



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA**



TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

ELIZALDE NICOLÁS

**MODIFICACIONES ANTROPICAS DEL PAISAJE HIDROLÓGICO
OCURRIDAS DESDE PRINCIPIOS DEL SIGLO XX EN UN SECTOR DE LA
LLANURA COSTERA DEL RÍO DE LA PLATA**



DIRECTORES

MARIA JULIA ARROUY

GUIDO BORZI

Agradecimientos

A mi familia, que siempre me apoyaron y me permitieron realizar mis estudios. A mis amigos con los cuales realice la carrera, sin ellos los largos días de estudios hubieran sido mucho más difíciles.

A mis directores los cuales con mucha paciencia me guiaron y ayudaron a realizar este Trabajo final de licenciatura dedicando tiempo y esfuerzo. Nada de esto hubiera sido posible sin la educación pública y gratuita. Gracias a la UNLP, a la FCNyM por todos estos años de conocimiento, experiencias y recuerdos inolvidables.

Resumen

La Llanura costera del Río de la Plata está ubicada en la región Centro-Noreste de la Provincia de Buenos Aires y constituye un ejemplo de ambiente litoral intensamente modificado por las actividades antrópicas.

Las actividades desarrolladas por el hombre para aprovechar el territorio, como caminos, actividad minera y canalizaciones, generan cambios en la morfología del terreno. Estos cambios en un área de bajo gradiente hídrico como la Llanura Costera del Río de la Plata conducen a modificaciones que se ven reflejadas en la alteración del paisaje hidrológico.

El objetivo del trabajo final de licenciatura fue analizar cómo las modificaciones producidas por el hombre afectan la normal evolución del paisaje fluvio-litoral, tomando como caso de estudio un sector del partido de Punta Indio. Para esto, se realizó un análisis multitemporal utilizando fotografías aéreas e imágenes satelitales, pudiendo identificar cambios efectuados por el hombre desde principios del Siglo XX. Por su parte, se realizaron reconocimientos de campo de dichos cambios además de una identificación de las unidades geomorfológicas afectadas. Por último, la información precedente fue integrada y cuantificada para observar la evolución temporal de estas modificaciones.

Las modificaciones ocurridas en el paisaje fueron diversas y variaron su intensidad a lo largo de los años. Se destaca la deforestación, la construcción de caminos y canalizaciones, la actividad minera y la reforestación con especies alóctonos. Estas modificaciones del paisaje litoral afectan directa y/o indirectamente a los escasos cursos fluviales efluentes identificados que drenan el agua de la Llanura costera.

Se concluye que el paisaje llano de la Llanura costera posee una baja resiliencia, en donde la capacidad de volver a las condiciones iniciales es escasa. El presente trabajo es un avance en la cuantificación de la actividad antrópica y como esta influye en el paisaje hidrológico natural en un sector del litoral del Río de la Plata.

Índice

Agradecimientos.....	2
Resumen.....	3
Índice.....	4
1. Introducción	5
2. Clima.....	11
3. Geomorfología	11
4. Hidrología	13
5. Hidrogeología	14
6. Actividades antrópicas desarrolladas en el área de estudio	14
7. Materiales y Métodos.....	15
8. Resultados.....	16
9. Discusión	40
10. Conclusiones.....	43
11. Referencias	45

1. Introducción

Las áreas litorales y fluviales constituyen ambientes sensibles a ser afectados por las actividades antrópicas (Tarolli et al., 2014). Estas áreas han disminuido notoriamente a nivel mundial, siendo la causa principal las canalizaciones, terraplenes y los asentamientos urbanos (Beauchard et al., 2011). Es decir, son ambientes morfológicamente cambiantes, razón por la cual, lograr una correcta comprensión del conjunto de los procesos naturales y de las intervenciones antrópicas que afectan el paisaje natural es un desafío (Chin et al., 2013). Los cambios morfológicos que se observan en el paisaje responden a nuevas condiciones de estabilidad.

La Llanura Costera (Violante, 1988) se localiza sobre el margen Sudoeste del Río de la Plata (Fig. 1), en el litoral de la provincia de Buenos Aires, Argentina, y se caracteriza por tener un relieve plano a cóncavo (Martínez et al., 2006).

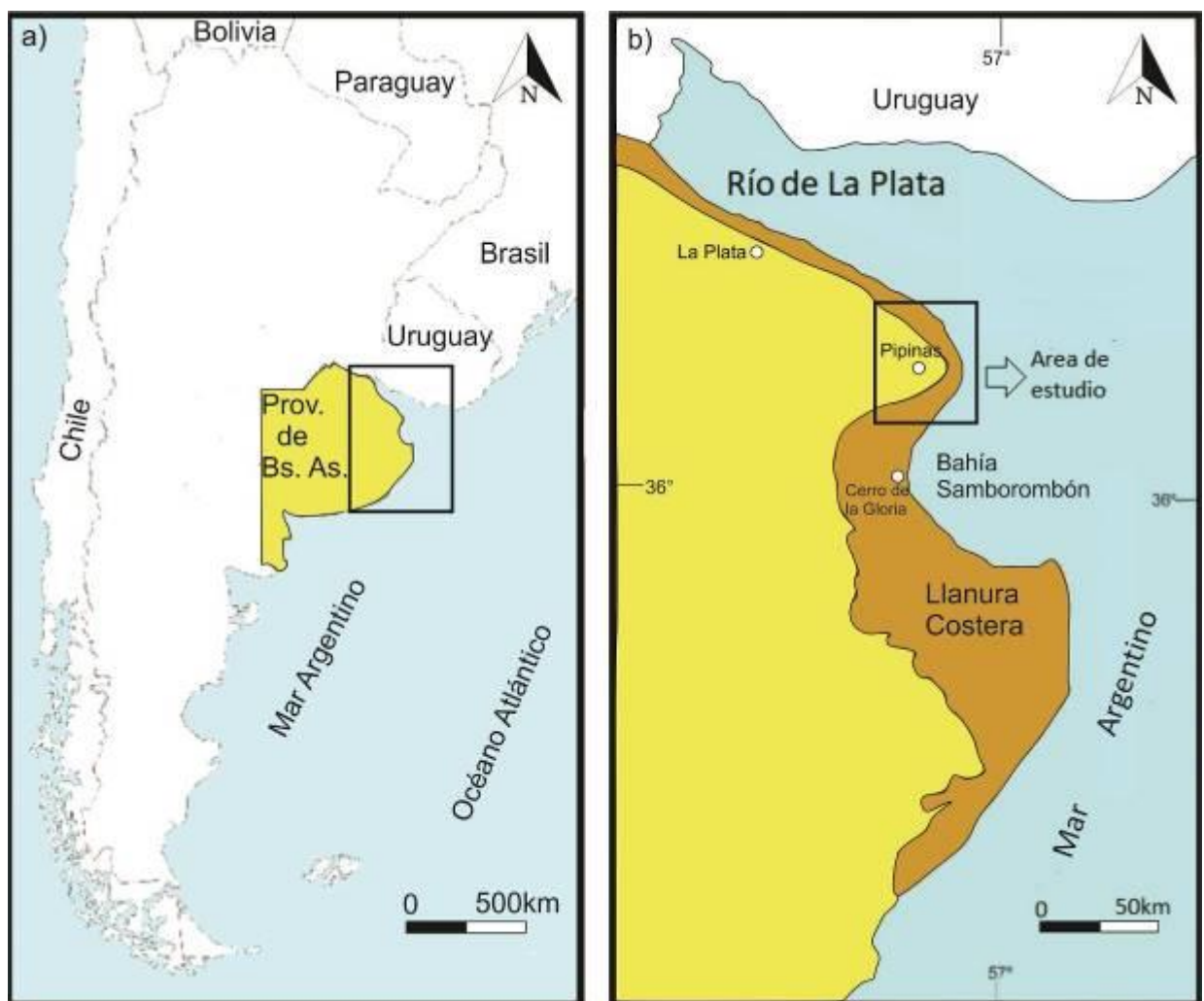


Figura 1. a) Ubicación de la Provincia de Buenos Aires. b) Delimitación de la Llanura costera y ubicación del área de estudio (Redibujado Violante et. al, 2001).

El litoral noreste bonaerense, se encuentra escasamente poblado y se caracteriza por ser un área de tipo rural, utilizando los recursos naturales que se encuentran cercanos como sustento. En este sentido, las actividades que se desarrollan en el área han alterado el paisaje de este sector de escaso relieve. Dentro de las actividades más comunes se encuentra la construcción de caminos rurales y rutas provinciales, minería, y canalizaciones para evacuar excedentes hídricos. El partido de Punta Indio, localizado en el noreste de esta provincia de Buenos Aires no escapa a estas características, y el relieve se ve afectado por las acciones antrópicas. El objetivo del trabajo final de licenciatura fue analizar cómo las modificaciones producidas por el hombre desde principios del Siglo XX afectan la normal evolución del paisaje fluvio-litoral, tomando como caso de estudio un sector del partido de Punta Indio.

1.1. Área de estudio

La Llanura Costera del Río de la Plata comprende la región litoral del centro-noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

Esta zona atraviesa numerosos partidos, entre los cuales se encuentra Punta Indio, extendiéndose por 1627 km² con una población estimada para el año 2010 de 9888 habitantes (INDEC, 2010). La economía del partido de Punta Indio está centrada principalmente en la industria ganadera, donde un 95% es dedicada a la cría y solo un 5% a la invernada o conjunción de ambas (Quesada Aramburú y Cadelli, 2012). La agricultura no está bien desarrollada en la llanura costera, donde solo el 0,8% de la superficie es utilizada para este fin (Merino, 2003). La minería es otra actividad presente, los cordones litorales de composición carbonática, son materia prima para la fabricación de alimentos balanceados y en menor medida en la industria de la construcción para la elaboración de cal.

Dentro del sector comprendido entre Punta Piedras y el río Samborombón se encuentra el área de estudio, con un ancho que varía entre 6 km a 20 km en su parte más austral (Fig. 1 y 2).

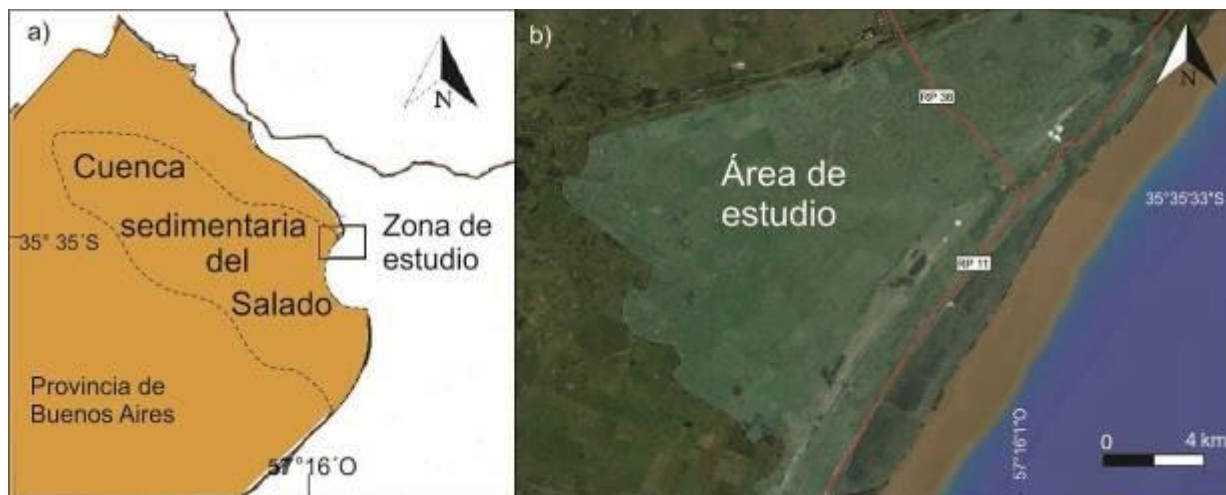


Figura 2. a) Bosquejo de la delimitación de la Cuenca sedimentaria del Salado. b) Área de estudio. (Modificado de Carol et. al, 2010).

1.2. Geología regional

En el área de estudio, la Llanura costera del Río de la Plata, comprende uno de los depósitos más recientes de la cuenca sedimentaria del Río Salado (Criado Roque et al., 1959; Bracaccini, 1980) o fosa del Salado (Borrello, 1965). Esta cuenca se caracteriza por tener un origen extensional, asociado al margen atlántico (Rolleri, 1975). También es definida como una cuenca aulacogena del Periodo Mesozoico (Introcaso y Ramos, 1984) A continuación, se describen brevemente, de base a techo, el basamento y las unidades sedimentarias que conforman la cuenca del Río Salado.

- Complejo Buenos Aires: Basamento ígneo metamórfico de la cuenca del salado, se encuentra aflorando en la Provincia geológica de Tandilia y en la isla Martin García (Marchese y Di Paola 1975)
- Fm. Rio Salado: Areniscas de origen continental, con una composición cuarzosa y de coloración gris a verdosa de edad Cretácica Superior (Zambrano y Urien, 1970).
- Fm. General Belgrano: Arenas medianas a gruesas de origen continental de composición feldespática de edad Cretácica Superior (Zambrano y Urien, 1970).
- Fm. Las Chilcas: Limolitas de coloración gris verdoso de ambiente marino nerítico del Cretácico superior al Paleoceno (Zambrano, 1971).
- Fm. Los Cardos: Arenas finas de coloración rosada a blanquecina de ambiente continental del Eoceno-Mioceno (Zambrano, 1972).
- Fm. Olivos: Arenas gruesas de coloración rojiza definidas de ambiente continental de edad Eoceno-Mioceno (Groeber, 1961).

- Fm. Paraná: Sedimentos de fracción arcilla con tonalidades verdosas y corresponderían a un ambiente depositacional de origen marino, de edad Miocena (Freguelli, 1950).
- Fm Puelche: Arenas medianas a finas de composición cuarzosa de ambiente depositacional continental fluvial (Santa Cruz, 1972).
- Fm. Pampeano: Sedimentos Loessicos de origen volcánico de coloración castaña y de ambiente continental (Bonorino, 1965), también llamada Fm. Pampiano (Fidalgo et. al, 1973).

A continuación, se presenta, a modo de resumen, el esquema estratigráfico de las cuencas bonaerenses propuesto por Yrigoyen, 1973.

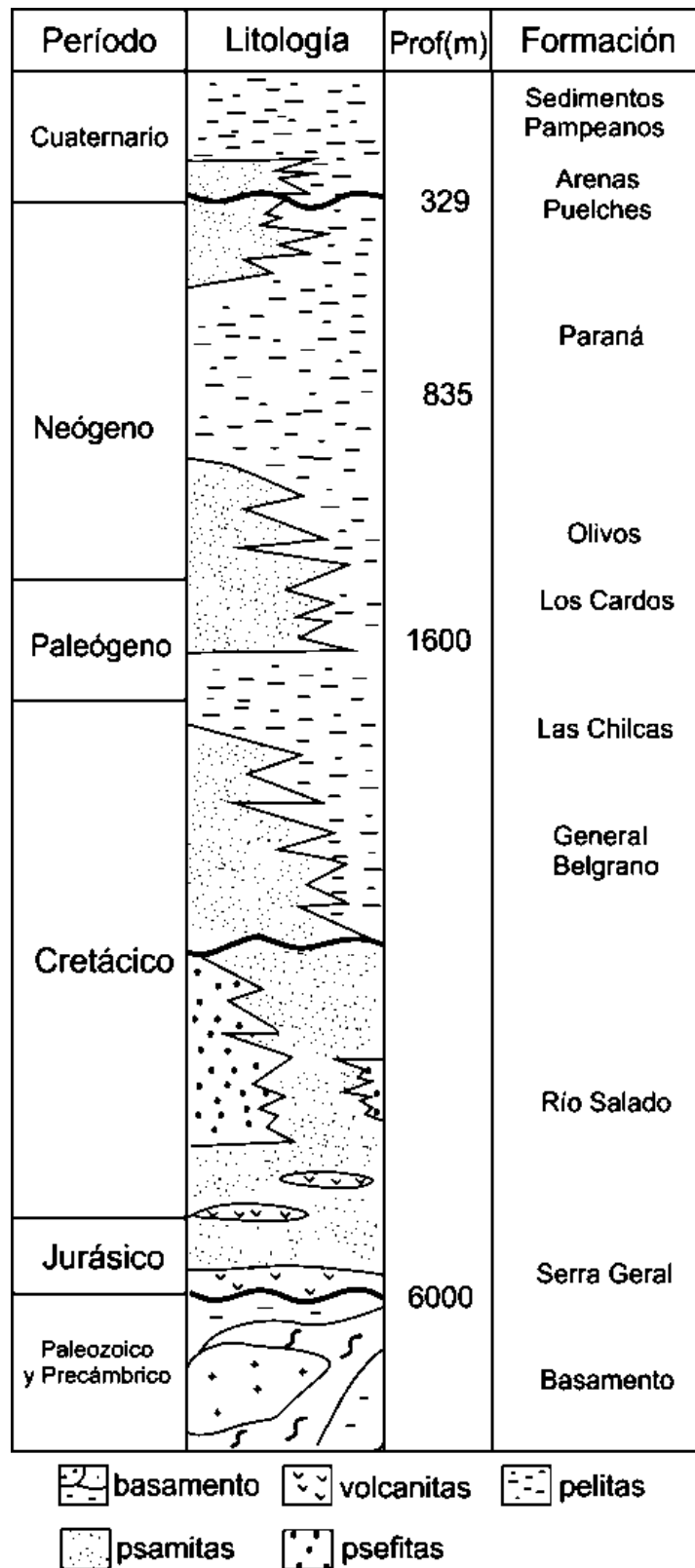


Figura 3. Esquema estratigráfico de las cuencas Bonaerenses (Tomado de Cellone, 2019).

En la zona de estudio, la geología fue descrita por Fidalgo et al. (1973), sin embargo, recientemente fue reordenada por Fucks et al. (2010) analizando los afloramientos del

Canal 15, en las cercanías de la localidad de Cerro de la Gloria (Fig. 1b), utilizando esta última nomenclatura para el presente trabajo (Tabla 1).

Edades	Fidalgo et al. (1973)	Fucks et al. (2010)
Holoceno	Mb. Cerro de la Gloria Fm. Las Escobas Mb. Canal 18	Mb. Canal 15 Mb. Cerro de la Gloria Fm. Canal de las Escobas Mb. Canal 18 Mb. Destacamento Río Salado
Pleistoceno Superior	Fm. Destacamento Río Salado	Fm. Puente de Pascua
Pleistoceno Superior	Fm. Pascua	
Pleistoceno Medio	Fm. Pampiano	Fm. Pampeano

Tabla 1. Equivalencias estratigráficas para la llanura costera en el área de estudio según Fidalgo et al. (1973) y Fucks et al. (2010).

La Fm. Pampeano (Bonorino, 1965) de edad Plioceno Superior – Pleistoceno, se corresponden a sedimentos limosos de coloración castaña, los cuales han sido asociados a loess y loess retransportado. Su distribución geográfica abarca la Llanura Chaco Pampeana y comprende la mayor parte de la Provincia de Buenos Aires (Teruggi, 1957). Posteriormente a la Fm. Pampeano se encuentra la Formación Puente de Pascua acotada como una cuña dentro de los sedimentos loésicos, acotada para el periodo Pleistoceno tardío (Fucks et al., 2010). La secuencia continúa con la Formación Canal de las Escobas, la cual agrupa a los Miembros: Destacamento Río Salado, Canal 18, Cerro de la Gloria y Canal 15 (Fucks et al. 2010). El Miembro Destacamento Río Salado, conforma la base de la Formación, con una litología arcillosa a arcillo arenosa de coloración negra a negra grisácea. De manera suprayacente se encuentra el Miembro Canal 18 con una granulometría limosa a areno limosa y una coloración castaña amarillenta a castaña verdosa. Por encima continúa el Miembro Cerro de la Gloria conformando los cordones litorales. La secuencia culmina con el Miembro Canal 15, ubicado al Este de los cordones litorales, compuesto por sedimentos arcillosos de coloraciones variables entre grises, verdosos y castaños verdosos (Fig. 4).

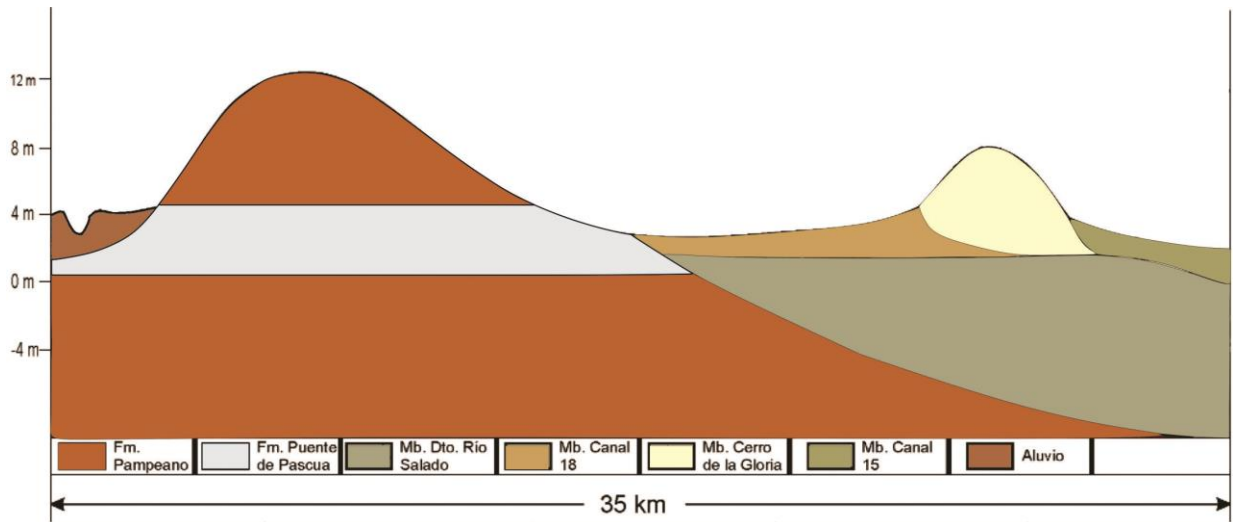


Figura 4. Perfil transversal a lo largo del Canal 15 en las cercanías de la localidad de Cerro de la Gloria (Modificado de Fucks et al., 2010).

2. Clima

El clima de Punta Indio fue definido para el periodo 1926-2017 en base a la estación meteorológica de la Base Aeronaval Punta Indio. Las precipitaciones medias anuales a lo largo del periodo poseen un promedio de 926 mm anuales. Registrándose el valor máximo para el año 1993 con una precipitación acumulada anual de 1734 mm, en tanto que el valor mínimo fue registrado para el año 1976, con una precipitación acumulada anual de 476 mm (Cellone, 2019).

Por su parte, las temperaturas, fueron analizadas por Cellone (2019) para el periodo 1956-2017. La temperatura media anual es de 16.1° C, presentando valores promedios mínimos en el mes de julio con una media de 9,7° C y valores máximos en el mes de enero con una media de 23,7° C.

En base a los datos mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial entre los años 1998 y 2017, se observa que los excedentes hídricos son de 321,4 mm y se dan en los meses de invierno. Por otro lado, los valores de déficit hídricos, que alcanzan los 75,2 mm, se registran en los meses de enero y diciembre (Cellone, 2019).

3. Geomorfología

La Llanura Costera se caracteriza por ser una planicie de escasa pendiente, donde se pueden distinguir geoformas positivas como son los cordones conchiles y depresiones que son ocupadas regularmente por agua. Dentro de las geoformas positivas de la Llanura Costera, se encuentran los cordones litorales, los cuales están compuestos por sedimentos calcáreos gruesos y arenas medianas, dispuestos de forma paralela a subparalela a la línea de costa actual (Violante et al., 2001) elevándose unos metros por encima de la topografía local. Sobre dichos cordones, se desarrolla el bosque nativo de tala (Goya et al., 1992), compuesto principalmente por *Celtis ehrenbergiana* (Cabrera, 1968) (Fig. 5). Asimismo, también se observan geoformas positivas semicirculares en planta representadas por lunettes, y asociadas a los mismos se encuentran depresiones circulares u ovals producto de la deflación (Dangavs, 1979). Los lunettes, compuestos por sedimentos limo-arcilloso y concreciones carbonáticas principalmente (Dangavs, 2005), son el sustrato del monte de tala al igual que los cordones conchiles, mientras que las depresiones circulares albergan agua la mayor parte del año.

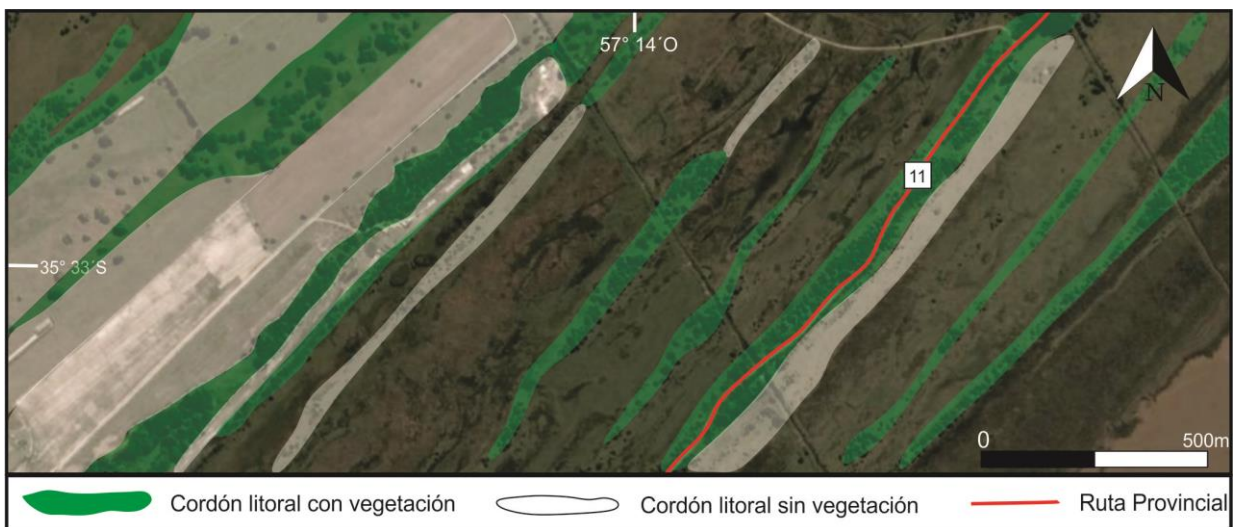


Figura 5. Imagen satelital en la zona de estudio donde se observan los cordones litorales con vegetación y cordones sin vegetación.

Por su parte, las áreas más bajas se encuentran representadas por antiguos canales de marea, los cuales se encuentran actualmente desvinculados del flujo mareal debido a los cordones conchiles y pueden contener agua en los meses de menor déficit hídrico (Cellone et al., 2016) (Fig. 6). Asimismo otras geoformas con topografía negativas se encuentran representadas en los intercordones, los cuales se encuentran limitados por los cordones conchiles mencionados previamente (D'Amico, 2020).

4. Hidrología

El área de estudio se caracteriza por presentar un drenaje deficiente debido a la escasa pendiente. El río Samborombón representa la expresión fluvial más importante del sector, y el mismo tiene su origen en los partidos de San Vicente y Cañuelas, presentando en el área de estudio un diseño de tipo meandroso dominante (Fig. 6a).



Figura 6. a) Diseño meandroso del río Samborombón y b) Cañada Piñero y canales de marea cercanas al cruce de las rutas Provinciales 11 y 36.

Asimismo, al noreste del río Samborombón, en las cercanías de la intersección entre las rutas provinciales 11 y 36, se encuentra un rasgo fluvial con diseño meandroso de poca expresión, el cual atraviesa a los cordones conchiles para desembocar en la Bahía Samborombón (Fig. 7c).

En mapas antiguos se ha encontrado en este sector un rasgo fluvial con distintas denominaciones como “Piñero” (Arrowsmith, 1824) y “Cañada Larga” (de Moussy, 1866) (Fig. 7a y 7b), y posiblemente hacen referencia al meandro mencionado previamente, debido a que es el único rasgo que atraviesa a los cordones conchiles al norte del río Samborombón. Este sector de bañados es cubierto regularmente por inundaciones periódicas que provienen de la cuenca alta del Río Samborombón (Borzi, 2018), y permanece anegado algunos días debido a la escasa pendiente.



Figura 7. a) Ubicación de la Cañada Piñero (Arrowsmith, 1824). b) Ubicación de la Cañada Larga (de Moussy, 1866). c) Rasgo fluvial en la cercanía de la intersección de las rutas provinciales 11 y 36.

5. Hidrogeología

Los sedimentos de la Llanura costera alojan al acuífero freático, el cual posee un flujo subterráneo regional hacia el Sudeste en la zona de estudio (Sala, 1972). Asimismo, la llanura costera es una zona de descarga del acuífero freático de la llanura alta (Cellone, 2019). Una de las zonas de recarga local, y la principal dentro del área de estudio, son los cordones litorales anteriormente mencionados, los cuales albergan lentes de agua dulce, dentro de un ambiente salino de la llanura costera, constituyendo una barrera hidráulica a la descarga regional (Sala et al.; 1978). Estos cordones brindan, por medio de perforaciones, agua potable a los pobladores rurales y pueblos cercanos, con una facies de tipo bicarbonatada sódica con valores de salinidad del orden de los 950 mg/L (Sala et al., 1978, Carol y Kruse, 2012).

6. Actividades antrópicas desarrolladas en el área de estudio

Las actividades desarrolladas en el litoral de la Bahía de Samborombón son diversas, y todas tienen como fin la optimización y utilización del territorio, encontrando como las más relevantes a la construcción de caminos, la canalización y la minería.

En este sector rural dedicado principalmente a la cría de ganado, se han construido caminos elevados para poder ser transitados durante los periodos de excedentes hídricos debido a su frecuente anegamiento. La escasa pendiente de esta llanura evidencia notoriamente a estos caminos, los cuales se elevan algunos metros por sobre la topografía local, generando una modificación del paisaje, además de un impedimento al escurrimiento superficial que provoca áreas inundables. Entre estos se destacan las Rutas Provinciales 11 y 36 (Fig. 6b), además de algunos caminos vecinales de menor

porte. Asimismo, las canalizaciones son otra actividad común que se realiza en este sector, cuya finalidad es evacuar hacia la Bahía Samborombón los excedentes hídricos del terreno que tienden a anegarlo. Retirar el exceso hídrico del área y garantizar la transitabilidad de los caminos ayuda al desarrollo de la actividad agropecuaria, la cual constituye gran parte del sustento de esta región. De esta manera, las canalizaciones transportan grandes volúmenes de agua dulce hacia la bahía, modificando la hidrología de la región, la salinidad y al ecosistema general (Conzonno et al., 2001).

Por su parte, la minería se encuentra representada por la extracción de los cordones conchiles, y es otra de las actividades económicamente rentables de la zona. Comúnmente, la conchilla es utilizada como árido para la construcción, fertilizantes, alimentos balanceados, materia prima para la elaboración de cal (Angelelli et al., 1973), además de ser utilizada como subrasante, entre otros usos (Arrospide y Coriale, 2005). Esta actividad extractiva conduce previamente a la extracción del monte nativo de tala que se encuentra por encima, dejando sectores deprimidos que se encuentran inundados la mayor parte del año. Asimismo en algunos de estos sectores estos cordones se nivelan una vez concluida la actividad extractiva. Posteriormente esta área se utiliza como zona de cultivo y pastoreo para la actividad productiva que se desarrolla en este sector (Borzi, 2018). Asimismo, la extracción de gran parte del cordón de conchilla también compromete las únicas reservas de agua dulce de este sector de los pobladores locales (Cellone et al., 2016).

7. Materiales y Métodos

La metodología fue dividida en distintas etapas acorde a la problemática abordada en el trabajo final de licenciatura. Las tareas de gabinete fueron realizadas en el Centro de Investigaciones Geológicas (CIG). Se llevó a cabo una recopilación exhaustiva de la información antecedentes de la zona de estudio. La bibliografía obtenida fue ordenada, leída e interpretada con el objetivo de obtener un entendimiento del sector estudiado, pudiendo discriminar características geomorfológicas, geológicas, pedológicas, hidrogeológicas e hidrológicas, así como también cuales son las principales acciones antrópicas que han producido un cambio en el ambiente natural estudiado. Por su parte, también se pudo avanzar respecto a la principal flora que se encuentra en la zona.

Por otra parte, para observar variaciones del paisaje en el tiempo se utilizaron fotografías aéreas de la década del '60 procedentes de la Base Aeronaval de Punta Indio (BAPI), y de la década del '80 provistas por la Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires (ARBA). Estas fotografías fueron georreferenciadas mediante el software ArcGIS 10.0 utilizando puntos de control. Por su parte imágenes satelitales del año 2003 y 2016 fueron extraídas del software Google Earth Pro, con el propósito de realizar una comparación de la evolución del paisaje, con las fotografías de las décadas del '60 y '80. A partir de la información antecedente y mediante la utilización de las fotografías aéreas e imágenes satelitales se realizó una identificación de rasgos naturales presentes en la región, con el fin de observar su evolución y comportamiento. Estos rasgos se corresponden con las geoformas más características del área, como cordones conchiles, antiguos canales de marea, y otros rasgos como cursos de agua. Realizada esta identificación se procedió a la confección de un mapa geomorfológico de la zona de estudio, y tener una noción más precisa de las unidades geomorfológicas principales afectadas por el accionar antrópico. De igual manera se identificaron rasgos antrópicos con el fin de evaluar la posible interferencia de estos con el entorno natural, pudiendo observar rutas provinciales y caminos rurales, canalizaciones y explotación de cordones conchiles. Posteriormente se utilizó el software ArcGIS 10.0 para la realización de perfiles topográficos con el Modelo Digital de Elevación (MDE) elaborado recientemente por EOC GEOSERVICE (EOC Geoservice, 2019), denominado TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurements), en donde al ser un modelo generado por interferometría pueden observarse la forestación y obras antrópicas, es decir, rasgos no relacionados a la superficie del terreno (Kiamehr y Sjöberg, 2005; Hofton et al. 2006).

Por último, tareas de campo planteadas en la zona de estudio, se realizaron para describir con mayor detalle la geomorfología, la geología, hidrogeología y los rasgos antrópicos observados en las fotografías aéreas e imágenes satelitales.

8. Resultados

La georreferenciación de fotografías aéreas e imágenes satelitales permitió generar mosaicos para la década del '60 y '80, y para los años 2003 y 2016. Esto permitió observar la evolución y los cambios del paisaje natural debido a las acciones antrópicas (Fig. 8).

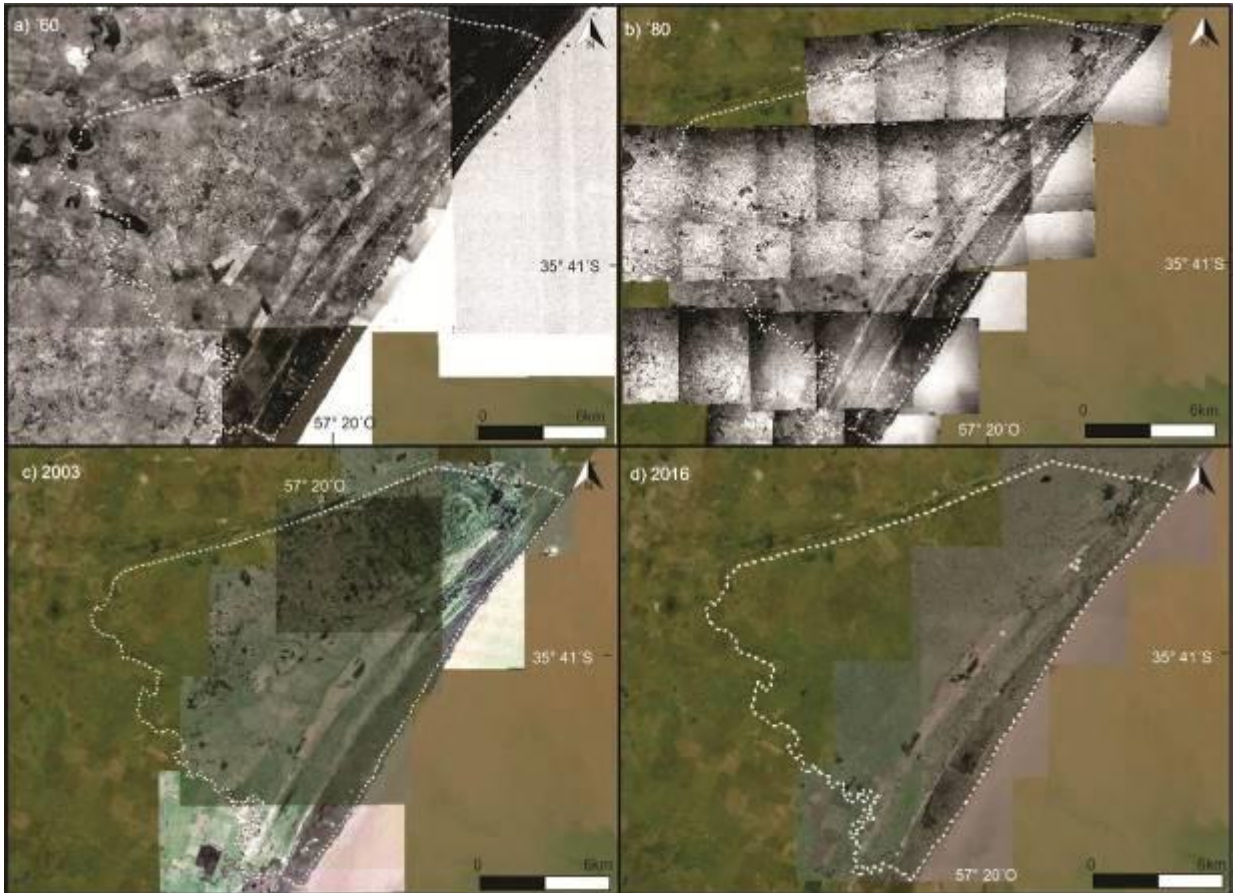


Figura 8. Mosaicos generados en el area de estudio para distintas epocas. a) a partir de fotografias aereas para la decada del 60. b) a partir de fotografias aereas para la decada del 80. c) a partir de imágenes satelitales para el año 2013. d) a partir de imágenes satelitales para el año 2016.

El mosaico generado para la década del '60 permitió observar un total de 179 antiguos canales de marea ubicados en la llanura costera y dos rasgos fluviales representados por el río Samborombón y la cañada Piñero (Fig. 9b).

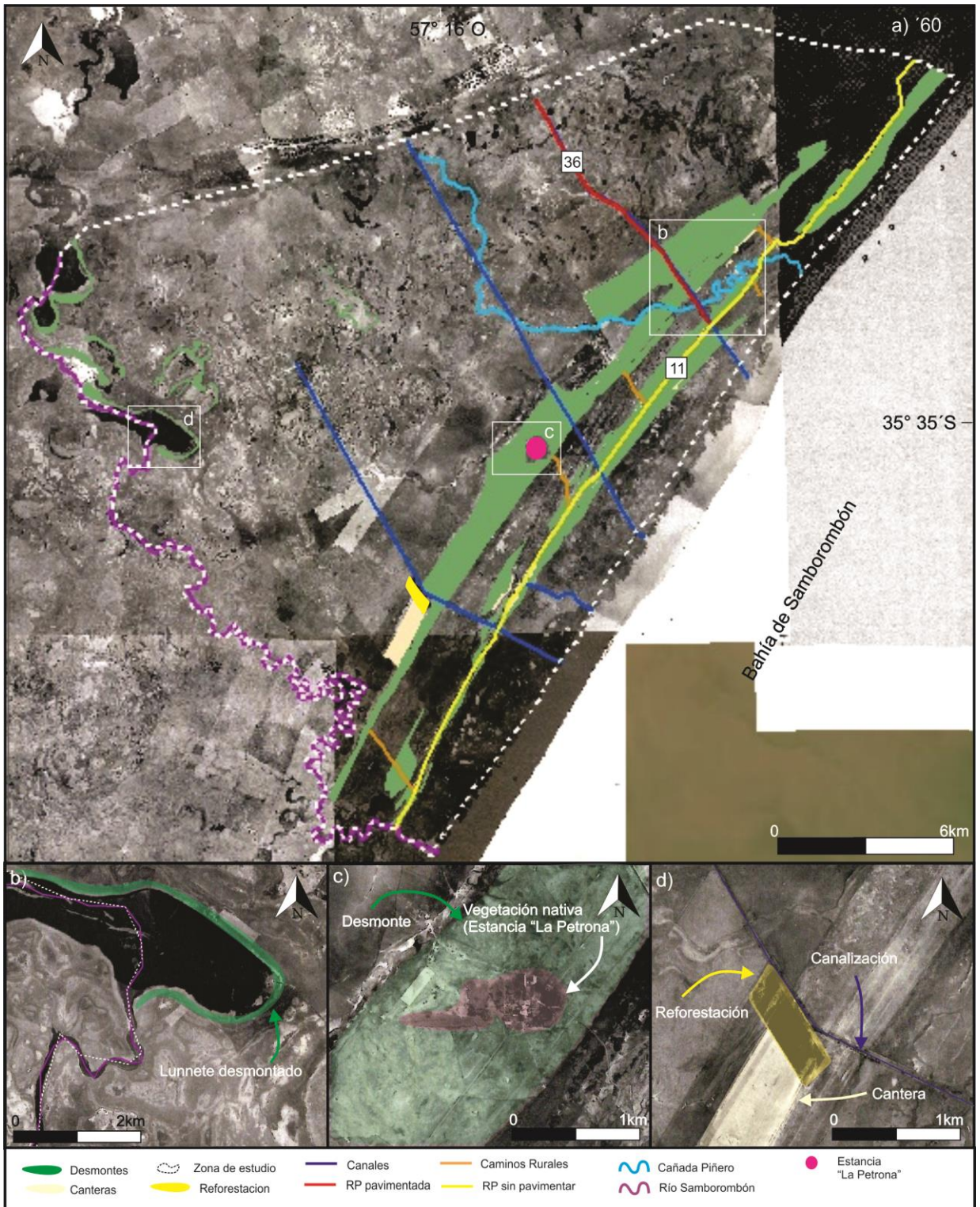


Figura 9. a) Sitios y parámetros antrópicos y naturales mapeados y cuantificados para la década del '60 en la zona de estudio. b) Lunette desmontado en la década del '60. c) Desmontes y estancia La Petrona. d) Reforestación, canalización y ejemplo de cantera reconocida para este periodo.

Las actividades antrópicas para este periodo se evidenció por la ausencia del monte nativo de talas en la mayor parte de los cordones conchiles. Se pueden observar los cordones de conchilla desprovistos de talas con un tono más claro que el resto de la llanura costera, destacándose un relicto del monte de talas a la estancia

“La Petrona” (Fig. 9c). Los desmontes del bosque nativo registrados en esta década presentan una gran extensión, cuantificando un total de 24,3 km². La minería desarrollada para este periodo fue cuantificada en 7 canteras con una extensión total de 1 km². Por su parte, se destacan 4 canalizaciones antrópicas con 15 km de extensión, diferenciándolas de las naturales generalmente por su morfología rectilínea, extendiéndose desde el centro de la Llanura Costera hasta desembocar en la Bahía Samborombón (Fig. 9a y d). Estas canalizaciones, cortan a geoformas naturales como los cordones conchiles y a rasgos fluviales como la cañada Piñero. Por su parte, se observa la Ruta Provincial 36, 5 caminos rurales, con 6 km de extensión, y la Ruta Provincial 11, la cual aún no se encontraba pavimentada. (Fig. 9a). También se logran observar áreas reforestadas, identificados por su disposición geométrica regular de manera dispersa, cuantificando 0,04 km² (Fig. 9d).

Para la década del '80 se observó una disminución muy grande de los desmontes de la vegetación nativa respecto a la década pasada, encontrando para esta década un total de 3,7 km² de desmontes (Fig. 10a). Por su parte, la minería, registra un total de 11 canteras, las cuales suman un total de 1,3 km² (Fig. 10b y d). No se observan modificaciones en la hidrología de la región, conservándose las mismas canalizaciones antrópicas del periodo anterior. No obstante, se observa un aumento de la traza de caminos rurales, cuantificando un total de 4 caminos rurales, los cuales suman 13,6 km. Por su parte, se destaca la pavimentación de la Ruta Provincial 11. Para corroborar esto, se examinaron los registros de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, donde se constató que la Ruta Provincial 11 fue construida en el año 1975 en este sector (Dirección de vialidad de la Provincia de Buenos Aires, 1976). En cuanto a la reforestación, se puede destacar la forestación de los lunettes del sector NO de la zona estudiada, los cuales se cuantificaron 1,2 km² (Fig. 10a y c).

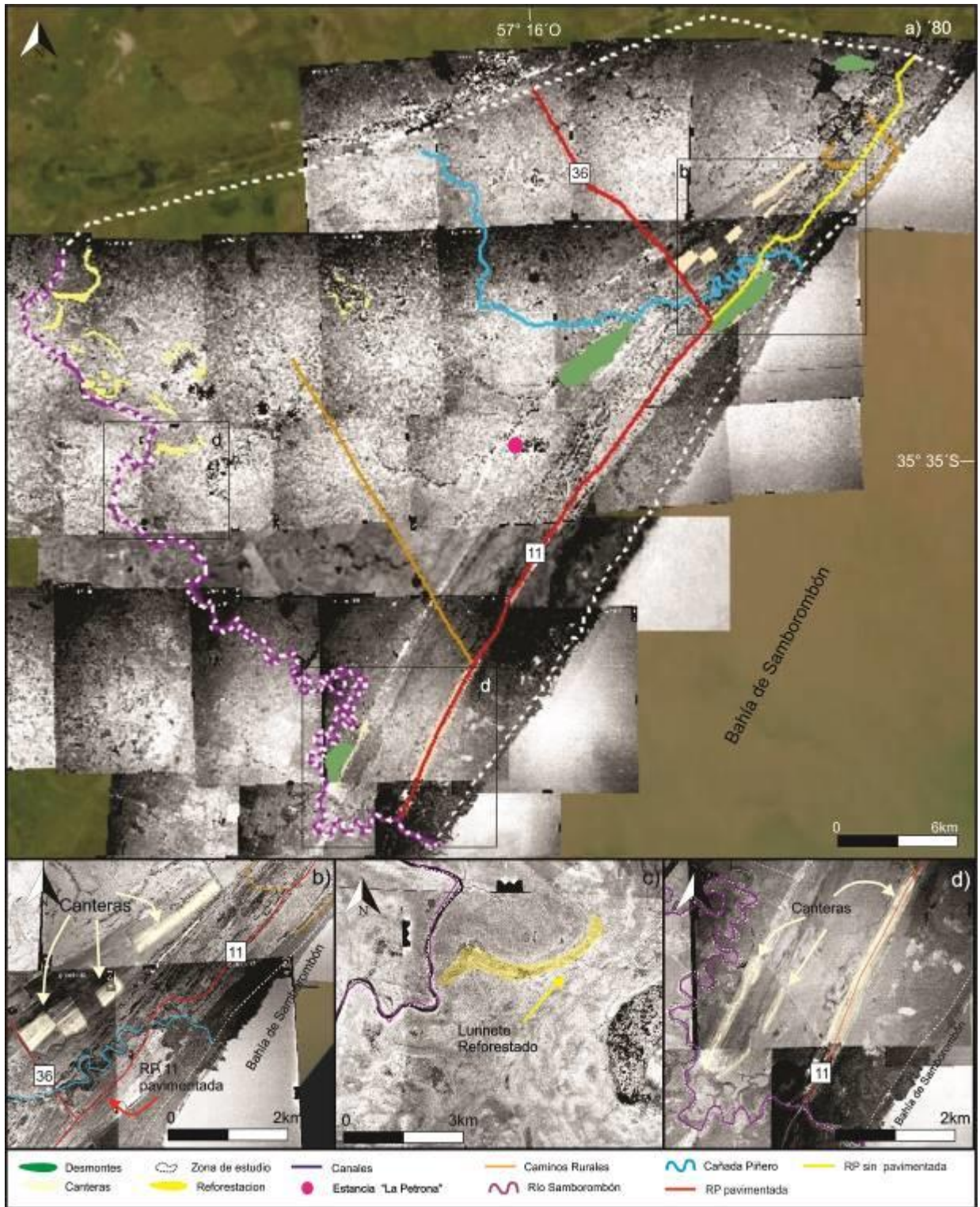


Figura 10. a) Sitios y parámetros antrópicos y naturales mapeados y cuantificados para la década del 80 en la zona de estudio. b) Canchales cercanos a la intersección de las rutas provinciales 11 y 36. c) Forestación de lunette. d) Canchales en explotación en el sector Sur del área de estudio.

Para el año 2003 las imágenes satelitales permitieron visualizar que no hay un aumento significativo de desmontes de la vegetación nativa, donde para este periodo analizado, se cuantificaron 2,2 km² de desmonte (Fig. 11a y b). En cuanto a la

minería, se contabilizaron un total de 15 canteras nuevas y ampliación de algunas ya existentes, las cuales suman un total de 2,2 km² (Fig. 11d).

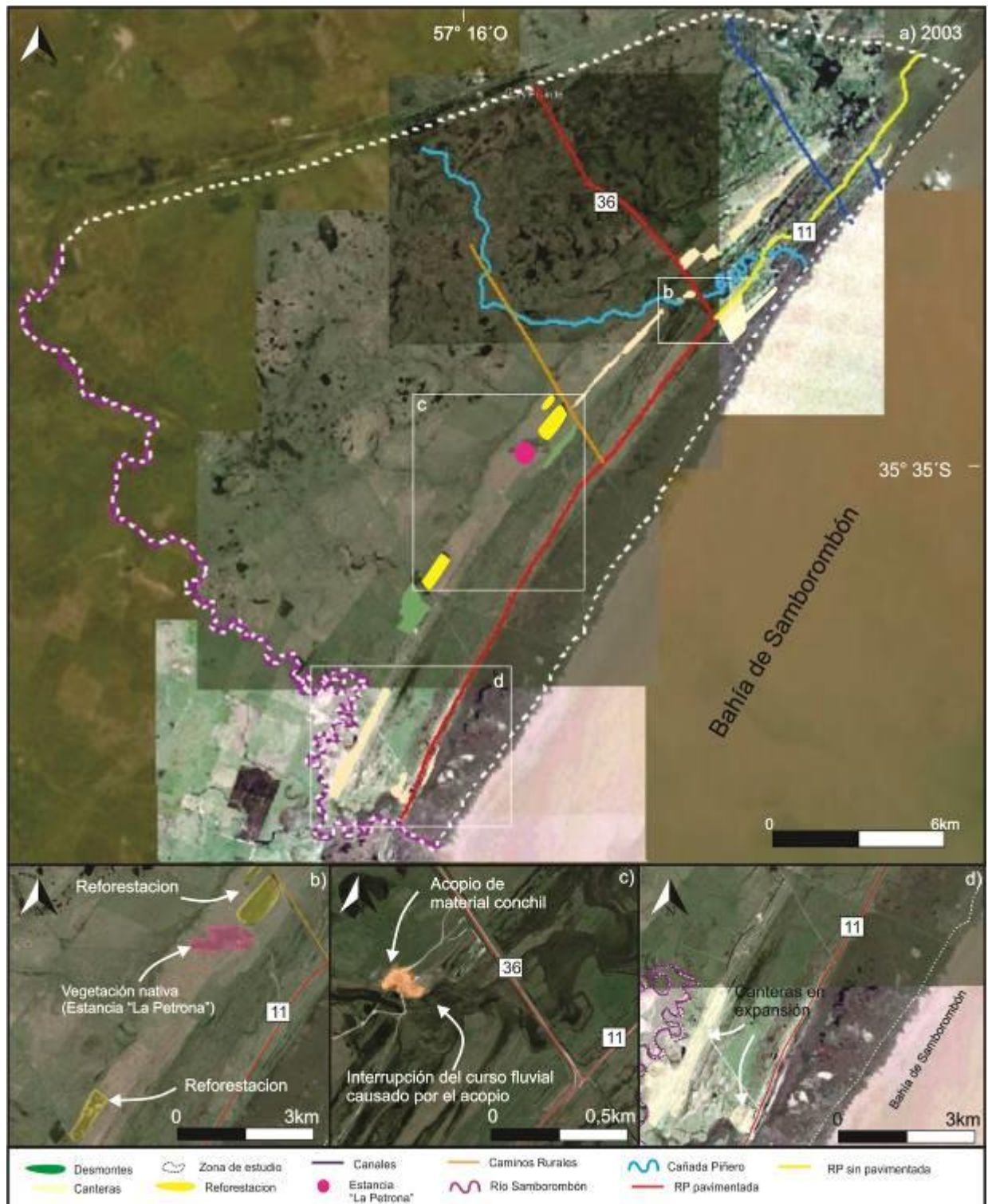


Figura 11. a) Sitios y parámetros antrópicos y naturales mapeados y cuantificados para el año 2003 en la zona de estudio. b) Sectores reforestados y Estancia La Petrona. c) Acopio de material conchil interrumpiendo el curso fluvial de la Cañada Piñero. d) Ejemplo de expansión de las canteras al Sur del área de estudio.

Las canalizaciones antrópicas, identificadas aumentaron levemente, observándose 2 canalizaciones adicionales a los periodos anteriormente analizados, las cuales suman 1,6 km de extensión. Uno de los cursos de agua, la cañada Piñero, posee para este periodo una particularidad, en el cual se observa una interrupción en su curso causado por el acopio de material conchil producto de la actividad minera (Fig. 11c). Los caminos rurales, aumentan levemente contabilizando un total de 1 camino rural para la década del 2003, sumando 6,5 km. Se observan nuevas plantaciones de árboles (Fig. 11b), sumando un total de 0,5 km² para este periodo.

Para el año 2016, las áreas desmontadas son muy reducidas, identificando para esta década 1,4 km² (Fig. 12a). El mapeo realizado de las canteras logro identificar 16 canteras nuevas para la extracción de conchillas y ampliaciones de algunas ya existentes, con una extensión total de 4,8 km² (Fig. 12b). La interrupción del curso fluvial reconocido como Cañada Piñero no se ha remediado para este año y se logra apreciar el aumento de la actividad minera en el sector (Fig. 12d). A pesar de toda la actividad extractiva y de desmontes generadas en el área, la Estancia “La Petrona” continúa hasta el último periodo analizado sin alteración debido a dichas actividades. Por su parte, se logra apreciar un aumento de canalizaciones antrópicas, con un total de 4 canales, los cuales suman 1,3 km (Fig. 12a y b). Por otro lado, se observan 8 nuevos caminos rurales los cuales en su mayoría se encuentran en conexión con canteras y desmontes (Fig. 12d). Mientras que las rutas provinciales permaneces en las mismas condiciones que la imagen precedente, estos conforman una extensión de 25,1 km.

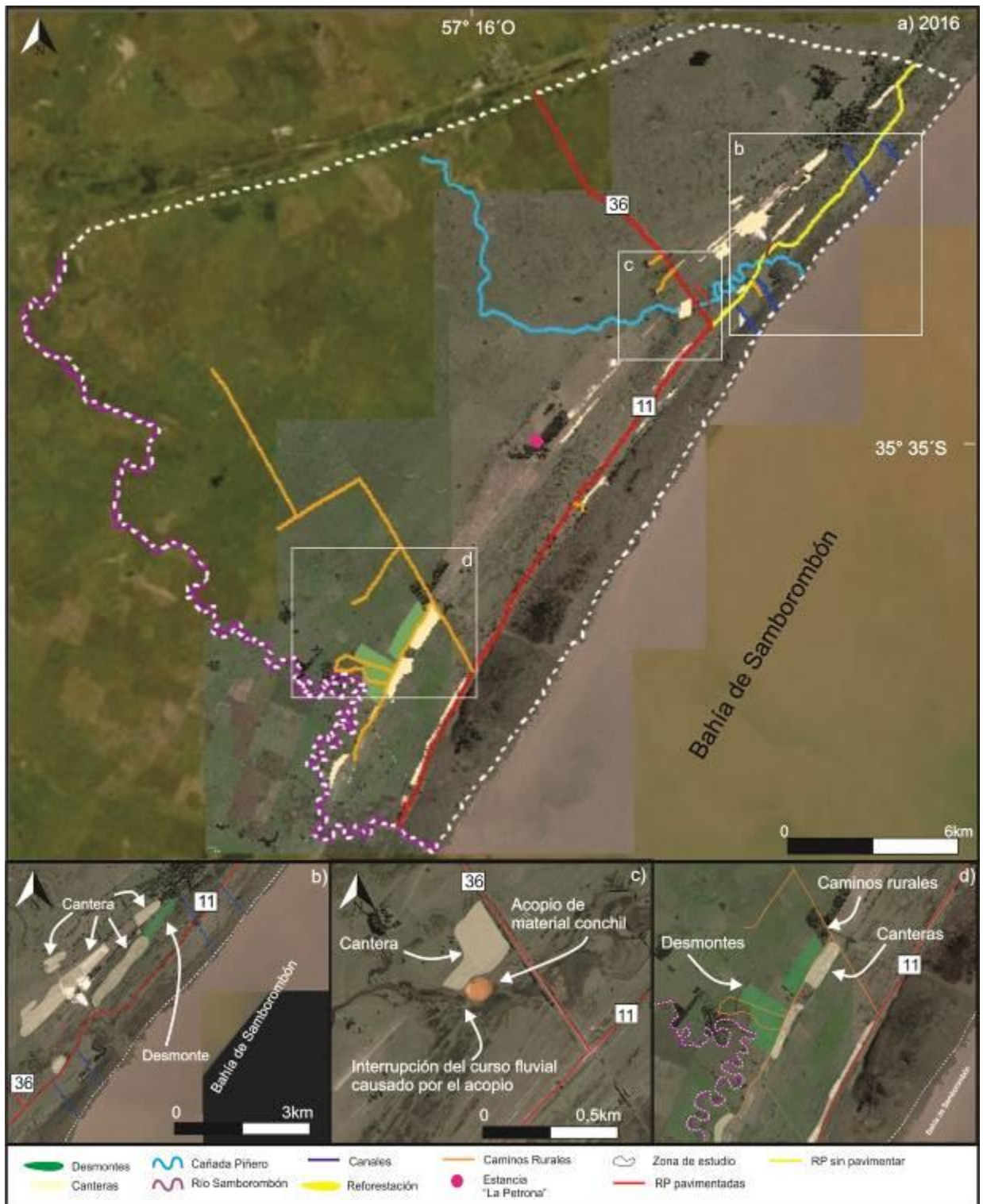


Figura 12. a) Sitios y parámetros antrópicos y naturales mapeados y cuantificados para el año 2016 en la zona de estudio. b) Sector mostrando el notable aumento de las canteras respecto a los desmontes. c) Aumento de la actividad minera en la zona aledaña a la ruta 36 y aumento del acopio de material conchil causando interrupción del curso fluvial. d) Caminos rurales en conexión directa con los desmontes y canteras.

El análisis multitemporal realizado permitió observar como las actividades antrópicas modificaron el paisaje de este sector de llanura, pudiéndolo detallar cuantitativamente dichos cambios.

Los desmontes de la vegetación nativa, ha tenido el pico máximo en la década del '60, observando un decremento considerable en las décadas subsiguientes (Fig. 13).

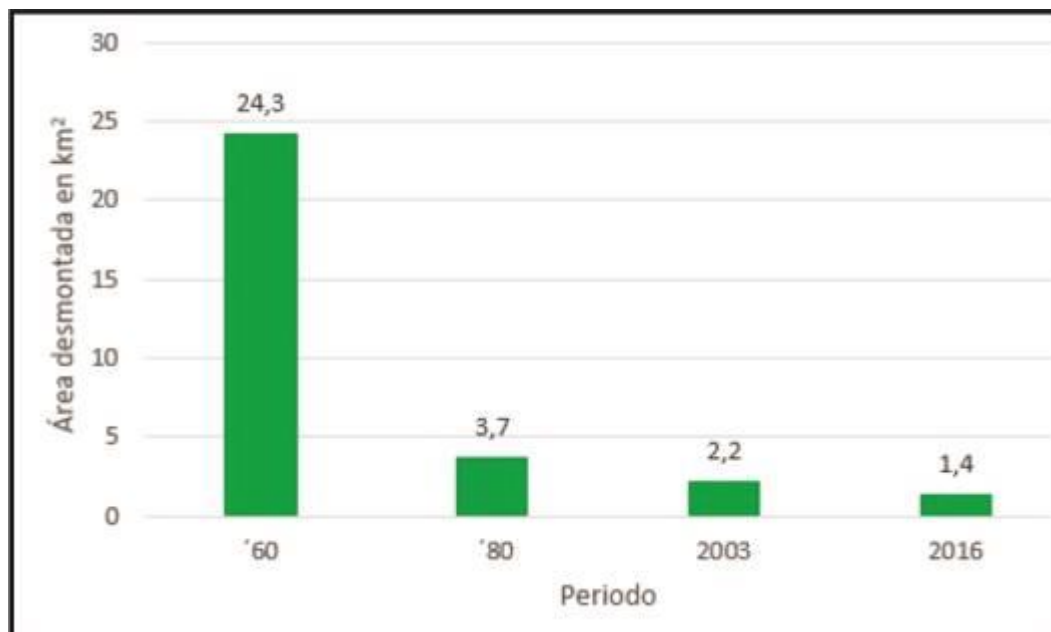


Figura 13. Grafico de barras donde se presentan los km² de desmontes para cada periodo analizado.

La minería desarrollada en el área de estudio se ha incrementado de manera constante a lo largo de las décadas estudiadas, obteniendo un notablemente incremento en el último periodo (Fig. 14).

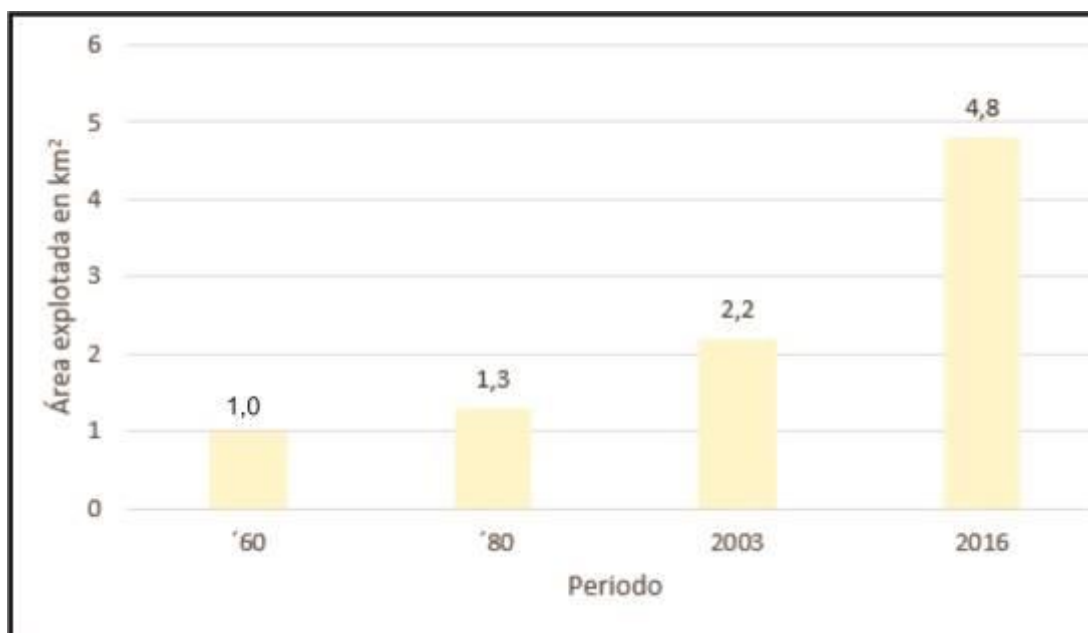


Figura 14. Grafico de barras donde se presentan los km² de canteras para cada periodo analizado.

Las canalizaciones precedentes a la década del '60 son 4, estas conforman el 44,4% de las canalizaciones totales del área de estudio, y la sumatoria de ellas abarcan un total de 24,7 km canalizados (Fig. 15).

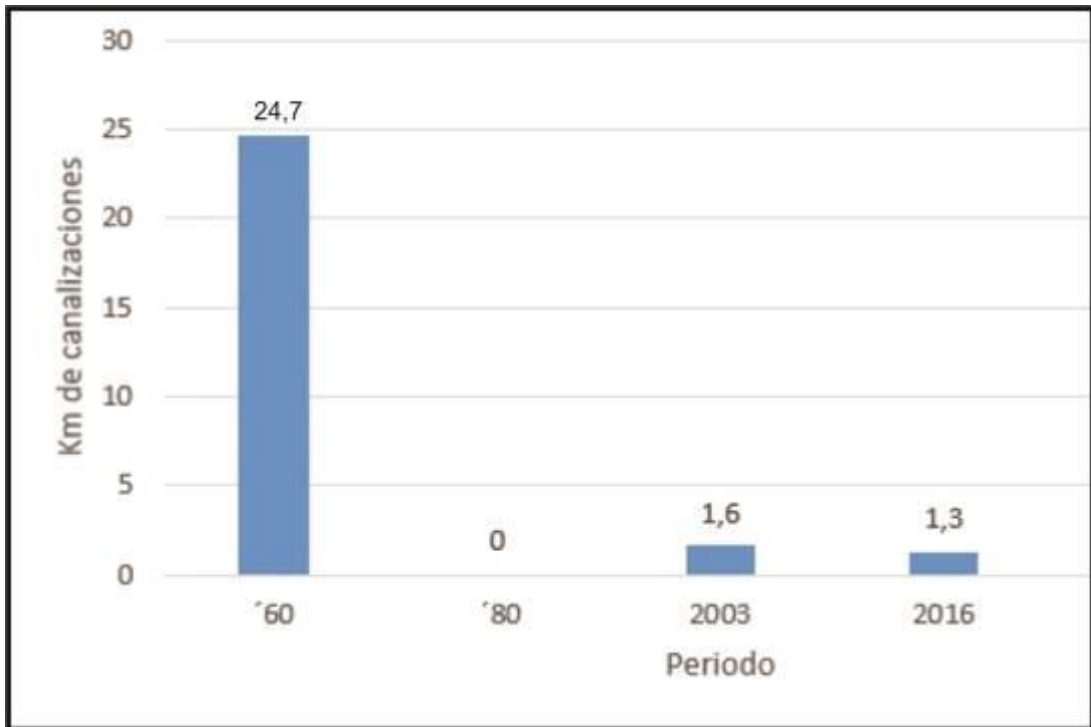


Figura 15. Gráfico de barras presentando el número de canalizaciones realizadas en los diferentes periodos analizados.

Para la década del '80 no hay presencia de nuevas canalizaciones, no así para el año 2003, en el cual se observa solo 1 canalización representando el 11,11% del total de canalizaciones en la zona, conformando 1,6 km canalizados. Para el año 2016 se identificaron la misma cantidad que para el primer periodo analizado, pero en este caso se determinaron 1,3 km de canalización. (Fig. 15).

Los caminos rurales en su mayoría se realizaron con posterioridad a la década del '60, presentando poca expresión tanto para la década del '80 como para el año 2003 (Fig. 16). En el año 2016, los caminos rurales sufren un aumento relativamente más grande que en los periodos pasados. En las imágenes mapeadas la gran mayoría de dichos caminos se observan de manera aledaña a canteras.

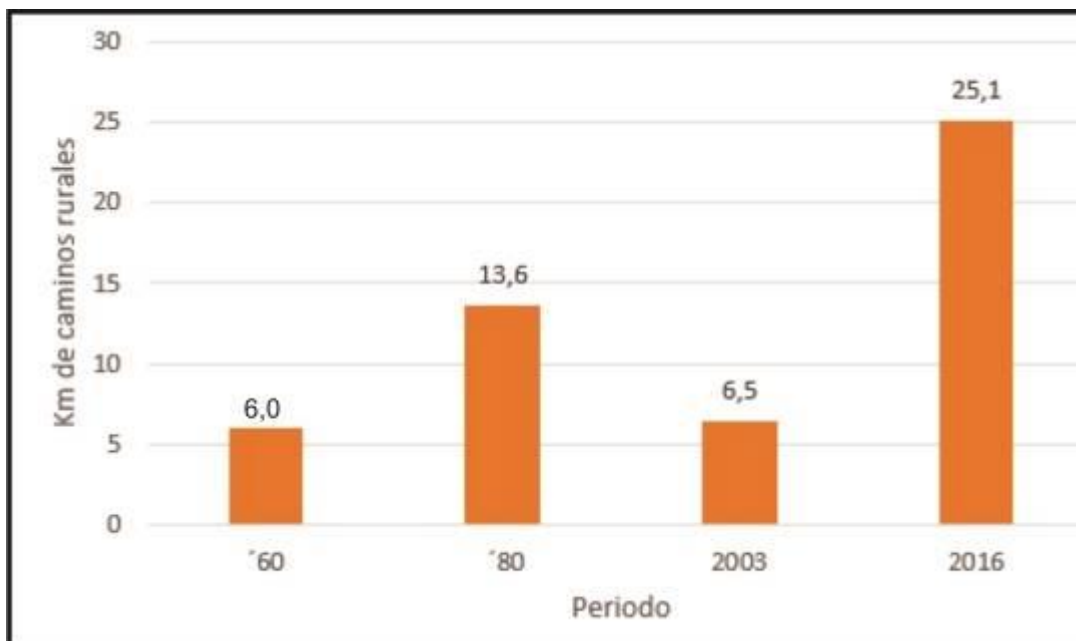


Figura 16. Gráfico de barras presentando los kilómetros de Caminos rurales realizados en cada periodo analizado.

Respecto a las Rutas Provinciales, la pavimentación de la Ruta Provincial 36 precedía la década del '60, en tanto que la Ruta Provincial 11, fue pavimentada, en su mayoría en 1976, observándose que el sector Norte de la región de estudio se encuentra sin pavimentar en la actualidad. No obstante, se observa un aumento en la cantidad de kilómetros pavimentados para la década del 80 (Fig. 17).

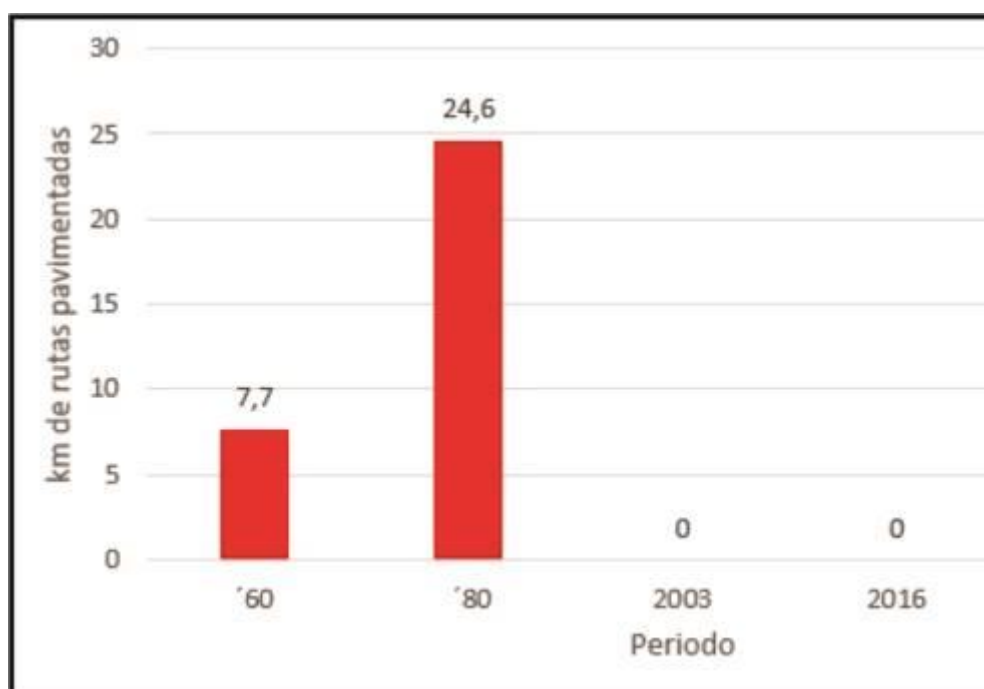


Figura 17. Gráfico de barras presentando los kilómetros de Rutas provinciales pavimentadas en cada periodo analizado.

Por último, la cuantificación de reforestación de árboles nativos se encuentra limitada puntualmente a los lunettes, mientras que por otro lado, la reforestación antrópica de eucaliptos fue más notable en los campos en parcelas geométricas regulares. No obstante, la forestación no fue abundante, presentando los mayores valores para la década del '80 donde destaca la forestación de los lunettes deforestados previo a la década del '60.

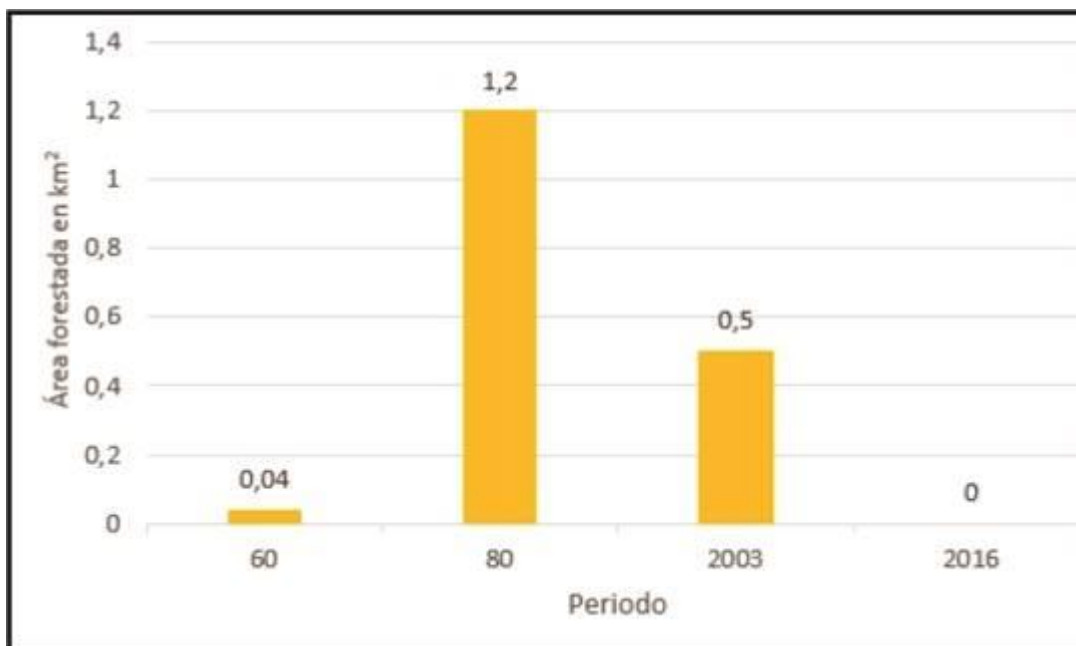


Figura 18. Gráfico de barras presentando el área en km² de reforestación.

Para observar los rasgos descritos previamente y poder realizar una correcta interpretación de los mismos se realizó una salida de campo a la zona de estudio durante la cual se realizaron 7 paradas en diferentes sitios de la llanura costera (Fig. 19). Las mismas fueron previamente pautadas con la finalidad de reconocer algunos de los rasgos antrópicos y naturales más sobresalientes de la zona de estudio.

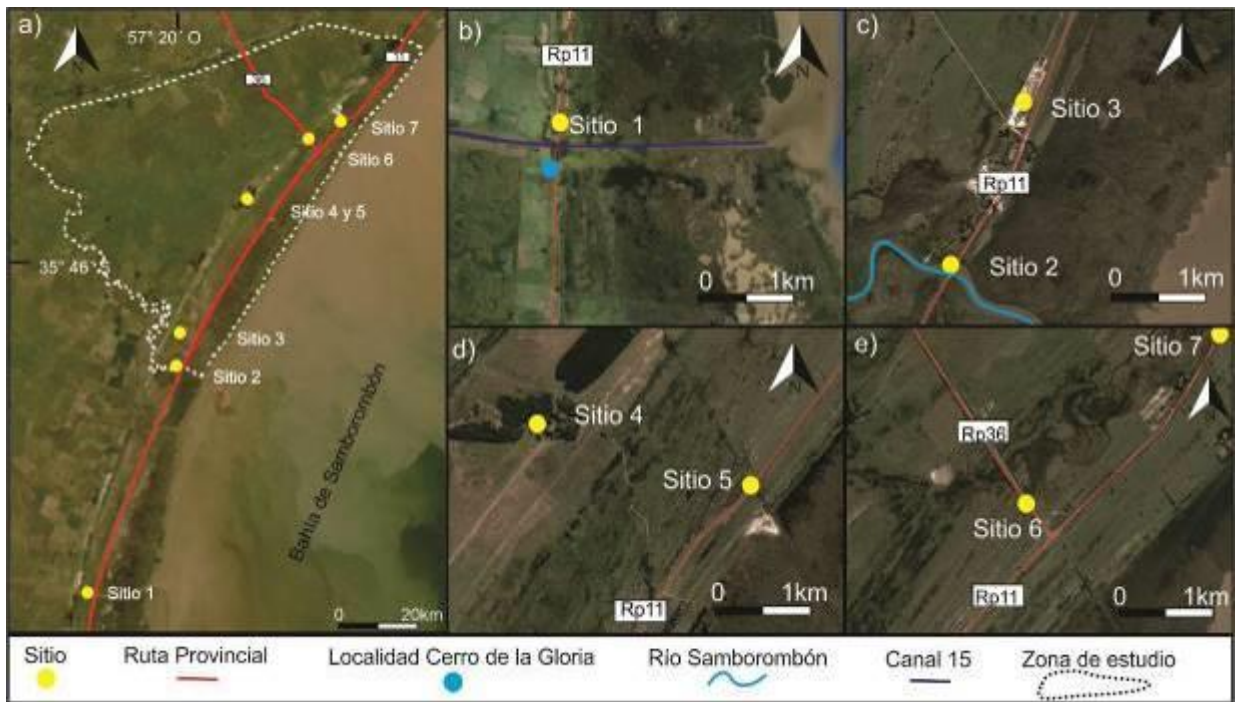


Figura 19. a) Imagen regional con todas las paradas realizadas durante el viaje de campo. b) Imagen ampliada de la ubicación de los sitios 1. c) Imagen ampliada de la ubicación de los sitios 2 y 3. d) Imagen ampliada con la ubicación del sitio 4 y 5. e) Imagen ampliada de la ubicación del sitio 6 y 7.

El primer sitio se encuentra ubicado en el Canal 15, en las cercanías de la localidad de Cerro de la Gloria (Fig. 19a, b y Fig. 20). Si bien esta locación no forma parte del área de estudio, es importante para observar la sedimentología de la zona por el corte generado durante la construcción del propio canal (Fig. 19b y Fig. 20). En campo se pudo observar 2 zonas bien delimitadas, en la base se encontraba un material arcilloso de coloración gris oscura correspondiéndose con el Mb. Destacamento Rio Salado. Por encima de este miembro, la granulometría y el color de los sedimentos cambiaban abruptamente, pasando a un material bioclástico de coloración blanquecina, con un espesor aproximado de 3 m, identificado como Mb. Cerro de la Gloria. (Fig. 20).



Figura 20. Ubicación de los miembros aflorantes, sobre una fotografía del margen izquierdo del Canal 15 en las cercanías del puente de la Ruta Provincial 11.

El segundo sitio en el que se realizó una parada fue el río Samborombón (Fig. 19a, c y Fig. 21). El cuál es el principal rasgo fluvial de la zona de estudio. En este sitio se observó el ancho del río de aproximadamente 60 m, en donde el lecho está compuesto de sedimento arcilloso e incipientes canales de marea (Fig. 21).



Figura 21. a) Vista hacia el sudeste del río Samborombón. b) detalle del sedimento arcilloso que compone las márgenes del río.

El tercer sitio fue al norte del río Samborombón, en donde se pudo observar el desarrollo de una cantera para la extracción de conchilla. (Fig. 19a, c y Fig. 22). La explotación de los cordones conchiles modifica notablemente el relieve del área, dejando canteras que son ocupadas por el agua por interceptar el nivel freático

somero (Fig. 22a) y por los montículos producto del acopio de conchilla y parches de bosque nativo disperso (Fig. 22b).

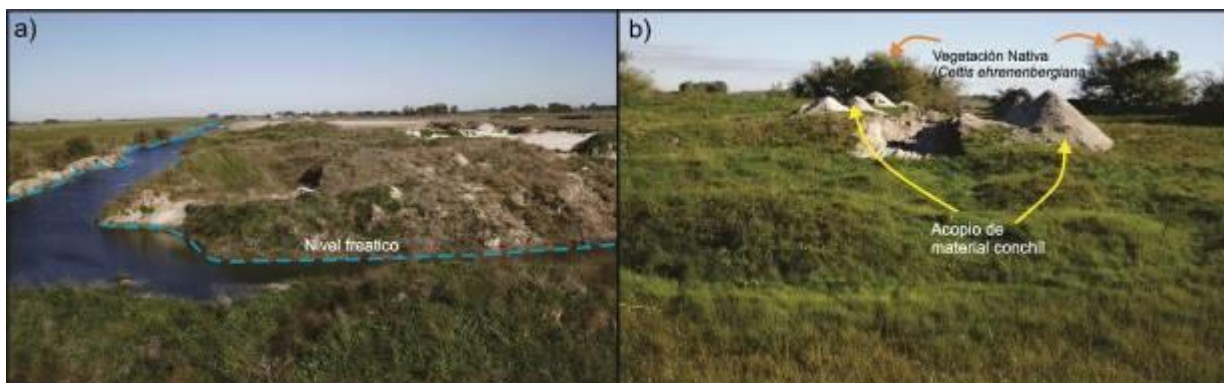


Figura 22. a) Vista hacia el sur del sector de una cantera donde aflora el nivel freático, b) material de extracción acopiado en forma de montículos, de fondo se pueden observar talas dispersos.

El cuarto sitio, fue en la Estancia “La Petrona”, en el kilometro 149 de la Ruta Provincial 11, (Fig. 19a, d y Fig. 23). Donde se observaron uno de los últimos relictos del bosque nativo de talas sin alterar de la zona. También se pudo observar el cambio de la topografía, reconociendo a simple vista una variación de la pendiente desde el cordón litoral, el cual se encuentra más elevado, hacia el sector de intercordón (Fig. 23b).

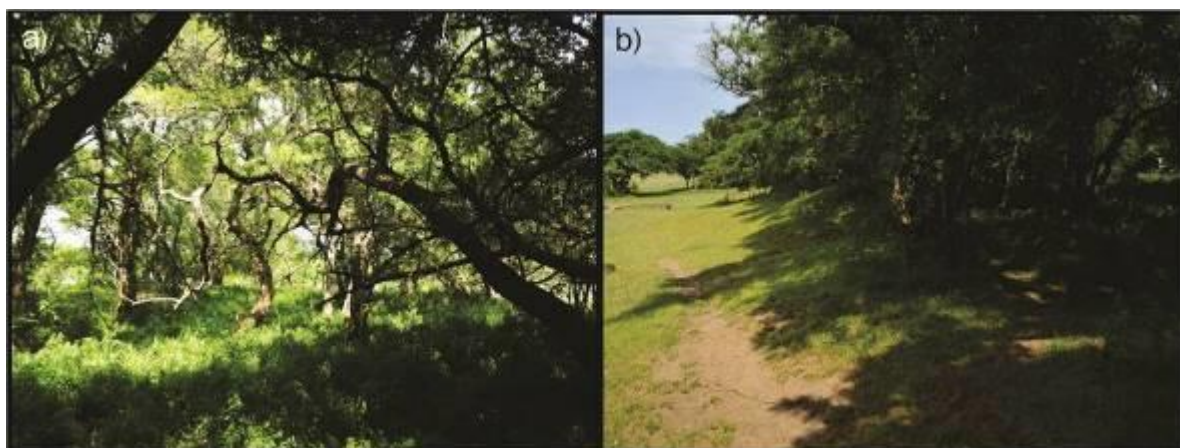


Figura 23. a) Vegetación nativa del monte de tala sobre el cordón litoral en la Estancia La Petrona. b) Limite del cordón litoral y comienzo de la antigua llanura de marea.

El quinto sitio se localizó en el kilometro 147 de la Ruta Provincial 11 (Fig. 19a, d y Fig. 24). En este sitio se destaca una canalización que atraviesa el cordón conchil hasta desembocar en la Bahía Samborombón. Se pudo observar que esta canalización intercepta el cordón y deja expuesta una sección del mismo, el agua canalizada se encuentra en contacto directo con la formación. Cabe destacar la nula o muy escasa corriente, que se observaba en este sector (Fig. 24).



Figura 24. Cordón conchil disectado por un canal en kilometro 147 de la Ruta Provincial 11 dejando expuesto una sección transversal del mismo.

El sexto sitio se ubica sobre la Ruta Provincial 36 la cual atraviesa a la cañada Piñero. (Fig. 19a, e y Fig. 25). Se destaca que a diferencia del río Samborombón, este rasgo fluvial es de menor extensión con un ancho aproximado de 6 m y no poseía corriente notoria, posiblemente debido al escaso recorrido de este arroyo y a la escasa pendiente del área. Por su parte, el acopio de material conchil producto de la actividad minera aguas arriba de este rasgo (Fig. 12d) contribuya a obstaculizar aún más la esorrentía de la cañada (Fig. 25).



Figura 25. Rasgo fluvial interrumpido por minería en un sector aguas arriba del mismo o vegetación dentro del arroyo provocando una escasa o nula escorrentía, visto en dirección NE desde la Ruta Provincial 36.

Por último, el séptimo sitio de la campaña fue en la Ruta Provincial 11 al Norte de la intersección de la Ruta Provincial 36 (Fig. 19a, e y Fig. 26). En este sector se pudo observar la continuidad de la Cañada Piñero previamente a su desembocadura en la Bahía Samborombón. Como se menciono previamente, la cañada poseía escasa a nula corriente y a diferencia del río Samborombón se encontraba con abundante vegetación en sus márgenes.



Figura 26. Cañada Piñero en las cercanías de la intersección de las rutas provinciales 11 y 36. a) Vista hacia el SE
b) Vista hacia el NO.

La identificación de la geomorfología mediante fotografías aéreas, imágenes satelitales y observaciones de campo permitió generar un mapa geomorfológico del área de estudio con una escala de 1:50.000 (Fig. 27). Durante la confección del mismo se reconocieron 10 unidades geomorfológicas, las cuales fueron mapeadas, estas fueron: marisma, cordones litorales, intercordón, canales de marea, planicie de marea, meandros abandonados, rasgos fluviales actuales, lagunas y lunettes. La

Marisma (Color gris en la Fig. 27) posee un ancho promedio de 3 km y se diferencia de la unidad contigua por su baja topografía y coloración, debido a un cambio de vegetación. Este cambio está directamente relacionado a la acumulación de agua durante grandes periodos de tiempo ya que esta unidad, cercana a la línea de costa, frecuentemente se encuentra inundada durante los momentos de pleamar, generando por estos motivos una vegetación típicamente hidrófila.

Limitando inmediatamente al Oeste de esta unidad se encuentran los Cordones litorales (Color naranja en Fig. 27). Estos poseen un ancho promedio de 4 km y forma alargada, identificándose fácilmente por su disposición paralela o sub paralela a la línea de costa actual y por su elevación topográfica respecto al terreno que los circunda. Por encima de aquellos cordones litorales que no han sido alterados antropicamente suele estar presente una vegetación nativa, típica que facilita su identificación en las imágenes satelitales y en el campo. No obstante, esto se ve poco frecuente debido al alto porcentaje de área explotada en la región, por lo cual el reconocimiento se realiza por vestigios de árboles aislados y canteras las cuales se aprecian por una tonalidad más clara en las imágenes y en el terreno.

Entre los cordones litorales tenemos una unidad denominada como intercordón (Color verde claro en Fig. 27) reconocible por la topografía de forma cóncava, limitado por los cordones litorales, la cual por su morfología y características pedogenéticas, suele anegarse.

Otros rasgos reconocibles en la zona de estudio fueron antiguos canales de marea (Color celeste en Fig. 27) y se encuentran distribuidos en la mayor parte de la zona estudiada, edificables por su forma sinuosa, ser bajos topográficos relativos y por el evidente cambio de vegetación observado en el campo. De manera aledaña y en relación a los antiguos canales de marea se reconoce a la planicie de marea (Color amarillo en Fig. 27) la cual posee una altura mayor a estos últimos. Dentro de la planicie de marea, se reconocen depresiones o pequeñas lagunas (Color azul en Fig. 27) reconocibles por su relieve negativo y en ocasiones con agua estancada. Algunas de estas depresiones presentan en su periferia un relieve positivo en forma de medialuna con vegetación sobre ellas, siendo estos últimos los lunettes (Color verde oscuro en Fig. 27).

Las unidades fluviales que se reconocieron fueron dos y poseían un carácter meandroso, el río Samborombón (Color violeta en Fig. 27) y la cañada Piñero (Color turquesa en Fig. 27). Asociados al río Samborombón y la cañada Piñero se observaron meandros abandonados (Color bordo en Fig. 27) y estos fueron reconocidos por las barras depositadas aledañas a los cursos fluviales.

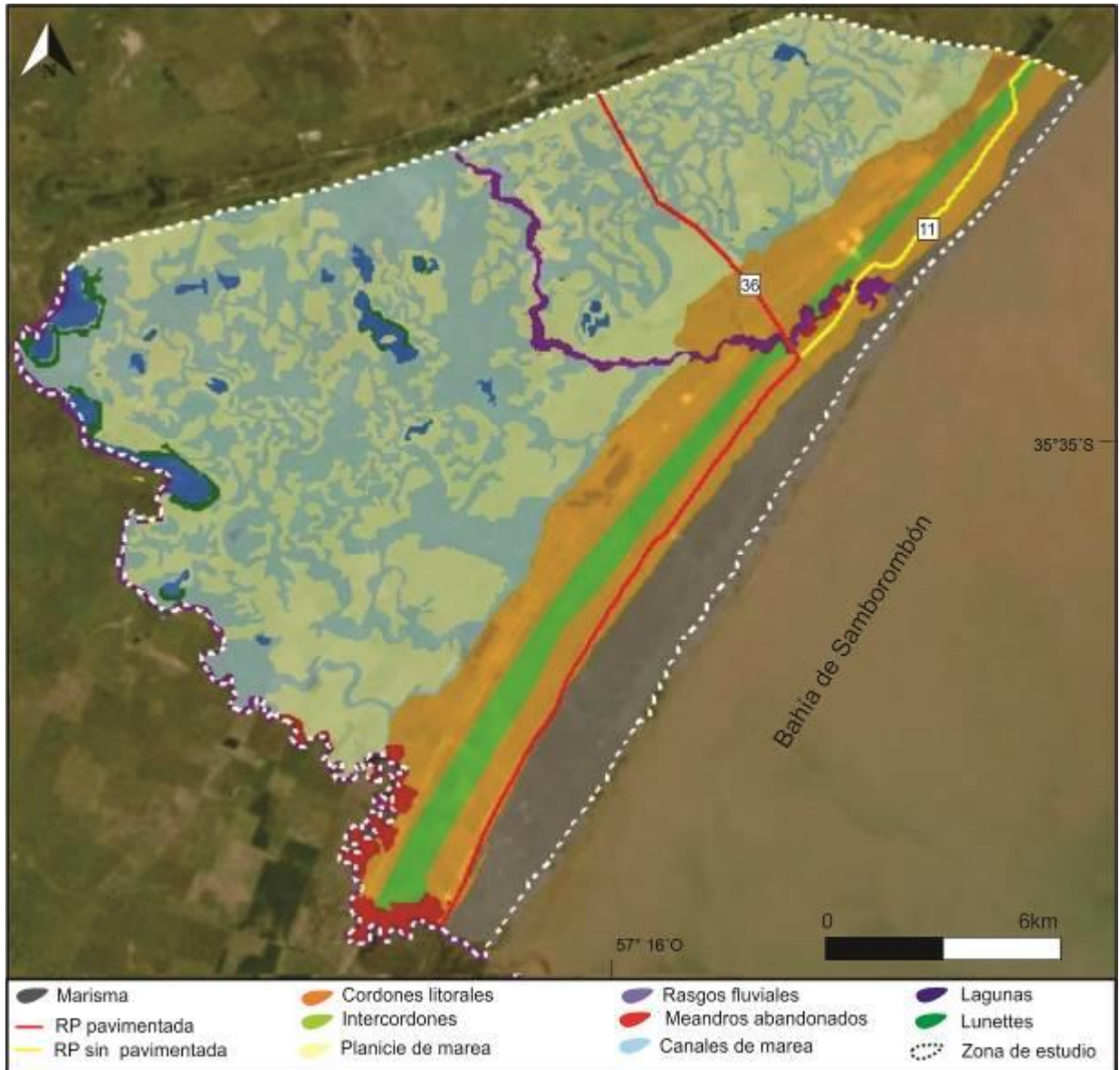


Figura 27. Mapa Geomorfológico confeccionado sobre la zona de estudio.

Para complementar e integrar la información descrita precedentemente se realizaron 7 perfiles topográficos (Fig. 28) a fin de mostrar algunos de los rasgos más sobresalientes de las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio, además de modificaciones antrópicas.

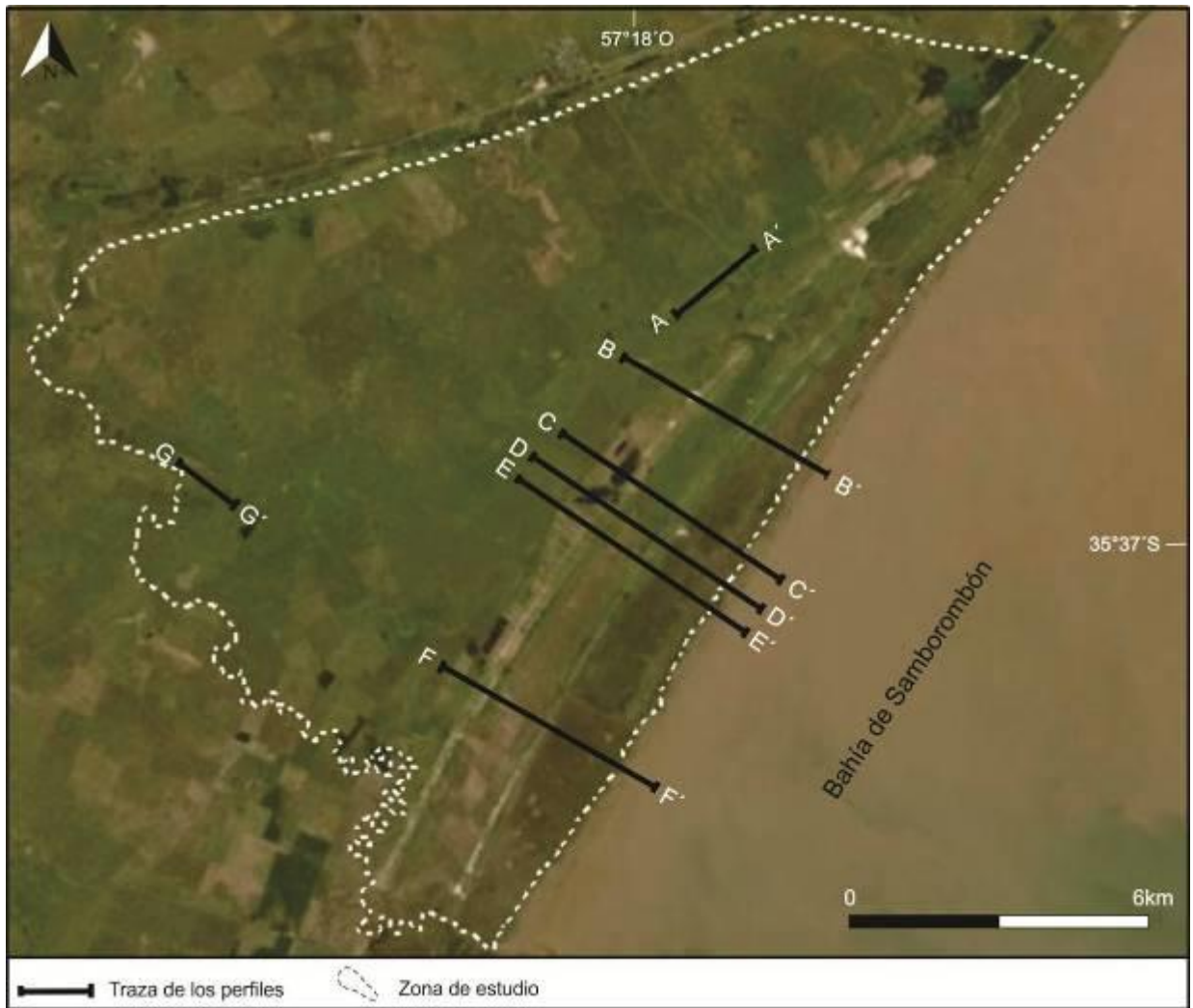


Figura 28. Traza de los 7 perfiles topográficos realizados en la zona de estudio.

El perfil A-A' (Fig. 28 y 29) fue realizado de manera perpendicular a la Ruta Provincial 36, este perfil muestra una topografía bastante irregular, mostrando a la ruta como el sector más elevado del perfil, el cual se eleva aproximadamente 1 metro por encima de la topografía esperada. En contraposición el sector menos elevado lo encontramos a la derecha de la ruta, el cual pertenece a un antiguo canal de marea.

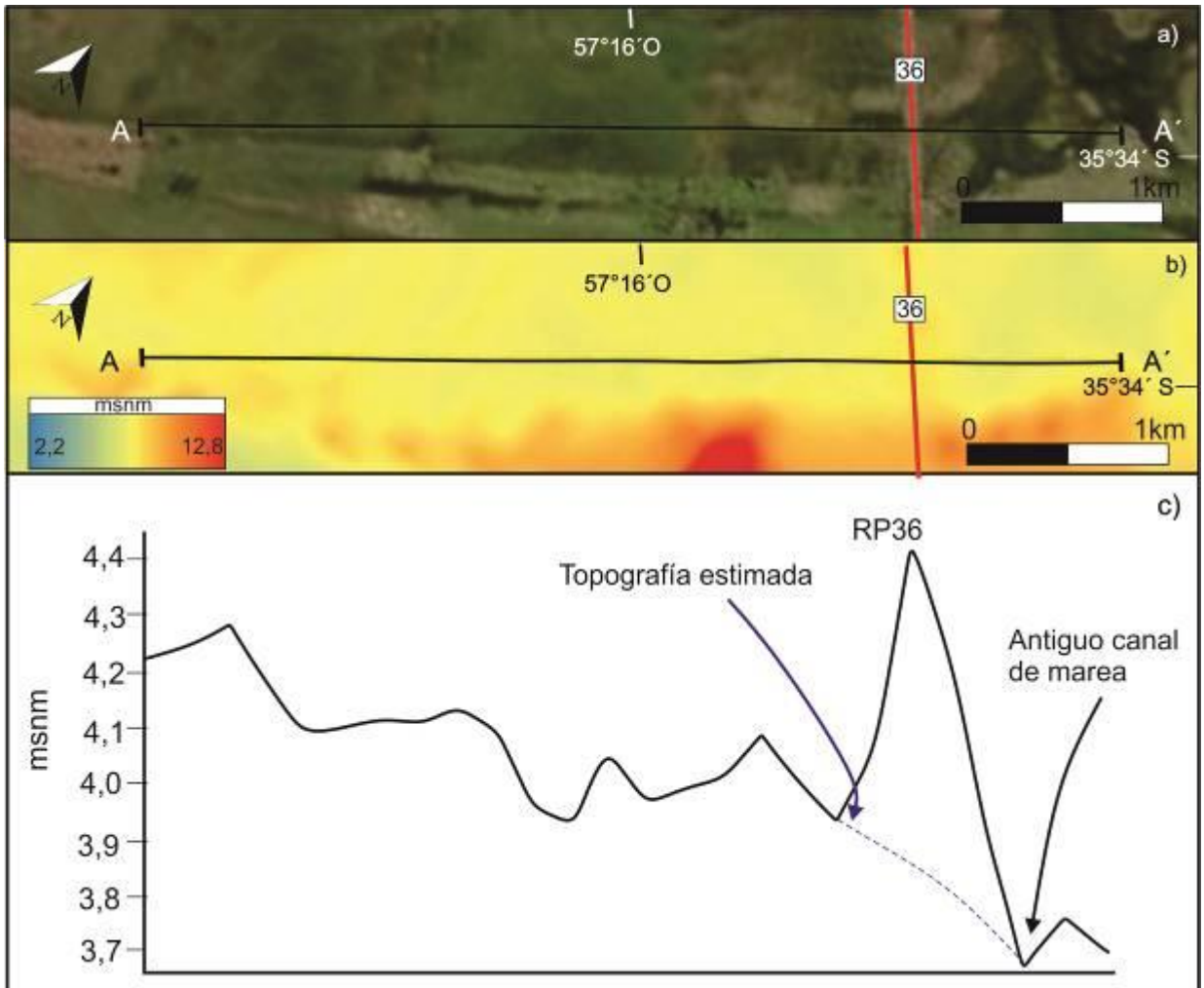


Figura 29. a) imagen satelital del sector donde se realizó el perfil. b) Mismo sector con el modelo de elevación digital superpuesto. c) Perfil topográfico A-A'.

El perfil B-B' (Fig. 28 y 30) realizado de manera perpendicular a la línea de costa muestra la topografía de la cañada Piñero, el cordón litoral desmontado, acopio de material bioclástico, el cual se eleva aproximadamente 1 metro de la topografía esperada del cordón, el intercordón y por último la Ruta Provincial 11 y la marisma.

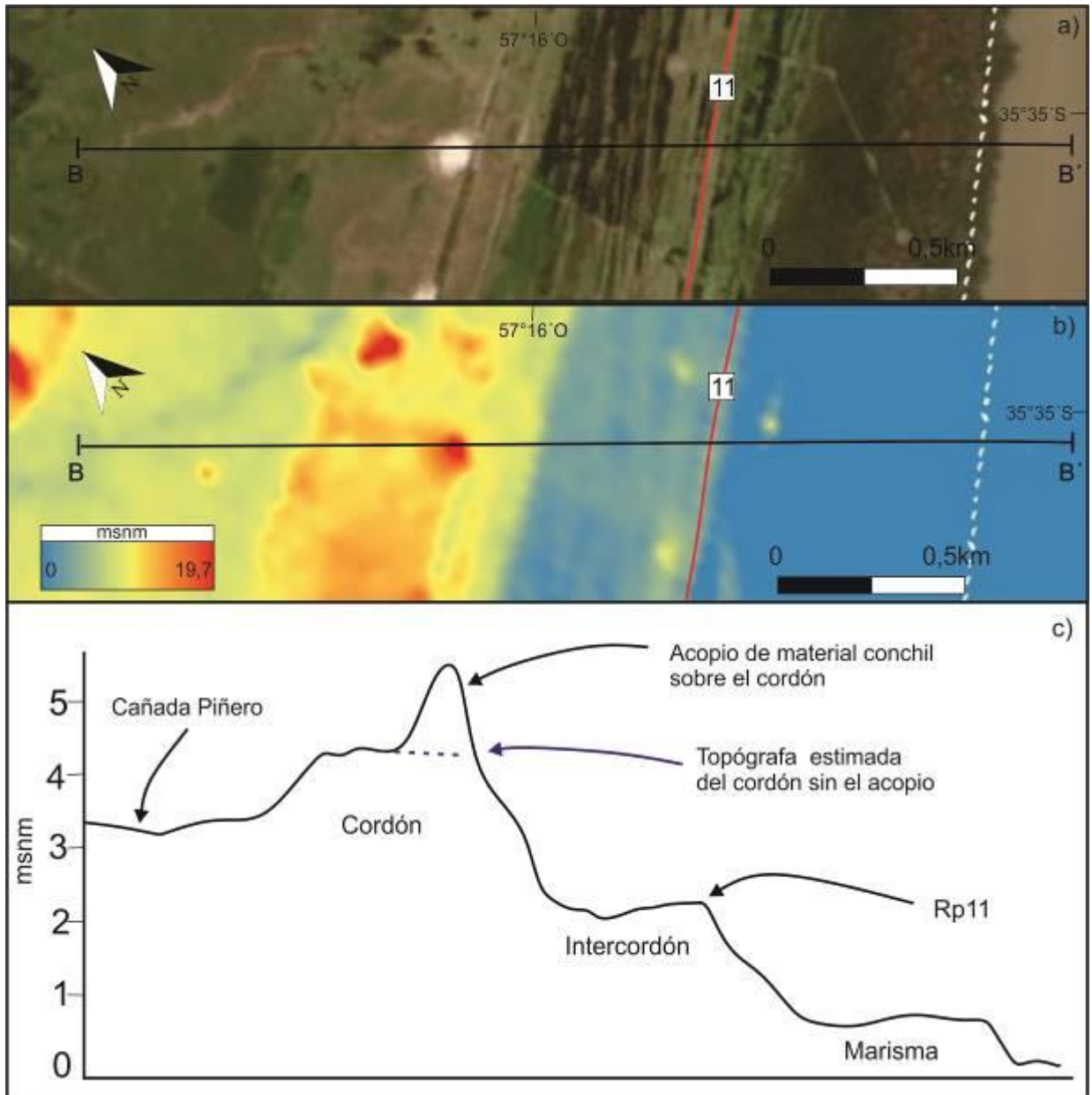


Figura 30. a) imagen satelital del sector donde se realizó el perfil. b) Mismo sector con el modelo de elevación digital superpuesto. c) Perfil topográfico B-B'.

Los perfiles C-C', D-D' y E-E' (Fig. 28 y 31) es interesante analizarlos en un mismo gráfico, debido a la cercanía entre ellos, pudiendo apreciar tanto las similitudes como sus diferencias. Los tres atraviesan las mismas geoformas siendo estas de izquierda a derecha, la antigua planicie de mareas, cordón litoral, intercordón, el cordón litoral más pequeño por donde se construyó la Ruta Provincial 11 y la marisma.

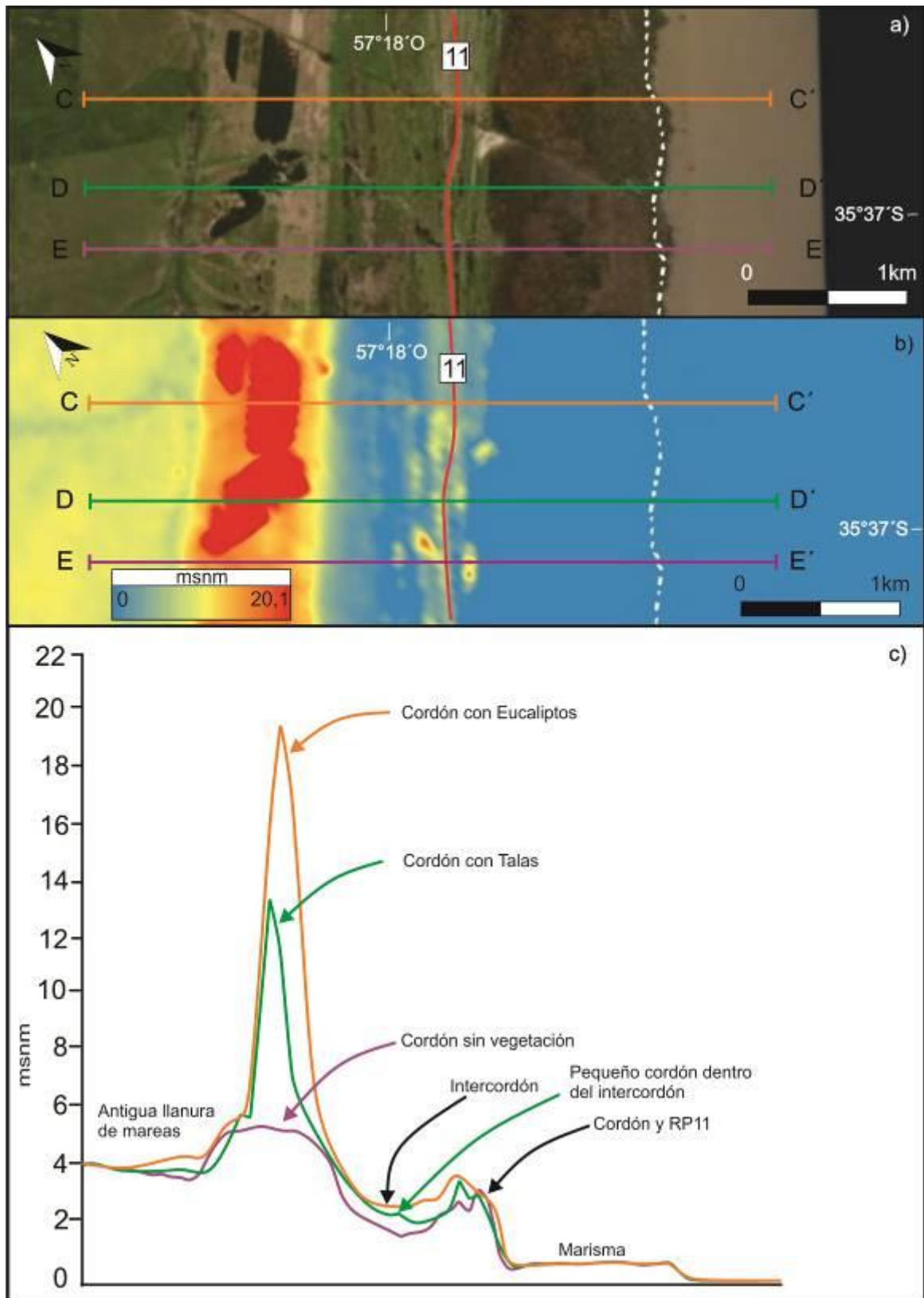


Figura 31. a) imagen satelital del sector donde se realizó el perfil. b) Mismo sector con el modelo de elevación digital superpuesto. c) Perfiles topográficos C-C', D-D' y E-E'.

En estos perfiles se pueden apreciar cómo se diferencian, sobre todo el cordón litoral de mayor altura el cual podemos ver en el perfil C-C', que esta trazado por un sector

con reforestación antrópica de árboles alóctonos como es en este caso eucaliptos, los cuales son entre 5 y 6 metros más altos que los nativos de la región. El perfil D-D' fue trazado por la Estancia "La Petrona" la cual conserva la topografía original del cordón conchil con el bosque nativo de talas. En este perfil también podemos ver en el intercordón, un pequeño cordón y en el sector de la Ruta Provincial 11 vemos que conserva la vegetación nativa. El perfil E-E' no muestra vegetación por sobre el cordón, ya que fue desmontado y no reforestado, en consecuencia, solo se observa la altura del terreno desprovista de toda vegetación.

El perfil F-F' (Fig. 28 y 32) también trazado de manera perpendicular a la línea de costa actual, atraviesa un canal de marea, el cordón litoral desmontado con una cantera de casi 1 m de profundidad. En el intercordón podemos observar un camino rural de escasa dimensión y otro canal, para luego ver una elevación que representa a la Ruta Provincial 11. Al finalizar la marisma vemos un pequeño cordón litoral.

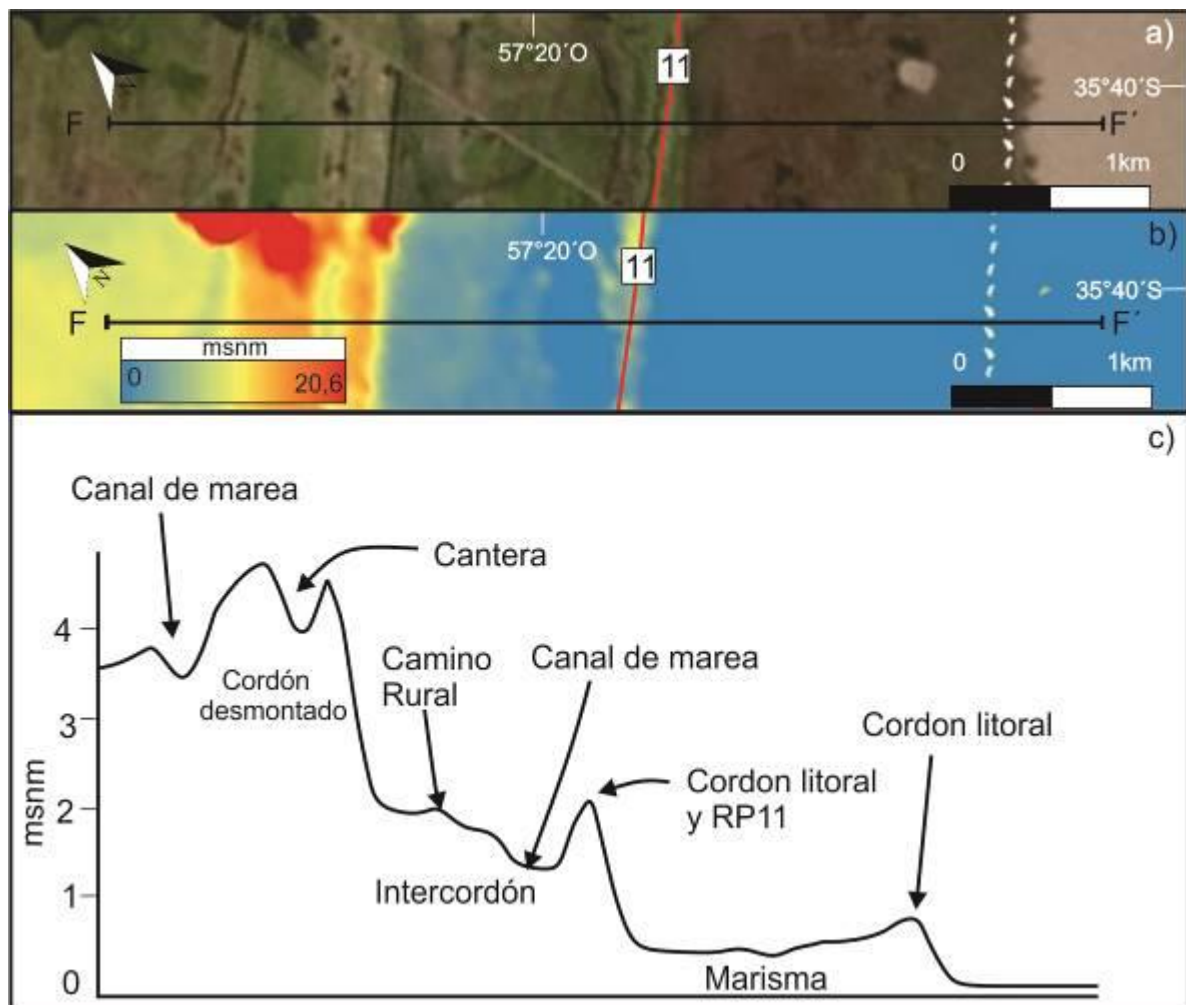


Figura 32. a) imagen satelital del sector donde se realizó el perfil. b) Mismo sector con el modelo de elevación digital superpuesto. c) Perfil topográfico F-F'.

Por último, el Perfil G-G' (Fig. 28 y 33) fue trazado en una laguna que presenta en su periferia un lunette vegetado, con una altura similar a la de lo talas en los cordones conchiles.

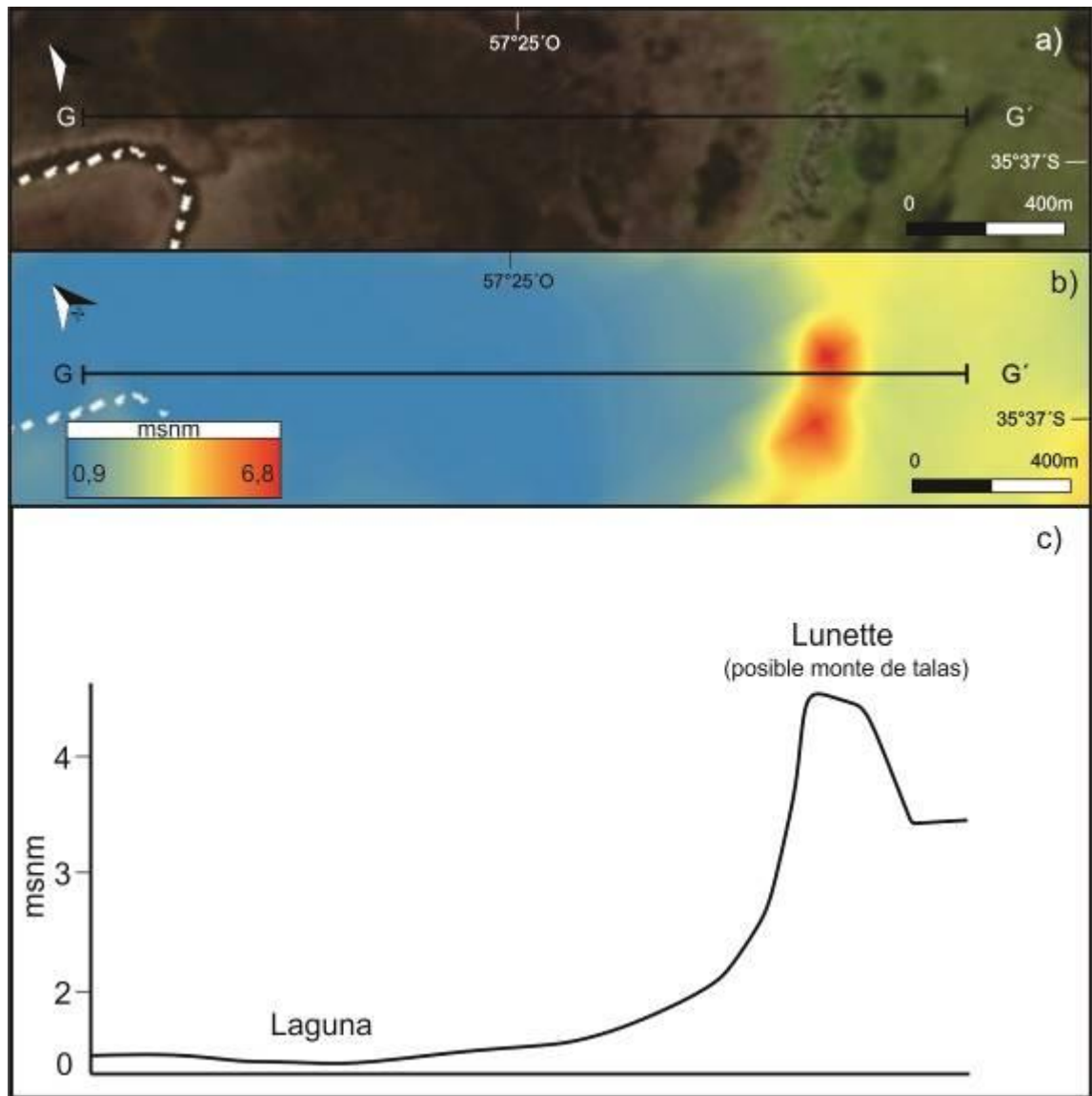


Figura 33. a) imagen satelital del sector donde se realizó el perfil. b) Mismo sector con el modelo de elevación digital superpuesto. c) Perfil topográfico G-G'.

9. Discusión

Las actividades antrópicas llevadas a cabo en un área determinada, transforman el paisaje natural (Haff, 2003). Los ambientes llanos como las llanuras costeras son fácilmente alterables debido a las modificaciones realizadas por el hombre (Volpedo et al., 2005; Besteiro, 2014). Diversos autores han analizado los parámetros que afectan la dinámica natural a lo largo de todo el litoral bonaerense, el cual se ve afectado por las modificaciones antrópicas (Bertolotti et al., 2004; D'Amico,

2008; Marcovecchio y Freije, 2004). En este sentido, las actividades llevadas a cabo como desmontes, minería, canalizaciones, rutas, caminos, reforestación de especies exóticas y cultivos en un sector de escaso relieve como el del área de estudio, modifican el paisaje hidrológico.

El desmonte del bosque nativo ha sido una de las primeras prácticas llevadas a cabo en el área. Esta actividad, si bien se inicia a principios del siglo XX, principalmente para el uso de la madera como leña (Parodi et al., 1940), expone el cordón conchil subyacente para posteriormente ser utilizado para otros fines. Luego de una intensa historia de uso antrópico (Parodi et al., 1940) los bosques de tala han cobrado relevancia desde el punto de vista de la conservación de las especies autóctonas (Stupino et al., 2015). El reciente reordenamiento territorial bonaerense de bosques nativos, declara 969.000 ha de bosque bajo la protección de la ley 14.888 (18/01/2017 B.O. 27952) la cual establece la conservación y el manejo sostenible de los bosques nativos (Diloreto, 2017). De esta manera, dichos bosques no pueden ser desmontados en su totalidad y deben dejar zonas con ejemplares inalterados. Sin embargo, durante los trabajos de campo se pudo observar que el desmonte continúa, poniendo en duda si existen los controles adecuados respecto a la ley. Por su parte, existen otros instrumentos legales que procuran proteger la región, siendo el principal el tratado internacional Ramsar (1971) que plantea la conservación y uso racional de los humedales. En este sentido, desde 1997 la Reserva Natural Integral Costa de Bahía Samborombón (9311 ha) fue declarado como un sitio Ramsar. Este es usado como reposo y reproducción de aves migratorias, además de ser una reserva de especies en peligro de extinción (Canevari et al., 1998) en donde gran parte del área de estudio se encuentra dentro de esta reserva. No obstante, la mayor parte de la superficie es propiedad privada y no existe una regulación por parte del estado.

La actividad minera, favorecida por el desmonte los bosques de tala, han generado drásticas modificaciones en el paisaje (García Cortez et al., 2009). Esta práctica minera de extracción de conchilla para utilizarlo como árido para la construcción, entre otros usos, tiene sus inicios en la primera etapa del siglo XX (Parodi et al., 1940; Tejada Tejada et al., 2011). Se destaca que esta actividad se ha incrementado progresivamente, acentuándose en la última década, observando una situación inversa respecto a la deforestación.

Existen escasos registros de los volúmenes de conchilla extraídos y de la superficie afectada por la actividad minera (Borzi, 2018; Cellone, 2019). Los datos más relevantes obtenidos para las canteras aledañas a la Ruta Provincial N° 11, fueron la extracción de 1.722.553 toneladas de conchilla entre los años 1997 y 2003 (Arrospide y Coriale, 2005). Esta remoción de los cordones litorales provoca una disminución en la cota de los cordones (Verruijt, 1968) y suaviza la topografía del terreno, comprometiendo las únicas reservas de agua dulce del sector (Tejada Tejada et al., 2011; Cellone, 2019).

Junto con el desmonte y la minería, se destacan las primeras canalizaciones, las cuales posiblemente se remontan a principios del siglo XX, como ser gran parte de las grandes obras de canalizaciones de la Bahía Samborombón como el Canal A, 1, 9, 15, entre otras. Las canalizaciones cortan transversalmente a unidades geomorfológicas muy contrastantes, como cordones conchiles y planicies de marea. Así mismo, las canalizaciones interceptan el nivel freático poco profundo del área (Borzi, 2018) y el agua dulce alojada en estos cordones, funcionando como una zona de descarga artificial, perdiendo gran parte del agua dulce de la zona.

Respecto a los escasos rasgos fluviales, se observó que el río Samborombón no se encontraba afectado por dichas canalizaciones en contra posición con la cañada Piñero que, si lo está. La identificación de dicha cañada en mapas antiguos, podría indicar que haya sido más activa que actualmente, drenando excedentes hídricos de la llanura costera. La realización de la canalización posiblemente haya interferido en su normal comportamiento, al interceptar el nivel freático poco profundo de la zona (Borzi, 2018), dicha canalización encauzaría el flujo superficial de la cañada, además del flujo subterráneo, situación descrita en áreas cercanas (Carol et al., 2014). Asimismo, esta cañada es afectada posteriormente por el acopio de material conchil, obstruyendo aun más el escurrimiento superficial, razón por la cual la escasa corriente observada en el campo sea producto de estas alteraciones. Las rutas son otro rasgo antrópico identificado en el sector (RP 11 y 36) que pueden afectar al escurrimiento superficial. Si bien la RP 11 está dispuesta de manera transversal al escurrimiento superficial y podría funcionar como barrera para el escurrimiento natural del agua (Auge, 2004), la misma se halla sobre un cordón conchil precedente, por lo que esta no sería la causa principal del retraso del

escurrimiento superficial. Respecto a la Ruta 36, la misma se encuentra sobreelevada por sobre la topografía local, cruza a la cañada Piñero con un puente y a antiguos canales de marea. Si bien modifica el paisaje notoriamente, el único rasgo fluvial que atraviesa es la cañada Piñero, la cual es de escasas dimensiones, por lo que no contribuiría a la obstrucción del drenaje superficial. Respecto al resto de los caminos rurales, estos son de escaso porte, y no modifican la topografía sustancialmente.

Por último, se destaca el uso de suelo observado, principalmente para pastoreo y cultivos, y para reforestación de sectores donde previamente había bosque nativo. Estos modifican notoriamente el paisaje, siendo la elección de los pobladores de plantar principalmente eucaliptos y/o pinos en los cordones conchiles previamente deforestados, un árbol de hoja perenne a diferencia de los talas. En este sentido, se destaca que la forestación de un ambiente llano, como es el sector estudiado, puede verse fuertemente afectado por esta actividad (Besteiro, 2014). Esto genera una perturbación en la dinámica natural del agua subterránea que se encuentra a escasos metros de profundidad, contribuyendo a una mayor infiltración en periodos húmedos y una mayor evapotranspiración en periodos secos (Besteiro, 2014; Panduro Ramírez, 2018), disminuyendo la reserva de agua dulce del sector, ya fuertemente afectada por la minería.

10. Conclusiones

El paisaje hidrológico de la llanura costera del Río de la Plata en el sector estudiado ha sido progresivamente modificado debido al accionar antrópico. Las diversas actividades desarrolladas en esta área variaron su intensidad acorde a lo largo de los 4 periodos de tiempo analizados. Se destaca que muchas de las actividades antrópicas modificaron el paisaje en la zona de estudio en la primera mitad del siglo XX, en tanto que otras lo hicieron posterior a dicho periodo y continúan actualmente.

Los desmontes se concentran con anterioridad a la década del '60 y fueron decayendo en intensidad en décadas siguientes ya que no quedaban grandes áreas las cuales pudieran ser desmontadas. Subsecuentemente la actividad minera fue en aumento de manera exponencial llegando a su pico máximo en el año 2016, en la cual se concentra la mayor parte de la actividad extractiva de la zona.

Los canales, en su mayoría, preceden a la década del '60 en su mayoría. En contraposición, la mayor parte de los caminos rurales, han sido construidos con posterioridad a dicho periodo. Al observar que gran parte de ellos presta conexión con desmontes y canteras, se concluye que los caminos rurales pueden haber sido construidos para acceder a dichas locaciones y los canales para retirar el agua de los alrededores. De igual manera las rutas provinciales 11 y 36 ya se encontraban presentes para el primer periodo analizado en este trabajo.

La reforestación antrópica con especies exóticas como el eucalipto y/o pinos, se realiza con fines económicos para la producción de leña, donde tiene inicios en la década del '60 y aumentando para la década del '80. Para este último periodo se destaca la presencia de vegetación sobre los lunettes, siendo posible una forestación natural de bosques nativos de tala.

Todas estas actividades descritas y analizadas, sin duda tienen una influencia directa en la dinámica natural de la región, afectando principalmente al paisaje hidrológico del área de estudio.

El presente trabajo es un primer acercamiento a la cuantificación de la actividad antrópica y como esta influye en el paisaje hidrológico natural en un sector del litoral del Río de la Plata. Se destaca que gran parte de las perturbaciones producidas a inicios del siglo XX aun continúan visibles, y desde la década del '60 a la actualidad se preservaron los mismos rasgos. En este sentido la llanura costera posee una baja resiliencia y la capacidad de volver a las condiciones naturales en un sistema con tan bajo relieve son escasas. Con el fin de revertir parte de la afectación producida en la llanura costera se proponen medidas como, la inserción de árboles nativos en cordones conchiles explotados y nivelados, contribuye a reintroducir de manera paulatina los bosques extraídos y a la comunidad autóctona que albergan. Además la redistribución de materiales de destape que obstruyen los rasgos fluviales, utilizándolo para contribuir al relleno de canteras aledañas las cuales hayan sido abandonadas, reestableciendo parcialmente la topografía original y devolviendo parte de la dinámica natural del sector.

11. Referencias

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., and Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039.
- Angelelli, V., Villa, J., y Suriano, J. M. (1973). Recursos minerales y rocas de aplicación de la provincia de Buenos Aires. In *Anales LEMIT. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)*.
- Arrospide, M. y Coriale, N. (2005). Yacimientos calcáreos organógenos de la zona costera de la provincia de Buenos Aires. *Relatorio del XXVI Congreso Geológico Argentino*, 16, 441.
- Arrowsmith, A. (1824). *Carta de la Provincia de Buenos Ayres*. Londres.
https://catalogo.bn.gov.ar/F/?func=direct&doc_number=001281872&local_base=GENER
- Auge, M. P., y Hernández, M. A. (1984). Características geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la llanura bonaerense. *Coloquio Internacional Hidrología de Grandes Llanuras*.
- Auge, M. P. (1986). Hydrodynamic Behavior of the Puelche Aquifer in Matanza River Basina. *Groundwater*.
- Auge MP, Hirata R, López Vera F (2004) Vulnerabilidad a la contaminación por nitratos del Acuífero Puelche en La Plata Argentina. E-book: 1–187. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Beauchard, O., Jacobs, S., Cox, T. J., Maris, T., Vrebos, D., Van Braeckel, A., y Meire, P. (2011). A new technique for tidal habitat restoration: Evaluation of its hydrological potentials. *Ecological Engineering*.
- Bertoni, M., y Bertolotti, M. I. (2005). Definición de indicadores ambientales para el sitio RAMSAR de Bahía Samborombon. In *VII Jornadas Nacionales y I Simposio Internacional de Investigación-Acción en Turismo*. Besteiro, S. I., y Rodríguez Vagaría, A. M. (2013). Redistribución de las precipitaciones sobre plantaciones forestales en un predio del partido de La Plata, Buenos Aires.
- Besteiro, S. (2014). *Evaluación de la influencia hidrológica de forestaciones en la llanura pampeana* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).

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

Braga, F., Carol, E., Tosi, L., y Kruse, E. (2014, September). Ecohidrología de un humedal intermareal antropizado: un estudio de caso en la Bahía de Samborombón (Argentina). In II° Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina, ISBN 978-987-692-039-1.

Brunsdon, D., y Thornes, J. B. (1979). Landscape sensitivity and change. Transactions of the Institute of British Geographers.

Caballé, M., Ganuza, D., Coriale, N., y Bravo Almonacid, M. (2005). Recursos arenosos en el delta del parana y litoral atlántico. Relatorio del XXVI Congreso Geológico Argentino.

Cabrera, A. L., (1968). Flora de la Provincia de Buenos Aires. Colección Científica del INTA, Buenos Aires.

Canevari, P., Blanco, D. E., Bucher, E. H., Castro, G., y Davidson, I. (1999). Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Wetlands International, 46.

Carol, E. S., Kruse, E. E., y Pousa, J. L. (2010). Eco-hydrological role of deep aquifers in the Salado sedimentary basin in the Province of Buenos Aires, Argentina. Environmental Earth Sciences, 60(4).

Carol, E. S., y Kruse, E. E. (2012). Hydrochemical characterization of the water resources in the coastal environments of the outer Río de la Plata estuary, Argentina. Journal of South American Earth Sciences, 37, 113-121..

Carol, E., Kruse, E. y Tejada Tejada, M. (2013). Surface water and groundwater response to the tide in coastal wetlands: assessment of a marsh in the outer Río de la Plata estuary, Argentina. J. Coast. Res. 65. Carol ES, Braga F, Kruse EE, Tosi L (2014) A retrospective assessment of the hydrological conditions of the Samborombón coastland (Argentina). Ecol Eng 67:223–237.

Cavallotto, J., L., Roberto Violante, y Gerardo Parker. (2004). Sea-Level Fluctuations during the Last 8600 Years in the de La Plata River (Argentina). Quaternary International).

Cellone, F., Elizalde, N., Tosi, L., y Carol, E. (2016). Identificación y delimitación de lentes de agua subterránea dulce en la planicie costera del Río de la Plata, Punta Indio, Buenos Aires, Argentina.

Cellone, F., Melo, M., y Carol, E. (2014). Geohidrología del extremo noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). E-ICES 10

Cellone, F., Borzi, G., y Carol, E. (2016) Balances hídricos y teledetección aplicados al estudio de inundaciones en la planicie costera del Río de la Plata, Punta Indio, Argentina 2° Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos Ambientales y Gestión de Riesgos - 2° Jornada Nacional de Riesgo Urbano

Cellone, F., Elizalde, N., Tosi, L., y Carol, E. (2016). Identificación y delimitación de lentes de agua subterránea dulce en la planicie costera del Río de la Plata, Punta Indio, Buenos Aires, Argentina.

Cellone, F. A. (2019). Evaluación de los recursos hídricos en un sector de la planicie costera del Río de la Plata (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

Conzonno, V., P. Miretzky y A. Fernández Cirelli. 2001. The impact of made hydrology on lower stream bed of the Salado River drainage basin (Argentina). *Environmental Geology* 40: 968 - 972.

D'amico, G. (2008). Fragilidad de los espacios litorales. Lineamientos para comprender el proceso de erosión costera potenciada por factores antrópicos en la localidad bonaerense de Mar del Tuyú. In X Jornadas de Investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía 6 y 7 de noviembre de 2008 La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Geografía.

D'amico, G. (2020). Análisis de las transformaciones en la dinámica costera en el estuario del Río de La Plata, entre Berisso y Punta Rasa, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata.

Dangavs, N. V. (2005). La formación La Postrera I, II, III y IV de la laguna Las Barrancas de Chascomús, provincia de Buenos Aires.

Dangavs, N. (1979). Presencia de dunas de arcilla fósiles en la Pampa Deprimida. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34(1), 31-35.

Dalla Salda, L. (1981). El basamento de la isla Martín García. Río de La Plata. Revista Asociación Geológica Argentina.

De Moussy, V., M., (1866). Carte de la Province de Buenos-Ayres et des regions voisines. Grave par L. Kautz, r. Bonaparte 82 - Paris. Paris - Imp. Lemercier, r. de Seine 57. (Paris Librairie de Firmin Didot Freres, Fils et Cie., 1873)

Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (1976). APROBACION DE LA TRAZA R.P.11-TRAMO: MAGDALENA-PUNTA INDIO.- PARTIDO: MAGDALENA.-

2410-8-637/76Doody, J. P. (2004). 'Coastal squeeze' an historical perspective.

Journal of Coastal Conservation. Diloreto, A. G. (2017). El ordenamiento territorial en las leyes bonaerenses recientes de feedlot y conservación y manejo sostenible de los bosques nativos. In *IV Congreso Nacional de Derecho Agrario Provincial (Salta, 2017)*.

Elizalde N.; Cellone F.; y Carol E., (2015). Mapeo de lentes de agua dulce en el litoral del partido de Punta Indio. 5° Congreso de Ciencias Ambientales.

EOC Geoservice. (2019). "The Tandem-X 90m Digital Model." Accessed June 26 2019. <https://geoservice.dlr.de/web/dataguide/tdm90/>

Fidalgo, F., y Martinez, O. (1983). Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Revista Asociación Geológica Argentina.

Fidalgo, F., Colado, U. R., y De Francesco, F. O. (1973). Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Provincia de Buenos Aires). In *V Congreso Geológico Argentino*.

Fidalgo, F. (1975). Geología superficial de la llanura bonaerense. In *Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geológico Argentino, Relatorio, Baha Blanca, 1975*.

Frenguelli, J. (1950). Rasgos generales de la morfología y geología de la provincia de Buenos Aires. Provincia de Buenos Aires, Ministerio de Obras Publicas de la Provincia de Buenos Aires. Lab. Ensayos Materiales Invest. Tecnol. (LEMIT).

Fucks, E. E., Schnack, E. J., y Aguirre, M. L. (2010). Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la Bahía

Samborombón, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67.

Fucks, E., Pisano, F., Carbonari, J., y Huarte, R. (2012). Aspectos geomorfológicos del sector medio e inferior de la Pampa Deprimida, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Geológica de España*.

García Cortéz, M., Pérez, CA, Pressuti, M. y Arturi, M. (2009). Cambios en la superficie boscosa y biomasa forrajera en los talares de Magdalena y Punta Indio. Parque Costero del Sur: Magdalena y Punta Indio (J Athor, ed.). Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires , 92-103.

Gómez, M. E., Gaspari, F. J., Perdomo, R. A., Simontacchi, L. E., Medina, F. A. M., Vagaria, A. M. R., y Senisterra, G. E. (2017). Modelos digitales de elevación: correcciones altimétricas para uso hidrológico en áreas de llanura. *Acta geológica lilloana*.

Goya, J., Placci, G., Arturi, M., y Brown, A. (2017). Distribución y características estructurales de los Talares de la reserva de biosfera" Parque Costero del Sur". *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*.

Groeber, P. (1945). Las aguas surgentes y semisurgentes del norte de la Provincia de Buenos Aires. *Revista La Ingeniería*.

Haff, P. K. (2003). Neogeomorphology, prediction, and the anthropic landscape. *GEOPHYSICAL MONOGRAPH-AMERICAN GEOPHYSICAL UNION*, 135, 15-26.

Hernández Santana, J. R., Ortiz Pérez, M. A., Méndez Linares, A. P., & Gama Campillo, L. (2008). Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. *Investigaciones geográficas*, (65), 7-21.

Hofton, M., Dubayah, R., Blair, J. B., Rabine, D. (2006). Validation of SRTM elevations over vegetated and non-vegetated terrain using medium footprint lidar. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(3), 279-285.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4(1), 1-23..

Introcaso, A., y Ramos, V. (1984). La cuenca del Salado: un modelo de evolución aulacogénica. In IX Congreso Geológico Argentino.

INDEC (2010) "http://www.indec.gov.ar/censo2001s2_2/Datos/07000LC121.xls"

Kiamehr, R., Sjöberg, L. E. (2005). Effect of the SRTM global DEM on the determination of a high-resolution geoid model: a case study in Iran. *Journal of Geodesy*, 79(9), 540-551.

Kruse, E., Laurencena, P. C., Deluchi, M., Varela, L. B., Albina, L. C., y Rosales, E. (2003). Relación hidroquímica superficial-subterránea en cuencas de llanura. In III Congreso de Hidrogeología, I Seminario Hispano-Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea.

Laurencena, P. C., Kruse, E., Rojo, A., Deluchi, M., y Carol, E. (2005). Variaciones de niveles freáticos en la cuenca del Arroyo El Pescado (Provincia de Buenos Aires). In XVI Congreso Geológico Argentino.

Marcomini, S. C., y López, R. A. (2004). Generación de nuevos ecosistemas litorales por albardones de relleno en la costa de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*.

Marcovecchio, J. E., y Freije, H. (2004). Efectos de la intervención antrópica sobre sistemas marinos costeros: el estuario de Bahía Blanca.

Merino, M. L. (2003). Dieta y uso de hábitat del venado de las pampas, *Ozotoceros bezoarticus celer* Cabrera 1943 (Mammalia-Cervidae) en la zona costera de Bahía Samborombón, Buenos Aires, Argentina. Implicancias para su conservación. Implicancias para su conservación, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Melo, M., Carol, E., y Kruse, E. (2012). Cambios geomorfológicos en la Planicie Costera del Río de La Plata: Implicancias en la relación agua superficial-agua subterránea. In Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología.

Martínez, O. R., M Hurtado, A., M., y Giménez, J., E. (2006). Caracterización ambiental de los humedales costeros del Río de La Plata. Provincia de Buenos Aires, Argentina.. *Revista UnG – Geociências* V.5, N.1, 2006.

Panduro Ramírez, C. E. (2018). Impacto de las plantaciones de “eucalipto torrellano” (*Eucalyptus torreliano*) y “eucalipto salignas” (*Eucalyptus salignas*) sobre el contenido de humedad del suelo, en el centro poblado de César Vallejo, provincia de Rioja, región San Martín.

Parodi, L. (1940). La distribución geográfica de: Los talaes en la Provincia de Buenos Aires. *Darwiniana*, 4(1), 33-56. Retrieved May 15, 2020, from www.jstor.org/stable/23210032

Pereyra, F. (1999). La Ciudad de Buenos Aires y las inundaciones: una aproximación geoambiental. *Revista Ciencia Hoy*, 9(50).

Quesada, A. y Cadelli, E. (2012). Hacia una clasificación de los municipios bonaerenses. Documento de trabajo DPEPE, (04).

Ramsar, C. (1971). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. *Ramsar*, 2, 1971.

Rolleri, E. O. (1975). Provincias geológicas bonaerenses. In *Relatorio VI Congreso Geológico Argentino*.

Santa Cruz, J. N. (1970). Estudio sedimentológico de la Formación Puelches, Buenos Aires (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).

Sala, J., González, N., y Hernández, M. (1978). Efectos de una barrera hidráulica natural en las aguas subterráneas del litoral de la Bahía de Samborombón. *Obra del Centenario del Museo de La Plata*.

Sala, J. M. (1972). Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. EASNE-CFI. Serie. Téc.

Susuki, D. ¿ Qué es la resiliencia? PermaCultura-es, 2010. Consultado en Abril del 2017.

Stupino, S. A., Arturi, M. F., & Frangi, J. L. (2015). Estructura del paisaje y conservación de los bosques de *Celtis tala Gill ex Planch* del NE de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 37-45.

Tarolli, P., Vanacker, V., Middelkoop, H., y Brown, A. G. (2014). Landscapes in the Anthropocene: State of the art and future directions. *Anthropocene*.

Tejada Tejada, M.; Carol, E.;y Kruse, E. (2011). Límites y potencialidades de las reservas de agua dulce en el humedal de la Bahía de Samborombón, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*.

Teruggi, M. E. (1957). The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Research*, 27(3), 322-332.

Violante, R., A. (1988). Geología de la planicie costera entre Villa Gesell y Faro Querandí, Provincia de Buenos Aires (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).

Violante, R., A., Parker, G. y Cavallotto, J.L. (2001). Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*.

Volpedo, A. V., Yunes, T., y Fernández Cirelli, A. (2005). El humedal mixohalino de Bahía Samborombón: conservación y perspectivas. *Humedales Fluviales de América del Sur. Hacia un manejo sustentable*. J. Peten y J. Cappato (comp.).

Woods, D. D. (2015). Four concepts for resilience and the implications for the future of resilience engineering. *Reliability Engineering & System Safety*, 141, 5-9.

Yrigoyen, M. R. (1975). Geología del subsuelo y plataforma continental. In *Relatorio 6º Congreso Geológico Argentino* (pp. 139-168).