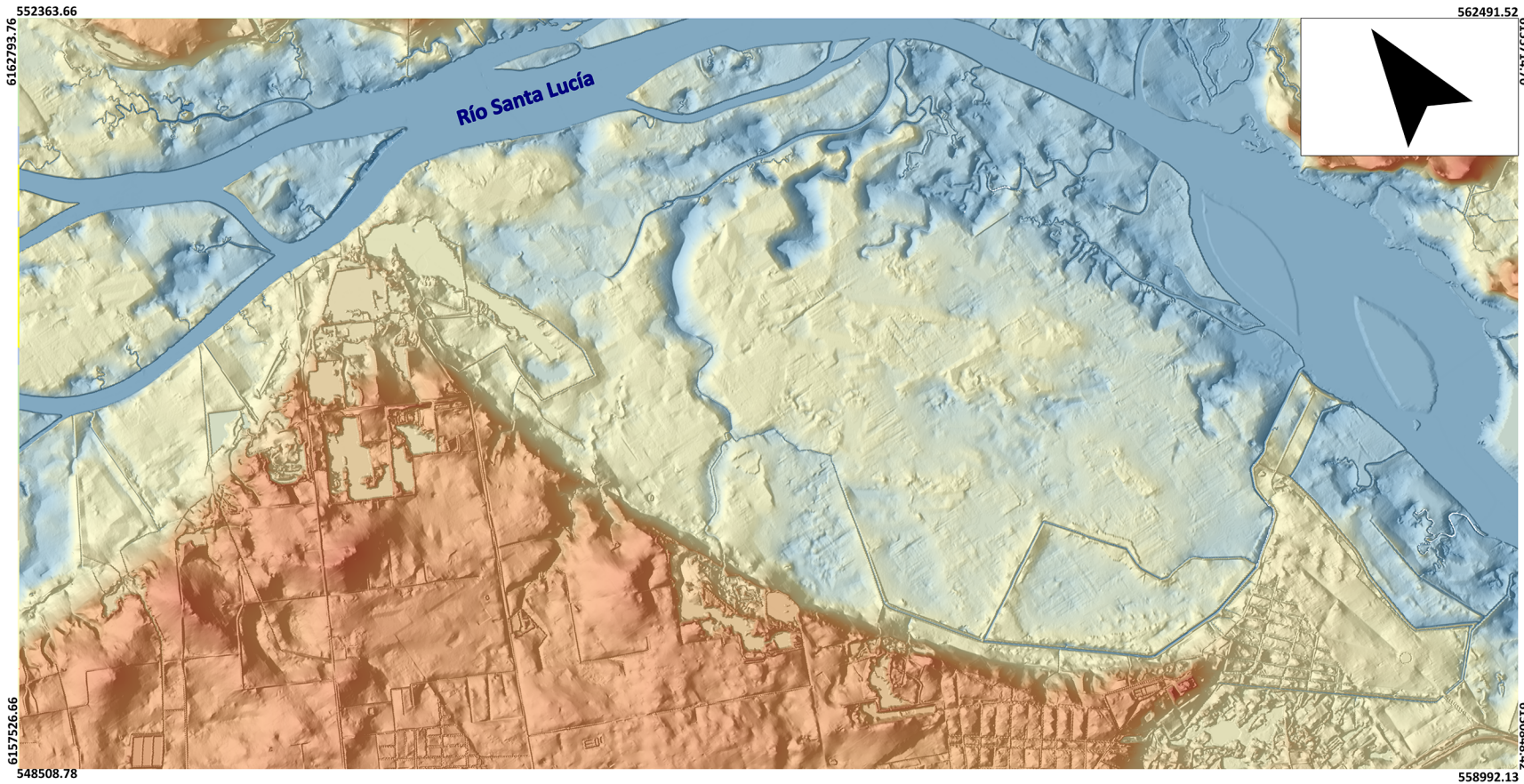
## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

-  Formación Villa Soriano
-  Formación Dolores
-  Formación Chuy





# MAPA DE RELIEVE, RINCÓN DE LA BOLSA, SAN JOSÉ



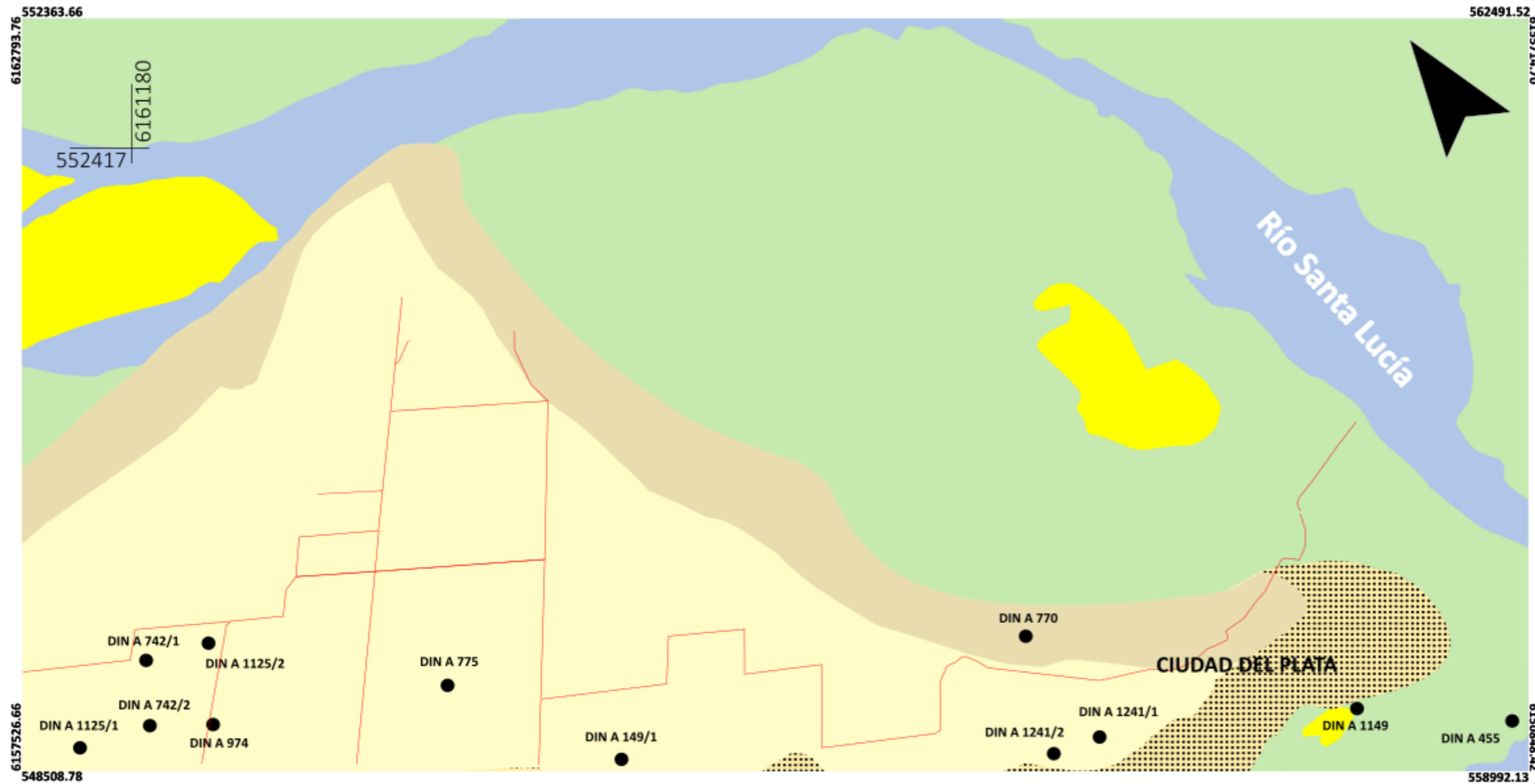
Mapa de relieve realizado en base a información disponible de IDEUY .

Cartas topográficas K28 (Los Cerrillos) y K29 (La Barra).

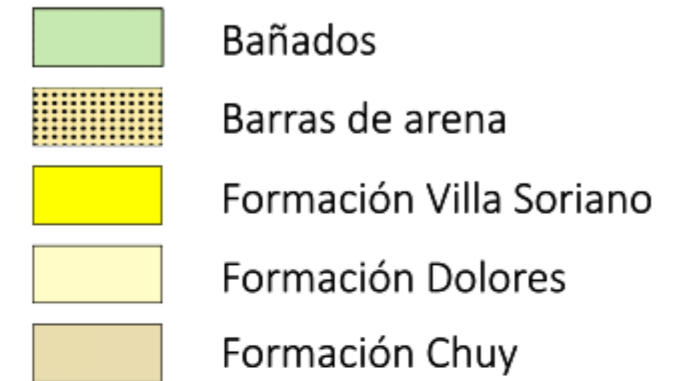
Proyección WGS 84 / UTM zona 21 S



# DISTRIBUCIÓN DE POZOS SOBRE MAPA GEOLÓGICO, RINCÓN DE LA BOLSA, SAN JOSÉ



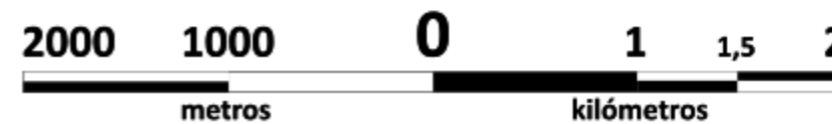
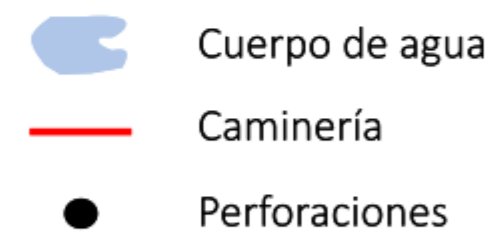
## LEYENDA LITOLÓGICA



## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



## LEYENDA GEOGRÁFICA



Mapa geológico del sureste de San José a escala 1:20.000 .  
 Cartas topográficas K28 (Los Cerrillos) y K29 (La Barra).  
 Proyección WGS 84 / UTM zona 21 S

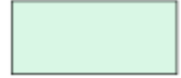
# MAPA MINERO-AMBIENTAL, RINCÓN DE LA BOLSA, SAN JOSÉ



## REFERENCIAS



Explotación minera



Zona de exclusión  
Reserva ecológica Río Santa Lucía



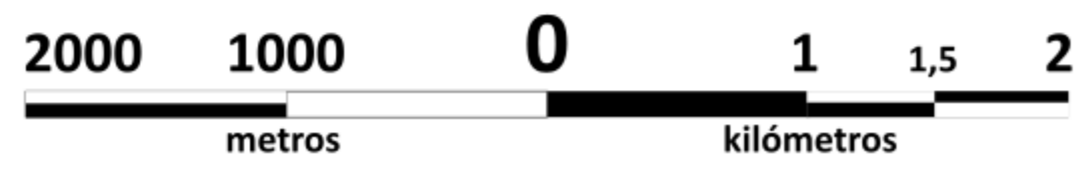
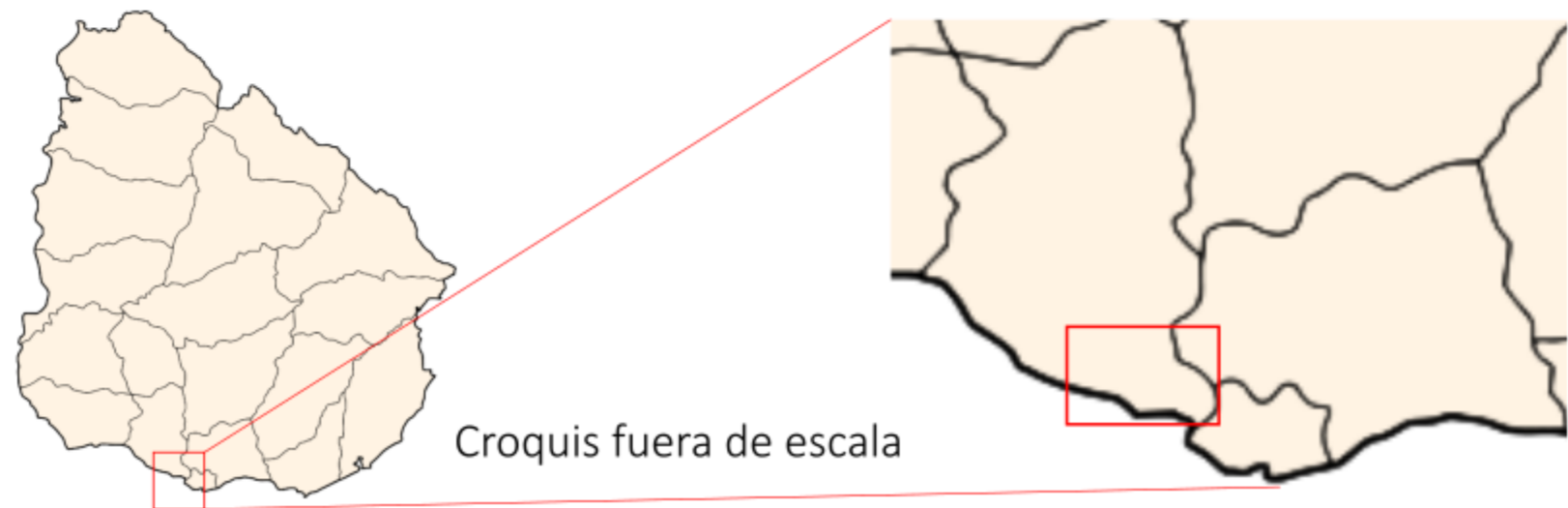
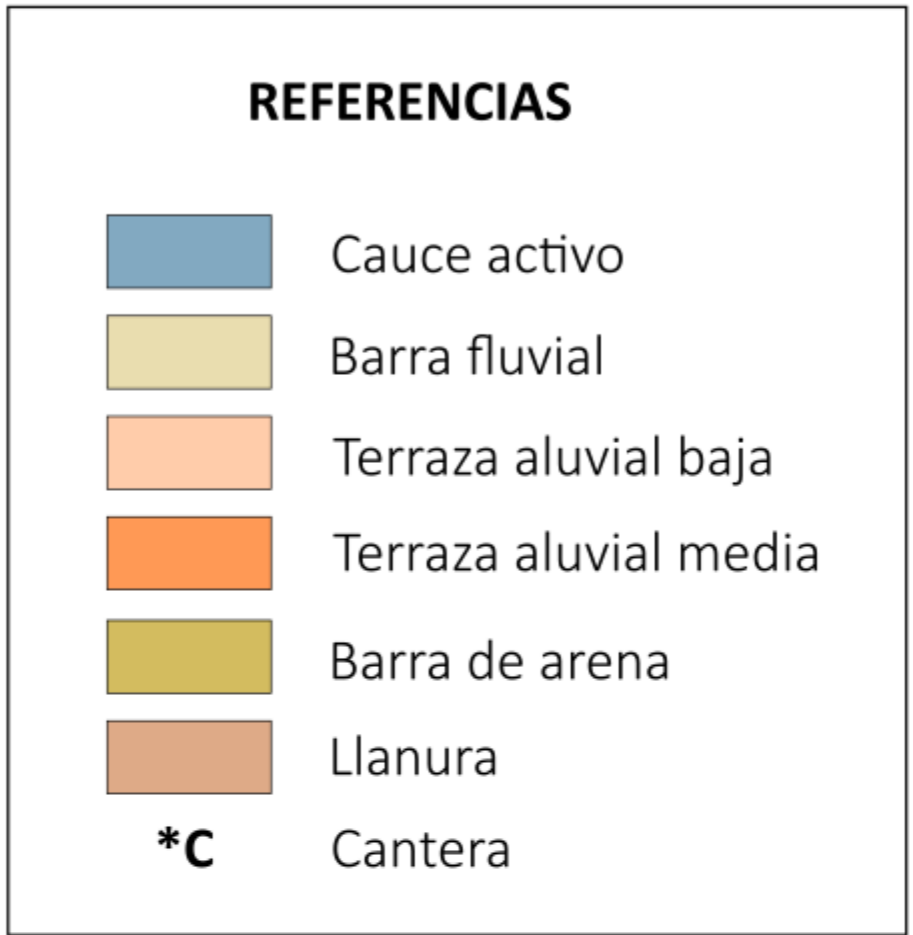
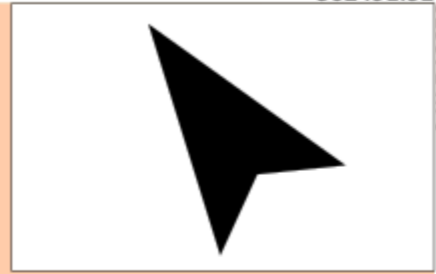
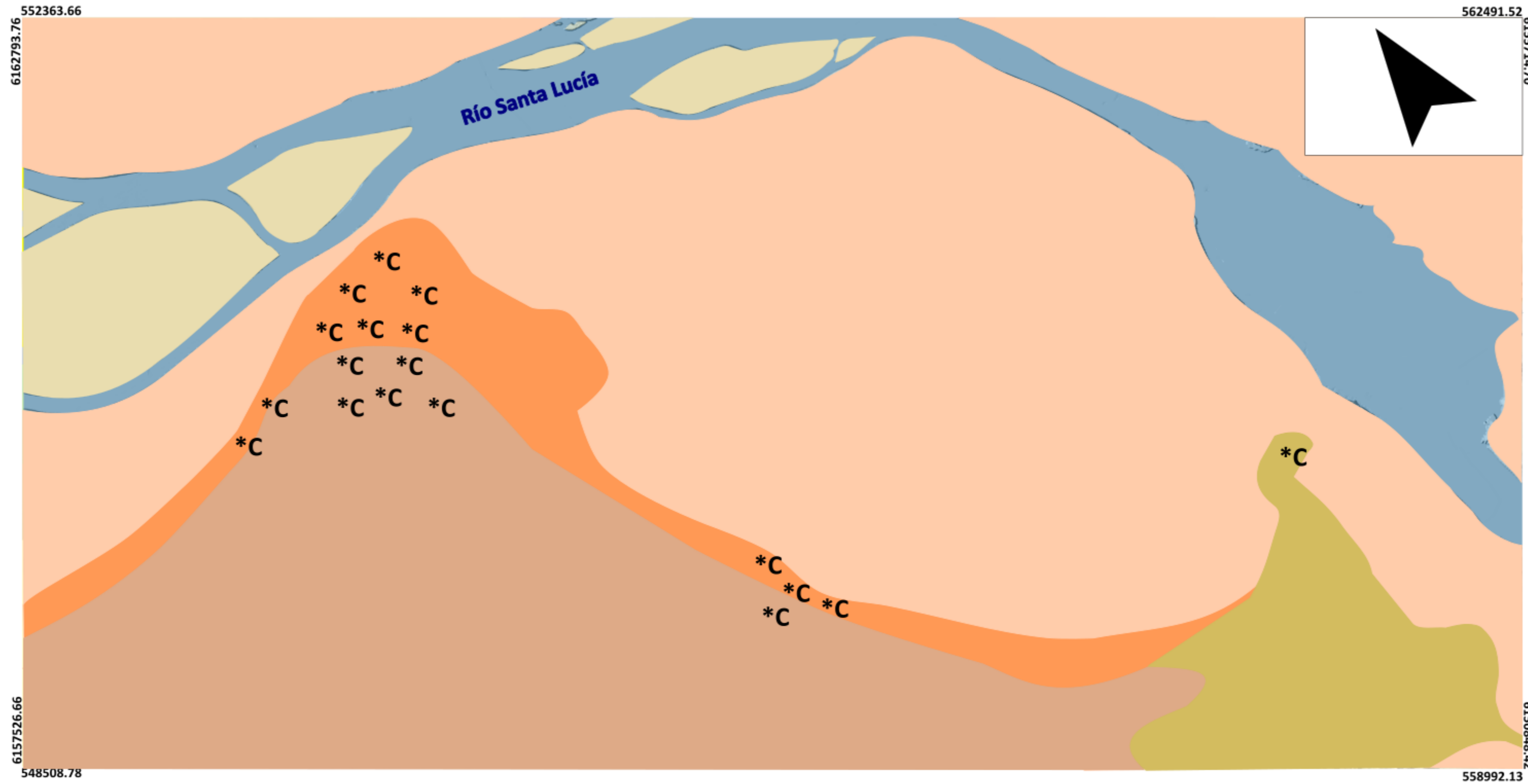
Industrias



Centro de disposición de residuos



# MAPA GEOMORFOLÓGICO, RINCÓN DE LA BOLSA, SAN JOSÉ



Mapa de unidades geomorfológicas  
Cartas topográficas K28 (Los Cerrillos) y K29 (La Barra).  
Proyección WGS 84 / UTM zona 21 S