

2 MATERIALES y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Descripción General

El área de estudio corresponde al asentamiento urbano denominado Villa Itatí, ubicado en el partido de Quilmes, provincia de Buenos Aires, lindando con el partido de Avellaneda y contiguo al Acceso Sudeste a la ciudad de Buenos Aires.

Geográficamente se centra en coordenadas 34°42'30 de latitud Sur y 58°18'20 de longitud Oeste, correspondiente a la Carta 3557-13-1 "Lanús", del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La cuenca hidrográfica a la que pertenece es la del arroyo Santo Domingo, el cual tiene como destinatario final el Río de la Plata. Comprende el sector meridional del conurbano bonaerense, incluyendo principalmente los partidos de Avellaneda, Quilmes, Florencio Varela y Almirante Brown, y cubre una superficie aproximada de 153 km².

El contexto regional donde se encuentra ubicada La Cava de Villa Itatí es el propio partido de Quilmes, perteneciente al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

El AMBA, o Conurbano Bonaerense según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), está integrada por 24 partidos provinciales más la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Catorce de éstos se encuentran totalmente urbanizados, como son Avellaneda, Quilmes, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, Lanús, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Morón, San Miguel, Tres de Febrero, San Isidro y Vicente López, y los diez restantes se encuentran no totalmente urbanizados, ellos son Berazategui, Florencio Varela, La Matanza, Ezeiza, Esteban Echeverría, Almirante Brown, Merlo, Moreno, San Fernando y Tigre.

En el AMBA viven cerca de 13 millones de personas en una superficie del orden de los 3.800 km².

Tabla 2.1: Población del AMBA. Fuente: INDEC, 2010.

Población en el AMBA		
Censo Año	Población	Incremento
1970	8.435.840 hab.	---
1980	9.969.826 hab.	15,4%
1991	11.297.987 hab.	11,8%
2001	12.046.799 hab.	6,6%
2010	12.806.866 hab.	5,9%

El AMBA representa actualmente 39,1% de la población total de la Argentina y el partido de Quilmes el 1,5%.

Dentro de los 24 partidos bonaerenses incluidos, el de Quilmes representa el 5,9% de su población.

Tabla 2.2: Población de Quilmes y 24 partidos del Gran Buenos Aires. Fuente: INDEC, 2010.

Partido	Población	Varones	Mujeres	Índice de masculinidad
24 partidos del Gran Bs. As.	9.916.715 hab.	4.816.344	5.100.371	94,4
Quilmes	582.943 hab.	281.928	301.015	93,7

En ambos contextos, ya sea en las áreas con gran desarrollo urbano, como las aún no totalmente urbanizadas o periurbanas, se verifica una importante presión antrópica sobre los recursos naturales, en particular sobre los hídricos (cambios en la geometría de las cuencas), las zonas rurales y las áreas verdes remanentes.

La urbanización del AMBA presenta una forma de tipo "tentacular" o radial en correspondencia con las principales vías de acceso, tanto ferroviario como vehicular, que convergen a la zona portuaria y al área central de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Este tipo de disposición radial se impuso por sobre la natural del terreno, "soslayando las restricciones que imponían las cuencas hídricas perpendiculares al Río de la Plata" (UNQ, 2006).

Las cuencas hídricas más importantes corresponden a los ríos Luján, Reconquista y Matanza-Riachuelo, por cuyos sistemas se desarrolla la mayor parte del drenaje regional. Hacia el sur del AMBA, donde se encuentra el Partido de Quilmes, importan las de los arroyos Sarandí, Santo Domingo y Jiménez, de descarga directa al Río de la Plata.

En importantes tramos de su trazado original, estos cursos se encuentran modificados, convertidos en conductos entubados o canalizaciones artificiales, conformando las conducciones principales del entramado de la red urbana de desagües pluviales.

Los servicios de saneamiento (abastecimiento de agua potable y desagües cloacales) en los municipios del Área Metropolitana presentan una diversidad de entes prestadores, tanto públicos como privados, así como extensas zonas no cubiertas por redes en las áreas más periféricas de la conurbación.

Entre los prestadores más importantes se encuentra la Empresa Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA) de nivel nacional, y Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA) de jurisdicción provincial, ambas de orden público.

En lo que respecta al suministro de agua, el Censo 2010 (INDEC, 2010) indica que el 91,3% de la población cuenta con instalaciones de agua dentro de la vivienda, un 7,7% por fuera pero dentro del terreno donde habita, y el 1% restante por fuera incluso del terreno. El mismo Censo establece que el 79,8% de los hogares con acceso al agua cuenta con conexión a la red pública, destacándose que las jurisdicciones en mejor situación eran la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (99,6%) y los partidos aledaños; el 18,2% lo hace mediante perforación con bomba a motor y el 2,0% restante accede mediante perforación con bomba manual, pozo, canillas públicas, etc. Es claro que la forma de disponibilidad del recurso se correlaciona con las condiciones más o menos deficitarias de la vivienda, en particular en zonas de asentamientos irregulares o villas de emergencia.

Respecto al servicio de desagües cloacales, el Censo revela que el 57,3% posee descarga a una red pública de recolección, tratamiento y eliminación de efluentes cloacales (la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el 98,2%), un 23,3% de la población utiliza para la evacuación de excretas el sistema de cámara séptica y pozo ciego (con descarga al subsuelo), el 17,4% usa el mismo sistema de descarga a pozo ciego pero sin cámara séptica, quedando un 0,2% que descarga los desechos cloacales directamente en pozos o excavaciones y un 1,7% de hogares que no poseen ni baño ni letrina.

En cuanto a la disponibilidad de instalaciones sanitarias, un 88,9% de la población cuenta con instalación de inodoros con descarga de agua, un 9,4% utiliza inodoro sin descarga de agua (botón, cadena o mochila) y el 1,7% restante, como se mencionó no posee baño.

La producción promedio anual de agua superficial representa el 96% de la necesaria para abastecer al AMBA, de los cuales 2/3 corresponde a la Planta San Martín y un tercio a la Planta Belgrano. La producción promedio anual de agua subterránea representa el 4% del aporte total y es producido por las baterías de pozos distribuidos en diferentes partidos del conurbano.

La descarga final de los desagües cloacales se realiza al Río de la Plata, a través del Emisario Berazategui. Los tres conductos que conforman la cloaca máxima cruzan el Riachuelo y llegan a la Estación Elevadora de Wilde, y desde allí son impulsados hasta dicho Emisario que los conduce dentro del Río una distancia de 2,5 km y tienen un pretratamiento de rejillas.

2.1.2 Condiciones Urbanas y Ambientales del Partido de Quilmes

El partido de Quilmes posee su centro en coordenadas geográficas 34°43' de latitud Sur y 58°15' de longitud Oeste. Limita hacia el noreste con el Río de la Plata; hacia el Sudeste y Sur con los partidos de Berazategui y Florencio Varela respectivamente; hacia el Oeste y Suroeste con Lomas de Zamora y Alte. Brown y hacia el noroeste con Lanús y Avellaneda.

La superficie total es de 125 km², (94 km² según catastro) y su cabecera, la ciudad de Quilmes, está ubicada a 17 km de la Capital Federal.

El Partido se encuentra dividido en 9 localidades, Quilmes Este, Quilmes Oeste, Bernal Este, Bernal Oeste, Don Bosco (donde se encuentra Villa Itatí), Ezpeleta Este, Ezpeleta Oeste, San Francisco Solano y La Florida, distribuidas según se muestra en la siguiente figura:

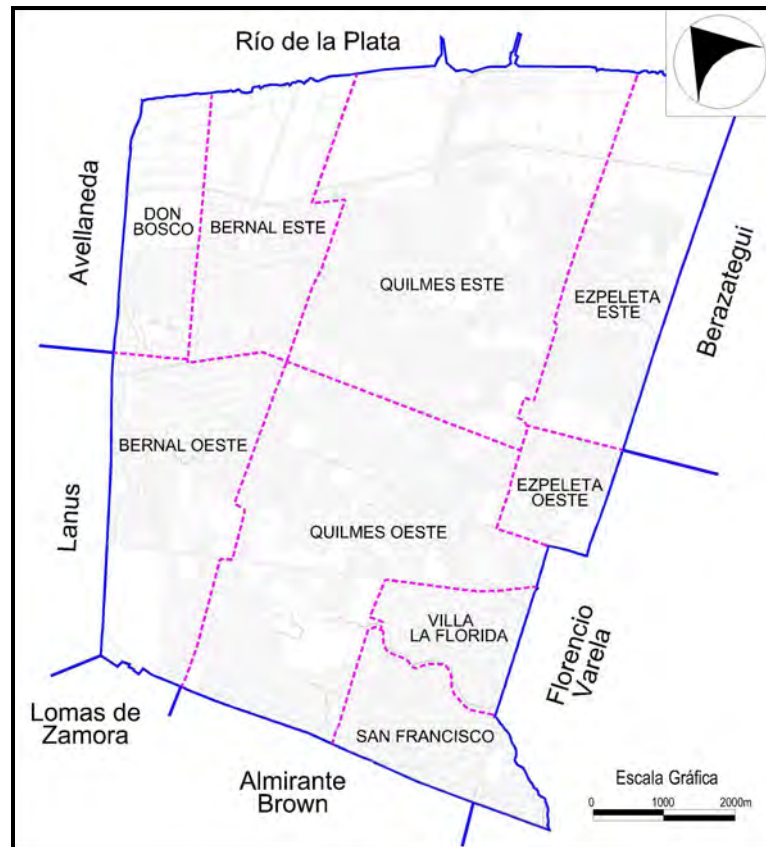


Figura 2.1: Localidades del partido de Quilmes

Su población total, según el último censo realizado por el INDEC (2010), es de 582.943 habitantes, la cual ha tenido una variación respecto de los anteriores, según se observa en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3: Población Total del partido de Quilmes. Fuente: INDEC, 2010

Población en Quilmes			
Censo	Población	Incremento	Densidad
[año]	[hab.]	[%]	[hab/km ²]
1970	355.265	---	2.842
1980	446.587	20,4	3.573
1991	511.234	12,6	4.090
2001	518.788	1,5	4.150
2010	582.943	11,0	4.664

La distribución según cada localidad se muestra a continuación:

Tabla 2.4: Distribución de la Población en el partido de Quilmes

Localidad	Porcentaje de población sobre el total
Quilmes Oeste	23 %
Quilmes Este	22 %
Bernal Oeste	15 %
San Francisco Solano	10 %
Ezpeleta Este	9 %
Bernal Este	6 %
La Florida	6 %
Ezpeleta Oeste	5 %
Don Bosco	4 %

Según el mismo Censo la distribución de acuerdo a las características edilicias de las viviendas, es la siguiente:

Tabla 2.5: Características de las Viviendas en el partido de Quilmes. Fuente: INDEC, 2010

Tipo	Tipo de vivienda							
	Casa	Rancho	Casilla	Dpto.	Pieza/s en inquilinato	Pieza/s en hotel o pensión	Local no construido para habitación	Vivienda móvil
Viviendas	140.172	1.072	5.229	16.214	669	102	246	13
Hogares	151.891	1.197	5.742	17.009	863	136	258	14
Población	509.412	4.599	21.760	41.147	2.136	304	565	38

Conforme al Censo Social realizado en el Municipio en el año 2010, unas 101.028 personas viven en zonas de villas de emergencia, asentamientos o viviendas en áreas precarias, es decir, el 18,4% de la población de Quilmes se encuentra en situación de vulnerabilidad social.

La distribución de la población en dicha situación se caracteriza por una estructura etaria más joven respecto a la media del Municipio. Se explica por una mayor participación de los niños, niñas y adolescentes al interior de la población en esa situación alcanzando el 45.1%, mientras que esta proporción se reduce al 32,7% en el Municipio (Censo Social, 2010).

A partir de estos datos, se puede estimar que la población con Niveles Básicos Insatisfechos (NBI)¹ alcanza aproximadamente al 14%.

¹ Hogares que presenten al menos una de las siguientes privaciones: que tuvieran más de tres personas por cuarto; vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo); que no

Uso del suelo

El partido de Quilmes se encuentra en un 77% amanzanado, quedando la superficie restante ocupada por predios de grandes dimensiones, el relleno sanitario de la Coordinación Ecología Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) y algunos sectores de tierras vacantes. Del área amanzanada es posible reconocer zonas de tipo comercial y de servicios, residenciales exclusivas y residenciales mixtas (UNQ, 2006).

Las áreas no amanzanadas de mayor relevancia las constituyen el sector ubicado al Este del partido, entre la barranca y la costa del Río de la Plata, y el área próxima a los arroyos San Francisco y La Piedras. Ambas zonas son de cotas bajas e inundables, sin embargo, existen en la actualidad proyectos de desarrollo urbanístico en estas áreas, uno de ellos denominado Nueva Costa del Plata de carácter privado y otro de carácter municipal en el marco del Plan Estratégico Quilmes, a cargo de la Unidad Ejecutora del Proyecto de la Ribera, creada a tal fin.

En la zona costera se ubica el mencionado relleno sanitario (CEAMSE) y varias cavas, ambos ámbitos de gran impacto ambiental, así como también predios deportivos, y áreas parcialmente amanzanadas ocupadas por núcleos de población de bajo nivel socioeconómico.

Algo similar ocurre en la otra zona, donde se localizan fundamentalmente actividades industriales, pero en la cual también se han producido asentamientos precarios en terrenos inundables, y degradados desde el punto de vista ambiental por falta de servicios y generación de basurales.

Agua y saneamiento

Quilmes posee según el Censo 2010 (INDEC 2010) un 98,7% de sus hogares con cobertura de red de distribución de agua potable, y un 59,4% con servicio de saneamiento cloacal, provistos ambos por la empresa Agua y Saneamientos Argentinos (AySA). El mismo Censo menciona que el 92,5% de los hogares dispone de agua con cañería instalada dentro de la vivienda, el 7,5% con cañería fuera de la vivienda.

Respecto al servicio de desagües cloacales, el mismo relevamiento establece que del 40,6% de los hogares que no posee servicio cloacal el 12,8% cuenta con inodoro con descarga a cámara séptica y pozo ciego, el 24,9% descarga a pozo ciego sin cámara, el 0,5% a hoyo o excavación y el 2,3% restante no posee baño. Respecto a las características de los baños, el

tuvieran ningún tipo de retrete; que tuvieran algún niño en edad escolar que no asistiera a la escuela; que tuvieran cuatro o más personas por miembro ocupado y, además, cuyo jefe no haya completado tercer grado de escolaridad primaria.

86,3% de los hogares cuenta con inodoro con descarga de agua (botón, depósito o mochila) y el restante 13,7% tiene inodoro sin descarga de agua o directamente no lo posee.

Red de desagües Pluviales – Áreas Inundables

La sucesiva ocupación del territorio por la acción antrópica de la urbanización, alteró el drenaje natural de las cuencas de los arroyos Santo Domingo (San Francisco - Las Piedras) y Jiménez, además de provocar la impermeabilización del suelo, con el consiguiente incremento del escurrimiento superficial.

El partido posee una red de desagües pluviales más o menos desarrollada, que consiste fundamentalmente en el entubamiento y/o canalización de los cursos de agua naturales. Este sistema principal se complementa con un conjunto de conducciones menores que drenan barrios más alejados, llegando incluso a conducciones en zanja en aquellas zonas de asentamientos más precarios o calles sin pavimentar. El desagüe natural de la red pluvial son los mencionados arroyos, y finalmente por éstos, al Río de la Plata.

Este sistema de drenaje urbano se encuentra ubicado en una zona muy poblada y de importante desarrollo industrial, recibiendo además de los aportes pluviales, efluentes domiciliarios, cloacales e industriales, por lo cual el agua conducida posee niveles altos de contaminación (PROMEBA, 2002). La falta de conservación y mantenimiento, sobre todo de las canalizaciones, contribuye a esta contaminación y a la degradación del entorno.

El área costera se ve periódicamente expuesta a inundaciones, no debida a precipitaciones pluviales, sino como consecuencia de los incrementos de los niveles del Río de la Plata provocados por fuertes y persistentes vientos del sudeste (sudestadas). Cuando éstas últimas se combinan con precipitaciones intensas las áreas involucradas son muy superiores, debido a que se limita la capacidad de desagüe de los sistemas de drenaje urbano.

Puede advertirse que gran parte de los problemas hídricos provienen de la geomorfología local, ya que la escasa pendiente origina un escurrimiento superficial muy dificultoso, con escasas posibilidades de atenuación natural de problemas de contaminación. Ocurre otro tanto con el escurrimiento subterráneo.

2.1.2.1 Clima

En línea general podemos mencionar que el clima en la región es del tipo templado - húmedo (Auge, 2004), con una temperatura media anual del orden de los 17 °C (1901/1990). Las menores temperaturas se manifiestan en el mes de julio, con una media mensual del orden de los 10 °C, y las máximas en enero, alcanzando una media de 23,9 °C.

Las temperaturas máximas se presentan en el período octubre – abril, pudiendo llegar a más de 35 °C en el mes de enero (en el año 1999 se registró un máximo de 39,9 °C en el mes de diciembre). Las temperaturas mínimas se desarrollan en los meses de mayo a septiembre, pudiendo descender incluso a varios grados por debajo del cero (en junio de 2002 se registro una mínima de -5,3 °C).

La cercanía con el Río de la Plata determina que éste actúe como factor moderador de la amplitud térmica, y en el aumento de la humedad relativa del ambiente, la cual es máxima en los meses de invierno, originando estados de nieblas o neblinas.

La precipitación media anual supera los 1.100 mm (1957/2000), siendo el periodo más lluvioso entre octubre y marzo, donde se acumula alrededor del 60% de la precipitación anual. Los meses menos lluviosos coinciden con los invernales, junio a agosto.

Asimismo, usualmente durante los meses de abril a octubre, se presentan tormentas costeras de tipo sudestada, caracterizadas por lluvias y lloviznas combinadas con persistentes vientos de dirección sudeste. Los episodios de helada y granizo son de muy baja ocurrencia.

Los vientos predominantes proceden principalmente del sector N-E, originados como consecuencia de la presencia del centro anticiclónico del atlántico Sur. Son del tipo cálido y húmedo, en particular los provenientes del Norte son cálidos en verano, mientras que los del Sur y Oeste son relativamente frescos.

La velocidad varía entre las distintas estaciones. En general, las mayores se observan durante el verano y las mínimas en invierno.

Existen fenómenos regionales relacionados con los vientos (PROMEBA, 2002) impactan principalmente sobre el Río de la Plata y tienen consecuencias en la región, estos son, el Pampero como se denomina al viento que proviene del sector S – SO con rachas máximas del orden de los 130 km/h (primero soplan vientos del Norte durante varios días, por lo que la temperatura y la humedad se elevan, la presión cae lentamente y las condiciones se tornan inestables) y la Sudestada, caracterizada por vientos de entre 90 a 130 km/h, provenientes del sector Sudeste, que actúan en sentido longitudinal al río, los cuales de persistir durante un par de días provocan un aumento del nivel del agua y del oleaje.

2.1.2.2 Recursos Hídricos

Superficiales

El Río de la Plata es receptor natural de los cursos que atraviesan el territorio. La dirección del escurrimiento regional es de sur-suroeste a nor-noreste (SO-NE), siendo los afluentes más importantes el arroyo Jiménez y el Santo Domingo, este último formado por la confluencia de los arroyos San Francisco y Las Piedras.

El San Francisco recorre los partidos de Almirante Brown y Quilmes, posee una longitud de cauce de alrededor de 13 km, una cuenca del orden de los 27 km² y una pendiente promedio de 1,8 por mil, entre sus nacientes (cercanas a la localidad de Glew) y la zona conocida como Cañada de Gaete (zona de bañados), y de 0,2 por mil entre este último punto y el encuentro con el A° Las Piedras.

Nace el arroyo Las Piedras en los partidos de Almirante Brown y Florencio Varela, primero recorre este último y luego ingresa al de Quilmes. El área total de la cuenca es de 123 km², la longitud del curso principal de aproximadamente 20 km, y su pendiente promedio 1,25 por mil, entre las nacientes y la Cañada de Gaete y 0,12 por mil, entre ésta y la unión con el A° San Francisco.

El arroyo Santo Domingo, que como se mencionó surge a partir de los dos anteriores, recorre los partidos de Quilmes y Avellaneda en una longitud cercana a los 7 km, hasta desembocar en el Río de la Plata. A partir del límite entre ambos el curso se encuentra entubado hasta aproximadamente la estación Villa Domínico del Ferrocarril General Roca (F.C.G.R.), donde desagua en el canal Santo Domingo, el cual conduce el escurrimiento hasta el Río de la Plata. La superficie de la cuenca es del orden de los 210 km² y su pendiente media del 1,0 por mil. Además de la propia cuenca, existe un trasvase del arroyo Las Perdices, perteneciente a la cuenca del Sarandí, que aporta también al Santo Domingo.

En la localidad de Bosques nace el arroyo Jiménez, el cual recién en el partido de Berazategui recibe un afluente proveniente de la localidad de Florencio Varela, haciéndose el escurrimiento permanente. Ya en el partido de Quilmes y a la altura de la localidad de Ezpeleta, se bifurca en el cauce natural y el canal Aliviador Jiménez. Posee una cuenca de aproximadamente 80 km² y pendiente media del 2,0 por mil.

El sistema se completa con canales que permiten drenar la zona de bañados comprendida entre las cuencas de los arroyos Santo Domingo y Jiménez (alrededor de 35 km²) la cual no presenta un drenaje bien definido hacia el nivel de base, debido a su escasa pendiente local.

Unidad Geológica	Litología	Comportamiento Hidrológico
F. Arenas Puelches	Arenas medianas a finas, ocasionalmente gruesas	Acuífero (semiconfinado)
Formación Paraná (superior) Formación Paraná (inferior)	Arcillas verdes, verdes-azuladas Arenas medianas a finas, marinas	Acuícludo Acuífero (confinado)
Formación Olivos (superior) Formación Olivos (inferior)	Arcillas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales	Acuícludo Acuífero (confinado)
Basamento Hidrogeológico	Basaltos Granitos y gneisses	Acuífugo

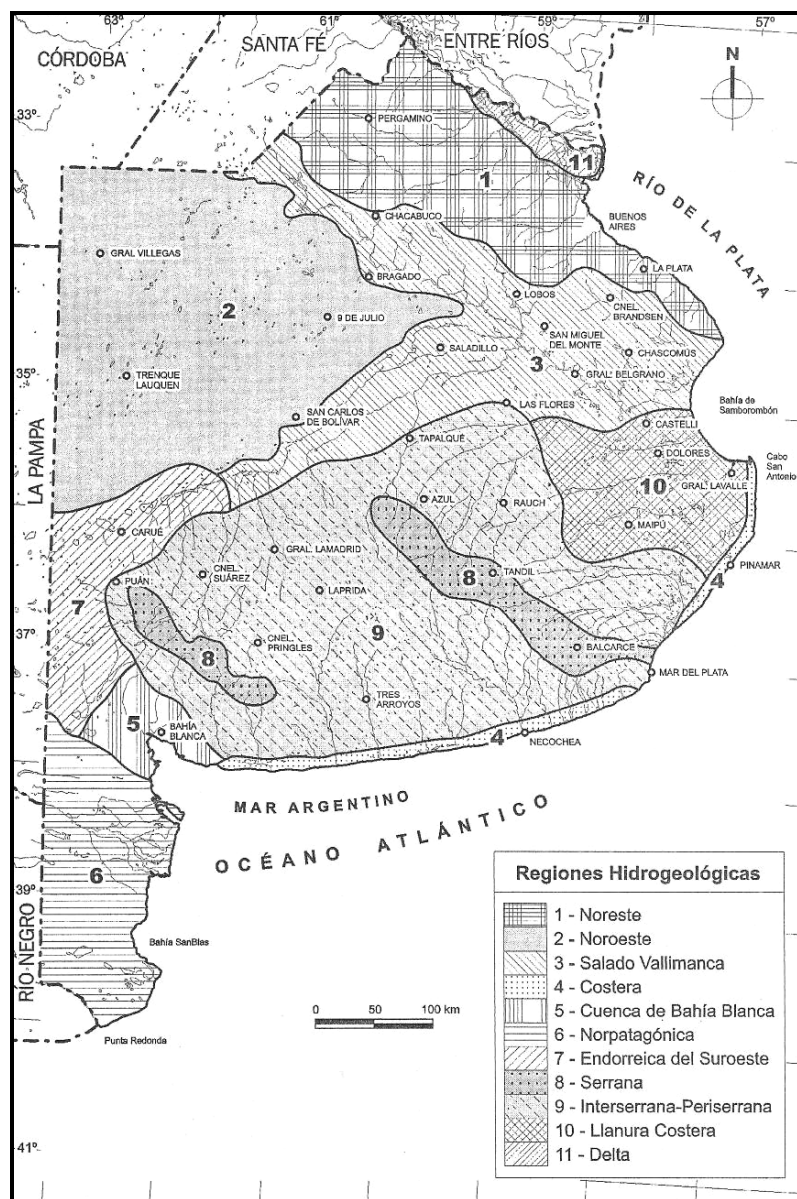


Figura 2.3: Regiones Hidrogeológicas de la provincia de Buenos Aires. Tomado de González (2005)

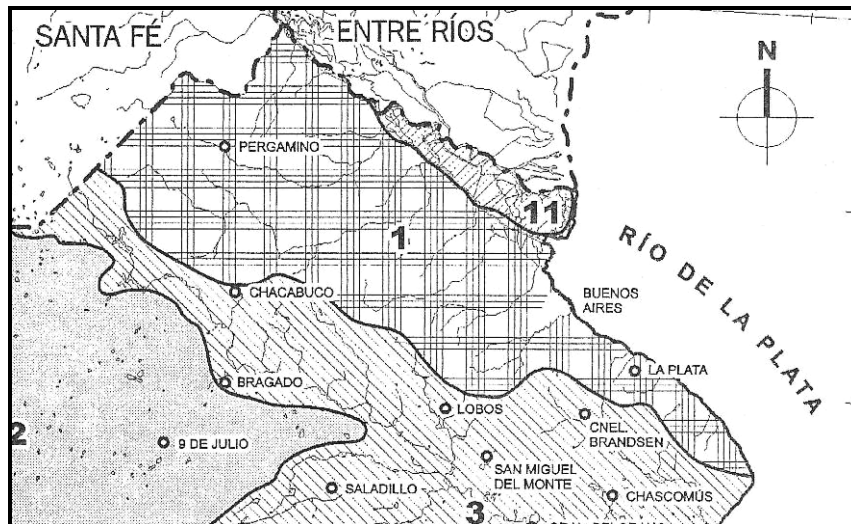


Figura 2.4: Detalle Región Noreste

La hidrogeología puede caracterizarse bajo un modelo conceptual compuesto por una secuencia de acuíferos superpuestos, en donde la interrelación entre las distintas unidades depende de la mayor o menor permeabilidad de los sedimentos que las separan.

Dicha secuencia está integrada por una Zona No-saturada (ZNS), un acuífero superior (freático), un acuífero intermedio (pampeano) y uno inferior semiconfinado, denominado Puelche.

La principal característica que relaciona al sistema es la recarga que se produce por el movimiento de filtración vertical descendente. El acuífero freático y el pampeano se alojan en sedimentos de la Formación Pampeano; el primero de características estrictamente libres y el segundo de carácter semi-libre (Sala y Auge, 1970; Hernández y Sala, 1972).

De acuerdo a sus propiedades hidrogeológicas, Sala y Auge (1969) identifican tres subacuíferos que desde la superficie a profundidad, nominan:

- Subacuífero Epipuelche
- Subacuífero Puelche
- Subacuífero Hipopuelche

Subacuífero Epipuelche

Se encuentra alojado en sedimentos Pampeanos y Postpampeanos. Regionalmente homogéneo, presenta un carácter anisotrópico heterogéneo local, más a causa de las variaciones de la permeabilidad que de la presencia de capas impermeables. Dichos sedimentos están integrados por limos arenosos, algo arcillosos, de color castaño, con intercalaciones calcáreas en forma de nódulos o estratiformes (tosca).

En la base del pampeano se localiza un acuitardo (limos arcillosos, arcilla limosa), coincidente en general con la Formación Ensenada o equivalente, que sirve de techo al acuífero Puelche (González, 2005).

Debido a su posición es el más relacionado con los factores antropogénicos, meteorológicos e hidrológicos superficiales y en consecuencia, es el más afectado por la contaminación y actúa como agente transmisor a las unidades inferiores (EASNE, 1972).

La recarga del acuífero freático y semi-libre Pampeano es autóctona directa, a expensas de excedentes hídricos que superan los 250 mm/año (González, 2005).

Considerando la homogeneidad regional del subacuífero y suponiendo líneas de flujo como tubos de diámetro infinitamente pequeño y uniforme, y un régimen permanente para tiempo despreciable, los caudales que llevan serán constantes en cada uno de ellos (EASNE, 1972).

Su porosidad puede ser estimada en el orden del 10% de acuerdo al tipo litológico dominante. La permeabilidad oscila entre 0,5 y 5 m/día. Considerando la baja pendiente de la capa freática, menor aún que la topográfica, y la porosidad y coeficiente de permeabilidad asumidos, el escurrimiento subterráneo se hace sumamente lento con velocidades efectivas máximas medias que apenas superarán los 50 cm/día (EASNE, 1972).

El acuífero freático y semilibre Pampeano ofrecen en general aguas de buena calidad, con baja salinidad entre 500 y 2.000 mg/l, excepto en la planicie aluvial del Río de la Plata y valles inferiores de los ríos y arroyos principales donde puede alcanzar los 10.000 mg/l (González, 2005).

Asimismo, en la zona de llanura son mayoritariamente bicarbonatadas sódicas, subordinándoseles las bicarbonatadas cálcico-magnésicas. En la Planicie Costera su característica es bicarbonatada - clorurada sódica.

Subacuífero Puelche

El acuífero Puelche yace en toda la región, extendiéndose hacia el Sur hasta más allá del río Salado (Auge et al., 2002) y penetrando en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Córdoba. La intensa explotación introdujo una fuerte distorsión de la red equipotencial, evidenciada por la existencia de extensos conos de depresión de carácter regional emplazados en el área metropolitana (conurbano) y Gran La Plata. Estas hidroformas antrópicas forzaron un cambio en el sentido de flujo y en el comportamiento de parte de los ríos y arroyos del área, acompañado de intrusión salina desde la planicie aluvial del Río de la Plata y depleción del conjunto freático - semi-libre Pampeano (Auge et al., 2002; González, 2005).

Desde la década de los '80, el desuso de perforaciones de servicio y la importación de agua fluvial produjo la recuperación de los niveles piezométricos y consecuentemente de los freáticos, con efectos de anegamientos en construcciones subsuperficiales y sectores bajos (Hernández y González, 1997, 2000; González, 2005).

Se encuentra alojado en las arenas Puelches, por debajo del acuífero anterior. En uniformidad supera al epipuelche, y considerado regionalmente, es de tipo isotrópico homogéneo en sentido horizontal, mientras que en sentido vertical, presenta cierto grado de anisotropía, debido a la intercalación de lentes de distinta permeabilidad.

Su espesor varía en general entre 20 y 90 m (Auge et al., 2002), aunque en el área objeto de estudio estos límites se encuentran entre los 20 y 30 metros. En su parte inferior limita con un espesor de arcillas marinas verdes - azuladas, correspondientes a la sección superior de la Formación Paraná, de comportamiento acuicludo. (González, 2005)

La porosidad del acuífero puede ser considerada en el orden del 20%, con una permeabilidad promedio de 20 m/día. La transmisividad es relativamente uniforme en toda el área, con valores de 500 m²/día. Los gradientes medios disminuyen desde 2 m/km en el Noroeste hasta 0,8 m/km en el Sudeste, con valores de velocidad y velocidad efectiva de 2×10^{-2} y 1×10^{-2} m/día respectivamente, para el sector noreste (EASNE, 1972).

En el acuífero Puelche la recarga es autóctona indirecta por filtración vertical desde la unidad superior a través del acuitardo, en aquellas posiciones donde su nivel piezométrico resulta negativo (González, 2005). La descarga regional ocurre hacia las cuencas del Paraná, de la Plata y del Salado.

Generalmente sus aguas son de baja salinidad, no superan los 2.000 mg/l, y de tipo bicarbonatadas sódicas. Desmejoran hacia las zonas de descarga con más de 20.000 mg/l evolucionando a cloruradas sódicas (Auge et al., 2002)

Subacuífero Hipopuelche

Contenido en los sedimentos de las series Paraniana y Preparaniana, se posee poca información respecto a su conformación debido a la escasez de perforaciones que lo alumbran.

Está compuesto por arenas verdes a grisáceas, marinas, acuíferas, por debajo de las cuales se hallan arcillas pardo - rojizas continentales, muy plásticas acuicludas y pertenecientes a la Formación Olivos (González, 2005).

Un ensayo de bombeo realizado en Avellaneda, arrojó como resultado una transmisividad de 500 m²/día, y un coeficiente de almacenamiento de 1×10^{-4} , valores similares al Puelche (EASNE, 1972).

Los acuíferos Paraná y Olivos reconocen recarga alóctona, habiéndose demostrado la inexistencia de filtración vertical a través de las arcillas de la Formación Paraná (González, 2005).

2.1.3 Condiciones Urbanas y Ambientales de Villa Itatí

Las "villas miseria", o simplemente "villas" surgen en la Argentina fundamentalmente como consecuencia de la crisis del '30, donde se produce la migración de una importante masa de población desde el interior del país hacia las grandes ciudades (Rosario, Córdoba, Tucumán), muy especialmente hacia la ciudad de Buenos Aires (Capital Federal), atraída por las condiciones laborales más ventajosas que existían en el área metropolitana ("ciudad industrial"), debidas al aumento de la actividad fabril, a partir de la aplicación del modelo sustitución de importaciones, el cual requería abundante mano de obra. Esta migración interna estuvo a su vez favorecida por el trazado de las líneas de ferrocarriles del modelo agroexportador de los años 1880, del tipo radial y con centro en la ciudad de Buenos Aires.

El nombre "villa miseria" deriva de la novela del escritor argentino Bernardo Verbitsky "Villa Miseria también es América" (1957), y según la información recopilada, la primer villa miseria se llamó "Villa Esperanza", se ubicaba en la ciudad de Buenos Aires, y data de 1932. Las características actuales de este tipo de agrupamientos poblacionales, comienza en la década del '40 con la "Villa 31" de Retiro, y es para esa misma década que se estima la aparición de las primeras villas con asiento en el conurbano bonaerense.

Estos movimientos poblacionales son lentos, progresivos y en general tardan varias décadas en consumarse definitivamente, por lo que es difícil determinar una fecha precisa del inicio o creación de la villa y de su completamiento, y sólo es posible referirse a datos originados en la memoria colectiva de sus pobladores.

El caso de Villa Itatí no difiere de estas características, su origen se establece en la década de 1950 (UNQ, 2006), la población original, como se mencionó, provenía del interior del país, pero en este caso con presencia también de países limítrofes. Justamente el nombre de "Itatí" deriva de la fuerte devoción a la Virgen de Itatí que traían incorporada los que migraban desde el litoral.

La población de la villa aumentó simétricamente con la desocupación, consecuencia del cierre de fábricas e industrias de la zona (en su momento Berazategui, Quilmes, Bernal representaban uno de los fuertes polos industriales y fabriles, de mediana y alta concentración de mano de obra), las crisis económicas y los ajustes tanto locales como en otros países de la región.

En particular, los últimos incrementos en su población, de los cuales se pudo ser testigo, se produjeron en los años posteriores a la crisis económica del año 2001, como consecuencia de la combinación entre la desocupación y los fuertes aumentos en los alquileres, y más cercano, entre los años 2007 a 2009 por las ventajas económicas comparativas de la Argentina actual con otros países limítrofes, en particular Paraguay.

En 1968, el Ministerio de Bienestar Social implementó su "Plan de erradicación de las villas de emergencia de la Capital Federal y del Gran Buenos Aires", la muestra del único intento de implementación de este Plan en Villa Itatí es el complejo habitacional (monoblocks) que se ubica sobre calle Ayacucho, compuesto por 250 departamentos de 60 m².

Dentro de la Villa Itatí funcionan las siguientes instituciones comunitarias:

- Centros de Alfabetización
- Capilla Nuestra Señora de Itatí. Pampa y Falucho
- ANAVI
- Asociación Civil Ángel Antonio
- Asociación Civil de Cartoneros de Villa Itatí
- Centro Comunitario La Casita de la Cava
- Comisión Padres de Guardería
- ETIS (Equipo de Trabajo e Investigación Social)
- Institución Salesiana Ntra. Sra. de Lujan. Parroquia San Juan Bosco
- Itatí Azul Unidos

Centros de Salud:

- Unidad Sanitaria Villa Azul
- Unidad Sanitaria Villa Itatí II
- Unidad Sanitaria El Progreso

Centros de Educación de gestión estatal (en inmediaciones de Villa Itatí)

- Jardín de Infantes N° 982 - N° 983 y N° 990
- Escuela Primaria N° 21 - N° 31 y N° 42
- Escuela Polimodal N° 1 y N° 12
- Escuela Secundaria Básica N° 9 - N° 52 y N° 84
- Centro de Adultos N° 722/08
- Escuela de Adultos N° 708
- Escuela Especial N° 507

Villa Itatí se encuentra, dentro del partido de Quilmes, en la localidad de Don Bosco. Este asentamiento abarca desde el Acceso Sudeste a la ciudad de Buenos Aires, hasta la calle Montevideo, y desde la calle Ayacucho hasta calle Levalle, con una superficie de 55,8 hectáreas.

Una vista aérea de Villa Itatí, puede verse en la Foto 2.1, en la cual también se han indicado sus límites, según los establece el Municipio.



Foto 2.1: Vista aérea de Villa Itatí

Como puede observarse en la imagen, el área se encuentra casi en su totalidad urbanizada, destacándose como áreas verdes o abiertas, las correspondientes al sector denominado La Cava, el predio perteneciente al Hospital del Vidrio, ubicado frente a la calle Ayacucho, una manzana sin construir que hace las veces de plaza (en el barrio conocida como “cancha de Ferro”), ubicada entre las calles Pampa y Los Andes, y otro predio libre, cercano a la Av. Dardo Rocha, perteneciente al Club CASBO.

En la Figura 2.5 se muestra la ubicación del asentamiento dentro del partido de Quilmes.

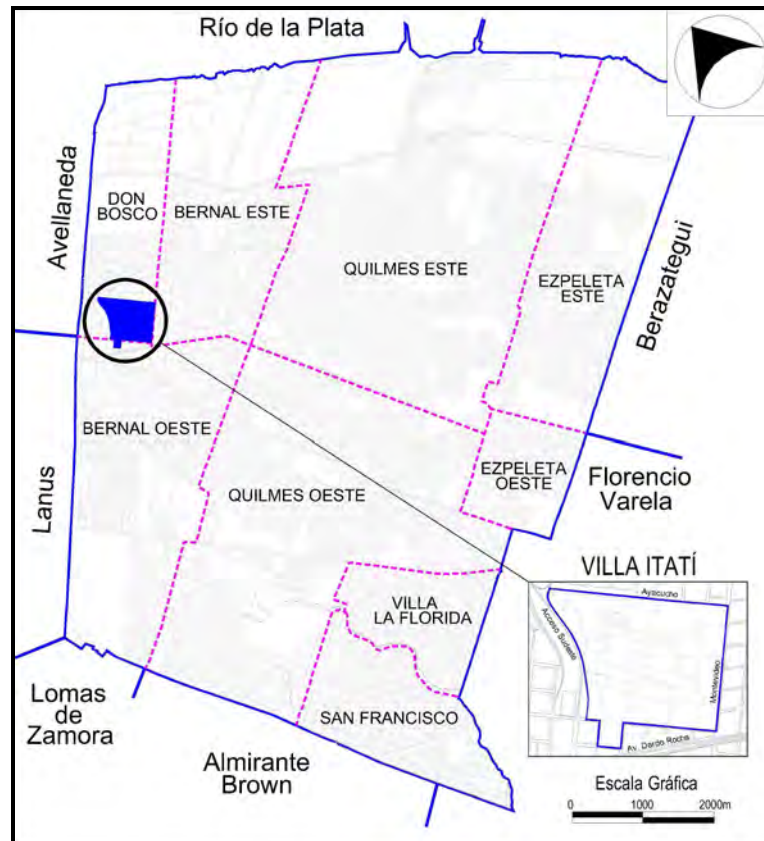


Figura 2.5: Ubicación de Villa Itatí en el partido de Quilmes

Desde el punto de vista del drenaje superficial, Villa Itatí pertenece a la cuenca del arroyo Santo Domingo, descrito en el Punto 2.1.2.2. En la Figura 2.6, se muestra la posición dentro de la cuenca.

Salvo en los límites externos de Villa Itatí, las calles internas son de forma irregular, típicas de estas zonas de asentamientos espontáneos y precarios, donde la urbanización no responde a parámetros parcelarios ordenados. Las calles y avenidas perimetrales poseen pavimento (en general de hormigón) y el resto son de tierra, de anchos variables, incluso muchas de ellas simplemente callejuelas o pasillos de uso sólo peatonal, ya que no permiten el tránsito vehicular.

El Municipio de Quilmes, a través de la Secretaría de Desarrollo Social, el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación y el Consejo Nacional de Políticas Sociales de la Presidencia de la Nación, realizó entre junio de 2009 y marzo de 2010 el Censo Social Quilmes, cuyo principal objetivo fue el de identificar los hogares en situación de vulnerabilidad social y recabar información estratégica que permita elaborar un Plan de Inversión Plurianual enfocado a solucionar los principales problemas sociales de Quilmes, mejorar las decisiones de políticas públicas, aumentar la eficiencia y la inversión social en cada barrio. El relevamiento fue realizado por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Universidad Nacional de Lanús (UNLA), según el Censo Social (2010).

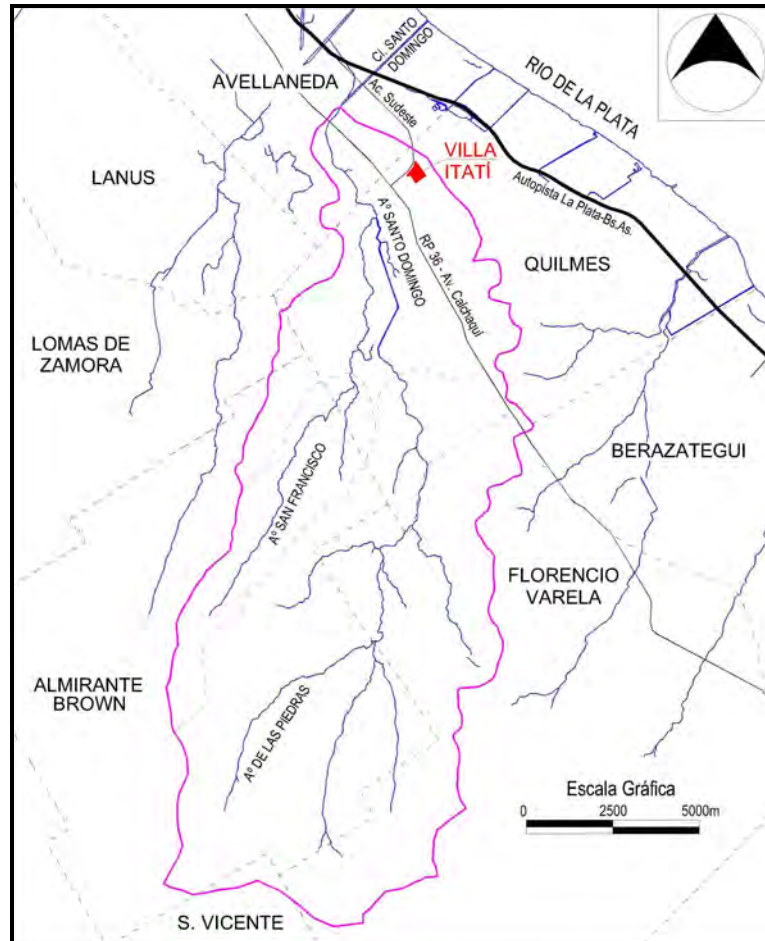


Figura 2.6: Ubicación de Villa Itatí en la cuenca del arroyo Santo Domingo

Para este censo se seleccionaron una treintena de zonas consideradas más vulnerables del Municipio, entre las cuales se encontraba Villa Itatí, y cuyos resultados más relevantes para el presente trabajo se resumen a continuación.

Población

La población censada en Villa Itatí alcanzó a 9.585 habitantes, la cual representa el 9,6% de la población vulnerable censada y el 1,65% de la población total del Municipio. Se distribuye de la siguiente manera.

Tabla 2.6: Distribución de población en Villa Itatí. Fuente: Censo Social Quilmes, 2010

Varones	Mujeres	Años						
		0-4	5-9	10-14	15-24	25-44	45-64	+65
%	%	%	%	%	%	%	%	%
50,4	49,6	13,5	11,6	11,2	19,7	25,9	13,4	4,6

Hogares

La cantidad de hogares censados en Villa Itatí fue de 2.329, con las siguientes características:

Tabla 2.7: Características de los hogares. Censo Social Quilmes, 2010

Promedio de personas en el hogar	Promedio de menores de 18 en el hogar	Hogares sin menores	Hogares con solo adultos de 65 años
4,2	1,8	27,8%	4,7%

Como dato positivo encontramos que los hogares nucleares, esto es, aquellos en los que ambos cónyuges están presentes en la organización familiar son los predominantes, llegando al 70% de la población en situación de vulnerabilidad social.

Viviendas

Respecto a las condiciones de las viviendas, los resultados del Censo indicaron:

Cuadro 2.2: Condiciones de las viviendas. Fuente: Censo Social Quilmes, 2010

Hogares en viviendas deficitarias (más de 7.000 habitantes)	84,3%
Hogares sin inodoro con descarga de agua (más de 4.500 hab.)	67,1%
Hogares sin acceso a agua de red pública	1,4%
Hogares con acceso a agua fuera de la vivienda	23,5%
Hogares con acceso a agua fuera del terreno	3,2%
Hogares con hacinamiento (más de 3 personas por cuarto)	16,8%
Hogares sin acceso a cloaca (más de 6.400 hab.)	95,1%
Hogares no propietarios de la vivienda y terreno	93,6%
Hogares sin acceso a servicios de energía eléctrica	0,3%
Hogares sin acceso a gas de red	98,3%

Para poner en contexto estos valores, cabe mencionar que los barrios relevados que no disponían del desagüe a red cloacal afectaban a 20.891 viviendas. La incidencia de este indicador al interior de cada barrio, oscila entre el 85% y el 98% del total de viviendas.

Pobreza

*Tabla 2.8: Población pobre en Villa Itatí. Fuente: Censo Social Quilmes, 2010.
 NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas*

Pobreza por Ingresos		Pobreza Estructural	
Población pobre	Hogares pobres	Población con NBI	Hogares con NBI
36,8%	29,3%	88,9%	87,5%

Cabe recordar que el NBI correspondiente a todo el Municipio de Quilmes es del 14%.

Según los datos de ingresos declarados, el 40% de la población en situación de vulnerabilidad social no cuenta con los suficientes para cubrir los requerimientos alimentarios básicos necesarios, el 13% de ellos se encontraba en la pobreza extrema (indigencia). El mismo censo aclara que al momento de ser realizado recién se estaba implementando la Asignación Universal por Hijo (AUH) por lo cual los datos de pobreza por ingreso presentados no contemplan el impacto de la AUH en los ingresos declarados.

Salud

Cuadro 2.3: Uso del sistema de salud pública en V. Itatí. Fuente: Censo Social Quilmes, 2010

Población usuaria del sistema de salud público exclusivamente	70,6%
Menores de 18 usuarios del sistema de salud público exclusivamente	74,0%
Población mayor de 65 usuaria del sistema de salud público exclusivamente	30,5%
Población con alguna discapacidad permanente	5,7%

Los resultados correspondientes al total de los barrios censados, indicaron que dos tercios de la población en situación de vulnerabilidad social son potenciales usuarios del sistema público de salud, ya que manifiestan no disponer de cobertura de obra social o servicio medico prepago.

Educación

Cuadro 2.4: Datos de escolaridad en Villa Itatí. Fuente: Censo Social Quilmes. 2010

Tasa de escolaridad de niños de 6-14 años	97,1%
Asistencia con rezago al nivel primario	14,7%
Asistencia con rezago al nivel medio	36,2%
Adolescentes de 14 años que asisten a primaria	18,0%
Adolescentes que no asisten al nivel medio y no completaron el nivel	34,7%
Jóvenes de 20-24 años con menos de 12 años de escolaridad	71,9%

Según este relevamiento, los niveles de escolaridad de la población en situación de vulnerabilidad social en la escuela primaria, no distan de los valores medios provinciales.

Inserción Laboral

*Cuadro 2.5: Tasa de desempleo en Villa Itatí. Fuente:
Censo Social Quilmes, 2010*

Tasa de actividad	37,5%
Tasa de empleo	32,2%
Tasa de desempleo	13,9%
Tasa de actividad (jefe de hogar)	74,5%
Tasa de empleo (jefe de hogar)	66,3%
Tasa de desempleo (jefe de hogar)	11,0%
Jóvenes 15 a 18 que no estudian ni trabajan	22,5%
Jóvenes 19 a 24 que no estudian ni trabajan	42,1%

La tasa de desempleo, cercana al 14% en Villa Itatí, y la de desocupación de los jefes de Hogar, del 11%, se correlacionan con la del AMBA en general, con valores de 8,8% y 5,3% respectivamente.

2.1.3.1 La Cava de Villa Itatí

El sector denominado La Cava, está enclavado dentro de Villa Itatí y corresponde al área comprendida por las calles Ayacucho, Chaco, Falucho y el Acceso Sudeste, y su nombre deriva de la excavación realizada para la extracción de material de préstamo (comúnmente denominado "tosca" en el ámbito de la obra civil), destinado a la construcción del Acceso Sudeste a la Ciudad de Buenos Aires. "La Cava" es básicamente la urbanización de esa excavación y su periferia.

Las tierras de este sector del asentamiento pertenecerían a la Dirección Nacional de Vialidad, y en ella se instaló el obrador de la Empresa Constructora Sánchez Granel Ingeniería, que en el año 1971 comenzó con la construcción del acceso vial, inaugurado el 15 de diciembre de 1978.

En la siguiente Figura 2.7 se muestra la ubicación de La Cava respecto de Villa Itatí.

Esta zona comprende una superficie estimada de 15,8 hectáreas y se caracteriza por sus construcciones precarias ubicadas sobre los taludes (paredes) y fondo de la excavación, la falta de calles vehiculares, la circulación por pasillos tortuosos, zanjas abiertas y carencia de los servicios públicos básicos (agua potable, cloacas, gas, luz y recolección de residuos).

Por su propia característica (una excavación) confluyen en La Cava aguas de diferentes orígenes y calidades, las cuales al no ser captadas por los sistemas adecuados (red de desagües pluviales y cloacales), permanecen o escurren lentamente por superficie, generando como consecuencia que los habitantes convivan con un medio húmedo permanente y en grave situación sanitaria.



Figura 2.7: Ubicación de La Cava en Villa Itatí

En este sector en particular, son válidos todos los parámetros socio habitacionales descriptos en el punto anterior para Villa Itatí en general, sobre todo lo referente a la falta de red de desagües cloacales, precaria conexión a la red de agua potable, dentro y fuera de la vivienda, inexistencia de red de gas natural, tendido eléctrico totalmente inseguro y caótico y falta de un sistema de recolección de residuos sólidos domiciliarios ordenado. En La Cava se encuentran los mayores porcentajes de nivel de pobreza y vulnerabilidad asignables a Villa Itatí.

La parte baja está conformada por un cuerpo de agua tipo lagunar, que recibe efluentes superficiales (precipitación, aguas servidas domiciliarias, desagües pluviales) y subterráneos. En esta zona más baja se encuentra instalada una estación de bombeo que permite, en buena medida, mantener controlado el nivel de agua dentro de la misma. El bombeo se realiza hacia un conducto pluvial existente y la bomba es operada por la Asociación de Cartoneros, conjuntamente con la Municipalidad de Quilmes, quien está a cargo de su mantenimiento.

Como puede observarse en las Fotos 2.2 y 2.3, este cuerpo de agua constituye un humedal cubierto en su totalidad por vegetación palustre dominada por “Totoras” (género *Typha*), característica de este tipo de ambiente con importante presencia de nutrientes.



Foto 2.2: Laguna vegetada en la parte baja de La Cava



Foto 2.3: Laguna vegetada en la parte baja de La Cava

A partir de datos aportados por los vecinos, pudo conocerse que los primeros pobladores llegaron a la zona de Villa Itatí alrededor del año 1963, y hacia el año 1976 se comenzó a poblar lo que ellos denominan “abajo”, refiriéndose a la zona de la cava propiamente dicha.

En el año 1985, La Cava, registra su primera inundación importante, con origen en un período de fuertes precipitaciones, lo que derivó en la construcción y colocación del primer equipo de bombeo, actualmente reemplazado por la estación de bombeo mencionada que cumple un rol fundamental, bajo diferentes puntos de vista, por ello, en el Capítulo 3.1.7 se desarrollará más extensamente sobre el particular.

Una de las actividades económicamente más activa del sector es la recolección, fraccionamiento y venta de papel, cartón, vidrio, hierro, plástico, etc., la cual está en parte

canalizada y organizada por la Asociación de Cartoneros de Villa Itatí, cooperativa surgida hace 10 años por iniciativa de los "carreros" de La Cava, como alternativa al abuso en el precio individual de compra a que eran sujetos en los depósitos locales existentes.

Como es común en esta actividad, el producto del "cartoneo" se manipula, selecciona y clasifica en las casas, con intervención del grupo familiar y bajo ninguna pauta mínima de seguridad. En este sentido, la Asociación logró a lo largo de este tiempo, mejorar este aspecto, incorporando elementos y procedimientos más seguros para el cuidado en el manejo de los residuos sólidos.

Otra consecuencia de esta actividad es la generación de pequeños basurales que se extienden por distintos espacios libres o en la proximidad de las viviendas, lo cual ha llevado a trabajar junto con la Municipalidad, en la colocación de contenedores, pero por diversos motivos, el resultado no ha sido satisfactorio.

Todo esto hace que el contexto socioeconómico del área sea de un importante grado de pobreza (por ingreso y estructural), de precariedad habitacional, sanitaria, ambiental y de infraestructura.

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

2.2.1 *Recopilación de Antecedentes*

Se realizó la recopilación de antecedentes cartográficos, planialtimétricos, topográficos y de fotografías aéreas e imágenes satelitales, con el objeto de poder conformar una documentación gráfica y una planialtimetría de base adecuada para la delimitación de cuencas de aporte superficial, el análisis de la conformación topográfica de la zona de estudio, y su evolución temporal.

En particular se procuró la siguiente información:

- Carta IGN 3557-13-1 "Lanús".
- Carta Topográfica "Wilde", M.O.P., Dirección de Geodesia, Provincia de Buenos Aires, 3557-13-1-III-C. Año 1973. Escala 1:5.000.
- Fotografía aérea Geodesia – Último vuelo Año 1998. Escala 1:20.000.
- Propuesta de Urbanización Barrio Itatí. Comisión de Tierras Fiscales Nacionales, Programa Arraigo, Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, en formato digital.
- Relevamiento planialtimétrico OSN en formato digital.
- Imágenes actuales e históricas provistas por Google Earth.

Se seleccionaron y analizaron antecedentes hidrogeológicos, hidrológicos, hidráulicos, y de descripciones del sistema antrópico (infraestructura, ambiente urbano, socioeconómico y cultural, núcleos poblacionales, etc.), que permitieron caracterizar el área de estudio, y delinear el funcionamiento del sistema hidrológico subterráneo, superficial y medioambiental urbano, a nivel de modelo conceptual.

Los datos meteorológicos utilizados en el cálculo del balance hidrológico fueron obtenidos de registros, actuales y antecedentes, de precipitaciones diarias provenientes del Servicio Meteorológico Nacional, en particular de las estaciones Observatorio Villa Ortúzar y Aeroparque Buenos Aires.

Asimismo se consultó el sitio web www.clima.meteored.com, el cual proporciona información detallada del clima en diversos puntos del planeta, a partir de la publicación de datos meteorológicos provenientes de estaciones oficiales, entre los que se incluyen temperatura media, máxima y mínima diaria, velocidad del viento, presión atmosférica, precipitación total de 24 hs, además de ráfaga de viento, presencia de granizo, nieve y niebla.

Para el control del tiempo de funcionamiento de las bombas que regulan el nivel de agua en La Cava, se estableció un registro diario de encendido y apagado de las mismas, el cual estuvo

a cargo de miembros de la Asociación de Cartoneros de Villa Itatí, quienes también se encargan del mantenimiento de la estación de bombeo.

Complementariamente se realizó un análisis socio-ambiental de Villa Itatí y de La Cava misma, por medio de entrevistas y toma de contacto con personajes clave de la misma, entre ellos, el presidente de la Asociación de Cartoneros, responsables de la unidad sanitaria y comedor comunitario, docentes, referentes políticos, integrantes de las congregaciones religiosas que trabajan en la villa, etc.

Por otra parte, se cuenta para sí, y para el abordaje del análisis del problema, en lo que se refiere más a su alcance socio ambiental, con la experiencia adquirida a lo largo de estos diez años, en el acompañamiento de la formación y desarrollo de la mencionada Asociación de Cartoneros; la participación en su representación ante entes técnicos de gobierno, en diferentes circunstancias y problemáticas concretas del barrio; como así también el conocimiento vivencial, particularmente en el sector de La Cava, a partir del acercamiento mutuo con sus vecinos, referentes y fuerzas vivas.

Por último, se recopiló documentación técnica de informes, estudios y proyectos, realizados en el área por organismos públicos y privados, como ser, el "Censo Social Quilmes 2010" elaborado por el Municipio de Quilmes, el documento "Quilmes: Diagnóstico sobre las condiciones urbanas y ambientales" realizado por la Universidad Nacional de Quilmes en el año 2006 y el "Proyecto de drenajes y forestación de Villa Itatí", de la Consultora Hidra, año 1992.

2.2.2 Balance Hidrológico. Concepto - Definición de Variables

El balance hídrico, según lo establecen Custodio y Llamas (1983), no es más que la aplicación del principio de la conservación de la masa (ecuación de continuidad) a una cierta región definida por ciertas condiciones de contorno.

Para su realización, en este trabajo de Tesis, se utilizó un modelo bajo régimen no permanente, del tipo:

$$\text{Ingresos} - \text{Egresos} = +/- \text{Variación del Almacenaje}$$

Esto es, la diferencia entre el total de las entradas y el total de las salidas, en el período de tiempo considerado, debe ser igual a la variación en el almacenamiento en este caso expresado como volumen, dado que se puede considerar como constante el valor de densidad.

La ecuación general del balance hídrico para una región dada, en un cierto intervalo de tiempo, es de la forma:

$$P + A_{fsp} + A_{fsb} + A_i - E_{vt} - E_{fsp} - E_{fsb} - A_e = \pm \Delta S_{sp} \pm \Delta S_{sb}$$

Donde:

P : Precipitación

A_{fsp} : Afluencia superficial

A_{fsb} : Afluencia subterránea

A_i : Agua importada

E_{vt} : Evapotranspiración

E_{fsp} : Efluencia superficial

E_{fsb} : Efluencia subterránea

A_e : Agua exportada

ΔS_{sp} : Variación del almacenamiento superficial

ΔS_{sb} : Variación del almacenamiento subterráneo

Previo al análisis en particular de las metodologías propuestas para la evaluación de cada uno de los parámetros de la ecuación, es importante mencionar que las características propias del área de estudio, hacen muy dificultosa la toma de datos continuos o la implementación de elementos de medición, por lo cual se entiende que la mejor manera de llegar a interpretar el balance hídrico de la cuenca es el propuesto por Hernández (1993) cuando sostiene que *"La manera de aproximarse al mejor conocimiento del sistema es sin duda la que parte del camino de lo general a lo particular, pero recurriendo a la convergencia de evidencias. Es decir, utilizando múltiples indicadores diagnósticos de tal forma que cuanto más de ellos apunten a un juicio técnico, menor será el umbral de incertidumbre en la valoración. No existen por lo tanto conclusiones en sentido estricto, sino aproximaciones plausibilísticas que serán más certeras en cuanto la incertidumbre es menor."*

Para el caso particular de La Cava de Villa Itatí, el mismo conforma un sistema endorreico, formado por una cuenca urbana cerrada sin afluentes superficiales, en la cual todos los aportes tienen como destino final el espacio lagunar ubicado en la parte más baja, por lo que la ecuación general toma la forma:

$$Pe + A_{fsb} + A_i - E_{vt} - A_e = \pm \Delta S_{sp}$$

Conforme a la expresión resultante, los parámetros a definir en el balance fueron:

Precipitación Efectiva "Pe"

Para el cómputo del balance hídrico interesa la fracción de la precipitación total que es capaz de escurrir superficialmente y llegar a la laguna. Esta precipitación es la denominada efectiva "Pe" (en hidrología también "neta" o "exceso de precipitación"), expresada comúnmente en altura de lámina de agua [mm], la cual multiplicada por el área de la cuenca permite obtener el volumen efectivamente precipitado, en el tiempo considerado [m³/día]

La determinación de la precipitación efectiva o neta, se calculó mediante la aplicación del Método del CN o Número de la Curva, desarrollado por el Soil Conservation Service (S.C.S., actualmente NRSC, Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los EEUU).

Dicha metodología calcula las precipitaciones efectivas, a partir de la clasificación del terreno según los tipos de suelos que lo componen, y su cobertura vegetal o usos específicos.

El S.C.S. ha generado una técnica para la determinación del Coeficiente CN o Número de la Curva, que define la capacidad del suelo de retener e infiltrar parte de la precipitación. El CN, es un valor adimensional variable entre 1 y 100, que se haya tabulado para cuatro tipos de suelo de distinta capacidad de infiltración, y para una gran variedad de usos agrícolas y urbanísticos, lo que modifica tal capacidad.

Los suelos del Grupo A, comprenden las arenas profundas, con muy poca arcilla y limo, o loes permeables. Los del Grupo B, los suelos arenosos poco profundos de deposición eólica y marga arenosa. Los del Grupo C, incluyen margas arcillosas, suelos con bajo contenido orgánico y altos contenidos de arcilla. Los suelos del Grupo D, se corresponden con arcillas expansivas y ciertos suelos salinos.

Obtenido el CN, se puede calcular la precipitación neta, mediante la expresión:

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

con

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

donde:

P: precipitación total [pulg]

Pe: precipitación efectiva o neta [pulg]

S: retención potencial máxima [pulg]

CN: número de curva [-]

El método permite también ajustar el valor del CN para distintas clases de humedad antecedente (grupos AMC), según las siguientes proporciones:

Tabla 2.9: Grupos AMC del Método del SCS

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días en estación inactiva	Lluvia antecedente total de 5 días en estación activa
I	menor que 0,5" (12,7 mm)	menor que 1,4" (35,6 mm)
II	de 0,5" a 1,1" (27,9 mm)	de 1,4" a 2,1" (53,3 mm)
III	más de 1,1"	más de 2,1"

Las clases I y III se expresan en función de la clase II que representa una condición media de humedad:

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Por último, para el cálculo descripto anteriormente es necesario contar con el dato diario de precipitación, el cual fue obtenido de los registros de la estación meteorológica Aeroparque Buenos Aires, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Es importante mencionar, que en este caso, la aplicación del método del SCS presenta una limitación metodológica, ya que fue desarrollado para eventos aislados de precipitación, y no para la simulación continua, como es el caso propuesto de balance hidrológico a paso de tiempo diario. Este método no simula la curva de secado del suelo entre eventos, y por lo tanto no admite la continuidad del cálculo. Sin embargo, se entiende que las condiciones propias de la zona de estudio en lo que respecta al tipo de suelo y estados de saturación, las cuales se describen a lo largo del trabajo, hacen que su aplicación resulte posible.

Afluencia Subterránea "Afsb"

La afluencia de escurrimiento subterráneo, o en otras palabras, el flujo de agua que transita el medio poroso e ingresa a la laguna estará regido por la Ley de Darcy.

Esta Ley establece que:

$$Q_{sb} = K \cdot A \cdot i$$

donde:

Q_{sb} : caudal subterráneo [m³/día]

K : permeabilidad [m/día]

i : gradiente hidráulico

A : área de ingreso del flujo subterráneo [m²]

El área de pasaje del flujo por el medio poroso mencionado puede expresarse de la forma:

$$A = m \cdot e$$

con:

m : ancho s/ curva isofreática [m]

e : espesor saturado [m]

siendo que al producto de " K " por " e " se lo denomina Transmisividad " T " [m²/día], finalmente, puede expresarse al escurrimiento subterráneo como:

$$Q_{sb} = T \cdot m \cdot i$$

El gradiente hidráulico "i", se obtiene en función de la diferencia de altura hidrostática entre dos pozos de observación, separados una distancia "L":

$$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

Agua importada "Ai"

El agua importada, o que ingresa al sistema no naturalmente, es la que tiene origen en las conexiones a la red de provisión de agua potable, cuyo volumen expresado en [m³/día], es función de la dotación adoptada, del coeficiente de vertido "Cv", y de la población involucrada.

El excedente del consumo humano y doméstico se puede calcular mediante la relación:

$$Q_i = \frac{C_v \cdot D \cdot P_{ob}}{1000}$$

siendo:

Q_i: volumen de agua importada [m³/día]

D: dotación de agua potable [litros hab/día]

P_{ob}: población o número de personas que aportan al sistema [hab]

Como parte de esta variable del balance, se deberá tener en cuenta también el volumen de agua que ingresa como consecuencia de las pérdidas en el tendido precario de la red de agua potable, las cuales, para el caso estudiado, no son menores.

Evapotranspiración "Evt"

La evapotranspiración es el resultado del proceso por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor. La evapotranspiración es la suma de los fenómenos de evaporación y transpiración, y el término sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación (Custodio y Llamas, 1983).

La evapotranspiración a tener en cuenta en el balance hídrico, será aquella que se produzca sobre el área de la laguna, donde se cumple que las condiciones de humedad y cobertura vegetal son óptimas, de manera que la "Evt" sea la máxima, es decir, se corresponda con la evapotranspiración potencial "Ep" (Thornthwaite, 1948).

La evapotranspiración potencial se propone determinarla mediante el Método de Thornthwaite - Mather (1955), basado en la expresión:

$$Ep = 16 \cdot \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

donde:

Ep: evapotranspiración potencial [mm/mes]

t: temperatura media mensual [°C]

i: índice calórico mensual

I: suma de los índices calóricos (*i*) del año

$$a = 0,000000675I^3 - 0,0000771I^2 + 0,01792I + 0,49239$$

Para la aplicación del método, pero con un paso de cálculo diario, se siguieron los lineamientos indicados por dichos autores (Thorntwaite y Mather, 1967).

Los valores obtenidos son luego ajustados de acuerdo a las horas de insolación diaria (función de la latitud del lugar), y número real de días de cada mes.

La evapotranspiración potencial así obtenida, será contrastada con la calculada por el método de Hargreaves (Hargreaves y Riley, 1985; Hargreaves y Samani, 1991) que permite estimar también la evapotranspiración potencial diaria.

El método calcula la *ETp* o *ETo* mediante la expresión:

$$ETo = 0,0023 \times Ra \times (Tm + 17,8) \times \sqrt{(T \max - T \min)}$$

siendo:

ETo: evapotranspiración potencial [mm/día]

Ra: radiación extraterrestre [mm/día]

Tm: temperatura media diaria [°C]

Tmax: temperatura máxima diaria [°C]

Tmin: temperatura mínima diaria [°C]

Los datos de temperaturas máximas, mínimas y medias, a ser utilizados en las expresiones, también fueron obtenidos de los registros de la estación meteorológica SMN Aeroparque mencionada anteriormente.

Agua exportada "Ae"

El volumen de agua exportada del sistema estará dado fundamentalmente por el caudal extraído diariamente por la estación de bombeo, expresado en [m³/día]. Esta variable ha sido determinada a partir de las características y curvas de funcionamiento de los equipos de bombeo y los registros diarios de horas de marcha de las bombas.

Dado que los equipos (moto-bomba centrífuga) son tres, entonces el volumen total de agua desalojada o bombeada al exterior del sistema, se puede calcular por la expresión:

$$Qb = \sum_1^3 q_b i \times Nhi$$

donde:

Qb : caudal de agua extraída por bombeo [$m^3/día$]

$q_b i$: caudal erogado por la bomba "i" [m^3/h]

Nhi : número de horas diarias de funcionamiento de la bomba "i" [hs/día]

Variación del almacenamiento superficial " ΔSsp "

En base a la cartografía de base, las imágenes satelitales y el relevamiento altimétrico se estimó la capacidad actual de almacenamiento superficial de la laguna.

También se utilizaron trabajos antecedentes realizados en la zona y la experiencia de los pobladores de La Cava en la determinación de los niveles alcanzados en diferentes circunstancias, en las cuales el bombeo no ha funcionado o las precipitaciones fueron intensas.

Con los parámetros así definidos la ecuación del balance hídrico queda expresado como:

$$Pe + Qsb + Qi - Evt - Qb = \pm \Delta Ssp$$

Dado que se posee información diaria de los ingresos y egresos más relevantes, esto es la precipitación y el caudal de bombeo, se propuso un paso de cálculo diario y el período considerado coincidente con el de registro de datos, es decir, 270 días (nueve meses).

Para el sector del suelo natural, dado que está densamente urbanizado y los pocos espacios libres lo constituyen rellenos antrópicos, no se considerará como superficie donde puedan manifestarse claramente fenómenos de evapotranspiración y/o infiltración, entendiéndose que estas abstracciones son tenidas en cuenta en la determinación de la precipitación neta.

El balance se concretó en términos de volumen [m^3] de agua que ingresa o egresa al sistema a lo largo de un día, para lo cual se determinaron las áreas de aporte de precipitación directa y la superficie lagunar capaz de evapotranspirar.

2.2.3 Calidad del Agua

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua, su carga de contaminantes, características y componentes, se realizó una serie de tomas de muestras en lugares previamente determinados, de manera que fueran representativos del objetivo planteado y que a su vez fuera factible contrastarlos para obtener una mayor información comparativa.

A las muestras obtenidas se les realizaron los siguientes análisis:

Bacteriológicos

Tabla 2.10: Análisis Bacteriológicos realizados a las muestras de campo

Determinación	Técnica	Método
- Bacterias coliformes totales	Método de tubos múltiples	SM-9221
- Bacterias coliformes termorresistentes	Método de tubos múltiples	SM-9221
- Pseudomonas	Método de tubos múltiples	SM-9230 F

Fisicoquímicos

Tabla 2.11: Análisis Fisicoquímicos realizados a las muestras de campo

Determinación	Técnica	Método
- pH	Potenciométrico	SM-4500-H+B
- Cloruros	Argentométrico. Método de Mohr	SM-4500-CI
- Calcio	EDTA Titrimétrico	SM-3500-Ca B
- Sulfatos	Nefelométrico	SM-4500-SO ₄ ⁻ E.
- Magnesio	Método de cálculo	SM-3500- Mg B.
- Demanda química de oxígeno	Método de reflujo abierto	SM-5220 B
- Demanda bioquímica de oxígeno	Método de Incubación	SM-5210 B
- Nitrógeno Total Kjeldhal	Macro Kjeldahl	SM-4500-N
- Bicarbonatos	Titrimétrico	SM-2320 B
- Nitrógeno Amoniacal	Destilación y Titulométrico	SM-4500-NH ₃ C
- Carbonatos	Titrimétrico	SM-2320 B
- Fósforo Total	Colorimétrico de Ácido Ascórbico	SM-4500 PE
- Conductividad	Conductimétrico	SM-2510 B.
- Sust. activas al azul de metileno	Espectrofotometría UV Vis	SM-5540-C
- Sólidos totales a 105 °C	Gravimétrico	SM-2540 B.
- Nitratos	Espectrofotométrico UV	SM-4500-NO ₃ ⁻ B.
- Nitritos	Colorimétrico	SM-4500-NO ₂ B
- Sodio	Fotometría de emisión de llama	SM- 3500-Na B.
- Potasio	Fotometría de emisión de llama	SM-3500-K B.
- Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico	SM-2540 D
- Sólidos suspendidos fijos	Gravimétrico	SM-2540 E
- Sólidos suspendidos volátiles	Gravimétrico	SM-2540 E

Metales Pesados

Tabla 2.12: Determinación de Metales Pesados realizados a las muestras de campo

Determinación	Técnica	Método
- Cadmio	Espectrofotometría de Absorción	SM-3111 B
- Cromo	Espectrofotometría de Absorción	SM-3111 B
- Plomo	Espectrofotometría de Absorción	SM-3111 B
- Mercurio	Espectrofotometría de Absorción	SM-3112 B

Los análisis descriptos se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (LIS) del Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería – UNLP. Los resultados fueron cotejados con las normas, regulaciones y legislación vigente, referente a las condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica que deben cumplir los cuerpos de agua con exposición humana, ya sea directa o indirecta.

2.2.4 Diagnóstico Ambiental

El diagnóstico ambiental se encuadra dentro de la Gestión Ambiental Urbana, y el fundamento por el cual se ha pretendido abarcarlo se sintetiza en el siguiente párrafo: "*...La falta de servicios sanitarios adecuados, la contaminación del suelo en el caso de los asentamientos y villas de emergencia, la carencia de agua potable, la ausencia de sistemas de recolección y deposición final de los residuos, la contaminación de las napas de agua, la convivencia con áreas de riesgo tecnológico, la falta de infraestructura y equipamiento y - en no pocas ocasiones -, el asentamiento poblacional en áreas inundables, implican un mayor grado de desventaja ambiental para los grupos en situación de pobreza, lo que contribuye a incrementar su nivel de vulnerabilidad y a aumentar el riesgo de experimentar catástrofes ambientales...*" (Merlinsky, 2006).

La misma autora establece luego, que para que exista riesgo debe existir una amenaza, siendo la "vulnerabilidad" la propensión de sufrir daños que exhibe un componente de la estructura social. El riesgo es, en consecuencia, una condición latente o potencial y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad existentes (Merlinsky, 2006).

Asimismo, y para los autores consultados, amenaza y riesgo no deben considerarse sinónimos, y el grado de riesgo siempre está en función de la magnitud de la amenaza y de la vulnerabilidad, por lo tanto, "*es una condición dinámica, cambiante y teóricamente controlable*" (Lavell, 1996).

Por ello, el eje de análisis para el diagnóstico se sustenta en los siguientes conceptos estratégicos para la gestión ambiental urbana: Amenaza - Vulnerabilidad – Riesgo, los cuales se puntualizan a continuación, en sus aspectos más relacionados con el problema ecohidrológico planteado.

2.2.4.1 Amenaza

Actualmente la definición de amenaza más aceptada a nivel internacional es:

Peligro o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico, durante un tiempo de exposición

determinado, produciendo efectos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. Matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en cierto sitio y en cierto período de tiempo (Cardona, 1991).

La valoración de la amenaza es un proceso complejo, pues involucra determinar las variables que están en juego, sus relaciones y pesos específicos, además del cálculo de factores como el período de retorno o recurrencia, el área de influencia, magnitud, intensidad del fenómeno, etc.

Lavell (1996), propone una clasificación de las amenazas que determinan el riesgo, las cuales según su origen pueden distinguirse en:

Amenazas Naturales

Refieren a manifestaciones de la naturaleza. Son normales, completamente naturales y forman parte de la historia y de la coyuntura de la formación de la tierra y de la dinámica geológica, geomorfológica, climática y oceánica. No existe una intervención humana significativa en su aparición, ni puede intervenir para que no sucedan. Se pueden dividir entre los siguientes tipos:

- a) De origen geotectónico (sismos, terremotos, tsunamis, etc.)
- b) De origen geomórfico (deslizamientos y avalanchas, hundimientos, erosión terrestre y costera)
- c) De origen meteorológico o climático (huracanes, tormentas tropicales, tornados, sequías, incendios espontáneos, etc.)
- d) De origen hidrológico (inundaciones, desbordamientos, agotamiento de acuíferos, etc.)

Amenazas Socio-Naturales

Refieren a aquellos fenómenos típicos de las amenazas naturales que tienen una expresión o incidencia socialmente inducida, es decir se producen o acentúan por algún tipo de intervención humana, y se confunden a veces con eventos propiamente naturales.

En este sentido, representan un problema particular por las diversas interpretaciones que puede darse entre los damnificados y las autoridades políticas, sobre sus orígenes, responsabilidad de ocurrencia y alternativas de control o prevención. Un ejemplo de este tipo de amenaza son las inundaciones, las sequías, el agotamiento de acuíferos, etc.

Amenazas Antrópico-Contaminantes

Refieren a una serie de amenazas "que toman la forma de elementos de la naturaleza transformados" (aire, agua y tierra). Son amenazas basadas en y construidas sobre elementos de la naturaleza, pero que no tienen una expresión en la naturaleza misma. Sin embargo, por la importancia de los elementos naturales para la existencia humana, su transformación presenta un desafío importante para la sobrevivencia y la vida cotidiana de importantes sectores de la población local, regional, nacional y hasta internacional" (Lavell, 1996).

Este tipo de amenazas se relacionan con procesos de contaminación derivados de derrames, dispersiones o emisiones de sustancias químico-tóxicas hacia el aire, la tierra o el agua, y son producto de la negligencia o falta de control sobre los procesos económicos de producción y distribución.

Dentro de las antrópico-contaminantes se encuentran también las derivadas de la eliminación o depósito de desechos líquidos y sólidos de origen doméstico sin recolección, conducción y tratamiento. El resultado de este tipo de amenaza es la contaminación biótica del aire y del agua, representando un peligro para la salud de las personas, manifestado en general en la forma de epidemias. A diferencia de las anteriores, estas amenazas no son producto de "accidentes" o falta de control, sino de la pobreza y falta de infraestructura de servicios urbanos.

Amenazas Antrópico-Tecnológicas

Refieren a las amenazas por la posibilidad de fallas en los procesos de producción y distribución industrial de productos o materias primas peligrosas, en instalaciones ubicadas en centros urbanos, o cercanos a ellos.

La importancia de este tipo de amenaza, si bien en general puede afectar a una extensión limitada, se basa en el hecho de la presencia de ocupación humana en las zonas circundantes, en general, de características marginales y como consecuencia de falta de opciones para la radicación de viviendas, y la implementación de una planificación y zonificación del uso del suelo.

La mayoría de estas amenazas están relacionadas con derrames tóxicos, incendios, explosiones, etc., y se concretan a través de "accidentes", que según su grado de impacto o severidad pueden convertirse en verdaderos desastres.

2.2.4.2 Vulnerabilidad

Wilches Chaux (1993) define el concepto de vulnerabilidad como "la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio.", y aclara que

la vulnerabilidad en si misma constituye un sistema dinámico y surge como consecuencia de la interacción de varios factores y características sobre una comunidad en particular. A esa interacción de factores y características la llama Vulnerabilidad Global.

La investigadora Gabriela Merlinsky (2006) resume la clasificación propuesta por Wilches Chaux (1993), para los diferentes componentes del sistema social, en términos de su debilidad para enfrentar contingencias.

- Vulnerabilidad natural: determinada por los límites ambientales dentro de los cuales es posible la vida
- Vulnerabilidad física: la localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo y las deficiencias de sus estructuras físicas para "absorber" los efectos de esos riesgos
- Vulnerabilidad económica: dependencia de las economías de factores externos e interrelación entre nivel de ingreso y exposición a los desastres
- Vulnerabilidad social: referida a la trama compleja de organizaciones sociales y su capacidad para absorber los desastres y accionar rápidamente
- Vulnerabilidad política: el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de las decisiones que la afectan
- Vulnerabilidad técnica: limitaciones para el control y manejo adecuado de las tecnologías existentes
- Vulnerabilidad cultural: el tipo de códigos de pertenencia e identificación
- Vulnerabilidad educativa: el procesamiento de la información con el propósito explícito de reducir la vulnerabilidad
- Vulnerabilidad ecológica: riesgos derivados de la tentativa de autoajuste por encima de los límites normales de los ecosistemas alterados
- Vulnerabilidad institucional: el papel de la gestión pública y su capacidad de respuesta

En el mismo artículo, la investigadora señala también que "*la vulnerabilidad como concepto expresa la mayor propensión a experimentar riesgos por parte de los grupos que van quedando por fuera de los flujos globales de integración económica*", expresión que se encuentra en línea con el grupo social al que nos estamos refiriendo en el presente trabajo.

Lavell (1996) se refiere también a la vulnerabilidad como "*una expresión del desequilibrio o desajuste, en igual medida, entre la estructura social (ampliamente concebida) y el medio físico-constructivo y natural que lo rodea. La vulnerabilidad, entonces, nunca puede tener un valor absoluto, sino que depende siempre del tipo e intensidad de la amenaza*". En otras palabras, en el estudio de la vulnerabilidad existen casos en que ésta depende de las características antecedentes de la sociedad, previa a la ocurrencia de la catástrofe (concreción de la amenaza) y otra en que depende del propio proceso peligroso con que se desencadena esa catástrofe.

Por último, el concepto de vulnerabilidad es estudiado por las ciencias sociales, debido a que, independientemente del tipo o intensidad de la amenaza o desastre que se trate, éste comprende aspectos estructurales de la sociedad y sus características políticas, económicas y culturales.

2.2.4.3 Riesgo

El concepto de riesgo definido por Lavell (1996) hace referencia a *"la probabilidad de que a una población (personas, estructuras físicas, sistemas productivos, etc.), o segmento de la misma, le ocurra algo nocivo o dañino."* Y amplía mencionando que para que exista un riesgo debe haber tanto una amenaza como una población vulnerable a ella. Por lo tanto, el riesgo es una condición potencial y su grado depende de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y el nivel de vulnerabilidad existente en la población expuesta.

De lo anterior se desprende que el riesgo se puede cuantificar en función de su probabilidad, en el caso contrario, cuando no se puede establecer una probabilidad de ocurrencia, se habla de incertidumbre.

En dicha cuantificación del riesgo está involucrado el concepto de recurrencia o período de retorno, definido como la probabilidad de que se produzca una pérdida o daño sobre una comunidad, como consecuencia de un evento (natural o no), con una intensidad igual o superior a la establecida. Este valor puede estar dado en términos de porcentaje de probabilidad o en períodos medios de tiempo, por ejemplo años.

Por otra parte, Wilches-Chaux (1988) define al riesgo como *"cualquier fenómeno de origen natural o humano, que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno"*, y ese estado de vulnerabilidad o condición de potencial inseguridad, en muchas ocasiones, se ha ido construyendo a lo largo del tiempo, a partir de las decisiones tomadas por los actores de la misma sociedad.

Entonces, el riesgo es la consecuencia de la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad, y su determinación implica relacionar estas variables adecuadamente, tarea que no es sencilla debido a que, como se advirtió, ambas dependen de varios factores.