ANTIGUAS ¨ MINAS DE ARENA ¨ Y DAÑOS EN OBRAS (TANDIL, PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

Gentile, Rodolfo Osvaldo[1,2] - **Calle 45 Nº 888 (entre 12 y 13), cuarto piso Dto. "A". La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires. E-mail:** ogentile@way.com.ar
Villalba, Horacio Alejo[2]

[1] Cátedra de Geomorfología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (Universidad Nacional de La Plata.

[2] Cátedra de Geomorfología y Geología del Cuaternario, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro (Provincia de Buenos Aires).

Resumen

Durante parte del siglo XX se explotaron en distintos sectores del subsuelo de la ciudad de Tandil depósitos fluviales que eran utilizados en la industria de la construcción. Como consecuencia de aquella actividad, la que pudo haberse iniciado a finales del siglo XIX se generó un conjunto de excavaciones subterráneas conocidas localmente como ¨ minas de arena ¨. La información obtenida de perforaciones, fuentes escritas locales y consultas a habitantes de la ciudad citada permitió diferenciar al menos cinco sectores con ¨ minas de arena ¨ ubicados dentro del ejido urbano y adyacencias. Allí, la presencia de las galerías subterráneas favoreció el desarrollo de procesos de remoción en masa (colapsos por cavidad y asentamientos). Dichos procesos que generaron un conjunto significativo de daños en distintos tipos de obras involucran: colapsos debido a la presencia de cavidades registrados en viviendas y calles de la ciudad, asentamientos en viviendas y una pista local de aterrizaje de pequeña envergadura; fracturas de distinto tipo, inclinación de marcos de puertas y ventanas, problemas de cierre, despegue de pisos, derrumbes de pozos ciegos, demolición de parte o de la totalidad de viviendas e inconvenientes durante la etapa de construcción de algunos edificios. Como consecuencia de aquellos se produjeron lógicos perjuicios económicos y dificultades en el normal desenvolvimiento de actividades. Un conjunto de medidas que podría ser implementado, tendría como objetivo alcanzar un conocimiento más detallado acerca de la distribución, desarrollo y estado de las ¨ minas de arena ¨, lo que contribuiría al establecimiento de pautas de planificación y a la prevención de problemas derivados de la construcción en zonas afectadas por las mismas.

Palabras clave: ¨ minas de arena ¨, colapsos, asentamientos, daños en obras.

Abstract

Towards the end of the 19 century, fluvial sand deposits began to be exploited for building purposes in some underground areas in the city of Tandil. This activity continued during part of the 20 century and was responsible for the presence of a set of underground excavations, locally known as sand mines, which can be located at several points within the city. Information obtained from drillings as well as from oral and written local sources were used to identify at least five areas with sand mines in the city and its surroundings. The existence of underground galleries has driven cavity collapse and settlement processes. These processes have been directly or indirectly responsible for extended damage caused to different structures. These damages include: cracks of different type, tilting of doors and windows, floor collapse in houses and streets, in holes for sewage disposal, and in a small local landing field. Some houses had to be partially or completely demolished, and there have been problems during the construction stage of several buildings. A

more detailed knowledge of the location and present condition of the sand mines would contribute to establish a set of rules to prevent any possible problems arising from building in those zones affected by them.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad minera que en el partido de Tandil se ha desarrollado desde el siglo XIX tiene en las rocas de aplicación las principales explotaciones. Dentro de estas últimas, la producción corresponde básicamente a la extracción y beneficio de ¨ granitos ¨ los que constituyen los materiales básicos de la actividad minera de Tandil, representando este partido una de las áreas de mayor producción de rocas graníticas (fundamentalmente piedra partida) de la provincia (Tessone y Marchionni, 2000). Con el ¨ granito ¨, nombre genérico que Angelleli (1975) utilizara para agrupar rocas ígneas y metamórficas del basamento cristalino, se inicia la producción minera en dicha ciudad hacia 1870 mediante la extracción de aquella roca para construcción de adoquines y cordones (Caballé y Kirilovsky, 2004), la que era explotada del cerro de los Leones (Caballé et al. 2004). A la antigua elaboración artesanal de adoquines y cordones continuó la producción de triturados (Caballé et al. 2005). Actualmente y vinculado con la explotación de rocas ornamentales la producción de adoquines, granitullo, lajas y bloques irregulares se realiza en forma artesanal (Echeveste et al. 2005) desarrollándose la extracción en canteras a cielo abierto, muchas de ellas en las proximidades de la ciudad. Asimismo, materiales producto de alteración química, originados a partir de rocas del basamento cristalino, conocidos localmente como arena de cantera, fueron y son utilizados con distintas aplicaciones en la industria de la construcción de dicha ciudad.
No obstante, durante parte del siglo XX, fue una práctica algo común dentro del actual ejido urbano y alrededores de la ciudad, la extracción esencialmente de arenas fluviales ubicadas en el subsuelo e integrantes conjuntamente con depósitos predominantemente limosos de los denominados Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al. 1975). Aquella actividad, que podría haberse iniciado hacia finales del siglo XIX (Pérez, 2000) y que era llevada a cabo indistintamente por particulares como asimismo por pequeños emprendimientos, dejó como resultado de las labores, un conjunto no determinado de galerías subterráneas en distintos sectores de la ciudad, conocidas localmente como ¨ minas de arena ¨.
El objetivo del trabajo se vincula con la caracterización general de dichas ¨ minas de arena ¨, las que fueron reconocidas en algunos sectores del subsuelo de la ciudad de Tandil y la incidencia que han tenido en distintos tipos de obras realizadas por el hombre. Esta localidad, ubicada en el sector central del cordón serrano de Tandilia (Nágera, 1940), se encuentra en la zona centro de la Provincia de Buenos Aires y tiene como coordenadas geográficas: 59º 08´ 00´´ de Longitud Oeste y 37º 19´30´´ de Latitud Sur (Fig. 1).
Durante el desarrollo del trabajo fueron utilizados mapas topográficos del Instituto Geográfico Militar confeccionados en escala 1:50.000 (Tandil: 3760-23-4 y Sierra del Tandil: 3760-29-2) y otros de mayor detalle correspondientes al ejido urbano y alrededores. La información respecto a la ubicación de las ¨ minas de arena ¨ como asimismo los daños ocasionados, fueron obtenidos principalmente a partir de notas registradas en periódicos de aquella localidad, informes técnicos, consultas efectuadas a vecinos y observaciones propias.

2. GEOLOGÍA

La geología del área está representada por dos conjuntos rocosos claramente diferenciables: Basamento cristalino y Cubierta Sedimentaria de edad Cenozoico superior (Tabla 1).
El Basamento cristalino desarrollado en Tandilia fue denominado Complejo Buenos Aires (Marchese y Di Paola, 1975). Hacia el este de la ciudad de Tandil, metamorfitas de bajo grado con afinidades oceánicas fueron agrupadas como Formación El Cortijo (Teruggi et al. 1988). En el área

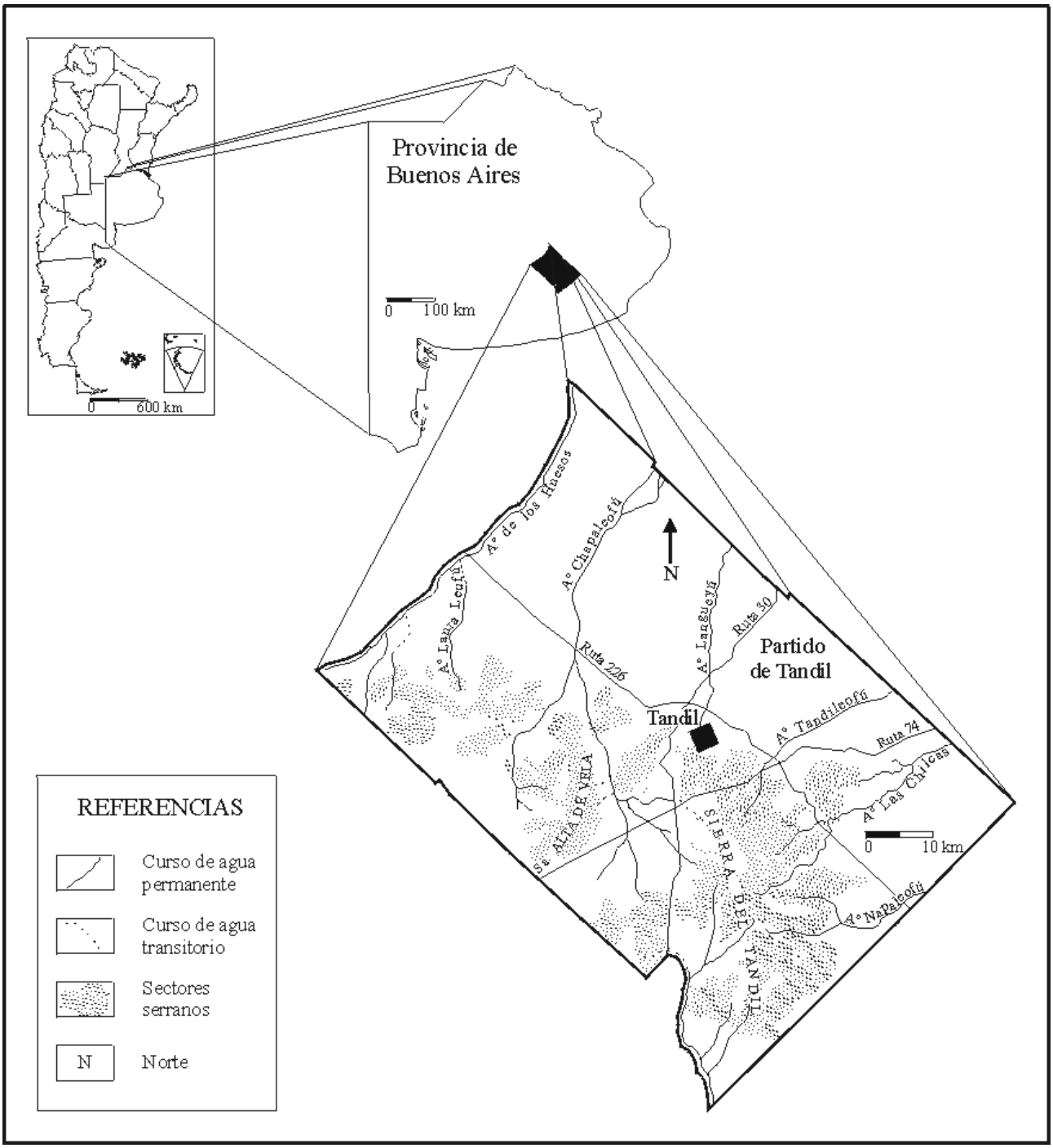

Figura 1: Ubicación del área.

de la ciudad y adyacencias Dalla Salda (1999) mapea migmatitas, granitoides, milonitas y metavulcanitas.

La Cubierta Sedimentaria de edad Cenozoico superior que se desarrolla en el sector de estudio está integrada por secuencias de génesis continental que fueron agrupadas por Rabassa (1973) como Formación Barker, Formación Vela, Formación Las Animas, Formación Tandileofú y Aluvio.

Los depósitos de la Formación Barker de acuerdo al autor citado, se componen de limolitas castaño rojizas, arcillosas, sin estratificación aparente, muy homogéneas lateralmente y compactas. En general carece de carbonato de calcio en su masa a excepción de muñecos de tosca, algunos de grandes dimensiones. Presenta además impregnaciones ferruginosas diseminadas en la masa y

subyace a los depósitos de la Formación Vela. Siguiendo con el autor, esta última, se trata de una limolita color castaño claro, relativamente compacta, que presenta en algunos casos depósitos arenosos en su base y hacia los términos superiores un importante manto de tosca. Carece normalmente de estructuras, pero algunos niveles presentan estratificación, con alternancia de niveles pelíticos y arenosos.
La Formación Las Animas está integrada por limos arenosos de color castaño amarillento, sin estructuras ni estratificación, con escaso carbonato de calcio, el cual está generalmente ausente. Los depósitos tienen un aspecto loéssico muy marcado y se presentan totalmente sueltos (Rabassa, 1973). La unidad es homogénea, pudiendo diferenciarse en su masa clastos de tamaño psefita preferentemente de basamento cristalino y tosca y constituye el material a partir del cual se desarrollan los principales suelos del área.

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	AUTOR	EDAD	
Aluvio	Rabassa (1973)	Reciente	Cubierta Sedimentaria del Cenozoico superior
Formación Tandileofú	Rabassa (1973)	Pleistoceno superior	
Formación Las Animas	Rabassa (1973)	Pleistoceno superior y Reciente	
Formación Vela	Rabassa (1973)	Pleistoceno medio	
Formación Barker	Rabassa (1973)	Plioceno – Pleistoceno Inferior ?	
Formación El Cortijo	Teruggi et al. (1988)	Proterozoico	Basamento cristalino
Complejo Buenos Aires	Marchese y Di Paola (1975)	Precámbrico	

Tabla 1: Unidades estratigráficas en el área de estudio.

Fuera del sector de trabajo, depósitos fluviales integrantes de la Formación Tandileofú, fueron identificados en el arroyo homónimo. Allí, integran un miembro inferior arenoso a sabulítico de color castaño y uno superior limo arcilloso, verde a gris verdoso (Rabassa, 1973). El Aluvio, diferenciado en distintos cursos en el área se integra principalmente por arenas y limos arcillosos.
Considerando la Cubierta Sedimentaria de edad Cenozoico superior, las tres primeras unidades descriptas presentan el máximo desarrollo, siendo la Formación Las Animas la unidad de mayor distribución superficial.

3. CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE Y DRENAJE

Las principales características del relieve en el área (Figs. 2 y 3), integran dos sectores bien definidos. Uno de ellos, correspondiente al de mayor relieve y elaborado principalmente en rocas del basamento cristalino, se ubica preferentemente hacia el sur de la ciudad, mientras que manifestaciones menores se diferencian en parte de los extremos este y oeste. En el sector considerado, se ubican los principales cerros y serranías integrantes de las denominadas Sierras de Tandil. Las mayores alturas se ubican en los cerros Parque Independencia (286,5 m), La Movediza (294,6 m), Los Nogales (314,9 m), El Centinela (330 m aproximadamente), Sierra del Tigre (389 m) y cantera Montecristo (396 m), mientras que en cercanías de la cantera Albión en el sector este del área la altura máxima se ubica en el Cerro La Blanca con 501,9 metros.

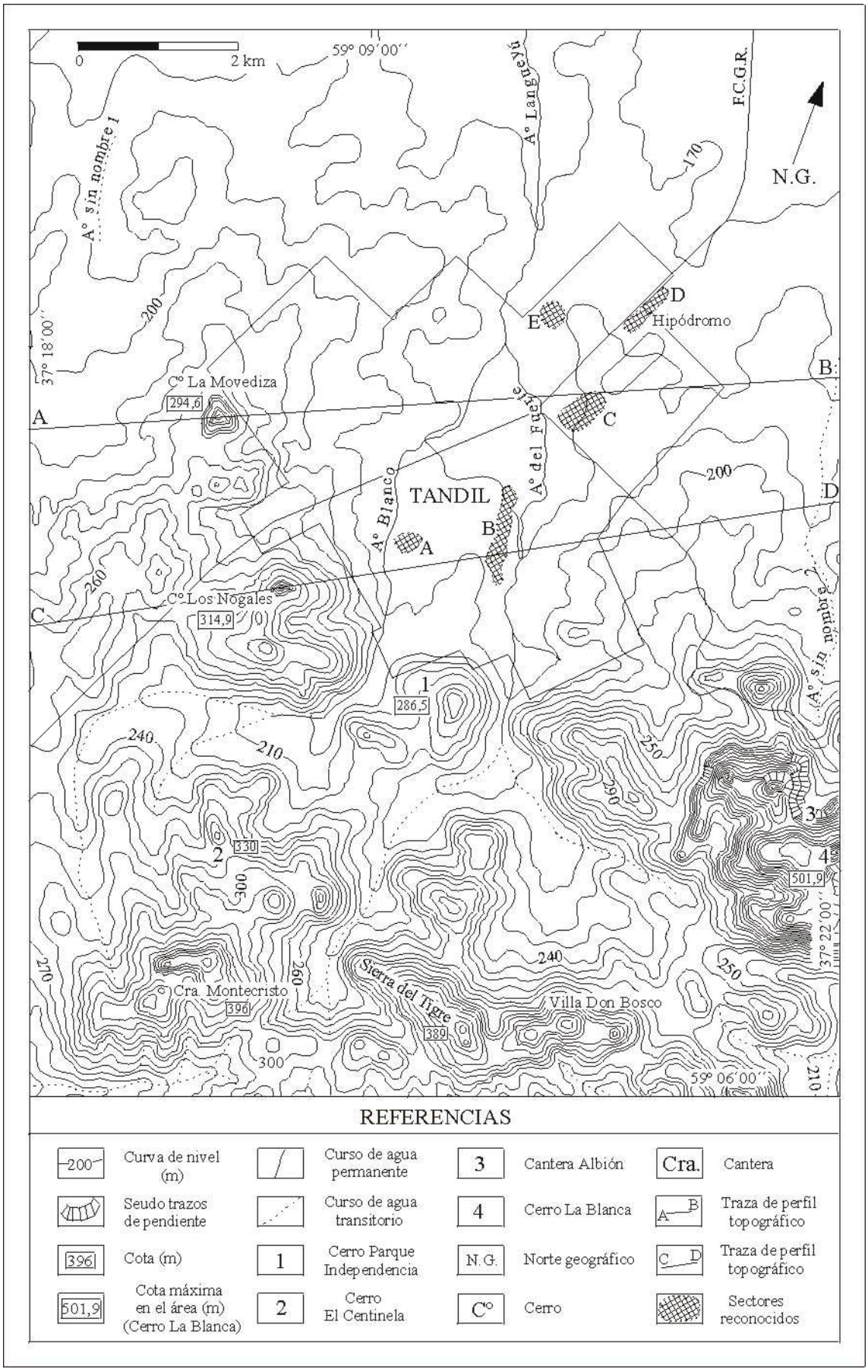

Figura 2: Principales características fisiográficas del área.

A partir de un frente serrano ubicado en alrededor de los 200 – 230 m, se accede al sector restante de relieve más suave, desarrollado principalmente hacia el extremo norte del área. En este ámbito, donde se encuentra una gran parte del ejido urbano de la ciudad de Tandil, se diferencian lomadas integradas principalmente por depósitos de las formaciones Barker, Vela y Las Animas. En ocasiones son alargadas en dirección aproximada norte – sur las que van disminuyendo gradualmente de altura a partir del frente serrano y en otras equidimensionales las que suelen presentarse aisladamente. Si bien el basamento cristalino en este ámbito puede integrar escasos afloramientos menores, la masa fundamental se ubica por debajo de depósitos del Cenozoico superior. El relieve local (Summerfield, 1991) entre ambos sectores dentro del área es de aproximadamente 341 m (Fig. 3).
En el área cercana a la ciudad el escurrimiento superficial se concentra principalmente en las cuencas de drenaje del Aº Blanco y Aº del Fuerte, las que presentan un desarrollo superficial de aproximadamente 30 km^2 cada una.

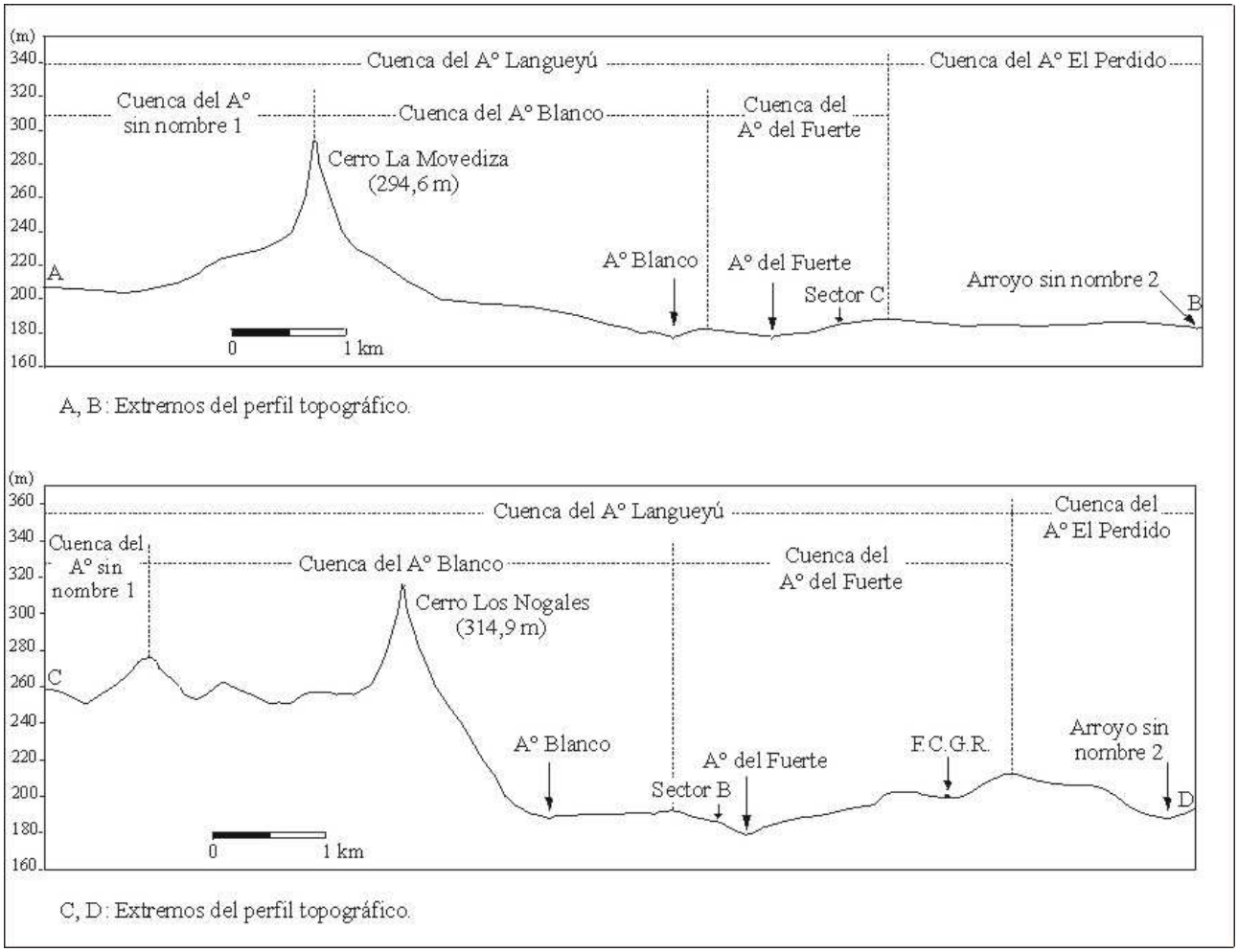

Figura 3: Perfiles topográficos.

Las divisorias de dichas cuencas se desarrollan en el ámbito serrano de mayor relieve, sobre cerros y lomadas elaborados mayoritariamente en rocas del basamento cristalino; mientras que en el sector de menor relieve se ubican básicamente en lomadas con cobertura sedimentaria del Cenozoico superior, coronadas principalmente por depósitos correspondientes a la Formación Las Animas.
La red de drenaje de mayor grado de desarrollo en la zona serrana, presenta dentro de la ciudad dos colectores importantes; Aº Blanco y Aº del Fuerte. El primero presenta en la zona de mayor relieve una pendiente longitudinal cercana al 2%, mientras que, una pendiente de mayor valor

(aproximadamente 7%) caracteriza al Aº del Fuerte en el mismo ámbito. Ambos cursos en el sector de menor relieve van disminuyendo la pendiente desde las proximidades del frente serrano (alrededor de 0,5%) hacia las partes distales bajas (aproximadamente 0,4%).
Dichos colectores en gran parte entubados en su recorrido a través de la ciudad, confluyen para formar el Aº Langueyú en la zona de menor relieve, a unos 4 - 5 km aproximadamente del frente serrano. Por su parte, la distancia máxima desde el sector de confluencia de ambos cursos para formar el Aº Langueyú hasta la zona de cabeceras es de algo menos de 10 kilómetros.
La acción fluvial ha modelado valles mejor desarrollados en el ámbito de mayor relieve, allí presentan laderas de valles con valores frecuentes en la cuenca de drenaje del Aº del Fuerte comprendidos entre alrededor del 12% al 25%, esta última en sectores de cabeceras; mientras que en la cuenca del Aº Blanco son comunes valores cercanos al 12% - 15%. Estas pendientes de laderas, contrastan marcadamente con aquellas registradas en la zona de menor relieve, donde en él Aº Langueyú, hacia las partes distales del sector son menores en general al 1%.

4. CARACTERÍSTICAS DE LAS ¨ MINAS DE ARENA ¨ Y ASPECTOS RELACIONADOS

A partir de la información obtenida de distintas fuentes consultadas y observaciones propias, se ha podido conocer un conjunto de características de las denominadas ¨ minas de arena ¨ tales como ubicación, dirección, extensión, desarrollo, forma y profundidad a la cual se ubican, como asimismo algunos datos respecto a la altura, ancho, aspecto morfológico superficial generado como consecuencia de las antiguas extracciones y edad.
Con respecto a la ubicación, las minas citadas fueron diferenciadas principalmente en cinco sectores: A, B, C, D, E (Figs. 2 y 4) del área urbana y suburbana de la ciudad desarrollados en el ámbito de suave relieve e integrando parte de las cuencas de drenaje de los arroyos Blanco, del Fuerte, Langueyú y Perdido. En dichas figuras, las líneas de trazos que los limitan tienen simplemente como objetivo agrupar el conjunto de datos obtenidos, ya que nueva información modificará dichos límites y quizás permitirá establecer nuevos sectores.
Un detalle de la ubicación y las distintas fuentes consultadas se muestra en las Tablas 2 y 3, en estas además se colocaron algunas localidades (en adelante L) con evidencias de depósitos fluviales integrantes de los Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al. 1975), los que fueron reconocidos fuera (perforaciones y afloramiento) y dentro de los sectores diferenciados (perforaciones y excavación). Adicionalmente, en la Tabla 4 se muestran algunos datos respecto a aquellos diferenciados en L7.
El Sector A, se ubica en la margen derecha del Aº Blanco en un área comprendida aproximadamente por las calles Garibaldi, 14 de Julio y Avenida España. Las evidencias de ¨ minas de arena ¨ se encuentran entre unos 150 -300 m del curso mencionado.
El Sector B, se reconoce en la margen izquierda del Aº del Fuerte, en un área determinada aproximadamente por las calles Gral. Paz y Belgrano hasta las calles Gral. Roca y Las Heras. Presenta una extensión cercana a los 1000 m estando ubicadas las manifestaciones de ¨ minas de arena ¨ entre unos 150 - 350 m del arroyo antes citado.
El Sector C, se encuentra en la margen derecha del Aº del Fuerte, específicamente desde el extremo sur del predio del Hipódromo de la ciudad, hasta las adyacencias de la calle Primera Junta, a unos 400 m al suroeste de la Ruta Nacional 226. Las evidencias de las minas varían entre unos 200 - 1000 m del arroyo mencionado.
El Sector D, se diferencia en la margen derecha del Aº Langueyú, hacia el norte y oeste del predio del hipódromo. En este sector, las ¨ minas de arena ¨ se ubican a aproximadamente 1300 – 1500 m del arroyo citado.
El sector E, al igual que el anterior, se ubica en la margen derecha del Aº Langueyú, en las cercanías de la Fábrica La Tandilera. Las evidencias de ¨ minas de arena ¨ se ubican a unos 350 - 400 m de dicho curso.

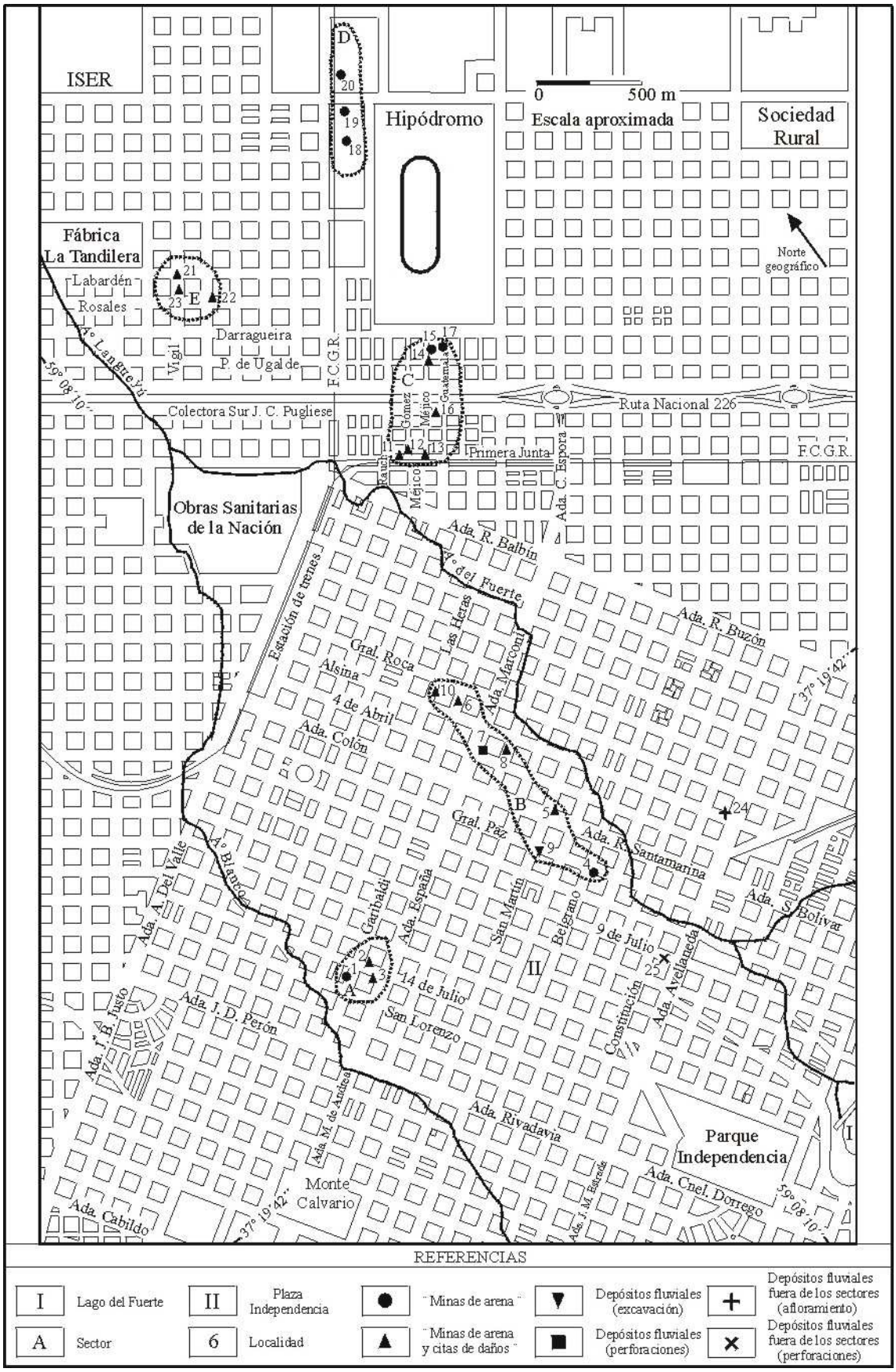

Figura 4: Ubicación de ¨ minas de arena ¨, depósitos fluviales y daños / problemas en obras.

Sector	Localidad	Fuente de obtención de los datos	Ubicación	Tipo de obra
A	1	Vecino	Calle Garibaldi entre calles San Lorenzo y 14 de Julio	Casa particular
	2	Vecino	Calle 14 de Julio casi esquina calle Garibaldi	Casa particular
	3	Vecino	Esquina de calles Avenida España y 14 de Julio	Estación de servicio (Etapa de construcción)
B	4	Vecino	Esquina de calles Gral. Paz y Belgrano	Casa particular
	5	Vecino	Esquina de calles Avenida Santamarina y San Martín	Edificio en propiedad horizontal
	6	Pérez (2000, 2003)	Calle Garibaldi entre calles Gral. Roca y Alsina	Calle
	7 (■)	Villalba (2003)	Esquina de calles Avenida Marconi y 4 de Abril	Casa particular no habitada
	8	Vecino	Calle Mitre entre calles 4 de Abril y Alsina	Casa particular
	9 (▼)	Observaciones propias	Esquina de las calles Gral. Paz y San Martín	Edificio en propiedad horizontal (Etapa de construcción)
	10	Vecino	Calle Las Heras entre calles Alsina y Gral. Roca	Calle y casa particular
C	11	Diario Nueva Era -Tandil- (1973)	Calle Primera Junta entre calles Méjico y Rauch	Calle
	12	Diario Nueva Era -Tandil - (2002)	Esquina de calles Primera Junta y Gómez	Parte de casa y vereda Barrio FATICA
	13	Diario Nueva Era -Tandil- (2002)	Cercanías de Localidad 12	Barrio FATICA
	14	Villalba (1998 a, b)	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Escuela Nº 47
		Diario Nueva Era -Tandil- (1998 a, b)		
		Diario El Eco de Tandil (2005 b)	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Escuela Nº 47
		Diario Nueva Era -Tandil- (2005)	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Escuela Nº 47
	15	Villalba (1998 b)	Calle Méjico entre P. de Ugalde y Darragueira.	Terrenos adyacentes a la Escuela Nº 47

Tabla 2: Ubicación de ¨ minas de arena ¨. Depósitos fluviales detectados a partir de perforaciones (■). Depósitos fluviales observados en excavación (▼).

Sector	Localidad	Fuente de obtención de los datos	Ubicación	Tipo de obra
C	16	Vecino	Calle Colectora Sur J. C. ugliese entre calles Méjico y Guatemala	Quinta El Remanso
	17	Vecino	Calle Guatemala entre calles Darragueira y P. de Ugalde	Casa particular
D	18	GEA (2004)	Frente al Hipódromo	Terrenos baldíos
	19	Observaciones propias	Frente al Hipódromo	Terrenos baldíos
	20	Observaciones propias	Frente al Hipódromo	Terrenos baldíos / pista local de aterrizaje
E	21	Villalba (1998 c)	Zona de Fábrica La Tandilera	Casas en Barrio Autoconstrucción Municipal (= Barrio La Tandilera)
		Diario Nueva Era -Tandil- (2003)	Zona de Fábrica La Tandilera	Barrio La Tandilera
		Diario El Eco de Tandil (2005 a)	Zona de Fábrica La Tandilera	Barrio La Tandilera
	22	Vecino	A unos 150 m del Barrio La Tandilera	Casa particular
	23	Vecino	Calle Vigil entre calles Rosales y Labardén	Casa particular
Fuera de los sectores	24 (+)	Rabassa (1973)	Esquina de calles Alsina y Avenida Avellaneda	Casa particular
	25 (×)	Observaciones propias	Calle 9 de Julio entre calles Constitución y Avenida Avellaneda	Casa particular

Tabla 3: Ubicación de ¨ minas de arena ¨. Depósitos fluviales en afloramiento (+). Depósitos fluviales en perforaciones (×).

Sector	Localidad	Fuente de obtención de los datos	Ubicación	Perforación	Profundidad al techo de los depósitos fluviales desde la superficie (m)	Espesor de los depósitos fluviales (m)
B	7	Villalba (2003)	Esquina de calles Avenida Marconi y 4 de Abril	1	2	4
				2	2,2	1,5
				3	2,2	0,95
				4	2,3	0,80

Tabla 4: Depósitos fluviales detectados a partir de perforaciones.

Los sectores diferenciados, muestran en conjunto una dirección principal predominante sur – norte, con una extensión máxima entre los extremos de los sectores A y D de aproximadamente 4,5 kilómetros. Esta es también la dirección general del Aº del Fuerte a lo largo de un trayecto de aproximadamente 4 km, desde las cercanías del Parque Independencia hasta las proximidades de la calle Primera Junta, estando además en parte de este recorrido y desarrollado paralelamente al citado curso la totalidad del Sector B (Figura 4). A partir de dicha calle, mientras que el curso del arroyo se desvía hacia el noroeste por un trayecto de unos 500 m, los sectores C y D en conjunto adquieren una dirección nor-noreste / sur-sureste.
Algunas dimensiones de las ¨ minas de arena ¨ se obtuvieron del registro de perforaciones realizadas en la Escuela Nº 47 (Villalba, 1998 a; 1998 b) y en terrenos adyacentes a la misma (Villalba, 1998 b) correspondientes a L14 y L15 (Tablas 5 y 6) respectivamente, como consecuencia de un derrumbe que se produjo en un patio de la misma en el mes de Marzo del año 1998 (Diario Nueva Era, 1998 b). Otras fueron conseguidas del mapeo de ¨ minas de arena ¨ que fuera realizado en L18 (Gabriele et al. 2004) y nuestras observaciones en L19.

Sector C (Localidad 14)											
Perforación	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Profundidad al techo de la mina desde la superficie (m)	4,6	---------	---------	8	10	10	10	---------	10	---------	---------
Altura de la mina (m)	2,2	---------	---------	1,2	0,8	0,6	0,5	---------	0,6	---------	---------
Ubicación	**Escuela Nº 47 (Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde)**										

Tabla 5: Características de las ¨ minas de arena ¨ obtenidas del registro de perforaciones en la Escuela Nº 47 (Villalba, 1998 a).

Sector C (Localidad 15)							**Sector C (Localidad 14)**
Perforación	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
Profundidad al techo de la mina desde la superficie (m)	--------	---------	7,8	---------	---------	---------	9,8
Altura de la mina (m)	--------	---------	2	---------	---------	---------	0,8
Ubicación	**Terrenos adyacentes a la Escuela Nº 47 (Calle Méjico entre calles P. de Ugalde y Darragueira)**						**Escuela Nº 47 (Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde**

Tabla 6: Características de las ¨ minas de arena ¨ obtenidas del registro de perforaciones en la Escuela Nº 47 y terrenos adyacentes (Villalba, 1998 b).

En L18 (Sector D) frente al predio del Hipódromo de Tandil las ¨ minas de arena ¨ muestran una red de galerías interconectadas dentro de un área de unos 700 m^2 (aproximadamente 30 m de longitud y

unos 23 m de ancho). Allí presentan un perfil de sección rectangular, con cierta tendencia a techos circulares o parabólicos (Gabriele et al. 2004). En L19 (Sector D), se observa una situación similar de galerías en parte interconectadas, con cámaras en distintas direcciones, longitudes variables de 5-15 m y desarrollo de secciones parabólicas en general.
En la Escuela Nº 47 y terrenos adyacentes, de un total de 18 perforaciones efectuadas (de las cuales 10 no presentaron cavidades), en ocho de ellas la profundidad a la cual se presentó el techo estuvo comprendida entre los 4,6 y los 10 m (Tablas 5 y 6). Por su parte, en L18 las ¨ minas de arena ¨ se encontraron a partir de una profundidad aproximada de 3,5 metros.
En la Escuela Nº 47 y terrenos adyacentes la altura varió entre 0,5 m – 2,2 m; en L18 entre 0,5 m - 1,5 m pudiendo alcanzar algunas cámaras de esta última localidad los 2 m de altura; mientras que en L19, está comprendida entre 0,5 m a unos 2,2 m (Figs. 5 y 6). Por su parte en L18 las galerías presentaron unos 1,5 a 2 m de ancho, llegando a desarrollar cámaras que pasan los 3 m de ancho, siendo comunes en L19 anchos de aproximadamente 1 m – 2 metros.

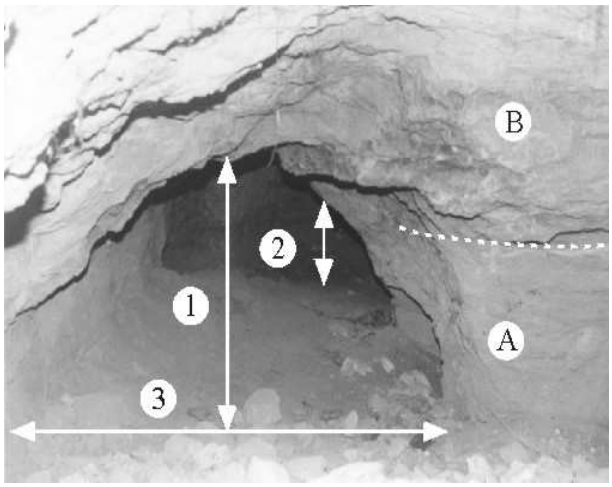

Figura 5: Localidad 19. Aspecto de un sector de galerías. (A): Depósitos fluviales. (B): Limos / limolitas. La línea de trazos blanca indica el límite. (1): aproximadamente 1,2 m, (2): 0,5 m, (3): 2 metros.

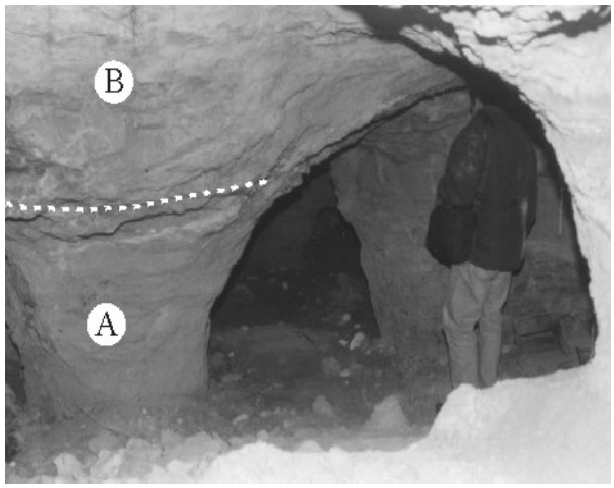

Figura 6: Localidad 19. Otro sector de galerías. La sección es de aspecto parabólico, con una altura máxima cercana a unos 2,2 m. (A): Depósitos fluviales. (B): Limos / limolitas. La línea de trazos blanca marca aproximadamente el contacto.

La expresión morfológica del relieve consecuencia de la actividad extractiva solamente pudo ser observada en las localidades 19 y 20, ya que gran parte de los sectores diferenciados corresponden a zonas con construcciones en superficie. En la primera de las localidades citadas se ubican alrededor de 10 bocas de acceso a las minas y el relieve se integra por suaves lomadas y depresiones de 0,5 – 1,5 m de altura, presentándose una situación similar en cuanto a la morfología superficial en la restante localidad, pero con una cantidad significativamente menor de bocas de acceso.
Con respecto a la edad y no obstante ser común referirse a ellas como antiguas (Diario Nueva Era, 2002; Pérez, 2003), viejas o remotas (Pérez, 2000) ¨ minas de arena ¨, no existe una fecha precisa con respecto a cuando comenzaron a desarrollarse estas prácticas de extracción de depósitos de arena del subsuelo, existiendo de la misma manera incertidumbre con relación al momento en que estas actividades cesaron. Al respecto, se ha señalado que las arenas extraídas se utilizaron en la construcción durante el siglo XIX y los primeros años del siglo XX (Pérez, 2000). Por otro lado, mientras que para algunos, las ¨ minas de arena ¨ fueron abandonadas al promediar el siglo pasado (GEA, 2004), para otros están en desuso desde hace casi un siglo (Diario Nueva Era, 2003). Asimismo, la información obtenida de fuentes locales ha permitido conocer que para algunos frentes de viviendas, cuya construcción se realizó en gran medida hacia la mitad del siglo pasado, se

habrían utilizado al menos parte de las arenas extraídas del subsuelo cercano.
En L19, a través de una abertura (Fig. 7) se accedió a algunas de las minas que allí se desarrollan. En distintos sectores de las galerías se diferencian a partir de la base secuencias fluviales (Figs. 5, 6

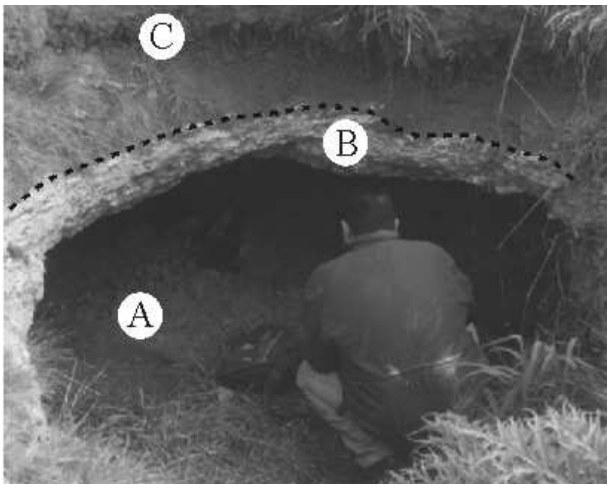

Figura 7: Localidad 19. (A): Entrada a una antigua mina. (B): Tosca (Paleosuperficie Tandil); la línea de trazos indica el techo. (C): Depósitos eólicos (Formación Las Animas) con desarrollo del perfil de suelo.

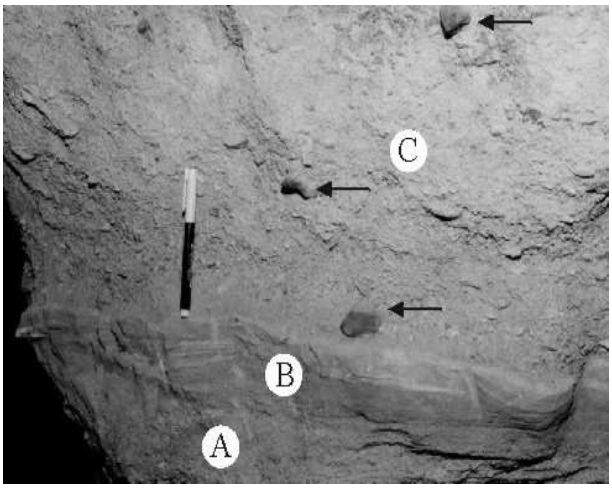

Figura 8: Localidad 19. Secuencia de unos 90 cm de depósitos fluviales. (A): Arenas. (B): Capa de arenas y limos en parte con laminación. (C): Arenas y psefitas. Las flechas señalan clastos de unos 4 – 6 cm de eje mayor.

y 8) las que pueden alcanzar alrededor de 1,3 m de potencia. Las mismas, están representadas principalmente por arenas / areniscas gravosas de color castaño, poco compactadas, de granometría predominantemente gruesa, integradas por clastos de basamento cristalino, algunos de mayor tamaño (psefita) suelen diferenciarse dispersos en la masa (Fig. 8). Los depósitos presentan en general pobre selección y suelen desarrollar estratificacion paralela, entrecruzada y lentiforme. En sectores fue reconocido intercalado en las secuencias, un nivel de desarrollo horizontal de hasta unos 15 - 20 cm de granometría más fina, finamente estratificado a laminado. Hacia la parte superior de la secuencia pueden reconocerse esporádicamente clastos de composición limolítica. Los depósitos fluviales gradan hacia arriba a unos 1 – 1,5 m aproximadamente de espesor visible de limos / limolitas con manifestaciones de CO_3Ca las que se incrementan hacia el techo integrando un encostramiento (Paleosuperficie Tandil) de unos 0,4 m de potencia que puede observarse en distintos sectores de acceso a las minas (Fig. 7). Por sobre estas secuencias, se ubican en discordancia erosiva y con espesores variables del orden de 0,8 m - 1,5 m sedimentos eólicos correspondientes a la Formación Las Animas (Fig. 7).

5. DAÑOS EN DISTINTAS OBRAS EN LOS SECTORES RECONOCIDOS

En los cinco sectores diferenciados con presencia de ¨ minas de arena ¨, distintas obras producto de la actividad del hombre han sufrido en mayor o menor grado algún tipo de daño. De acuerdo a los datos obtenidos, las zonas con mayores referencias de problemas se corresponderían con el Sector C, ubicado en los alrededores y hacia el sur del Hipódromo de la ciudad y el Sector E, en las cercanías de la Fábrica La Tandilera. En los sectores A y B, se ha citado un número algo menor de inconvenientes respecto a los anteriores, siendo el registro de daños comparativamente mínimo en el Sector D, no presentándose prácticamente obras en superficie por sobre las ¨ minas de arena ¨ en el último. En las Tablas 7, 8 y 9 se sintetizan algunos de los daños / inconvenientes registrados, los que han sido citados tal como fueran referidos en las distintas fuentes consultadas.
Los mismos involucran daños estructurales a distintas obras realizadas por el hombre los que serán agrupados solamente con fines descriptivos en tres apartados: 1. Roturas y daños en parte de

distintos componentes de las construcciones; 2. Hundimientos, desmoronamientos, derrumbes, formación de pozos / cavidades / boquetes, depresiones; 3. Otros inconvenientes.
Considerando el apartado 1, el desarrollo de fracturas es uno de los problemas comunes y ha sido señalado principalmente, en muchas viviendas del Barrio La Tandilera (= Barrio Autoconstrucción Municipal) ubicado en el Sector E (Figs. 9 y 10; Tablas 8 y 9) y en la Escuela Nº 47 = L14 (Fig. 11; Tabla 7) en el Sector C. Las fracturas que afectaron fundamentalmente paredes, además de cielorrasos, dinteles y en ocasiones piscinas (L16) son de diseño horizontal, vertical e inclinado y pueden presentarse afectando una parte o la totalidad de una pared. Otros problemas que afectaron viviendas involucran la inclinación y compresión de marcos de ventanas y puertas y problemas de cierre de dichos elementos, como asimismo la inclinación de algunas paredes (tapiales) y despegue de pisos. Dentro del apartado 2, los hundimientos afectaron pisos de viviendas particulares y en ocasiones edificios públicos, algunas calles de la ciudad y sectores de predios. Al respecto, en la Escuela Nº 47 (L14, Sector C) se originó como consecuencia de un hundimiento (Villalba, 1998 a) que afectó parte de un patio de la misma (Diario Nueva Era, 1998 a, b, c), un hueco de unos 4 m de diámetro y una profundidad cercana a los 3 - 4 m (Fig. 12). Los hundimientos registrados en distintas arterias de la ciudad, se produjeron dentro del Sector B en L6 ubicada en la calle Garibaldi entre Alsina y Roca (Pérez, 2003) y de acuerdo a datos aportados por vecinos en L10 (calle Las Heras entre Alsina y Roca). Asimismo, algunos hundimientos afectaron partes de predios carentes de obras como los observados en algunos lugares de L20 (Sector D). En esta última además, algunos de los accesos a las ¨ minas de arena ¨ identificados, aunque parcialmente cubiertos se ubican a escasos 15 - 20 m de las vías férreas del Ferrocarril General Roca.
Una depresión de unos 3,5 m de largo y alrededor de 1,5 m de ancho que afectó un sector de la calle Primera Junta entre las de Méjico y Rauch en el Barrio FATICA fue citada como desmoronamiento (Diario Nueva Era, 1973). En otras ocasiones, se produjeron derrumbes durante la construcción de pozos ciegos como los referidos en el Barrio La Tandilera (Diario El Eco de Tandil, 2005 a) y otras veces para una misma localidad los términos hundimiento y derrumbe fueron utilizados indistintamente, como es el caso de las localidades 6, 14 y 21. En distintos sectores y fechas se ha hecho referencia a la presencia o desarrollo de pozos / cavidades / boquetes. Entre otros, en el Barrio FATICA fueron citados en parte de una casa y la vereda en la intersección de las calles Primera Junta y Gómez (Diario Nueva Era, 2002) y en sus cercanías (Diario Nueva Era, 2002). Asimismo fueron señalados en el Barrio Autoconstrucción Municipal (Villalba, 1998 a) y en la Escuela Nº 47 (Diario Nueva Era de Tandil, 1998 a). En L19 (Sector D) se ha indicado además la formación de depresiones en la superficie del terreno, las que afectaron sectores de una pista de aterrizaje local. Considerando el item 3, como consecuencia de los daños sufridos se produjo en ocasiones la demolición de la totalidad de una vivienda afectada o parte de un edificio público (aula), como los referidos en el Barrio La Tandilera (Tabla 9) y Escuela Nº 47 (Diario Nueva Era, 2005) respectivamente. En otras oportunidades fueron suprimidos algunos pisos en el edificio de planta horizontal construido en la esquina de las calles Avenida Santamarina y San Martín (L5, Sector B), mientras que, durante la construcción de la estación de servicio ubicada la esquina de las calles Avenida España y 14 de Julio (L3, Sector A), se registraron dificultades en algunas de las estructuras de fundación debido a cavidades en el subsuelo. Independientemente de los daños físicos causados en las distintas obras, se produjeron como consecuencia de aquellos lógicos perjuicios económicos y dificultades en el normal desenvolvimiento de actividades. Cabe citar dentro de estos últimos, los inconvenientes en el dictado habitual de las clases en la Escuela Nº 47 en el año 1998 (Diario Nueva Era, 1998 a; 1998 b y 1998 c) y en el año 2005 (Diario Nueva Era, 2005; Diario El Eco de Tandil, 2005 b). Asimismo y como resultado de haber cedido un piso durante la construcción de la Escuela Nº 47 tres operarios debieron ser rescatados por bomberos (Diario El Eco de Tandil, 2005 b).

Sector	Localidad	Fuente de obtención de los datos	Elemento afectado	Ubicación	Problemas	Parte afectada
A	2	Vecino	Casa particular	Calle 14 de Julio casi esquina calle Garibaldi	Pozo	Piso de patio
	3	Vecino	Estación de Servicio (Etapa de construcción)	Esquina de calles Avenida España y 14 de Julio	Vinculados al vertido de hormigón	Fundación
B	5	Vecino	Edificio en propiedad horizontal	Esquina de calles Avenida Santamarina y San Martín	Vinculados a la fundación por presencia de ¨ minas de arena ¨	Supresión de pisos
	6	Pérez (2000)	Calle	Calle Garibaldi entre calles Gral. Roca y Alsina	Derrumbe	Sector de la calle
		Pérez (2003)			Hundimiento	
	8	Vecino	Casa particular	Calle Mitre entre calles 4 de Abril y Alsina	Hundimiento	Piso
	10	Vecino	Casa particular y calle	Calle Las Heras entre calles Gral. Roca y Alsina	Hundimiento	Piso y sector de la calle
C	11	Diario Nueva Era -Tandil- (1973)	Calle Barrio FATICA	Calle Primera Junta entre calles Méjico y Rauch)	Desmoronamiento	Sector de la calle
	12	Diario Nueva Era -Tandil- (2002)	Casa particular y vía pública (Barrio FATICA)	Esquina de calles Primera Junta y Gómez	Pozo	Parte de la propiedad y vereda
	13	Diario Nueva Era -Tandil- (2002)	Barrio FATICA	Cercanías de Localidad 12	Pozo	No especificado
	14	Villalba (1998 a)	Escuela Nº 47	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Hundimiento	Piso
					Fracturas	Paredes
		Diario Nueva Era - Tandil- (1998) (a)	Escuela Nº 47	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Boquete	Piso
		(b)			Derrumbe	
		Diario Nueva Era -Tandil- (2005)	Escuela Nº 47	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Hundimiento	Piso de un aula
					Fracturas	Paredes
		Diario El Eco de Tandil (2005 b)	Escuela Nº 47	Esquina de calles Méjico y P. de Ugalde	Hundimiento	Piso
					Fracturas	Paredes
	16	Vecino	Quinta El Remanso	Calle Colectora Sur J. C. Pugliese entre calles Méjico y Guatemala	Fracturas	Pileta de natación
	17	Vecino	Casa particular	Calle Guatemala entre calles Darragueira y P. de Ugalde	No especificado	No especificado

Tabla 7: Ubicación y algunos de los daños registrados en obras.

Sector	Localidad	Fuente de obtención de los datos	Elemento afectado	Ubicación	Problemas	Parte afectada
D	20	Observaciones propias	Empresa de fumigación	Al norte del predio del Hipódromo	Depresiones en superficie	Sectores de pista de aterrizaje
					Hundimiento	Sectores del predio
E	21	Villalba (1998 c)	Distintas casas en Barrio La Tandilera	Zona de Fábrica La Tandilera	Una descripción de daños y sectores afectados se detalla en la Tabla 9	
		Diario Nueva Era - Tandil- (2003)	Viviendas en Barrio La Tandilera	Zona de Fábrica La Tandilera	Derrumbes, hundimientos	No especificado
		Diario El Eco de Tandil (2005 a)	Distintas casas en Barrio La Tandilera	Zona de Fábrica La Tandilera	Hundimientos	Pisos
					Fracturas	Pisos, paredes, cielorrasos
					Derrumbes	Pozos ciegos
					Despegue de materiales	Pisos
					Problemas de cierre	Puertas, ventanas
	22	Vecino	Casa particular	A unos 150 m del Barrio La Tandilera	Inclinación	Ventana
					Fracturas	Paredes
	23	Vecino	Casa particular	Calle Vigil entre calles Rosales y Labardén	Fracturas	No especificado

Tabla 8: Ubicación y algunos de los daños referidos en obras.

6. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN

Rabassa (1973) indica que por debajo de las limolitas típicas de la Formación Vela, suelen desarrollarse importantes depósitos de arenas de color castaño, limosas, con estratificación marcada y aspecto fluvial. Señala que en algunos lugares (esquina de las calles Avenida Avellaneda y Alsina) los niveles conglomerádicos intercalados en estos depósitos presentan imbricación de sus rodados y una grosera estratificación diagonal, haciendo referencia además, que en dos localidades se observa como las limolitas castaño claras se disponen sobre las arenas limosas castañas, formando parte ambas de la Formación Vela.

Las características de los depósitos y posición estratigráfica permitirían asignar las secuencias de depósitos fluviales antiguamente explotadas como correspondientes a la Formación Vela. Dichos depósitos corresponden a antiguas redes de drenaje que fueron luego sepultadas, en primer término por secuencias de la parte superior de la Formación Vela, las que culminan con una capa de tosca de distribución regional y posteriormente como consecuencia de la acumulación de depósitos eólicos de la Formación Las Animas con la que se completan los procesos agradacionales.

Las divisorias de las antiguas cuencas de drenaje dentro de las cuales se generaron los depósitos fluviales considerados, han estado desarrolladas en el ámbito de suave relieve, en parte sobre paleosuperficies integradas por secuencias correspondientes a la Formación Barker y en algunos sectores a partir de rocas integrantes del Complejo Buenos Aires, mientras que, en la zona serrana de mayor relieve las divisorias mencionadas se ubicarían principalmente sobre rocas que componen el complejo citado.

<table>
<tr><td colspan="8">Localidad: 21
Ubicación: (Barrio Autoconstrucción Municipal), Zona de Fábrica La Tandilera
Fuente de obtención de datos: Villalba (1998 c)</td></tr>
<tr><td colspan="8">Elemento afectado</td></tr>
<tr><td>Casa A</td><td>Casa B</td><td>Casa C</td><td>Casa D</td><td>Casa E</td><td>Casa F</td><td>Casa G</td><td>Casa H</td></tr>
<tr><td colspan="8">Daños registrados
.....
Parte o sector afectado</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Fracturas verticales
.....
Pared</td><td>Fracturas horizontales
.....
Pared</td><td>Despegue de materiales
.....
Piso</td><td>Fracturas oblicuas
.....
Pared</td><td rowspan="2">Demolida como consecuencia de los daños
.....
Casa</td><td rowspan="2">Fracturas horizontales
.....
Pared</td><td>Fracturas horizontales y verticales
.....
Paredes</td><td>Fracturas
.....
Cielorrasos</td></tr>
<tr><td>Cavidades
.....
Piso exterior</td><td>Fracturas
.....
Pared</td><td>Inclinación
.....
Pared (tapial)</td><td>Fracturas
.....
Cielorrasos</td><td rowspan="2">Problemas de cierre
.....
Puertas y ventanas</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Fractura
.....
Dintel</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Compresión sobre marco
.....
Ventana</td><td>Despegue de materiales
.....
Pisos</td></tr>
</table>

Tabla 9: Algunos de los daños citados en viviendas del Barrio Autoconstrucción Municipal (Barrio La Tandilera).

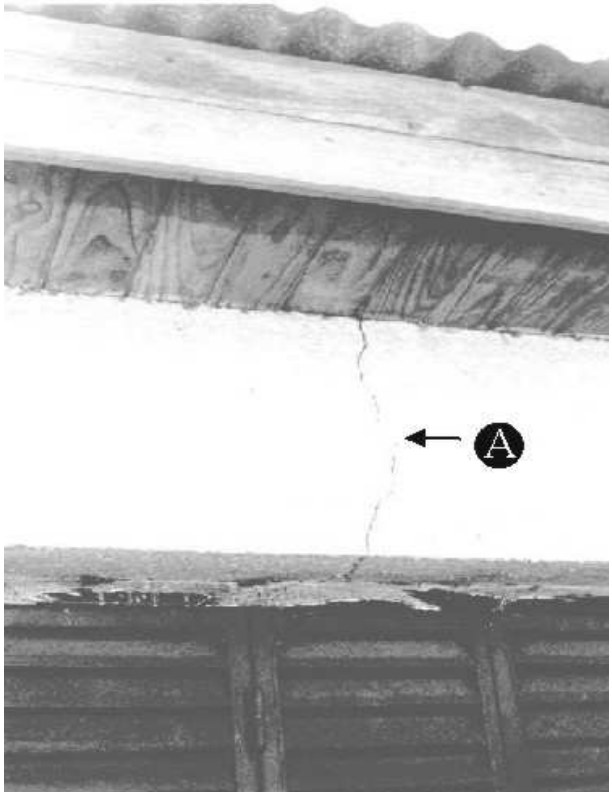

Figura 9: Localidad 21 (Vivienda G). A: Fractura en un dintel.

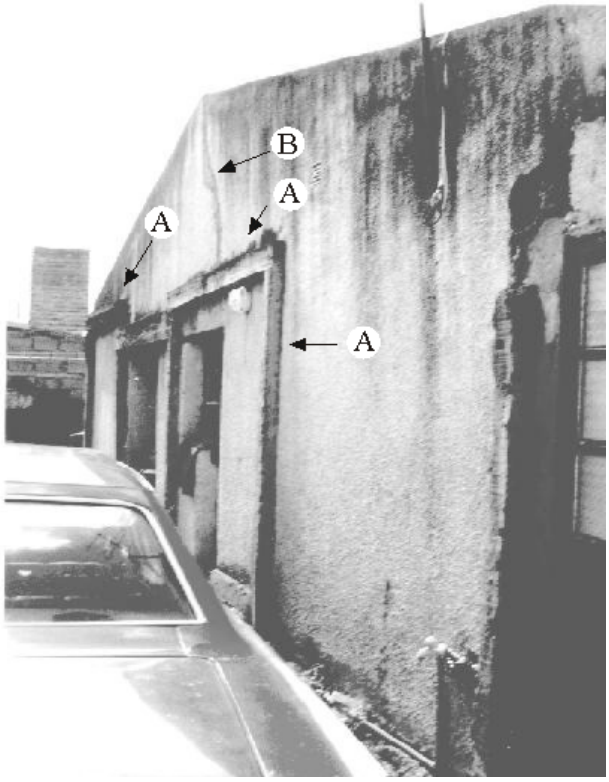

Figura 10: Localidad 21 (Vivienda D). A: Refuerzos construidos. B: Arreglo en una fractura.

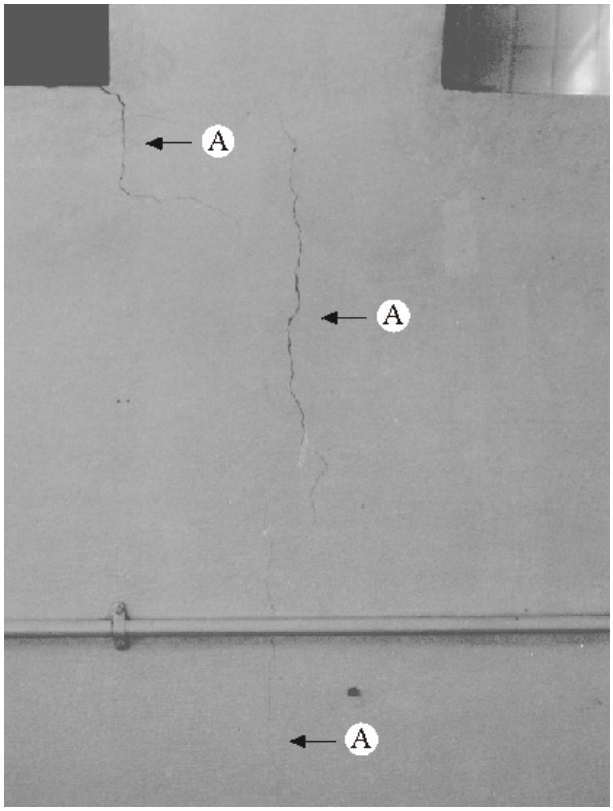

Figura 11: Localidad 14 (Escuela Nº 47). A: Fracturas en pared cercana al lugar donde se produjo el colapso por cavidad que se muestra en la Figura 12.

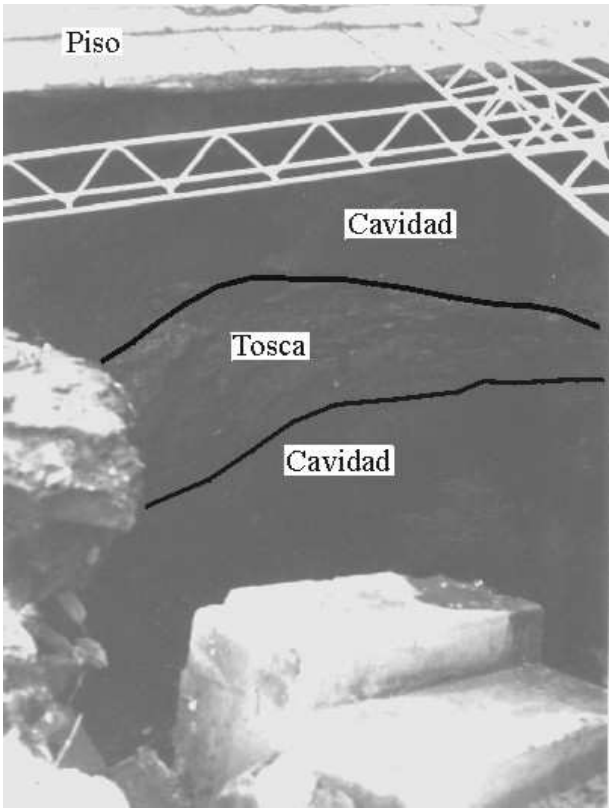

Figura 12: Localidad 14 (Escuela Nº 47). La cavidad presenta una profundidad de unos 3 - 4 m y un diámetro de aproximadamente 4 metros.

Las cabeceras de las cuencas de drenaje que proveyeron los materiales integrantes de los depósitos fluviales cuyas arenas fueron objeto de explotación, deberían haber estado en la zona serrana, ubicadas en posiciones no muy alejadas de las actuales. Esta estimación surge como consecuencia de la mayor resistencia a la erosión de las rocas integrantes del basamento cristalino, las que habrían minimizado el desplazamiento de las divisorias generando de esta manera una mayor persistencia en la ubicación de las mismas en dicho ámbito. Esta situación indica además, una fuente de aporte cercana para los clastos del basamento cristalino integrantes de las secuencias fluviales.

La profundidad a la cual se ubica el techo de las ¨ minas de arena ¨ permite una estimación aproximada de la agradación posterior, indicando que aquellas antiguas líneas de drenaje correspondientes a partes deprimidas del relieve, fueron agradadas en ocasiones con espesores máximos cercanos a los 10 m de acuerdo a los datos obtenidos. Actualmente los principales cursos de agua (arroyos del Fuerte, Blanco y Langueyú) se hallan desplazados y en ocasiones con distinta orientación respecto a algunos de los sectores diferenciados con evidencias de explotación de antiguos depósitos fluviales.

Las características de los depósitos integrantes de la Formación Las Animas, han favorecido las tareas realizadas con el objeto de alcanzar los materiales fluviales subyacentes. Al respecto, el carácter friable y prácticamente suelto de aquellos depósitos que se desarrollan coronando el paisaje, han facilitado las excavaciones manuales.

Por su parte, el encostramiento en ocasiones intenso que caracteriza el manto de tosca de extensión regional en la parte superior de la Formación Vela, denominado en el área como Paleosuperficie Tandil (Teruggi et al. 1973), ha actuado producto de su resistencia como un impedimento para acceder a los depósitos fluviales subyacentes que fueron objeto de explotación. No obstante, el mismo encostramiento ha minimizado al menos en parte los movimientos en masa verticales

durante las actividades de explotación, ya que actúa como una ¨ losa natural ¨ sobre las secuencias subyacentes de limos / limolitas y depósitos fluviales, facilitando los procesos de extracción (los que, dada la poca compactación del material, se realizaban con pico y pala) que dieron lugar a la formación de galerías subterráneas, con un techo relativamente seguro.

Una vez que las explotaciones finalizaron las cavidades en el subsuelo fueron abandonadas, pudiendo las bocas de acceso ser rellenadas o haber permanecido abiertas parcialmente como las observadas en L19 (Sector D). En oportunidades algunas de las galerías han sido objeto al menos en parte de trabajos de relleno (L20) y en otras se han acumulado residuos de distinto tipo (L18).

La demanda creciente de tierras como consecuencia de la expansión paulatina de la ciudad desde los sectores céntricos hacia la periferia originó que la misma se desarrollara al menos en parte en áreas con galerías subterráneas producto de las antiguas explotaciones. Estas galerías pueden o no ser detectadas como consecuencia de las distintas obras que se realizan en superficie. Al respecto, la mayoría de las excavaciones que se efectúan con el objetivo de establecer las fundaciones de gran parte de las viviendas domiciliarias no permiten determinar sí por debajo existen galerías subterráneas correspondientes a las ¨ minas de arena ¨ tratadas ya que afectan en general y a partir de la superficie unos 60 – 70 cm de depósitos mayoritariamente integrantes de la Formación Las Animas o bien pueden alcanzar el techo del manto de tosca de extensión regional (Paleosuperficie Tandil), la que actúa como una excelente roca de fundación en esos casos. No obstante, aquellas pueden ser localizadas en construcciones que requieren fundaciones más importantes y que afectan niveles más profundos, o bien en áreas carentes de servicios cloacales cuando se procede a la construcción de pozos absorbentes.

Desde el punto de vista geológico – geomorfológico, la presencia de ¨ minas de arena ¨ en el subsuelo ha promovido el desarrollo de procesos de remoción en masa correspondientes a hundimientos (Thornbury, 1960) o subsidencias (Summerfield, 1991) responsables directa o indirectamente de los distintos daños registrados. Mientras que el primero de los términos hace referencia al asentamiento hacia abajo de material con poco movimiento horizontal (Thornbury, 1960), la subsidencia, puede corresponder a un colapso por cavidad cuando se manifiesta como un colapso más o menos instantáneo de materiales en el interior de una caverna u otra cavidad, o bien a un asentamiento, en aquellos casos en los cuales se produce un progresivo hundimiento de la superficie, que puede ocurrir naturalmente donde el volumen de materiales pobremente compactados es reducido por la adición de agua o hidrocompactación (Summerfield, 1991). En lo que respecta a hundimientos (Thornbury, 1960) como a colapsos por cavidad (Summerfield, 1991) la actividad minera ha sido referida como una de las causas impulsoras de los mismos.

Las características obtenidas de las distintas fuentes indican que parte de los daños referidos como hundimientos, al igual que aquel referido como desmoronamiento en L11 (Diario Nueva Era, 1973) y las citas de derrumbes, algunos de ellos vinculados a pozos ciegos corresponden a colapsos por cavidades (Summerfield, 1991). No obstante, otros recientemente referidos en la Escuela Nº 47 como hundimientos en pisos (Diario Nueva Era, 2005; Diario El Eco de Tandil, 2005 b) al igual que aquellos citados en viviendas del Barrio La Tandilera (Diario El Eco de Tandil, 2005 a) corresponderían a asentamientos (Summerfield, 1991).

Por su parte las depresiones observadas en la superficie del terreno (L19) se relacionarían también con asentamientos debido a la adición de agua sobre rellenos de ¨ minas de arena ¨ deficientemente compactados. Con respecto a las citas de pozos / cavidades / boquetes, el citado en la Escuela Nº 47 (Diario Nueva Era, 1998 a) correspondió a un colapso por cavidad y un origen similar tendrían aquellos referidos en otras localidades.

La generación de estos procesos primarios provocó además del desarrollo de daños físicos (expresados entre otros a través de fracturas de distinto tipo, despegue de pisos, inclinación de tapiales, problemas de cierre, demoliciones) perjuicios económicos y conflictos sociales.

De acuerdo a los datos obtenidos, algunas áreas ubicadas en las cercanías del Hipódromo serían las que presentan mayor desarrollo de ¨ minas de arena ¨ en el subsuelo, correspondientes a los sectores

C, D y E. De éstos además, los sectores C y D son quizás los que cuentan con mayores citas de distintos tipos de daños a obras producto de actividad antrópica. En el Sector C, los más importantes han sido referidos en el Barrio FATICA y en la Escuela Nº 47, mientras que en el restante en el Barrio La Tandilera. En dichas obras, un conjunto de factores ha actuado para ocasionar perjuicios vinculados a la presencia de ¨ minas de arena ¨.

En el Barrio La Tandilera los daños producidos en viviendas fueron atribuidos en parte a la presencia de cavidades en el subsuelo y en parte a la falta de compactación del relleno sobre estas (Villalba, 1998 c), lo que habría provocado asentamientos. La profundidad del nivel freático en la zona anterior se ubica entre unos 12 – 14 m aproximadamente (Villalba y Nuñez, 2001); mientras que las antiguas ¨ minas de arena ¨ se desarrollan principalmente en la zona de aireación, en general y de acuerdo a los datos obtenidos en L14 (Fig. 4) con pisos ubicados a algo menos de 11 m de la superficie como máximo. El aporte del agua infiltrada a través de esta zona con el transcurso del tiempo, ha ido deteriorando el estado de las galerías, pudiéndose además agravar el problema mediante el aporte de agua al subsuelo, por pozos absorbentes o ciegos o filtraciones directas desde la superficie a través de accesos (sin rellenar o parcialmente rellenados) a las minas.

Las filtraciones de agua en las minas han sido señaladas como responsables al menos en parte, de los hundimientos que suelen azotar las viviendas en el Barrio La Tandilera. Mientras que en otras oportunidades, la generación de cavidades en superficie en sectores del Barrio FATICA estuvo estrechamente relacionada con lluvias intensas caídas en días anteriores.

Asimismo, los sectores D y E no cuentan con red de servicios cloacales, eliminándose las aguas servidas a través de pozos absorbentes o ciegos, los que interrelacionarían en ocasiones con las galerías subterráneas. Este es el caso de la cavidad generada en la Escuela N° 47 (de la cual emanaba un intenso olor a aguas servidas), que fue interpretada como consecuencia del colapso del piso del patio resultado del fracturamiento del sector de tosca (Paleosuperficie Tandil) que actuaba como losa natural sosteniendo el peso suprayacente, contribuyendo a esto la excavación del pozo absorbente relacionado con antiguas galerías en ese lugar y el permanente vuelco de agua a través del tiempo. Estas y otras áreas con problemas relacionados a la presencia de pozos ciegos en sectores con galerías subterráneas, deberían estar sujetas a una futura extensión de los servicios cloacales, lo que contribuiría a prevenir la amenaza de procesos de remoción en masa (colapsos por cavidad y asentamientos) y daños derivados.

El desconocimiento respecto a la ubicación de las antiguas ¨ minas de arena ¨ en algunos casos y la falta de una planificación territorial que las contemple, ha provocado que sectores con amenaza producto de la presencia de galerías subterráneas hayan sido incorporados paulatinamente a la estructura urbana de la ciudad. La ubicación de los barrios FATICA y La Tandilera en los sectores C y E respectivamente, en zonas con desarrollo al menos en parte de ¨ minas de arena ¨ es una prueba de lo antes mencionado.

Las referencias publicadas a través de los años en fuentes escritas locales de daños de distinta índole producidos en áreas con presencia de dichas minas, ponen de manifiesto que, de una u otra manera, los problemas han persistido a través del tiempo y que estos a su vez, han generado un conjunto de conflictos sociales entre los vecinos perjudicados y las autoridades municipales de turno.

Ante estas situaciones, desde el municipio se realizaron tareas con el objetivo de solucionar los inconvenientes producidos. Las mismas consistieron en el relleno de las aberturas generadas como en el Barrio FATICA (Diario Nueva Era, 2002), estudios geotécnicos del estado del subsuelo en el Barrio La Tandilera (Villalba, 1998 c) como asimismo un conjunto de relevamientos que dispondría el Departamento Ejecutivo, casa por casa en el último barrio citado y en el cual cada hogar tendría una propuesta de trabajo para terminar con las subsidencias que suelen azotar las viviendas del mismo (Diario Nueva Era, 2003). Trabajos geotécnicos solicitados por el Consejo Escolar de la ciudad de Tandil fueron realizados en la Escuela Nº 47 y terrenos adyacentes (Villalba, 1998 a; 1998 b). Actualmente y como consecuencia de recientes daños producidos en parte de las

instalaciones de dicha escuela se han requerido nuevos estudios de suelos (Diario Nueva Era, 2005), mientras que en el Barrio La Tandilera estudios de este tipo están siendo nuevamente realizados.
Algunos de los trabajos de remediación de aberturas generadas como consecuencia de ¨ minas de arena ¨ en el subsuelo, consistieron simplemente en el vertido de fragmentos de rocas u otros tipos de materiales, no obstante ello no garantiza el relleno total de la galería subterránea, sino de un sector de ella, solucionándose una parte pero no la totalidad del problema.
Como consecuencia de la relación observada entre daños producto de movimientos verticales de materiales y sectores con ¨ minas de arena ¨, distintas acciones sumadas a las que se vienen efectuando podrían ser llevadas adelante con el objetivo de minimizar la amenaza y riesgo de subsidencias que aquellas representan. Las mismas deberían considerar en principio la realización de un inventario de las ¨ minas de arena ¨, que amplíe el registro que aquí se presenta; esta situación permitirá un conocimiento más detallado de la distribución de las minas y la relación que guardan con los distintos componentes en superficie. El mismo, podría llevarse a cabo a partir de la información disponible y de un relevamiento que incluyera consultas a los pobladores no solo de cada uno de los sectores afectados, sino además de otras zonas de la ciudad. Esto último se vincula con el hecho de que muchas de las ¨ minas de arena ¨ se encuentran actualmente debajo de viviendas sumado además a que algunas de ellas podrían ser el resultado de extracción local por antiguos propietarios. En parte, la obtención de la información podría ser encaminada a través de asociaciones o representantes barriales con el objetivo de favorecer la centralización de los datos.
En una etapa posterior, se efectuaría el mapeo de las mismas con el objetivo de conocer las dimensiones, profundidad a la cual se ubican los techos y pisos respectivos, ancho y cubicación de las galerías y determinación de bocas de acceso. Un relevamiento de mayor detalle permitiría conocer el estado de las ¨ minas de arena ¨ (filtraciones, vertidos cloacales, derrumbes, situación del techo), lo que sumado a la relación con los elementos en superficie permitiría identificar sectores con niveles de amenaza y riesgo. Esta información debería ser evaluada por los organismos encargados de planificación con el objetivo de establecer pautas para la toma de decisiones.
Adicionalmente, las cavernas producto de procesos geológicos como aquellas que resultan de la actividad humana despiertan el interés no solo de especialistas sino también de las personas en general. Algunas de las galerías subterráneas, preferentemente aquellas que no cuentan con infraestructura en superficie, como las desarrolladas frente al predio del Hipódromo Municipal de la ciudad en el Sector D, previamente realizados y evaluado los estudios respecto al estado de situación, podrían quizás ser preservadas con objetivos culturales o incluirse a los atractivos turísticos de una ciudad, que ha venido incrementando marcadamente estas actividades en los últimos años.
Las antiguas ¨ minas de arena ¨, representan una parte de la historia y costumbres de la ciudad en aquellas épocas y conforman además evidencias de prácticas mineras en el pasado cercano, actualmente en desuso en aquella localidad. La preservación de aquellas que cumplan con requisitos técnicos preestablecidos, permitiría el estudio de estos ambientes subterráneos, incluyendo los geológicos paleontológicos, arqueológicos e históricos.

7. CONCLUSIONES

Parte del subsuelo de la ciudad de Tandil presenta depósitos fluviales que han sido objeto de explotación durante parte del siglo XX, comenzando dicha actividad quizás hacia fines del siglo XIX. El cese de aquellas explotaciones dejó un número importante, aunque no determinado exactamente de galerías subterráneas conocidas localmente como ¨ minas de arena ¨. Al menos cinco sectores presentan evidencias de las antiguas minas, no obstante, nuevos datos permitirán ampliarlos y modificarlos.
La presencia de dichas minas en el subsuelo favoreció el desarrollo de procesos de remoción en masa correspondientes a subsidencias (colapsos por cavidad y asentamientos). Dichos procesos generaron un conjunto de daños de distinta jerarquía en obras realizadas por el hombre. Los daños y

perjuicios más comunes registrados en los sectores con desarrollo de antiguas ¨ minas de arena ¨ involucran: colapsos debido a cavidades por debajo de viviendas y calles de la ciudad, asentamientos en viviendas y una pista local de aterrizaje de pequeña envergadura; fracturas, inclinación y problemas de cierre de marcos de puertas y ventanas, despegue de pisos, derrumbes de pozos ciegos, demolición de parte o de la totalidad de viviendas, inconvenientes durante la etapa de construcción de algunos edificios y dificultades en el normal desenvolvimiento de actividades.
La explotación de los depósitos fluviales y la utilización en la industria de la construcción durante parte del siglo XX y quizás finales del XIX, habría impulsado al menos localmente la creación de fuentes de trabajo y desarrollo. No obstante, como consecuencia de la actividad extractiva se generó un conjunto de galerías subterráneas las que paradójicamente fueron la causa en ciertos sectores de daños físicos y conflictos sociales décadas después de la utilización de aquellos depósitos.
Un plan de inventario, mapeo y estado de las ¨ minas de arena ¨ permitiría el establecimiento de un conjunto de medidas mínimas a ejecutar por parte de los organismos encargados de planificación las que conducirían a prevenir inconvenientes derivados de la construcción en áreas afectadas por las antiguas explotaciones subterráneas.

8. AGRADECIMIENTOS

A distintos vecinos de la ciudad de Tandil que aportaron numerosos y significativos datos y referencias vinculados a las antiguas ¨ minas de arena ¨ consideradas.

9. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

ANGELELLI, V., 1975. Yacimientos Minerales y Rocas de Aplicación. Relatorio Congreso Geológico Argentino. (Bahía Blanca): 195-217.

CABALLE, M. y E. KIRILOVSKY. 2004. ¿ Minería vs. reserva natural ? Revista del Consejo Profesional de Ciencias Naturales de la Provincia de Buenos Aires. Año 1, Núm. 1: 6-10.

CABALLE, M., N. CORIALE y M. BRAVO ALMONACID, 2004. Provincia de Buenos Aires. En Lavandaio, E. y Catalana, E. (eds.). Historia de la Minería Argentina. SEGEMAR, Anales 40, Tomo 2: 305 – 313. Buenos Aires.

CABALLE, M., M. TESSONE, D. GANUZA, N. CORIALE y D. MUNTZ. 2005. Prospección de rocas de aplicación en Tandil, Provincia de Buenos Aires. VIII Congreso Argentino de Geología Económica. Actas: 43-49. Buenos Aires.

DALLA SALDA, L., 1999. Cratón del Río de La Plata. 1. Basamento granítico – metamórfico de Tandilia y Martín García. En R. Caminos (ed.). Geología Argentina. Anales 29 (4): 97-106. Buenos Aires.

DIARIO EL ECO DE TANDIL. 2005 a. Autoconstrucción La Tandilera. El barrio donde las casas se hunden. El Eco digital. http://www.eleco.com.ar/nuevo/index.asp?dia=12&mes=febrero&ano=2005

DIARIO EL ECO DE TANDIL. 2005 b. Las minas de arena vuelven a provocar problemas. La EGB 47 trasladaría sus clases a otra escuela. Página 3. Martes 13 de Septiembre de 2005.Tandil.

DIARIO NUEVA ERA. 1973. Se produjo un desmoronamiento en una calle del Barrio Fatica ayer. Página 3. Martes 27 de Noviembre de 1973. Tandil.

DIARIO NUEVA ERA. 1998 a. Hubo que suspender las clases en la Escuela 47. Cráter, en el patio. Página 9. Miércoles 18 de Marzo de 1998. Tandil.

DIARIO NUEVA ERA. 1998 b. Sigue sin clases la Escuela 47. Página 8. Jueves 19 de Marzo de 1998. Tandil.

DIARIO NUEVA ERA. 1998 c. Del cráter en el patio del edificio nuevo. Las clases de la 47 se dictan en la escuela vieja. Página 10. Lunes 23 de Marzo de 1998. Tandil.

DIARIO NUEVA ERA. 2002. Antiguas minas subterráneas de arena provocan temor en el barrio Fatica. Zona de riesgo. http://www.nuevaera.com.ar/2002/05/20/inicio.htm

DIARIO NUEVA ERA. 2003. Prometen solucionar problemas por minas de arena abandonadas. http://www.nuevaera.com.ar/2003/01/28/locI03.htm

DIARIO NUEVA ERA. 2005. ¨ Grietas ¨ en la educación. La EGB 47 debió suspender sus clases Página 7. Lunes 12 de Septiembre de 2005. Tandil.

ECHEVESTE, H. J., D. MARCHIONNI y N. CORIALE. 2005. Rocas ornamentales de la Provincia de Buenos Aires. En de Barrio, R. E., Etcheverry, R. O., Caballé, M. F. y Llambías (eds.). Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. XXVI: 409-416. La Plata.

FIDALGO, F., F. O. DE FRANCESCO y R. PASCUAL. 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense (Arg.). VIº Cong. Geol. Arg., Relatorio (Bahía Blanca): 103-138.

GABRIELE, N., C. PLACHESI y J. MENDY. 2004. Las minas de arena de Tandil. II Congreso Nacional Argentino de Espeleología, Febrero 2004, Tandil - Actas - CDROM - AR13, pp: 6.

GEA. 2004. Publicación informativa del Grupo Espeleológico Argentino. Boletín GEA, Nº 38, SIN 1666-8448. http://www.pettersen.com.ar/gea/docs/bolegea/bol38.pdf.

MARCHESE, H. G. y E. DI PAOLA. 1975. Reinterpretación estratigráfica de la Perforación de Punta Mogotes I, provincia de Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina, Revista 30 (1): 44-52.

NÁGERA, J. J., 1940. Historia Física de la Provincia de Buenos Aires, 1. Tandilia. Universidad Nacional de La Plata, Fac. Human. Cienc. Educ., Biblioteca Humanidades. 24 páginas.

PÉREZ, D. E., 2000. Las huellas que dejó el pasado. El mundo subterráneo. Documentos Tandilenses II: 7-10. Tandil.

PÉREZ, D. E., 2003. Una ciudad y cinco misterios. Túneles. Tiempos Tandilenses, Nª 84: 3-5. Tandil.

RABASSA, J., 1973. Geología superficial en la Hoja " Sierras de Tandil ". LEMIT, anales 3: 115-160. La Plata.

SUMMERFIELD, M.A., 1991. Global Geomorphology. Longman Ltd, 537 pp. London.

TERUGGI, M. E., L. A. SPALLETTI y L. H. DALLA SALDA. 1973. Paleosuelos en la Sierra de Bachicha, Partido de Balcarce. Provincia de Buenos Aires, Rev. Museo de La Plata, Sec. Geol. Tomo VIII: 227-256.

TERUGGI, M. E., M. LEGUIZAMON y V. RAMOS. 1988. Metamorfitas de bajo grado con afinidades oceánicas en el basamento de Tandil: su implicancia geotectónica, provincia de Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina, Revista 43 (3): 366-374.

TESSONE, M. y D. MARCHIONNI. 2000. Situación ambiental de la minería a cielo abierto en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Análisis de casos. I Jornadas Iberoamericanas sobre cierre de minas. La Rábida, Huelva, España. Sept. del 2000. CD-Actas, Módulo III, pp: 6.

THORNBURY, W. D. 1960. Principios de Geomorfología. Editorial Kapelustz. 627 pp. Buenos Aires.

VILLALBA, H. A., 1998 a. Estudio de Suelos Escuela Nº 47, Calle Ugalde y Méjico. Tandil. Consejo Escolar Tandil, 10 páginas.

VILLALBA, H. A., 1998 b. Estudio de Suelos Terrenos adyacentes a la Escuela Nº 47, Calle Méjico entre Ugalde y Darragueira. Tandil. Consejo Escolar Tandil. 7 páginas.

VILLALBA, H. A., 1998 c. Estudio de Suelos Barrio Autoconstrucción Municipal. Labardén y Vigil. Tandil. Secretaría de Obras Públicas de la Municipalidad de Tandil, 12 páginas.

VILLALBA, H. A. y R. G. NUÑEZ. 2001. Manejo del recurso hídrico para consumo humano en una ciudad intermedia de Argentina. El caso de Tandil, Provincia de Buenos Aires. Laboratorio de Estudios Ecogeográficos. UNICEN. Tandil. 13 páginas.

VILLALBA, H. A., 2003. Estudio de Suelos, Predio Ubicado en la esquina de calles 4 de Abril y Av. Marconi. Tandil. Estudio Arq. Nicolás Dubourg, 9 páginas.