

## 3 RESULTADOS

### 3.1 CICLO DEL AGUA EN LA CAVA DE VILLA ITATÍ

#### 3.1.1 Aspectos Hidrológicos - Fisiográficos

La Cava de Villa Itatí posee, desde el punto de vista hidrológico, características del tipo de cuenca endorreica, es decir, no existe flujo superficial o subterráneo natural hacia fuera de la cuenca. En este sentido, tanto los aportes pluviales como los debidos a los escurrimientos superficial y subterráneo y el agua importada tienen como destino final la laguna terminal.

Como se señaló en el capítulo anterior, la cuenca no es natural, sino el resultado de la modificación antrópica del ambiente, por la que fue transformándose y adquiriendo su actual estado como consecuencia de un proceso de urbanización desordenado. La condición particular de haberse realizado sobre una cantera le infiere el carácter endorreico y determina su funcionamiento hídrico.

En la Figura 3.1 se muestra una planimetría acotada de Villa Itatí, y en la Figura 3.2 el trazado resultante de las curvas de nivel con una equidistancia de 1,00 m. La elaboración se efectuó a partir de planialtimetrías de Obras Sanitarias de la Nación (OSN), con la correspondiente transformación a cota IGN. En las mismas figuras se indican el perímetro superior del borde donde comienza el talud de fuerte pendiente, resultado de la excavación de la cantera.

La Figura 3.3 muestra el trazado de las curvas de nivel (también con cota IGN) para la zona propia de La Cava. Este trazado se realizó teniendo en cuenta información altimétrica recopilada de trabajos antecedentes y las tareas propias de nivelación topográfica realizadas para su verificación.

Asimismo, en la Figura 3.4, se indican los sentidos de escurrimiento y el límite de cuenca superficial del área estudiada. Para su determinación se tuvo en cuenta la ubicación y trazado de los conductos de desagüe pluvial existentes, obtenidos de las recorridas in situ y de información proveniente de la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DiPSOH) de la provincia de Buenos Aires.

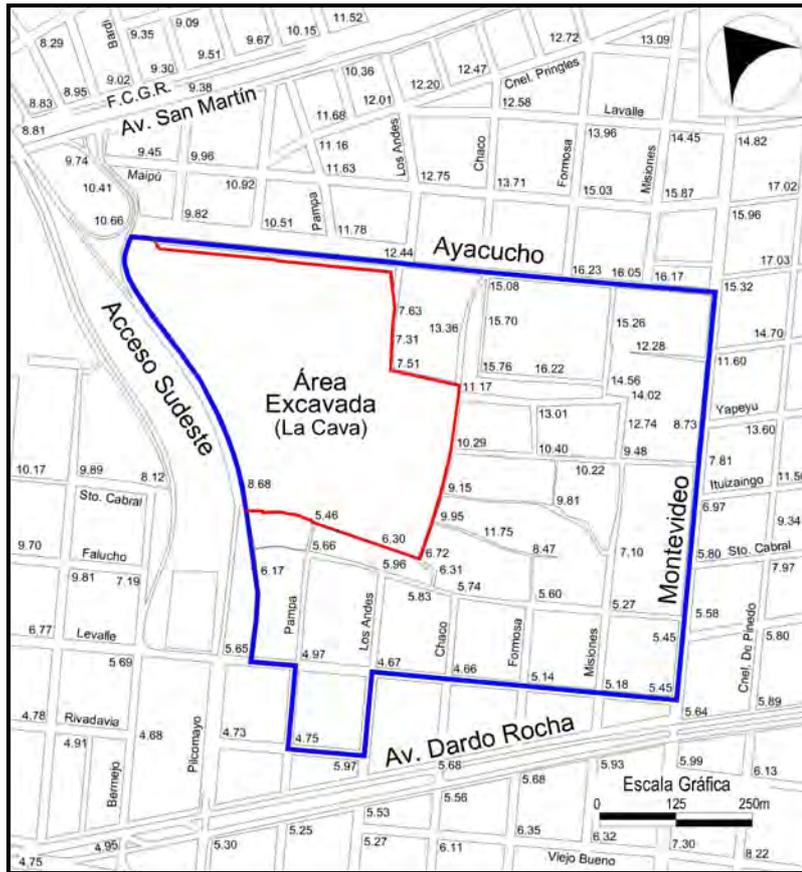


Figura 3.1: Planimetría acotada de Villa Itatí. Cotas referidas al cero del IGN

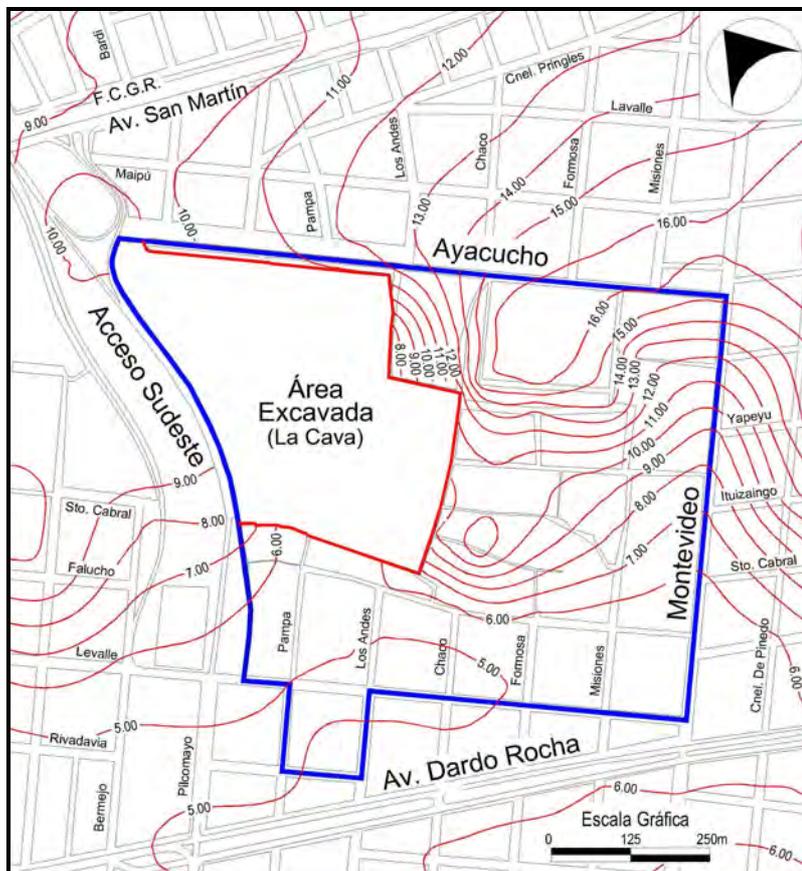


Figura 3.2: Villa Itatí. Mapa topográfico. Equidistancia 1,00 m. Cotas referidas al cero del IGN



Figura 3.3: Sector de La Cava. Mapa topográfico. Equidistancia exterior 1,00 m - interior variable

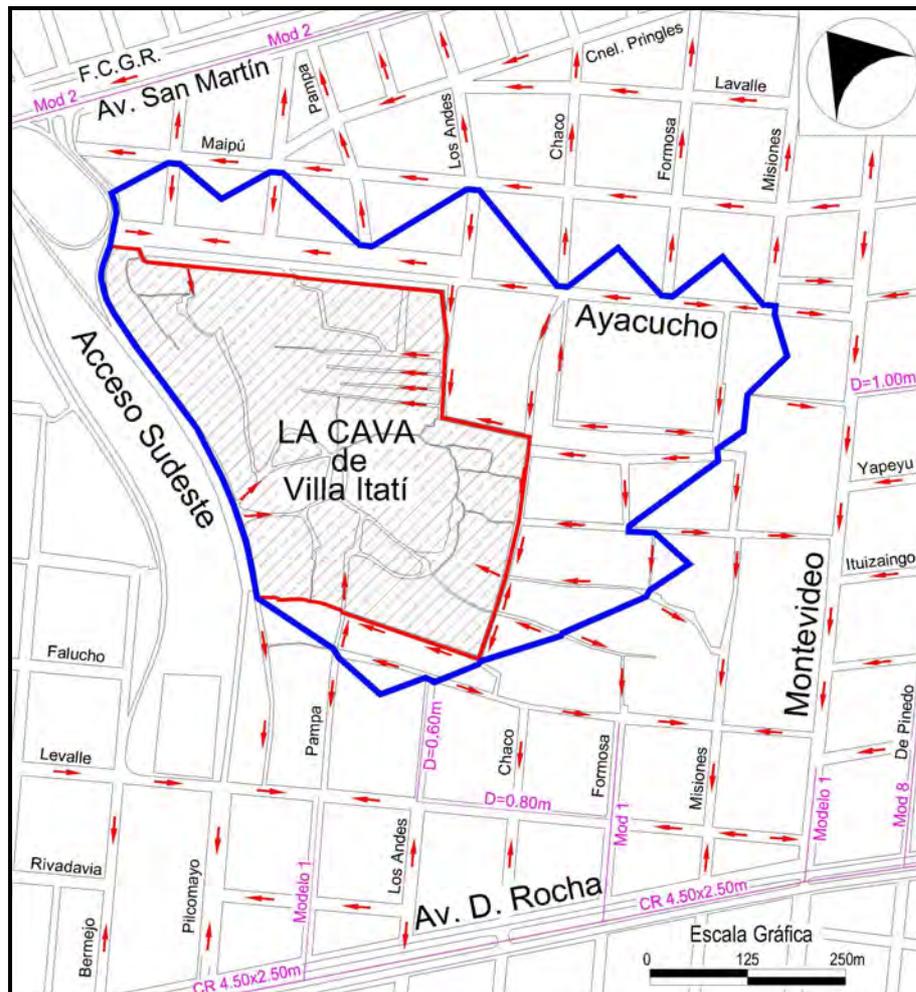


Figura 3.4: Límite de cuenca. Sentidos de escurrimiento

La zona de aporte superficial posee una superficie de 36,76 hectáreas, y un desnivel topográfico del orden de los 11,5 m. La de La Cava tiene una extensión de 16,77 ha, y un desnivel variable entre 1,5 y 8,0 m respecto de su perímetro superior.

El área se encuentra prácticamente urbanizada en su totalidad, con una cobertura superficial de techos muy importante respecto a la superficie total del lote, lo que confiere un grado de impermeabilización importante, estimado en el orden del 82 %.

El cuerpo lagunar tiene una superficie de 2,98 ha, y profundidades estimadas que llegan hasta los 2,00 m, en la zona cercana a la estación de bombeo.

Esta laguna actúa como cuerpo evaporativo terminal para el agua subterránea y superficial, y provee al sistema de un volumen de almacenaje remanente, necesario para amortiguar la diferencia entre ingresos y egresos en los casos en que se producen precipitaciones importantes.

### **3.1.2 Precipitación**

El agua de lluvia que precipita sobre la cuenca escurre por superficie para finalmente quedar almacenada en el interior de La Cava. Parte de esa precipitación cae directamente sobre el área baja, incorporándose directamente al volumen contenido en la laguna. Dadas las dimensiones de la cuenca, no es necesario hacer una diferenciación entre los retardos en los tiempos en que estos aportes llegan a su destino final.

No existen en la cuenca del Arroyo Santo Domingo, a la cual pertenece La Cava de Villa Itatí, puestos pluviométricos, estaciones meteorológicas o registros de lluvia antecedentes, que suministren datos confiables. Por ello se estimó conveniente utilizar para el período considerado en el balance hidrológico, los registros de precipitaciones diarias procedentes de la estación meteorológica Aeroparque Buenos Aires, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ubicada en el Aeroparque Jorge Newbery, por ser representativa de las condiciones climáticas regionales, por su proximidad geográfica y por poseer información depurada (garantía) desde 1973 a la actualidad (extensión).

Los datos correspondientes a la estación meteorológica Aeroparque Bs. As., son los siguientes:

- Estación meteorológica N° 875820
- Latitud: 34° 34'
- Longitud: 58° 30'
- Altura: 6 msnm
- Período: Enero 1973 - 2011

La información diaria de los parámetros meteorológicos de la misma fue obtenida del sitio [www.clima.meteored.com](http://www.clima.meteored.com). Este portal proporciona información detallada del clima en diversos puntos del planeta, a partir de la publicación de datos meteorológicos provenientes de estaciones oficiales, los cuales incluyen:

- Temperatura media, máxima y mínima diaria (°C)
- Velocidad media diaria del viento (km/h)
- Presión atmosférica (mb)
- Precipitación total de 24 hs (mm)

Además de informar sobre velocidad de ráfaga de viento, presencia de granizo, nieve y niebla.

La precipitación mensual total así obtenida, incluidos los meses de estudio, se presentan en la siguiente tabla y gráfico adjunto:

Tabla 3.1: Precipitación mensual Enero – Diciembre 2011 Estación Aeroparque Bs. As. SMN

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>P [mm]</b>	91,1	110,9	32,3	194,9	39,5	126,6	63,1	17,5	14,0	43,2	52,0	45,8

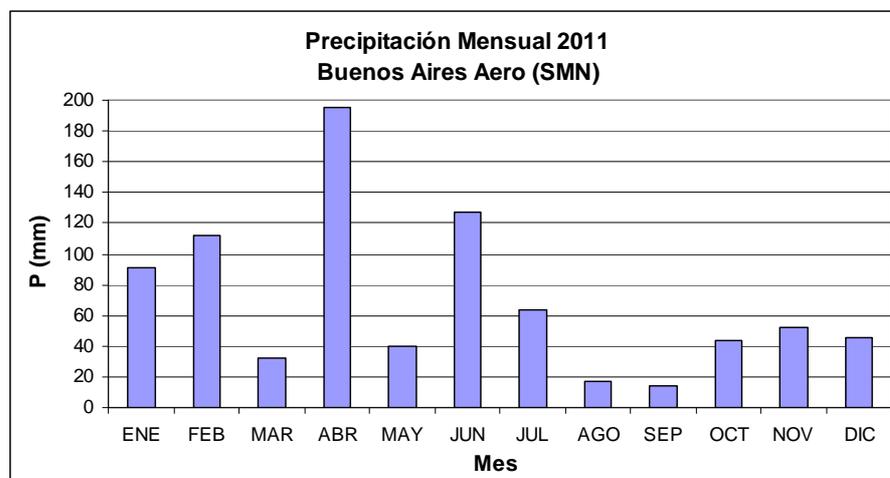


Gráfico 3.1: Precipitación mensual Enero – Diciembre 2011. Estación Aeroparque Bs. As. SMN

Comparando esta variación mensual de la precipitación con la distribución histórica de la precipitación media mensual de las estaciones Villa Ortúzar (período 1911 – 2002, ubicada en Latitud: 34°36', Longitud: 58°40') y Aeroparque Buenos Aires (período 1990 – 2010) ambas del SMN, Gráficos 3.2 y 3.3, se observa que la misma no responde a dicha distribución. Aunque si bien esto es esperable pues se está comparando un solo año con la media de una serie de varios, es posible destacar un mes de abril con mucha mayor precipitación respecto de la de los otros meses, debido a la presencia de un evento puntual de 101,1 mm ocurrido el 02/04/2011.

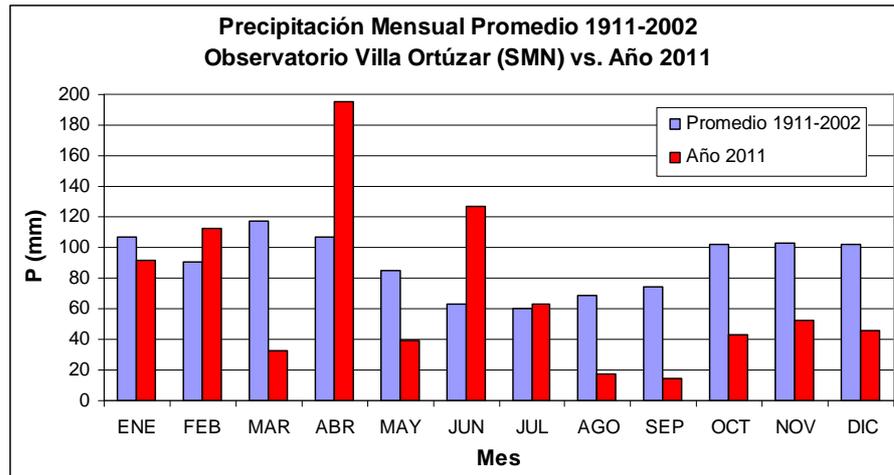


Gráfico 3.2: Precipitación Media Mensual 1911 – 2002. Estación Villa Ortúzar SMN

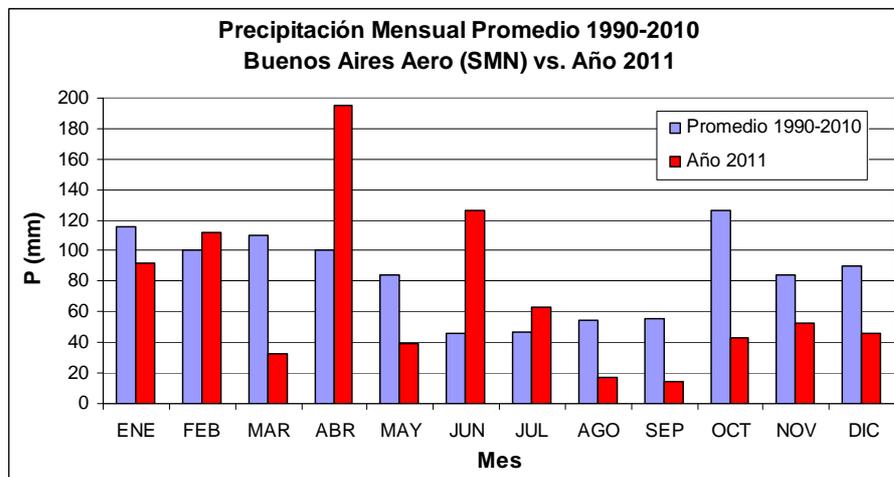


Gráfico 3.3: Precipitación Media Mensual 1990 – 2010. Estación Aeroparque Bs. As. SMN

También puede observarse meses de marzo, agosto y septiembre con muy bajas precipitaciones respecto de sus medias históricas y un mes de junio que prácticamente duplica este valor.

En el Anexo I – Balance Hidrológico, se encuentran los datos de precipitación diaria correspondientes al período estudiado.

### 3.1.3 Esguerrimiento Superficial

La inexistencia en la zona de estudio de una red formal de desagües pluviales urbanos, determina que el exceso de precipitación sobre la cuenca que se transforma en esguerrimiento superficial, drene en forma anárquica y desordenada por zanjas, calles o pasillos, hasta alcanzar algunos de los ingresos preferenciales (bajadas de fuerte pendiente) que lo orientan hacia la laguna.

Como ejemplo de ello, en las Fotografías 3.1 y 3.2, se puede apreciar la importante diferencia de nivel topográfico existente ente el barrio de viviendas ubicado sobre calle Ayacucho, y una de las calles perimetrales a La Cava.



Foto 3.1: Barrio de viviendas a la izquierda de la foto, sobre calle Ayacucho (alto) y calle perimetral de La Cava, a la derecha (abajo)

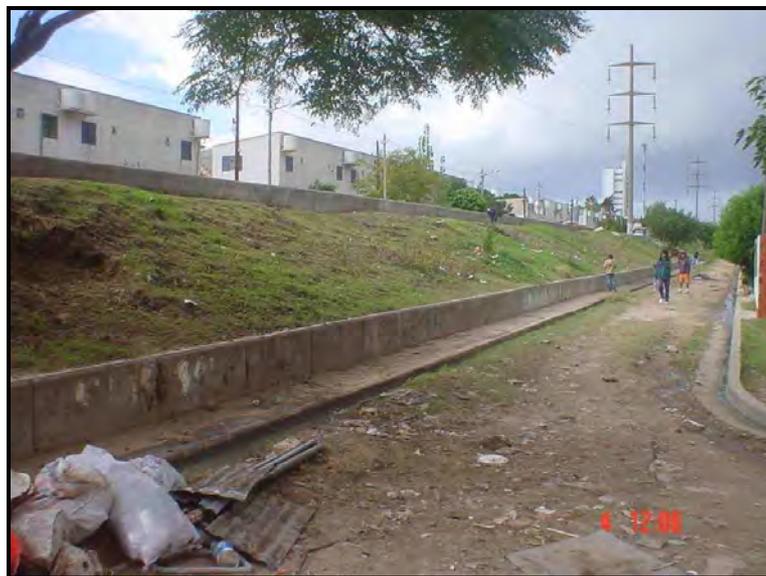


Foto 3.2: Vista del barrio de viviendas desde la calle perimetral a La Cava

Una vez que el escurrimiento superficial gana la calle de abajo, ingresa a La Cava, por ejemplo, por uno de sus accesos, tal como se ve en la Foto 3.3



Foto 3.3: Calle de acceso a La Cava desde calle Ayacucho

Algo similar ocurre sobre el lado Oeste, contiguo al Acceso Sudeste a la Capital Federal. La Foto 3.4 muestra el desnivel existente entre el mencionado Acceso y las casas, y la Foto 3.5, uno de los ingresos a La Cava desde esa ubicación.



Foto 3.4: Desnivel entre las casas y la banquina del Acceso Sudeste



Foto 3.5: Acceso a La Cava desde el Acceso Sudeste

Una de las particularidades presentes en el área de estudio, y que puede ser observada en las fotografías anteriores, es la existencia de casas ubicadas sobre los taludes de la excavación, lo que ocasiona que el escurrimiento superficial también discurra por entre las viviendas ubicadas en estas zonas.

En la Figura 3.5 se muestra un esquema con los puntos detectados como más importantes de ingreso de escurrimiento superficial al sector de La Cava de Villa Itatí.



Figura 3.5: Puntos de ingreso del escurrimiento superficial a La Cava

Cabe mencionar que se ha verificado que algunos de los ingresos indicados son permanentes, es decir, que a pesar de que no se produzcan precipitaciones permanecen activos. Se entiende que el motivo es que también son vías de ingreso de agua importada (desagües domiciliarios) de las áreas más elevadas de Villa Itatí.

Para la determinación del exceso de precipitación o precipitación efectiva, capaz de transformarse en escurrimiento superficial se aplicó el Método del CN o Número de la Curva, desarrollado por el Soil Conservation Service (S.C.S. 1972, actualmente NRSC, Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los EEUU).

El valor ponderado del CN se obtuvo a partir de la consideración de los porcentajes correspondientes a cada tipo de cobertura, según las recomendaciones de Chow et al. (1994) y Orsolini et al. (2000), adoptando un suelo Tipo D, sobre todo considerando su escasa capacidad de infiltración y casi inexistente cobertura vegetal. A modo de ejemplo a continuación se extracta la tabla utilizada, obtenida de Chow et al. (1994).

Tabla 3.2: Números de curva CN. Fuente: Chow et al. (1994)

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada <sup>1</sup> :	sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
	cubierta buena <sup>2</sup>	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%		39	61	74	80
		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup> :					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable <sup>4</sup>				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. <sup>5</sup>		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cunetas y alcantarillados <sup>5</sup>		98	98	98	98
grava		76	85	89	91
tierra		72	82	87	89

Las áreas involucradas, su porcentaje de incidencia respecto al total de la cuenca (36,76 ha), y el correspondiente valor de CN adoptado para condiciones medias de humedad (*CN II*) se muestran en la siguiente Tabla 3.3:

Tabla 3.3: Áreas, porcentajes y CN adoptado según cobertura del suelo

Uso del suelo	Área	Tipo suelo Grupo "D"	
	[ha]	%	CN (II)
Techos y pavimento	30,25	82.3	<b>92</b>
Suelo desnudo	3,53	9.6	<b>85</b>
Área de laguna	2,98	8.1	<b>100</b>

Por lo tanto el CN ponderado para la condición II resulta finalmente  $CN(II) = 92$

Este valor medio deberá ajustarse según la condiciones de humedad antecedente (escasa humedad *CN(I)* o estado de saturación *CN(III)*), acorde las expresiones indicadas en el Capítulo 2. El resultado de dicho ajuste se muestra a continuación:

Tabla 3.4: Valores de CN, ajustados según condición de humedad antecedente

CN (II)	CN (I)	CN (III)
92	83	96

La retención potencial máxima "S", expresada en [mm], obtenida según la fórmula propuesta por el S.C.S., toma en cada caso los siguientes valores:

Tabla 3.5: Retención Potencial Máxima según condición de humedad antecedente

Retención	Condición II	Condición I	Condición III
S	16,2 mm	34,6 mm	5,2 mm

Y finalmente, la precipitación neta o efectiva, fue calculada por medio de la expresión:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde "P" es la precipitación total diaria expresada en [mm] y "S" la retención correspondiente a cada condición particular.

### 3.1.4 Agua Importada

En Villa Itatí en general, y en el sector de La Cava en particular, no existe una red formal de provisión de agua potable. Sin embargo la mayoría de las viviendas se encuentran conectadas a la red pública, mediante conexiones informales muy precarias.

Esto conlleva a que se deba considerar dentro del ciclo del agua a este ingreso que podemos denominar como de "agua importada", debido a que no es propia de La Cava (su fuente no está dentro de la cuenca, por ejemplo un pozo de extracción desde el acuífero), sino que es provista desde el exterior, pero que ingresa a la cuenca en estudio y permanece en la misma, originando un volumen considerable de aporte que debe ser tenido en cuenta.

Esta agua importada, que tiene origen en la Planta Potabilizadora de AySA en Bernal, es utilizada para actividades fundamentales de la población, como son el consumo humano, la higiene y el uso doméstico, y genera aportes fundamentalmente en forma de aguas servidas, efluentes domiciliarios, y no en menor medida, por pérdidas en la red de conexiones.

Según consultas realizadas en organismos públicos, no se tiene establecido con claridad (fundamentalmente por la dificultad de su medición), el consumo (o dotación) que le representa a la red pública de distribución, una población de estas características, pero sin embargo, de dichas consultas y la información recopilada sobre trabajos realizados en áreas urbanas similares, se ha podido estimar que la dotación se encuentra entre los 100 y 150 litros por habitante y por día (l/hab.día).

Este consumo medio por habitante es mucho menor al de un barrio urbano bien desarrollado en el conurbano bonaerense, con servicios e infraestructura de agua y cloaca adecuadas, la cual actualmente se estima está en el orden de los 300 a 350 l/hab.día. Para el caso de los barrios cerrados o countries, este valor supera los 400 l/hab.día.

#### **3.1.4.1 Pérdidas en la red de agua potable**

La red de conexiones precarias al sistema de provisión de agua potable, conforma un entramado o "enjambre" de cañerías, en general manguera negra de PVC de 0,5", que se extiende por toda el área. Son ejecutadas de manera progresiva, desordenada, y con materiales diversos e inadecuados. Pocas veces se encuentran enterradas, quedando por lo tanto en contacto con otro tipo de escurrimientos, por ejemplo p-luviales o efluentes domésticos.

Las Fotos 3.6 y 3.7 son ejemplos de lo mencionado anteriormente.



Foto 3.6: Vista de las conexiones a la red de agua potable



Foto 3.7: Vista de las conexiones a la red de agua potable

El hecho de que estas conexiones se vayan realizado en estas condiciones, conduce a la existencia de gran cantidad de pérdidas de agua en caños, mangueras y uniones, incorporando al medio un volumen de agua, en general constante en el tiempo, que colabora en la existencia de un escurrimiento superficial permanente.

El volumen de agua generado por estas pérdidas queda contenido dentro de la cuenca, y tiene como destino final, también la laguna.

### 3.1.4.2 Efluentes domiciliarios

El agua de red es utilizada por los habitantes de La Cava para su consumo, aseo personal y uso domiciliario en general (cocina, limpieza, etc.). Al no contar con un sistema de recolección de desagües cloacales que colecte los excedentes, estos son depositados fuera de la vivienda mediante cañerías que los transportan hasta los límites de las casas, y vuelcan en improvisadas zanjias que las dirigen finalmente hacia el punto más bajo, la laguna.

La Foto 3.8 muestra un ejemplo de esta situación, el codo de PVC blanco que sale de la pared, descarga los efluentes domiciliarios al exterior de la vivienda, los cuales terminan siendo captados por la cuneta, en este caso de material.



Foto 3.8: Vista del desagüe domiciliario (codo de caño PVC blanco) hacia fuera de la vivienda. Cuneta colectora entre viviendas

Esta imagen se repite en muchos sectores del barrio, las sendas peatonales que vinculan toda La Cava, fueron construidas con una cuneta lateral, que se utiliza para el transporte de este tipo de escurrimiento, más el pluvial en caso de lluvias.

La Foto 3.9 corresponde a otro lugar del barrio, en donde se ve que para darle continuidad al escurrimiento, la vereda ha sido cortada.



Foto 3.9: Vista de la cuneta/zanja que colecta los desagües domiciliarios

De las fotografías se desprende que si bien la cuneta permite encauzar de alguna manera este escurrimiento, el mismo está, junto con su carga contaminante, en continuo contacto con las personas que las transitan.

### **3.1.4.3 Aguas servidas**

La misma falta de un servicio de colectoras de desagües cloacales hace que las llamadas aguas servidas o negras, queden también “libres” sin una adecuada captación, y sobre todo, tratamiento. Es claro que la descarga de estos efluentes reviste una importancia mucho más relevante que los anteriores, debido a que se trata de desechos orgánicos de origen humano, con la carga contaminante que esto conlleva.

En la descarga de estas aguas encontramos diferentes alternativas. En los sectores más altos de La Cava, o como en toda Villa Itatí en general, la descarga se hace a cámara séptica y pozo ciego, los cuales están en contacto directo con la capa freática. Dependiendo de la altura relativa de ésta, estos pozos pueden encontrarse más o menos inundados.

Las viviendas ubicadas sobre los taludes laterales, descargan también a pozos que están ubicados algo más abajo, donde la pendiente más suave permite construirlos. Un ejemplo de esto se muestra en la Foto 3.10.



Foto 3.10: Parte posterior de una casa construida sobre el talud. El caño de PVC cloacal (blanco DN110) descarga en un pozo negro ubicado en la parte más baja

La particularidad es que estos pozos, al estar contruidos ya en la parte baja, se encuentran totalmente inundados, y en contacto con el agua de la laguna.

Una tercer alternativa es la que involucra a las viviendas ubicadas en la parte más baja de La Cava, para ellas no existe la posibilidad de hacer un pozo negro, ya que el nivel del agua está muy cercano al piso de la casas. En estos casos, la descarga se hace en forma directa a la laguna, con instalaciones según se muestra en las Fotos 3.11 y 3.12.



Foto 3.11: Vista de una descarga cloacal directa a la laguna



Foto 3.12: Vista de una descarga cloacal directa a la laguna

Finalmente, la Foto 3.13 es una imagen representativa de la situación descrita en los párrafos anteriores. Corresponde a una vivienda ubicada en la parte baja de La Cava, y en ella se ve el desagüe (caño blanco) que sale de la cocina y descarga directamente al exterior, la cañería de agua corriente que ingresa a la casa, y en el patio, el desagüe pluvial que se mezcla con las mangueras de agua potable que van para las casas de atrás. En el piso, a la izquierda, se encuentra la tapa del pozo negro.



Foto 3.13: Ejemplo de todos los usos del agua en La Cava

Respecto a las pérdidas en la red de agua potable, según la bibliografía consultada, es un problema que afecta a muchas ciudades de América del Sur, las cuales pierden de 30 a 65 % del agua puesta en el sistema de distribución (Tucci, 2006).

En la tabla siguiente se indican consumos diarios de agua potable por habitante, y porcentaje de pérdidas en la red para diferentes ciudades de Sudamérica.

Tabla 3.6: Consumos y pérdidas en la red (World Bank, 1996). Fuente: Tucci, 2006

Lugar	Año	Consumo	Pérdidas en la red
		[l/hab/día]	[%]
Brasil (promedio)	1989	151	39
Brasilia	1989	211	19
São Paulo	1988/1992	237	40
Santa Catarina	1990	143	25
Minas Gerais	1990	154	25
Santiago de Chile	1994	204	28
Bogotá	1992/1991	167	40
Costa Rica	1994	197	25
Canadá (promedio)	1984	431	15
USA (promedio)	1990	666	12
Tokio	1990	355	15

En el mismo sentido, existe información sobre porcentaje de pérdidas medidos en redes formales de agua potable de España, que se encuentran en el orden del 15 al 20 %.

Estos datos recopilados sirven como referencia para la estimación de un porcentaje de pérdidas razonable en la red de agua de Villa Itatí, el cual como es de esperarse deberá ser superior a los indicados, debido a que los mismos corresponden a redes de distribución formales o técnicamente adecuadas, sin la condición de extrema precariedad señalada anteriormente.

Por todo lo descripto en los incisos precedentes, se encuentra razonable utilizar como valores iniciales de las variables que definen al "agua importada" en el balance hidrológico, los siguientes:

- Dotación de agua en meses de verano: 150 l/hab/día
- Dotación de agua en meses de invierno: 120 l/hab/día
- Coeficiente de vertido: 0,9
- Porcentaje de pérdidas en la red de agua: 40%

### 3.1.5 Esgurrimiento Subterráneo

Según manifiestan algunos de los primeros pobladores de La Cava, la excavación original para el retiro de suelo llegó hasta una profundidad tal que permitió el alumbramiento del acuífero freático, debiéndose incluso utilizar sistemas de bombeo para deprimirlo.

Es por ello factible suponer la existencia de un volumen de agua proveniente del acuífero, que contribuye directamente a la laguna.

Las primeras mediciones y observaciones de la profundidad del nivel de agua en la periferia de la cantera, han permitido constatar que se encuentra por encima no sólo del fondo estimado para La Cava, sino del nivel medio de las viviendas ubicadas en la parte más baja (4,00 metros de cota IGN), por lo que se desprende que ciertamente existe un aporte de escurrimiento subterráneo hacia la cava, y que el bombeo realizado en forma prácticamente diaria, produce un efecto de depresión que impide el afloramiento en los niveles habitados.

La evaluación de ese volumen de afluencia subterránea hacia la laguna se realizó mediante la aplicación de la Ley de Darcy, según la formulación propuesta en el Capítulo 2.

En principio se planteó la posibilidad de ejecutar freatómetros para la evaluación de los niveles piezométricos, pero esta alternativa fue desestimada por varios motivos concretos, de los cuales los más importantes se detallan a continuación:

- La diferencia de cota topográfica entre el sector Norte (lado avenida Ayacucho) y el Sur (lado calle Pampa) de La Cava, es del orden de los 5,00 m, lo cual, al haberse constatado que la capa freática del lado Sur se encontraba en el orden de un metro de profundidad, era de esperar que la perforación necesaria para llegar al nivel freático del lado Norte debía superar los 5,00 metros mencionados, para lo cual era necesario contar con un equipo especial de perforaciones y un lugar adecuado para realizarla.

Algo similar sucedía si se planteaba la construcción de freatómetros sobre el límite con el Acceso Sudeste (lado Oeste) o con el Este (calle Chaco), donde existen desniveles topográficos del orden de los 4,00 metros.

- Como se mencionó en puntos anteriores, importantes sectores de la cava fueron rellenados paulatinamente con materiales de todo tipo, dificultando particularmente cualquier tipo de perforación más o menos profunda, ya que no es extraño encontrarse con bloques compactos y duros, de difícil o costosa perforación (restos de pavimentos, escombros, etc.) sin equipos pesados, apropiados para este tipo de circunstancias.
- Una solución a lo planteado en el punto anterior podría ser ir cambiando el lugar de perforación hasta encontrar el punto adecuado, pero esto también presenta inconvenientes, dado que las características urbanas de Villa Itatí y La Cava, no permiten encontrar fácilmente lugares donde realizar este tipo de tareas.

- De la misma manera, esas características hacían complicado o imposible la conservación en buenas condiciones de operación y mantenimiento de cualquier obra o elemento colocado para el registro de datos.

En vista de lo mencionado anteriormente, y con el objetivo de hallar una solución a esta situación y determinar de la manera más cercana a la realidad las variables para evaluar este escurrimiento, se realizaron diferentes tareas más adelante descriptas.

### *Gradiente Hidráulico*

Para la estimación del gradiente hidráulico en La Cava, se optó por la realización de varias campañas de registro del nivel freático, para lo cual se ejecutó un pozo de observación, en un lugar resguardado y seguro que garantizara una adecuada protección.

La ubicación del pozo testigo para el seguimiento de la variación del nivel freático fuera de la zona de La Cava, se indica con la denominación PO-1 en la Figura 3.6. Se encuentra ubicado en el predio de vecinos conocidos en el barrio, lo que permitió su fácil acceso y cuidado. La cota IGN de la boca del pozo se estableció en 5,45 m.

Un segundo punto de observación del nivel, indicado como PO-2 en la misma Figura, lo constituye el canal de acceso a la estación de bombeo, tomado a partir del borde revestido de 4,00 m de cota IGN (ver Figura 3.6).

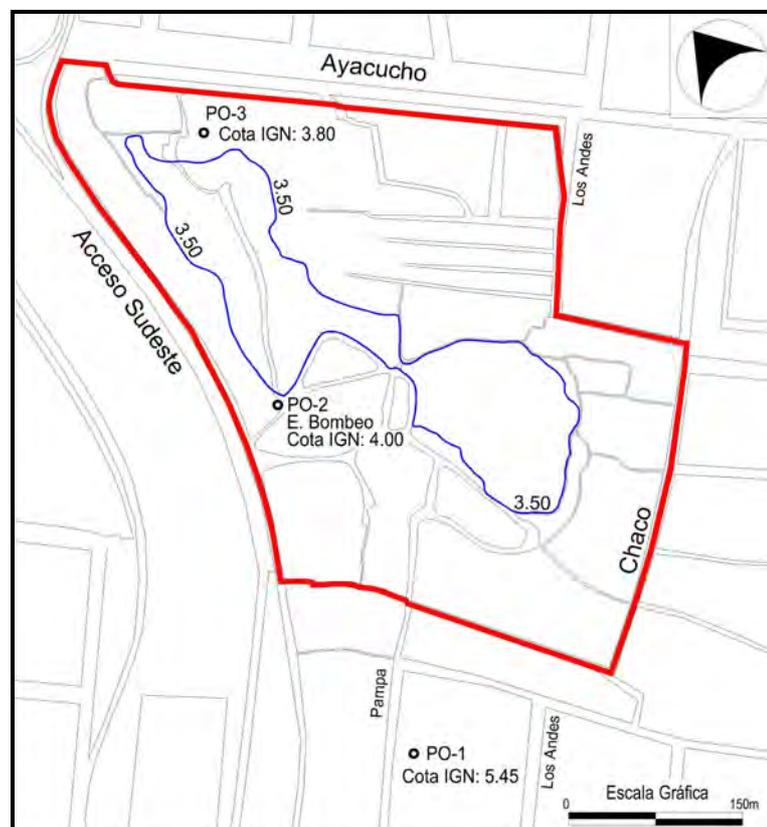


Figura 3.6 Ubicación pozos testigos: Isofreática correspondiente a 3.50 m de cota

Asimismo se indica otro punto de observación del nivel freático, el PO-3 de cota IGN 3,80 m, ubicado en la parte baja, en un punto cercano al nivel permanente de afloramiento de agua.

Registros simultáneos de los niveles se realizaron en forma conjunta entre los puntos PO-1 y PO-2, los cuales están separados una distancia de 330 metros. Se procuró realizar la toma de datos en distintas circunstancias respecto a los días previos con o sin precipitaciones, de manera de poder apreciar el comportamiento del nivel freático y obtener un gradiente medio más representativo. En la Tabla 3.7 se expresan los valores obtenidos en las diferentes campañas de medición, y los gradientes correspondientes:

Tabla 3.7: Registro de las campañas de medición de niveles freáticos

Registro	Fecha	Cota IGN		Gradiente
		PO-1	PO-2	
1	29/03/2011	4,41	3,53	0,0027
2	05/04/2011	4,61	3,32	0,0039
3	02/05/2011	4,87	3,23	0,0050
4	31/07/2011	4,33	3,12	0,0037
5	04/08/2011	4,38	3,21	0,0035
6	30/08/2011	4,63	3,2	0,0043
7	14/09/2011	4,29	3,13	0,0035
8	30/09/2011	4,33	3,13	0,0036
9	27/10/2011	4,33	3,11	0,0037
10	09/11/2011	4,65	3,26	0,0042
11	1/12/2011	4,49	2,94	0,0047
12	28/12/2011	4,28	3,17	0,0047
<b>Gradiente medio =</b>				<b>0,0038</b>

En todos ellos, el nivel se tomó en horas de la mañana cuando en el PO-2 las bombas no funcionaban desde la tarde anterior, y el medido fue el resultante de la recuperación nocturna.

La gráfica de los gradientes obtenidos en la Tabla anterior se muestra en el Gráfico 3.4:

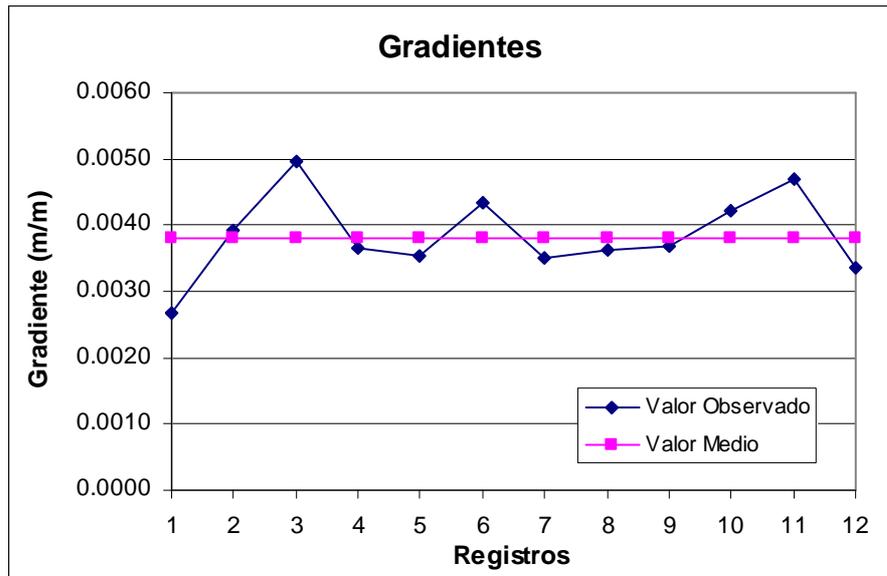


Gráfico 3.4: Registro de las campañas de medición de niveles freáticos

En algunos casos fue posible registrar también el nivel en el PO-3, ubicado como se mencionó cerca del nivel habitual de la laguna, a aproximadamente unos 12 metros. En todas las oportunidades el desnivel hidrostático no superaba los 0,25 a 0,30 m, lo que representó un gradiente promedio del orden de  $3,8 \times 10^{-3}$ . El valor obtenido es adecuado, ya que es razonable que en cercanía de la laguna el gradiente sea menor, pero resulta sólo orientativo debido a las complicaciones que existieron para su obtención.

### *Curva Isofreática*

Con la planialtimetría de la zona, el plano de curvas de nivel y las recorridas de campo apoyadas con posicionadores satelitales (GPS) que permiten registrar trayectorias, fue posible la determinación de una curva isofreática 3,50 m de cota IGN, la cual coincide aproximadamente con el nivel permanente del agua en la laguna, para condiciones normales de bombeo diario, y sin que se registren precipitaciones. En la mencionada Figura 3.6, se indica también el contorno de esta curva, cuyo perímetro posee una longitud de 1.270 metros.

### *Transmisividad*

Para estimar un valor de referencia de la transmisividad en el Pampeano, la cual pueda ser utilizada como valor de referencia en el cálculo del escurrimiento subterráneo para el balance hidrológico, se realizó una recopilación de datos de estudios antecedentes.

Cuadro 3.1: Valores de transmisividad del Pampeano

Transmisividad "T" del Pampeano	Fuente
100 a 300 m <sup>2</sup> /día	EASNE, "Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Pcia. de Buenos Aires". Capítulo XV. 1972
100 a 200 m <sup>2</sup> /día	Página web: Atlas Ambiental de Buenos Aires. GIGA - Grupo de Investigaciones Geoambientales – CONICET. 2010
200 m <sup>2</sup> /día	Laurencena P., et al. "Características de las Variaciones Freáticas en un Área del Noreste de la Provincia de Bs. As. 2002.

### Experiencia de campo

En el mes de septiembre, se aprovecho la construcción de un pozo negro en una de las viviendas de la parte baja, para realizar una medición "in situ".

La realidad es que el pozo debía hacerse por la tarde, cuando las bombas de la estación habían deprimido el nivel de agua (se encienden en general a las 8 de la mañana) y permitían el trabajo en un recinto más o menos seco, el cual igualmente debía ser ayudado con la extracción mediante baldes del agua que ingresaba a medida que se avanzaba en la excavación. Las dimensiones del pozo eran 1,20x1,70 m en superficie, por 1,60 m de profundidad, donde en el último metro se ejecutaba una pared permeable de ladrillos que garantizaba su estabilidad.

La experiencia indicó que durante la noche, es decir en un lapso comprendido entre las veinte y las siete de la mañana (11 a 12 horas), el agua acumulada en el pozo llegaba a cubrir la pared de ladrillos, aproximadamente un metro. Esto representaría un caudal ingresante del orden de los 3,5 m<sup>3</sup>/día, utilizando la expresión:

$$Qsb = T \cdot m \cdot i$$

Donde "m" toma el valor 5,80 m; y el producto "T"x"i" es igual a 0,6 m<sup>2</sup>/día.

Si entonces se dan valores al gradiente hidráulico en el rango de los medidos en campo (0,003 a 0,0045), se obtienen cifras de transmisividad que se encuentran entre 130 y 200 m<sup>2</sup>/día, perfectamente comprendidos entre los indicados en los estudios antecedentes (Cuadro 3.1). Para el caso particular de  $i = 3,8 \times 10^{-3}$ , la transmisividad toma el valor  $T = 158$  m<sup>2</sup>/día.

Por lo tanto, se entiende adecuado utilizar como valores iniciales de las variables que interpretan al "escurrimiento subterráneo" en el balance hidrológico, los siguientes:

- Gradiente Hidráulico:  $3,8 \times 10^{-3}$
- Transmisividad: 100 m<sup>2</sup>/día
- longitud de la curva isofreática: 1.270 m

### **3.1.6 Evapotranspiración - Infiltración**

El suelo en el sector de La Cava, es el resultado del relleno efectuado por cada uno de los habitantes, en forma individual, dependiendo únicamente del material que circunstancialmente se conseguía para tal efecto. En contadas ocasiones, el Municipio o algún organismo del estado ha destinado el envío de cantidades más o menos importantes de remanentes de alguna obra pública. Es por ello que puede encontrarse desde tierra negra hasta escombros de construcciones de edificios, bloques de hormigón o restos de pavimentos asfálticos.

Esto hace que sea muy difícil su identificación, o encontrar algún parámetro característico que permita definirlo desde el punto de vista de su capacidad de infiltración.

Por otra parte, como se mencionara en el Punto 2.1.3 y puede observarse en la vista aérea de La Cava (Foto 2.1), la superficie de techos de entramado irregular, cubre prácticamente toda el área de manzanas donde se ubican las viviendas, resaltando únicamente como espacios verdes dentro de la cuenca, el correspondiente al Hospital del Vidrio y las plazas, lo cual determina que la superficie capaz de infiltrar el agua precipitada fuese reducida.

Por ello se entiende que la influencia de la infiltración está lo suficientemente considerada en la aplicación del Método del CN, propuesto para el cálculo de la precipitación efectiva. (Punto 3.1.3)

En el área remanente (espacios lagunares y su periferia), predomina el fenómeno de evapotranspiración potencial, la cual como se estableció en el Capítulo 2, se estimó mediante el Método de Thornthwaite - Mather (1955).

Dado que el balance resuelve en un paso de cálculo diario, la  $E_{tp}$  se expresa en [mm/día], para lo cual se considera la temperatura media diaria [°C], obtenida de los registros de la estación meteorológica Aeroparque Buenos Aires (SMN)

Respecto al Índice Calórico  $I$ , en principio se tomó un valor de 75, característico de esta región, apoyado también en estudios antecedentes de balances hídricos mensuales seriados sobre datos de la estación Observatorio Astronómico de La Plata.

La aplicación de la metodología, para el paso diario, se efectuó según lo indicado en Thornthwaite y Mather (1967), de donde también se obtuvo el Factor de Corrección a aplicar a la " $E_{tp}$  sin ajustar", que tiene en cuenta las horas de insolación diaria (función de la latitud del lugar). En el Anexo I - Balance Hidrológico, se incluye una tabla con los mencionados factores correspondientes al hemisferio sur, y para cada día del año.

Los resultados obtenidos se encuentran desarrollados en el Punto 3.2: "Balance Hidrológico", pero un resumen se puede ver en la tabla y gráficos que siguen.

El Grafico 3.5 muestra la evolución diaria de la Etp calculada por Thornthwaite y Mather, mientras que la Tabla 3.8 se indica los valores de evapotranspiración potencial acumulada a lo largo de cada mes considerado.

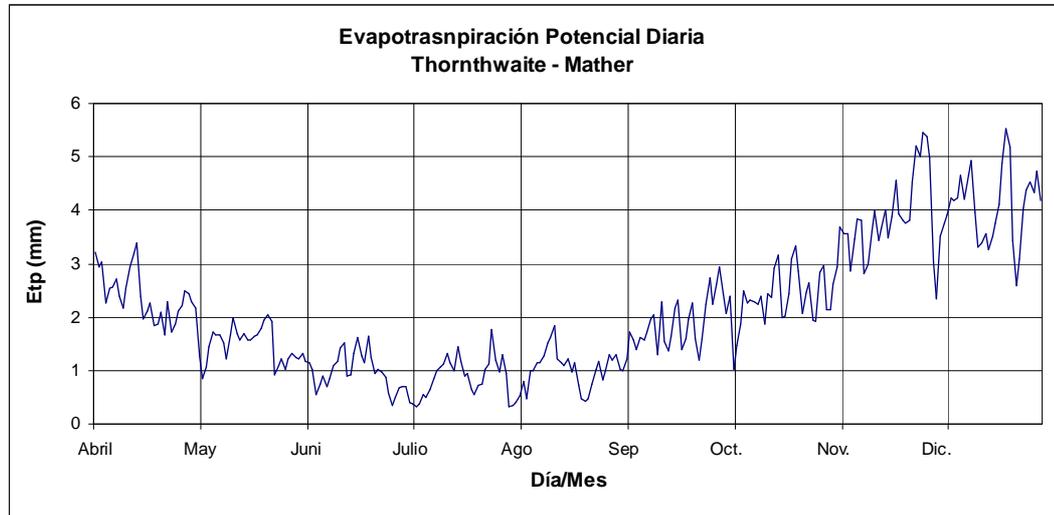


Gráfico 3.5: Evolución diaria de la Etp calculada por Thornthwaite-Mather

Tabla 3.8: Etp acumulada por mes

Mes	Evapotranspiración Potencial (Etp)
Abril	72 mm
Mayo	46 mm
Junio	30 mm
Julio	27 mm
Agosto	31 mm
Septiembre	55 mm
Octubre	72 mm
Noviembre	116 mm
Diciembre	124 mm

Graficados los valores anteriores, toman la forma representada en el Gráfico 3.6, la cual coincide con la distribución normal que en general la evapotranspiración potencial adquiere para esta región.

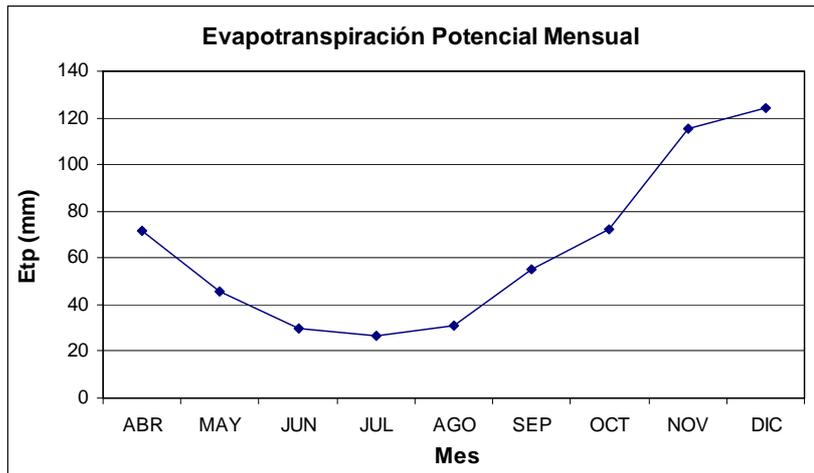


Gráfico 3.6: Etp acumulada mensual obtenida por Thornthwaite-Mather

Con el objeto de poder contrastar los resultados obtenidos, esta variable también fue calculada por el Método de Hargreaves, el cual con las expresiones indicadas en el Capítulo 2, permite obtener la evapotranspiración potencial diaria.

Los datos de temperaturas máximas, mínimas y medias, también fueron procurados de los registros de la estación meteorológica Aeroparque Bs. As. (SMN), y los valores correspondientes a la radiación extraterrestre, para los meses de cálculo y 35° de latitud Sur, se indican en la siguiente Tabla 3.9.

Tabla 3.9: Radiación extraterrestre para 35° latitud Sur en [MJul/m<sup>2</sup>/día] y su equivalente en evaporación en [mm/día]

Latitud 35°	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
[MJul/m <sup>2</sup> /día]	24,8	18,7	15,7	16,8	21,8	29,2	36,9	42,0	44,3
[mm/día]	10,12	7,61	6,39	6,85	8,87	11,91	15,06	17,14	18,07

La comparación de los resultados obtenidos, ya sea para la evolución diaria como para los acumulados de cada mes se muestran en los gráficos 3.7 y 3.8:

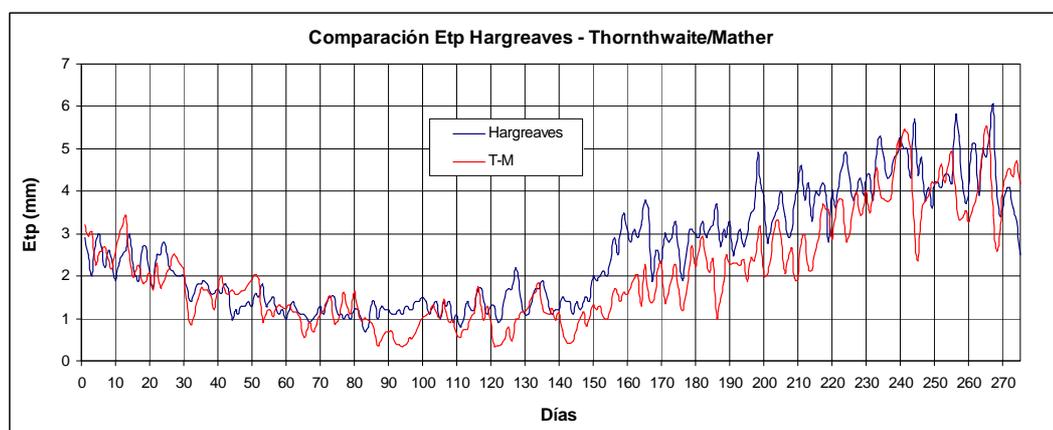


Gráfico 3.7: Comparación distribución de la Etp obtenida por Hargreaves y Thornthwaite-Mather

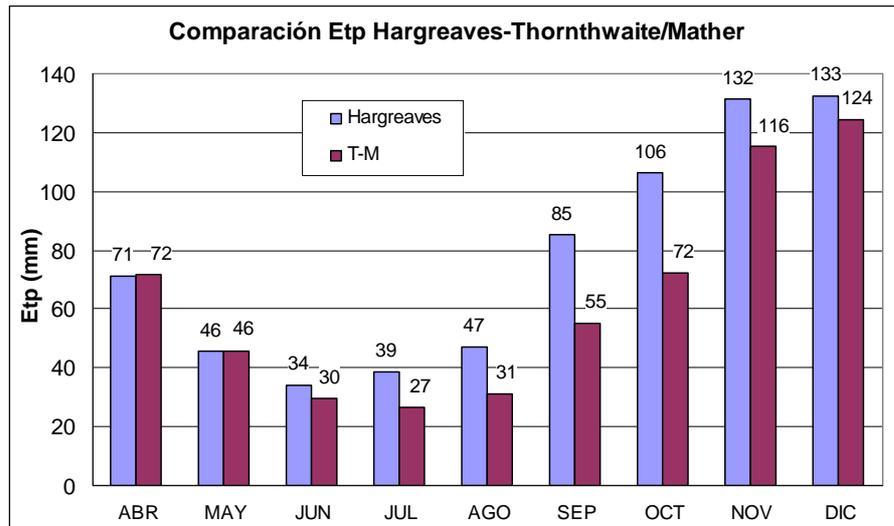


Gráfico 3.8: Etp acumulada mensual obtenida por Hargreaves y Thornthwaite-Mather

En ambos gráficos se aprecia que la *Etp* de Hargreaves se encuentra en general, en el mismo orden o por encima de la T-M, pero esta última adquiere una distribución, como se mencionó anteriormente, más acorde con la región según lo determinado por Auge (2004). Por ello y de manera de considerar valores más conservadores de esta variable, en la realización del balance hídrico se utilizó como evapotranspiración la obtenida por el Método de Thornthwaite – Mather.

### 3.1.7 Bombeo

Dada la configuración topográfica de la zona en estudio, una cava o excavación antrópica, la única forma posible de extraer el agua desde su interior o poder controlar su nivel, es mediante un sistema de captación y bombeo que permita elevar el agua almacenada hasta algún punto donde se produzca la descarga, por ejemplo, a la red pluvial urbana.

En este sentido, La Cava de Villa Itatí posee desde 1985, año en que como se mencionara anteriormente se produjo una de las primeras inundaciones que afectara a los ya habitantes de la zona más baja, una estación de bombeo, que ha ido teniendo a lo largo de estos años diferentes modificaciones.

Como es apreciable a primera vista, esta estación de bombeo cumple un rol fundamental en la vida cotidiana de La Cava, debido a ser el elemento que permite extraer todos los aportes externos, o sea el que equilibra junto a la evapotranspiración, el balance hidrológico, y permite mantener el nivel de agua de la laguna sin que afecte a las viviendas, brindando de alguna manera, un grado de seguridad frente al riesgo permanente de inundación.

Es por ello es importante hacer una referencia más detallada de esta componente del estudio.

A mediados de 2001, año en el cual el tesista comienza a tener relación con los habitantes de La Cava, la estación de bombeo tenía la apariencia que muestran las Fotos 3.14 y 3.15.



Foto 3.14: Estación de bombeo, año 2001



Foto 3.15: Estación de bombeo, año 2001

En ese tiempo, y como consecuencia de la rotura y falta de arreglo durante varios meses del único equipo de bombeo que funcionaba en la estación, La Cava sufre otra grave inundación, llegando a comprometer en gran medida a las viviendas y siendo necesaria la evacuación de sus habitantes.



Foto 3.16: Inundación año 2001



Foto 3.17: Inundación año 2001

Con el objeto de poner en evidencia ante los tomadores de decisión la gravedad de la situación, y gestionar los recursos necesarios para la reparación o compra de una nueva bomba, se elaboró un primer “Informe Hidráulico – Análisis de los Problemas Hidráulicos en La Cava”, presentado en diferentes ámbitos gubernamentales, logrando que el Municipio colocara un equipo de bombeo alternativo, tipo “arroceros” marca Egia, pero con una capacidad de bombeo inferior a la necesaria y eficiencia muy baja.

Recién en agosto del 2002, la Asociación de Cartoneros Villa Itatí, por intermedio de la Congregación de Hermanas Franciscanas Misioneras de María y con el aporte del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, adquirió una motobomba sumergible marca Flygt Modelo CS 3126, con capacidad suficiente para cumplir la función de mantener controlado el nivel de agua dentro de la cava. Dicho equipo fue instalado en la precaria estructura de la estación de bombeo existente sobre uno de los extremos del talud que da hacia el Acceso Sudeste (ver Fotos 3.14 y

3.15). El agua de bombeo se descarga en un conducto de diámetro 0,80 m, que tiene como destino final la red de desagües pluviales urbanos.

El objetivo de "controlar" el nivel de agua fue cumplido satisfactoriamente estableciendo un adecuado régimen diario de funcionamiento, que incluso permitió poder contar con un volumen remanente para amortiguar casos de precipitaciones intensas.

Asimismo, la Municipalidad de Quilmes deja instalado en forma permanente el equipo aportado por ellos, que si bien es de menor capacidad, colabora con el anterior y permite dar mayor seguridad al sistema. Las bombas eran operadas por vecinos del barrio, en coordinación con la Dirección de Servicios Públicos de la Municipalidad.

Sin embargo, tanto la estructura de la estación como la instalación de los equipos de bombeo se encontraban en condiciones precarias desde el punto de vista técnico (hidráulico y electromecánico), estando apoyados sobre tablonces, con el tablero eléctrico y la alimentación de energía eléctrica de manera sumamente riesgosa, y de difícil acceso sobre todo en días de lluvia. Esta situación hacía también muy peligrosa su operación, la puesta en marcha, apagado, mantenimiento, etc.

Fue así que en mayo – junio del 2004, la electrobomba comprada en el 2002 se dañó y la Municipalidad intervino nuevamente reemplazando la bomba anterior por otra, aunque de menor capacidad de bombeo, y se comprometió a la reparación del equipo averiado.

Otra vez la falta de un equipo de bombeo acorde para manejar la situación ocasionó permanentes anegamientos de gran parte del sector.

Es importante comentar que entre los años 2002 y 2004, desde la Asociación de Cartoneros se iniciaron gestiones ante diferentes organismos públicos tendientes a lograr un mejoramiento y adecuación de la estación de bombeo de La Cava de Villa Itatí, los cuales no tuvieron buenos frutos. Ante esta nueva situación se elaboró una segunda versión (actualizada) del "Informe Hidráulico – Análisis de los Problemas Hidráulicos en La Cava", el cual contenía además de la descripción del problema, un plan de trabajos a realizar y el prediseño de las obras necesarias para la estación (plataforma sobre la cual apoyar los equipos, sistemas de izaje de bombas sumergibles, tablero eléctrico aislado, acceso consolidado, etc.)

Con este nuevo documento se logró incluso la elaboración de un convenio para el estudio del problema por parte de la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas de la Provincia de Buenos Aires (DiPSOH), y una declaración de Interés Provincial por parte de la Honorable Cámara de Diputados de la Provincia. De ambas alternativas ninguna prosperó.

En febrero de 2005 se logra hacer la presentación del mencionado Informe Hidráulico ante autoridades nacionales, y en agosto de ese mismo año se obtiene un Anticipo del Tesoro

Nacional (ATN – Expte. 4091-15357-2005) destinado a ésta y otras obras necesarias en La Cava de Villa Itatí. Recién en mayo de 2006 se está en condiciones de licitar la obra por parte del Municipio de Quilmes, y al quedar la misma desierta en dos ocasiones, finalmente, entre agosto de 2006 y mayo de 2007, se ejecuta con personal propio de la Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad y la participación de la Asociación de Cartoneros.

El estado de la nueva estación de bombeo se muestra en las siguientes fotografías:



Foto 3.18: Estación de bombeo, año 2007



Foto 3.19: Reja de protección acceso a cámara. Estación de bombeo, año 2007



Foto 3.20: Tablero eléctrico, sistema de izaje de electrobombas, Estación de bombeo, año 2007

Como parte de la misma remodelación, agregaron a la electrobomba Flygt ya existente dos equipos más, marca Zenit, de manera de tener un sistema (2+1), es decir dos equipos para condiciones de funcionamiento normal y otro de reemplazo o apoyo en el caso que alguno de los anteriores salga de funcionamiento por daño o mantenimiento.

La configuración y capacidades de los equipos electrobombas actuales es la siguiente:

Cuadro 3.2: Descripción de los equipos de bombeo

Denominación	Marca - Tipo	Altura de Bombeo H	Caudal de Bombeo Qb
		[m]	[m <sup>3</sup> /h]
Bomba 1	Zenith DRP 750/4/150	6	240
Bomba 2	Zenith DRP 750/4/150	6	240
Bomba 3	Flyght CS 3126	6	230

La operación de encendido y apagado de las bombas siempre ha sido de forma manual y no automática por control de nivel, esto es debido fundamentalmente a que las condiciones de saneamiento de La Cava, y lo precario del sistema de provisión de energía eléctrica, hace que día a día sea necesario controlar el buen estado de limpieza de la reja de acceso a la cámara de bombeo y sobre todo el correcto funcionamiento en la operación de arranque de los equipos, donde se produce la mayor sobrecarga a la red eléctrica.

La consigna de funcionamiento de las bombas se definió de manera sencilla para que sea de fácil aplicación, y establecía como límite superior para el arranque de las bombas (NM) el borde de la reja de acceso (ver esquema, Figura 3.7), de 3,70 m de cota IGN, y como límite inferior (Nm) el nivel dado por los ganchos para izaje ubicados en la parte superior del cuerpo del motor de la bomba, de cota IGN aproximada 1,50 m.

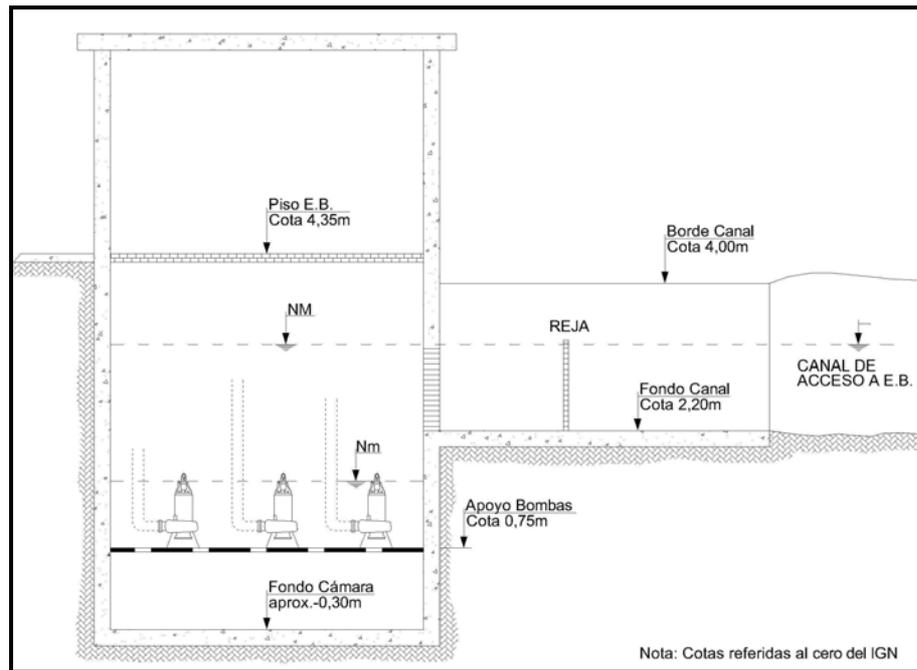


Figura 3.7: Esquema en corte de la Estación de Bombeo

Para el control del tiempo de funcionamiento de cada equipo se estableció una “Planilla de Control de Bombeo” donde se registró, día a día, la hora de arranque y parada de cada una de las bombas. Copia de las planillas se encuentran incorporadas en el Anexo I – Balance Hidrológico, como así también las características técnicas y curvas de funcionamiento de cada uno de los equipos de bombeo.

Un ejemplo de este registro, para la semana del 21 al 27 de marzo de 2011, se muestra a continuación:

Cuadro 3.3: Planilla de Control de Bombeo. Ejemplo

Mes	Día		BOMBA 1				BOMBA 2				BOMBA 3			
			Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde	
			A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P
Marzo	Lunes	21									08.00			13.00
	Martes	22	08.00			15.00								
	Miércoles	23	08.00			15.00	08.00	11.00	13.00	15.00				
	Jueves	24	08.00			15.00					08.00	11.30		
	Viernes	25									08.00			15.00
	Sábado	26	08.00			13.00								
	Domingo	27												

Las tareas de mantenimiento, puesta en marcha y control de funcionamiento de las bombas es realizada por los encargados de estación de bombeo, los cuales viven en La Cava,

próximos a dicha estación, trabajan en conjunto con el Municipio de Quilmes y pertenecen a la Asociación de Cartoneros de Villa Itatí.

En particular el registro del tiempo de bombeo, necesario para la realización del balance propuesto, fue realizado también por estos vecinos.

El control de bombeo establecido ha permitido obtener los siguientes resultados para todo el período de 270 días (nueve meses) considerado:

*Cuadro 3.4: Tiempos y Volúmenes resultantes del control de bombeo para todo el período considerado*

Tiempo máximo de bombeo diario	24 hs
Tiempo mínimo de bombeo diario	0 hs
Tiempo medio de bombeo diario	10 hs
Tiempo máximo de bombeo continuo	110 hs
Volumen máximo extraído en un día	5.760,0 m <sup>3</sup>
Volumen medio extraído en un día	2.413,3 m <sup>3</sup>

Los valores obtenidos para cada mes en particular se indican en la Tabla 3.10 y gráficos adjuntos. Cabe mencionar que el registro diario comenzó el día 15 de marzo de 2011, pero los resultados que se muestran a continuación corresponden desde el mes de abril en adelante, para considerar mes completo.

*Tabla 3.10: Tiempos y caudales de bombeo mensuales*

	Tiempo de Bombeo		Caudal de Bombeo	
	Total	Media Diaria	Total	Medio Diario
	[hs]	[hs]	[m <sup>3</sup> /mes]	[m <sup>3</sup> /día]
Abril	274	9	65275	2176
Mayo	277	9	66480	2145
Junio	411	14	98520	3284
Julio	345	11	79596	2568
Agosto	386	12	88780	2864
Septiembre	304	10	69920	2331
Octubre	290	9	66700	2152
Noviembre	279	9	64170	2139
Diciembre	278	9	63940	2063
<b>Media</b>	<b>320</b>	<b>10</b>	<b>73709</b>	<b>2413</b>

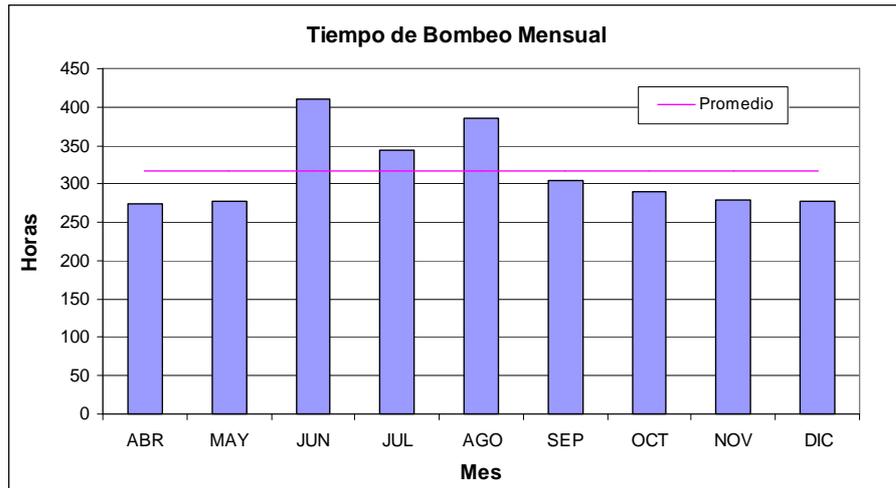


Gráfico 3.9: Total de horas de bombeo por mes

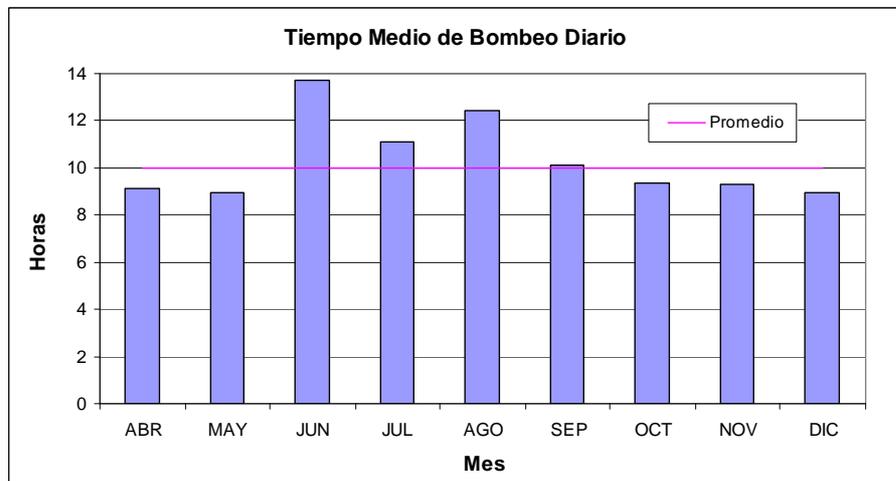


Gráfico 3.10: Tiempo medio diario de bombeo correspondiente a cada mes

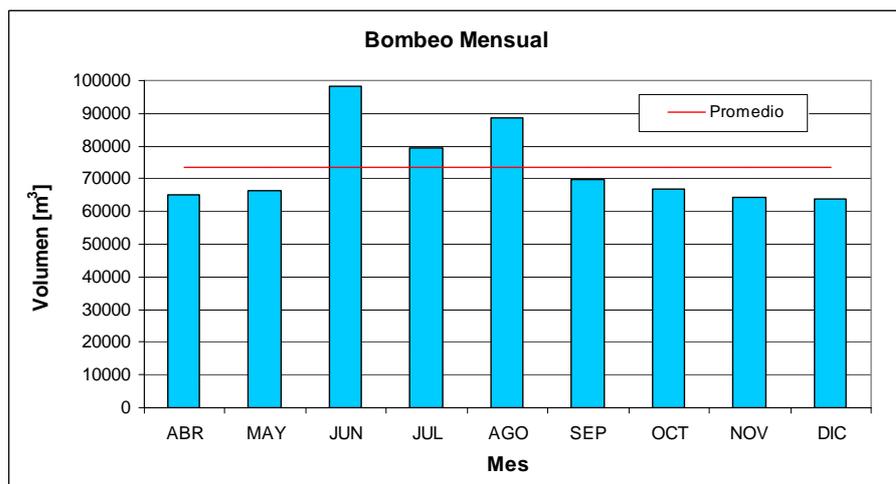


Gráfico 3.11: Volumen mensual extraído por bombeo

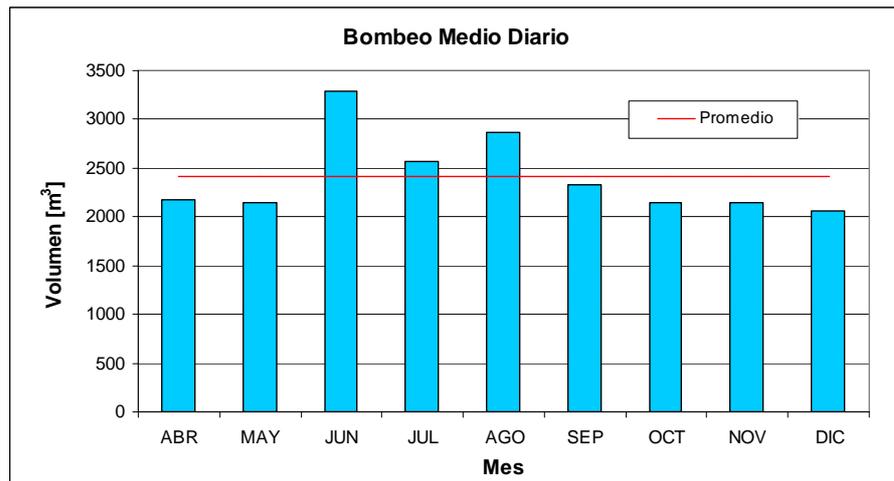


Gráfico 3.12: Volumen extraído medio diario correspondiente a cada mes

Otros alcances más específicos obtenidos a partir de analizar los registros del bombeo, y sobre todo su correspondencia con los períodos donde se produjeron precipitaciones, son indicados en el siguiente Punto 3.2 donde se muestra el resultado del balance hidrológico.

### 3.1.8 Contaminantes

La campaña llevada adelante para cumplir con el objetivo propuesto, evaluar la calidad del agua en contacto con los habitantes de La Cava, determinar su carga de contaminantes, sus características y sus componentes, contó con el siguiente itinerario:

Cuadro 3.5: Itinerario de muestras tomadas para análisis de agua

Muestra N°	Origen	Fecha	Observaciones	Tipo de Análisis
1	Capa Freática	05/04/2011	En pozo de control del nivel de capa freática	Fisicoquímico y Bacteriológico
2	Laguna	29/03/2011	Muestra integrada. En conducto de salida de la estación de bombeo	Fisicoquímico y Bacteriológico
3	Capa Freática	10/08/2011	En pozo de control del nivel de capa freática	Fisicoquímico y Bacteriológico
4	Laguna	10/08/2011	Muestra integrada. En conducto de salida de la estación de bombeo	Fisicoquímico y Bacteriológico

La ubicación de los lugares donde se obtuvieron las muestras corresponde a los puntos PO-1 y PO-2 de la Figura N° 3.6, para el acuífero freático y la laguna respectivamente.

Las muestras N° 1 y 2 corresponden a fines del período estival y las N° 3 y 4 al invierno.

Las fotografías siguientes pertenecen a las Muestras N° 1 y N° 2, en el pozo de medición del nivel freático y en salida de bomba respectivamente:



Foto 3.21: Extracción de muestras en PO-1. Marzo/Abril 2011



Foto 3.22: Extracción de muestras en PO-1. Marzo/Abril 2011



Foto 3.22: Extracción de muestras en salida de bombeo. Marzo/Abril 2011



Foto 3.23: Extracción de muestras en salida de bombeo. Marzo/Abril 2011



Foto 3.24: Muestras extraídas en PO-1. Agosto 2011



Foto 3.25: Extracción de muestras en salida de bombeo. Agosto 2011

Los resultados de los análisis realizados, por pares de muestras (acuífero freático - laguna), correspondientes a los períodos de verano e invierno se muestran a continuación.

Muestras N° 1 y N° 2, tomadas en Marzo/Abril de 2011:

Tabla 3.11: Resultados análisis químicos Muestras N° 1 y N° 2

ITEM	DETERMINACIÓN	UNIDAD	Muestra N°1 FREÁTICA	Muestra N°2 LAGUNA
	<b>BACTERIOLÓGICO</b>			
1	Bacterias coliformes totales	NMP/100ml	2.400.000	> 1.100.000
2	Bacterias coliformes termoresistentes	NMP/100ml	39.000	> 1.100.000
3	Pseudomonas	NMP/100ml	16	> 16
	<b>FISICOQUÍMICO</b>			
1	pH	u de pH	7	7,5
2	Cloruros	mg/l	77	67
3	Calcio	mg/l	59	74
4	Sulfatos	mg/l	50	35
5	Magnesio	mg/l	8	9
6	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	51	77
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	15	25
8	Nitrógeno Total Kjeldhal	mg/l	5,8	8,4
9	Bicarbonatos	mg/l	305	305
10	Nitrógeno Amoniacal	mg/l	1,8	< 0,2
11	Carbonatos	mg/l	< 3	< 3
12	Fósforo Total	mg/l	1,19	1,17
13	Conductividad	μS/cm	703	992
14	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	< 0,02	0,07
15	Sólidos totales a 105 °C	mg/l	469	662
16	Nitratos	mg/l	3	< 2
17	Nitritos	mg/l	< 0,03	1,21
18	Sodio	mg/l	108	177
19	Potasio	mg/l	6,5	11,8
20	Sólidos suspendidos totales	mg/l	78	5
21	Sólidos suspendidos fijos	mg/l	58	1
22	Sólidos suspendidos volátiles	mg/l	20	4
23	Cadmio	mg/l	< 0,002	< 0,002
24	Cromo	mg/l	< 0,003	< 0,003
25	Plomo	mg/l	< 0,02	< 0,02
26	Mercurio	mg/l	< 0,001	< 0,001

Muestras N° 3 y N° 4, tomadas en Agosto de 2011:

Tabla 3.12: Resultados análisis químicos Muestras N° 3 y N° 4

ITEM	DETERMINACIÓN	UNIDAD	Muestra N° 3 FREÁTICA	Muestra N° 4 LAGUNA
<b>BACTERIOLÓGICO</b>				
1	Bacterias coliformes totales	NMP/100ml	24.000	> 1.100.000
2	Bacterias coliformes termoresistentes	NMP/100ml	4.600	> 1.100.000
3	Pseudomonas	NMP/100ml	< 2,2	2,2
<b>FISICOQUÍMICO</b>				
1	pH	u de pH	7,4	7,6
2	Cloruros	mg/l	193	66
3	Calcio	mg/l	181	71
4	Sulfatos	mg/l	155	60
5	Magnesio	mg/l	3	10
6	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	60	83
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	< 2	15
8	Nitrógeno Total Kjeldhal	mg/l	4,1	2,9
9	Bicarbonatos	mg/l	538	501
10	Nitrógeno Amoniacal	mg/l	< 0,2	0,5
11	Carbonatos	mg/l	< 3	< 3
12	Fósforo Total	mg/l	< 0,01	0,6
13	Conductividad	µS/cm	1754	1055
14	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	< 0,02	1,37
15	Sólidos totales a 105 °C	mg/l	1170	704
16	Nitratos	mg/l	86	< 2
17	Nitritos	mg/l	0,06	0,35
18	Sodio	mg/l	223	170
19	Potasio	mg/l	1,6	0,6
20	Sólidos suspendidos totales	mg/l	125	4
21	Sólidos suspendidos fijos	mg/l	94	2
22	Sólidos suspendidos volátiles	mg/l	31	2
23	Cadmio	mg/l	< 0,002	< 0,002
24	Cromo	mg/l	0,004	< 0,003
25	Plomo	mg/l	< 0,02	< 0,02
26	Mercurio	mg/l	0,001	0,001

En el Anexo II - Análisis de Laboratorio, se encuentran los protocolos originales completos de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados en el Laboratorio de Investigaciones Sanitarias (LIS) del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.

El análisis de los resultados obtenidos se expone en el Punto 3.3 “Características y Calidad del Recurso”

## 3.2 BALANCE HIDROLÓGICO

En el Capítulo anterior (Punto 2.2.2) se estableció que para el caso particular de La Cava de Villa Itatí, la ecuación general del balance hidrológico tomaba la forma:

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

Donde:

*Pe*: Precipitación efectiva

*Qsb*: Volumen de escurrimiento subterráneo

*Qi*: Volumen de agua importada

*Evt*: Evapotranspiración

*Qb*: Volumen extraído por bombeo

$\Delta Ssp$ : Variación del almacenamiento superficial

Éste se realizó en términos de volumen de agua que ingresa o egresa del sistema, medido en m<sup>3</sup>. Asimismo, el paso de tiempo de cálculo quedó establecido en un día, y el período considerado corresponde a los meses de abril a diciembre de 2011, 270 días (nueve meses), aunque los registros de datos de precipitación y bombeo incluyan a la segunda quincena de marzo, los cuales se obtuvieron para considerar la situación antecedente al inicio del balance.

El volumen inicialmente contenido en la laguna se estimó a partir de considerar su superficie de 2,98 ha y una profundidad promedio del orden de los 0,85 m, lo que resulta prácticamente en un almacenamiento superficial de 25.000 m<sup>3</sup>.

Debido a su extensión, el detalle de la evolución diaria del balance está incorporado al Anexo I – Balance Hidrológico, y también por este motivo se ha optado por exponer la representación gráfica de los resultados y el resumen de los valores medios mensuales más relevantes a los fines del estudio.

En este sentido, el Gráfico 3.13 muestra el resultado de la evolución diaria del balance para todo el período considerado, y en la Tablas 3.13 y 3.14 se presentan las magnitudes mensuales de cada una de las variables consideradas, ya sea tanto para los ingresos como para los egresos respectivamente.

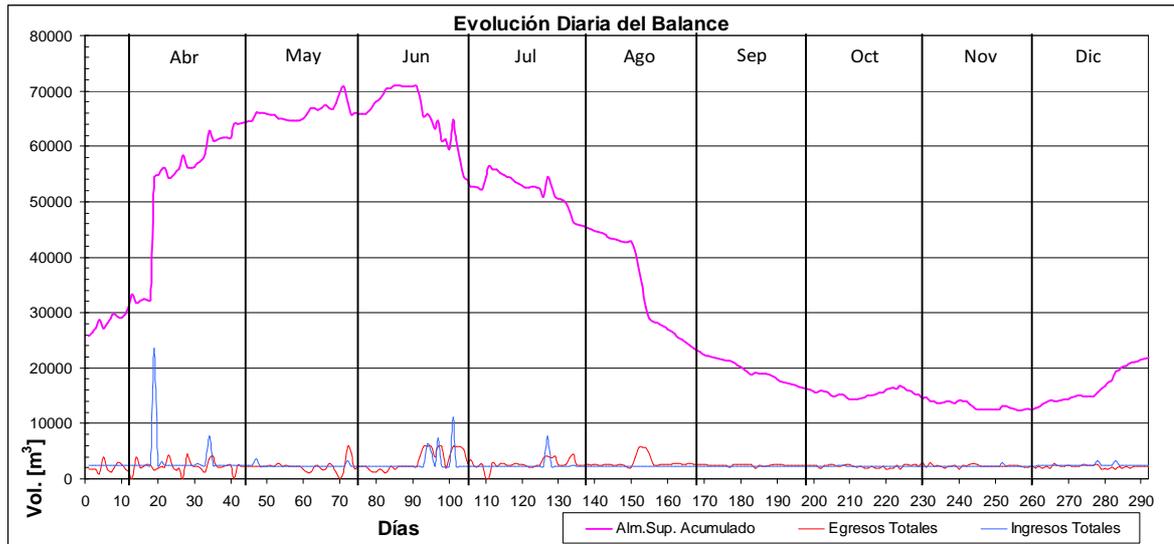


Gráfico 3.13: Evolución diaria del balance hidrológico

Tabla 3.13: Balance hidrológico. Ingresos mensuales

Mes	Precipitación Efectiva		Agua Importada		Aporte Subterráneo		Total Ingresos
	Volumen	Incidencia	Volumen	Incidencia	Volumen	Incidencia	Volumen
	[m <sup>3</sup> ]	%	[m <sup>3</sup> ]	%	[m <sup>3</sup> ]	%	[m <sup>3</sup> ]
Abril	28.708	28,4	57.245	56,6	15.202	15,0	101.156
Mayo	1.071	1,6	51.370	75,4	15.709	23,0	68.150
Junio	20.791	24,3	49.713	58,0	15.202	17,7	85.706
Julio	5.731	7,9	51.370	70,6	15.709	21,6	72.810
Agosto	0	0,0	51.370	76,6	15.709	23,4	67.079
Septiembre	2	0,0	49.713	76,6	15.202	23,4	64.917
Octubre	618	0,9	51.370	75,9	15.709	23,2	67.697
Noviembre	815	1,2	49.713	75,6	15.202	23,1	65.730
Diciembre	1.722	2,2	59.154	77,2	15.709	20,5	76.584

Tabla 3.14: Balance hidrológico. Egresos mensuales

Mes	Bombeo		Evapotranspiración		Total Egresos
	Volumen	Incidencia	Volumen	Incidencia	Volumen
	[m <sup>3</sup> ]	%	[m <sup>3</sup> ]	%	[m <sup>3</sup> ]
Abril	65.275	96,9%	2.109	3,1%	67.384
Mayo	66.480	98,0%	1.349	2,0%	67.829
Junio	98.520	99,1%	864	0,9%	99.384
Julio	79.596	99,0%	789	1,0%	80.385
Agosto	88.780	99,0%	921	1,0%	89.701
Septiembre	69.920	97,7%	1.630	2,3%	71.550
Octubre	66.700	96,9%	2.147	3,1%	68.847
Noviembre	64.170	95,0%	3.407	5,0%	67.577
Diciembre	63.940	94,8%	3.535	5,2%	67.475

La comparación entre los ingresos y egresos totales correspondientes a cada mes, se muestra en la Tabla 3.15 siguiente.

Tabla 3.15: Balance hidrológico. Comparación Ingresos – Egresos Totales

Mes	Total Ingresos	Total Egresos	Diferencia	
	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	%
Abril	101.156	67.384	33.772	50,1%
Mayo	68.150	67.829	321	0,5%
Junio	85.706	99.384	-13.678	-13,8%
Julio	72.810	80.385	-7.575	-9,4%
Agosto	67.079	89.701	-22.622	-25,2%
Septiembre	64.917	71.550	-6.633	-9,3%
Octubre	67.697	68.847	-1.150	-1,7%
Noviembre	65.730	67.577	-1.847	-2,7%
Diciembre	76.584	67.475	9.109	13,5%

Los signos negativos en los volúmenes y porcentajes corresponden a los meses en donde los egresos, constituidos fundamentalmente por el bombeo, superaron a los ingresos y por consecuencia el almacenamiento superficial medio durante el mes sufría un descenso.

Estos mismos resultados se representan en el Gráfico 3.14:

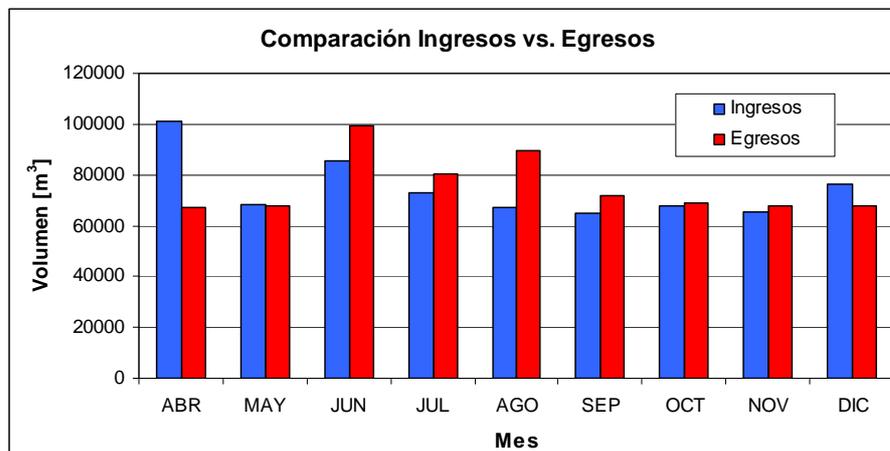


Gráfico 3.14: Balance hidrológico. Comparación Ingresos – Egresos Totales

A partir de estos primeros resultados podemos señalar que abril, como consecuencia de las importantes precipitaciones ocurridas durante todo el mes (101,0 mm el 02/04/2011, 30,9 mm el 17/04/2011 y 24,8 mm el 30/04/2011 – Ver Gráfico 3.1), el ingreso de agua a La Cava superó en gran medida a los egresos. Recién en junio y julio se registra un incremento de los egresos por sobre los ingresos (a partir de una mayor cantidad de horas de bombeo), llegando a ser máxima la diferencia en agosto, mes éste particularmente especial por su escasa

precipitación (un total de 17,5 mm en el mes pero que no superaron los 6,0 mm en 24 horas) que no alcanzó a generar un exceso de precipitación capaz de escurrir hacia la laguna.

La situación descrita anteriormente puede apreciarse en el siguiente Gráfico 3.15, donde se verifican las grandes diferencias entre las variables "Precipitación efectiva" y "Bombeo".

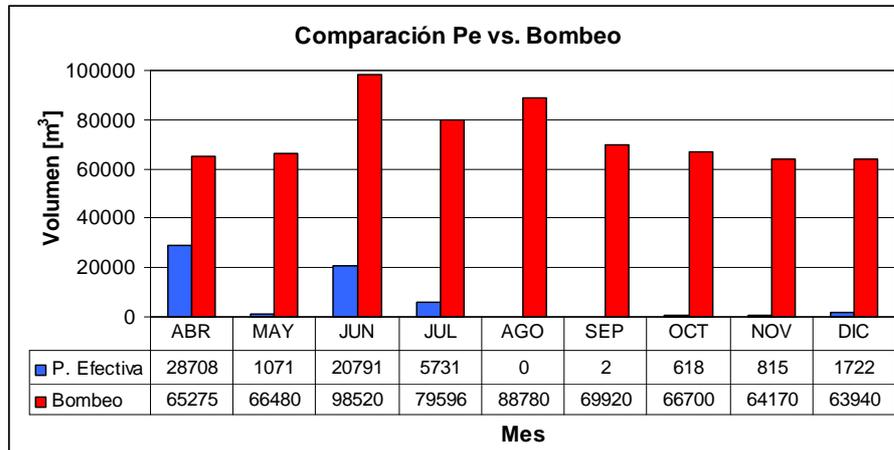


Gráfico 3.15: Comparación Precipitación efectiva - Bombeo

Deteniendo el análisis en el mencionado Gráfico 3.13, se puede observar una particularidad importante de destacar. Entre los meses de septiembre a noviembre el almacenamiento superficial en la laguna tiende a estabilizarse, en un valor del orden de los 16.000 m<sup>3</sup> (línea a trazos en el gráfico siguiente), luego de un fuerte descenso durante el mes de agosto.

Lo descripto puede apreciarse mejor si se separa del gráfico inicial este lapso de tiempo en particular, tal como se muestra en el Gráfico 3.16.

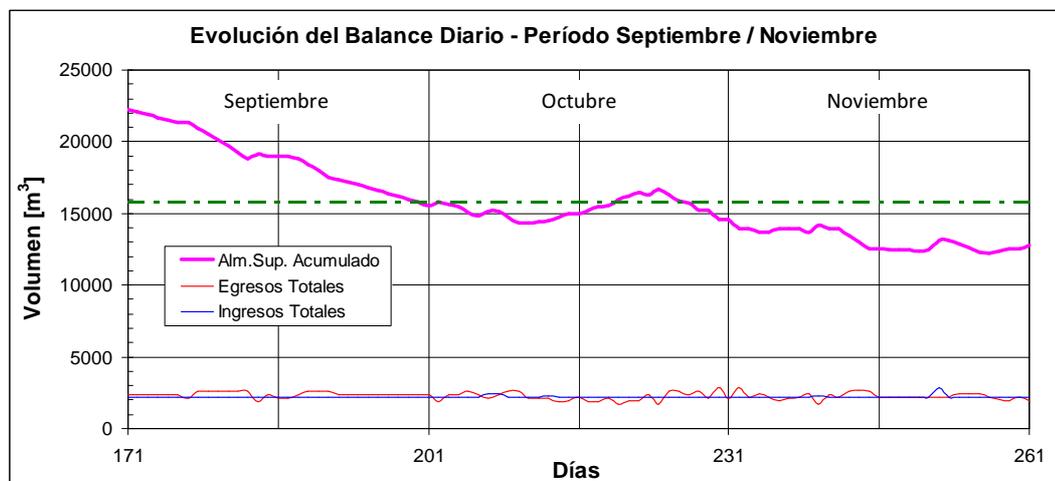


Gráfico 3.16: Evolución diaria del balance. Período septiembre - noviembre

Si en este período es posible, como ya se ha visto, minimizar el efecto de la precipitación efectiva como ingreso y la evapotranspiración potencial como egreso, y se realiza una comparación entre las variables predominantes, agua importada y escurrimiento subterráneo como ingresos, y bombeo como egreso, se obtiene un gráfico como el siguiente:

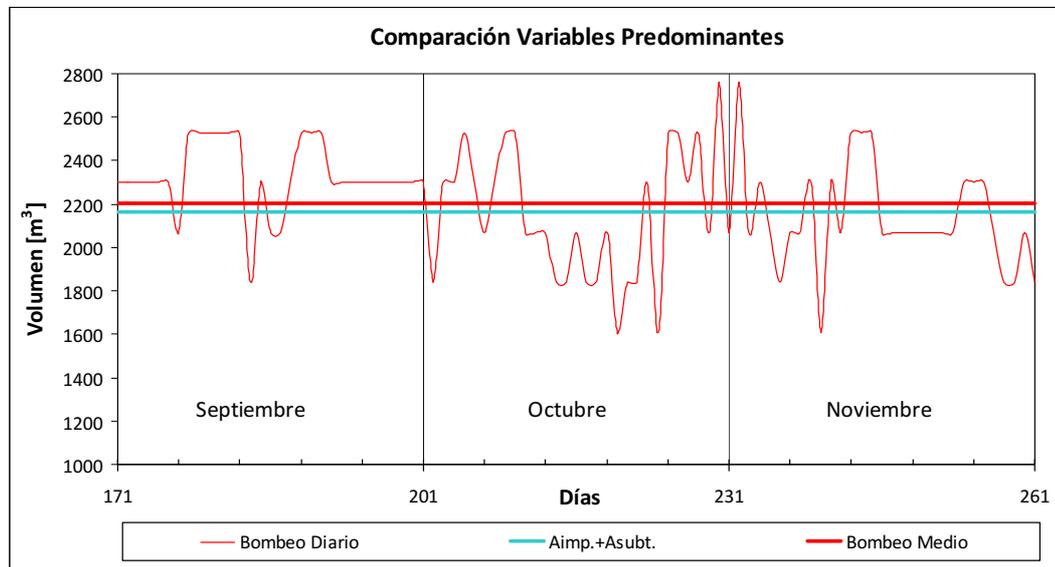


Gráfico 3.17: Balance hidrológico. Comparación  $A_i + A_s - \text{Bombeo}$

Puede observarse que en el paso diario el volumen bombeado es variable, pero en su valor medio prácticamente compensa la suma del agua importada y la afluencia subterránea.

Esto conlleva a poder afirmar que el hecho de haber asistido a un año de precipitaciones de particular distribución (ver lo indicado en el Punto 3.1.2 anterior), ha permitido ajustar las variables de agua importada y escurrimiento subterráneo propuestas al inicio del balance, en un rango que resulta razonable dada la incertidumbre inicial.

Ajustados entonces los cálculos de todas las variables consideradas, los valores finalmente adoptados para sus parámetros, que cierran en forma aceptable el balance hidrológico, se presentan en el siguiente Cuadro 3.6:

*Cuadro 3.6: Valores de los parámetros resultantes del balance hidrológico*

Variable	Parámetro	Valor
Afluencia Subterránea	Gradiente Hidráulico	$3,8 \times 10^{-3}$
	Transmisividad	100 m <sup>2</sup> /día
	Longitud de la curva isofreática	1.270 m
Agua Importada	Dotación en meses de verano	190 l/hab/día
	Dotación en meses de invierno	170 l/hab/día
	Coefficiente de vertido	0,9
	Porcentaje de pérdidas en la red de agua	40%
Precipitación Efectiva	Número de Curva para condición II (CN II)	92
Evapo-Transpiración	Índice Térmico	75

Con el fin de interpretar si los volúmenes resultantes del balance, cuya evolución diaria se mostró en el Gráfico 3.13, eran factibles de ser contenidos en el área lagunar y su periferia, se ensayó la determinación de su curva altura - volumen.

En este sentido, es importante mencionar que la medición de niveles en la laguna representa una tarea difícil de concretar con cierto grado de precisión, debido fundamentalmente a la vegetación, a las viviendas que se ubican en su periferia, pero sobre todo a la gran cantidad de basura en superficie. Sin embargo, con la ayuda de las curvas de nivel determinadas en el Punto 3.1.1 (Figura 3.3) y los controles de nivel realizados en la estación de bombeo, se obtuvo la relación que se indica en la Tabla 3.16.

*Tabla 3.16: Relación Altura - Volumen*

Cota IGN	Área	Volumen
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
1,70	5.370	0
2,20	7.954	3.331
2,50	9.505	5.950
3,00	19.613	13.229
3,30	35.360	21.475
4,00	72.104	59.088
4,50	74.683	95.785
5,00	77.262	118.359

La representación gráfica de estas magnitudes proporciona la curva altura - volumen buscada, la cual se muestra a continuación en el Gráfico 3.18.

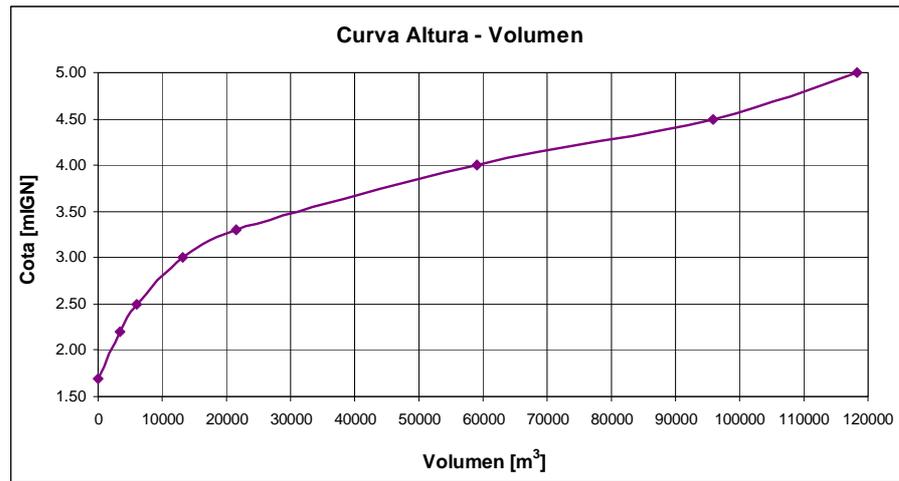


Gráfico 3.18: Área lagunar. Curva Altura - Volumen

Siendo la cota IGN de fondo del canal de acceso a la estación de bombeo 2,20 m, el volumen contenido por debajo de la misma (hasta cota 1,70 m o menor) se considera como "muerto" y no participa del balance.

A pesar del carácter preliminar de esta relación altura - volumen acumulado, ha proporcionado resultados interesantes:

- Los volúmenes acumulados más importantes, del orden de los 70.000 m<sup>3</sup>, que muestra el Gráfico 3.13 se mantienen entre cotas 4,00 a 4,10 m (siempre referidas al cero del IGN), no superando la 4,35 m del piso de la E.B., nivel éste nunca alcanzado por el agua de la laguna.
- La precipitación de 101,0 mm ocurrida el 02/04/2011 representó un volumen estimado en el orden de los 21.100 m<sup>3</sup>, provocando el incremento (en un día) del volumen acumulado de 32.200 m<sup>3</sup> a casi 53.400 m<sup>3</sup>. Esto mismo transformado a cotas del IGN representaría un incremento de 3,50 m a aproximadamente 3,85 m. Estos valores son compatibles con lo que pudo observarse ese día, donde el nivel de agua si bien creció mucho, no alcanzó a superar el borde superior del canal de acceso a la estación, cuya cota IGN es 4,00 m.
- Para los volúmenes acumulados registrados entre septiembre y noviembre (los menores del período analizado), los niveles de la laguna se mantienen dentro de los normales para el funcionamiento diario de la estación, esto es, entre los 2,20 m (piso canal) y 3,30 m (borde superior de la reja).

Por último, la incidencia de cada una de las variables en el balance hidrológico se obtuvo como el promedio de su participación mensual a lo largo del período analizado, medido como

porcentaje respecto del volumen total involucrado. En la Tabla 3.17 se indican estos valores para el caso de los ingresos, los cuales también han sido representados en el Gráfico 3.19.

Tabla 3.17: Balance Hidrológico. Ingresos. Porcentajes de incidencia

Ingresos			
Mes	Precipitación Efectiva	Agua Importada	Afluencia Subterránea
Abril	28,4%	56,6%	15,0%
Mayo	1,6%	75,4%	23,0%
Junio	24,3%	58,0%	17,7%
Julio	7,9%	70,6%	21,6%
Agosto	0,0%	76,6%	23,4%
Septiembre	0,0%	76,6%	23,4%
Octubre	0,9%	75,9%	23,2%
Noviembre	1,2%	75,6%	23,1%
Diciembre	2,2%	77,2%	20,5%
<b>Media</b>	<b>7,4%</b>	<b>71,4%</b>	<b>21,2%</b>

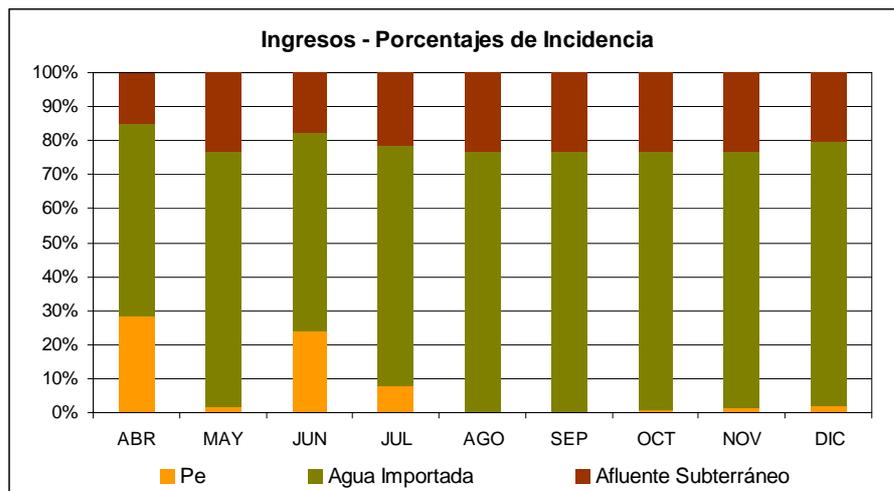


Gráfico 3.19: Balance hidrológico. Ingresos. Porcentajes de incidencia

De la misma manera para el caso de los egresos, los porcentajes de incidencia se muestran en la Tabla 3. 18 y Gráfico 3.19 adjuntos.

Tabla 3.18: Balance Hidrológico. Egresos. Porcentajes de incidencia

Egresos		
Mes	Bombeo	Evapo-Transpiración
Abril	96.9%	3.1%
Mayo	98.0%	2.0%
Junio	99.1%	0.9%
Julio	99.0%	1.0%
Agosto	99.0%	1.0%
Septiembre	97.7%	2.3%
Octubre	96.9%	3.1%
Noviembre	95.0%	5.0%
Diciembre	94.8%	5.2%
<b>Media</b>	<b>97.4%</b>	<b>2.6%</b>

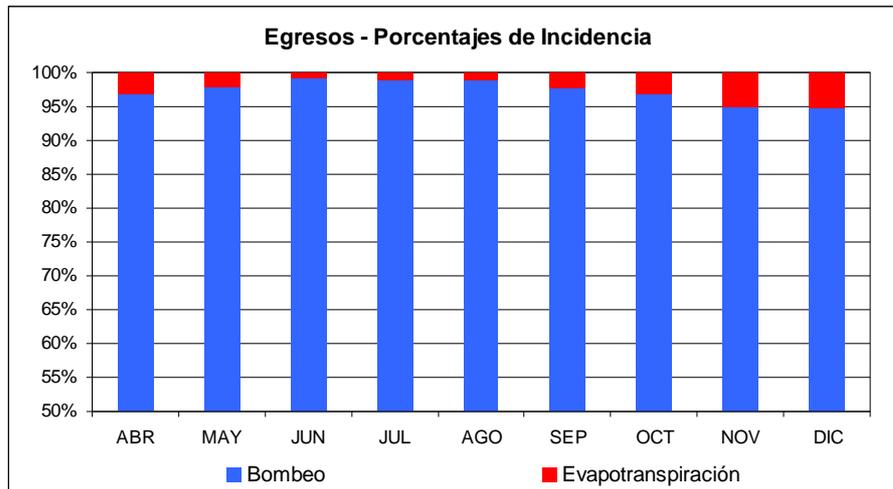


Gráfico 3.20: Balance hidrológico. Egresos. Porcentajes de incidencia

### 3.3 CARACTERÍSTICAS y CALIDAD DEL RECURSO

A partir de los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos de las muestras mencionadas (ver Punto 3.1.8), y con el objetivo de realizar una valoración de la composición química del agua presente en la capa freática y en la laguna, se confeccionaron mediante la aplicación de las metodologías respectivas, los diagramas de Piper (1944) y Schoeller – Berkaloff (1935), los cuales se representan en los Gráficos 3.21 y 3.22.

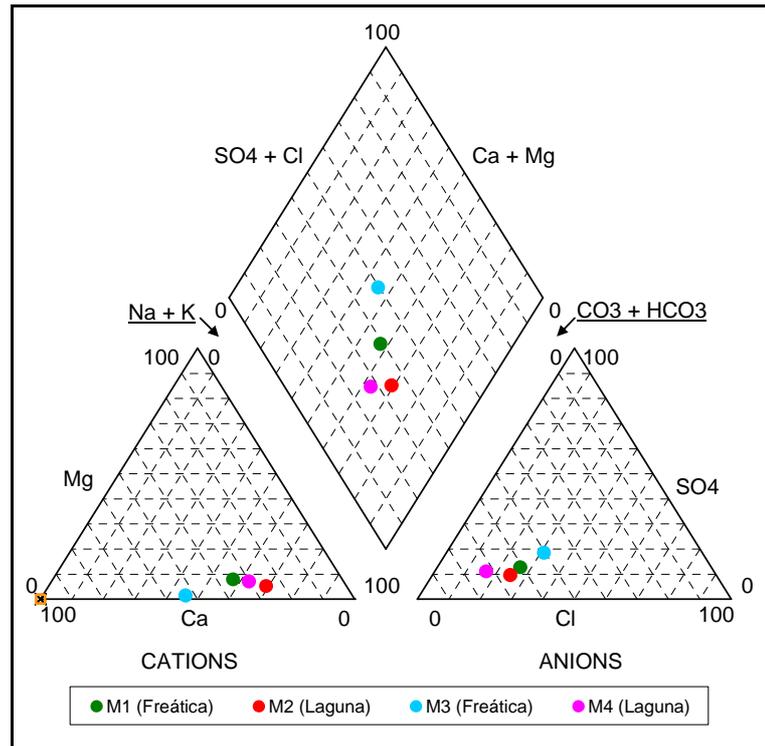


Gráfico 3.21: Diagrama de Piper

La denominación de las muestras coincide con la indicada oportunamente al momento de comentar su obtención, es decir, la M1 y M2 corresponden a las tomadas en la capa freática y laguna respectivamente, al finalizar el verano, y las M3 y M4 a la freática y laguna en invierno.

De los gráficos se observa que poseen características hidroquímicas similares, con una participación de sus componentes (en porcentaje y [meq/l] de aniones y cationes) que siguen un mismo patrón de distribución, salvo la muestra M3 (freática en invierno) que difiere ligeramente de las demás principalmente por un aumento del  $\text{Ca}^{++}$ , disminución del  $\text{Mg}^{++}$  y mayor presencia de sulfatos y cloruros.

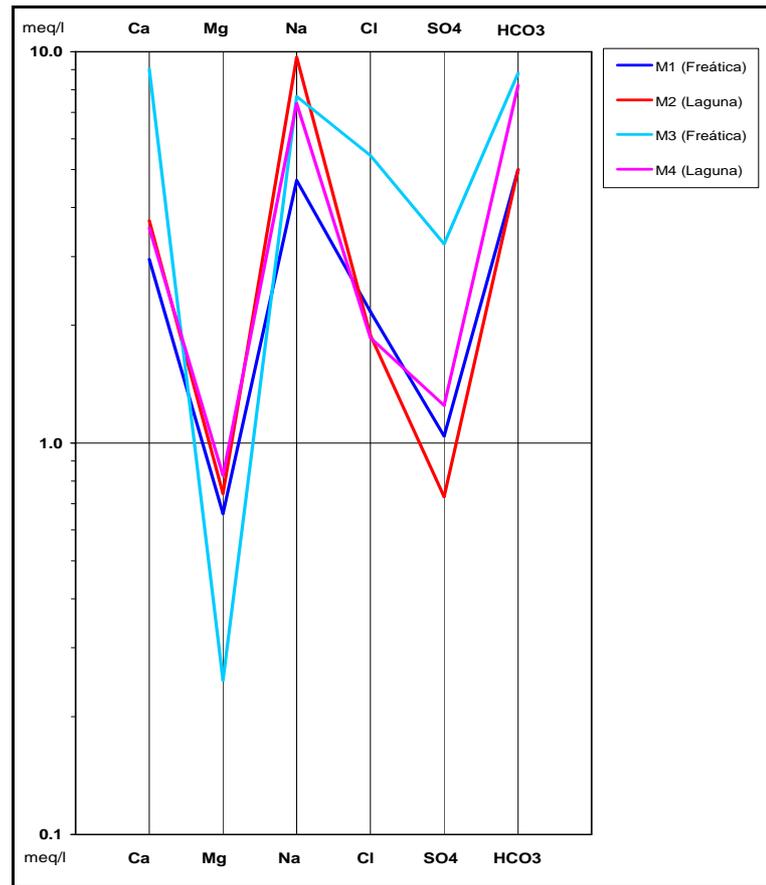


Gráfico 3.22: Diagrama de Schoeller - Berkaloff

Es importante reconocer que la cantidad de muestras obtenidas y analizadas no es suficiente para hacer una caracterización acabada del recurso, sin embargo, en vista de los resultados es posible expresar que en ambos casos (freática y laguna) se trata de aguas bicarbonatadas sódicas, y que de alguna manera estas características concuerdan con las señaladas en la descripción regional para el subacuífero Epipelche.

Observando la misma limitación, los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos fueron comparados con los estándares oficiales establecidos por las siguientes normas:

- Ley 11.820 de la provincia de Buenos Aires, texto actualizado con las modificaciones introducidas por la ley 12.292. Anexo A: Normas de calidad para el agua potable - Tabla I: Límites tolerables para los componentes microbiológicos básicos y Tabla II: Componentes que afectan directamente a la salud - límites tolerables. Anexo B: Normas de calidad para desagües cloacales - Tabla I: Parámetros de calidad-descargas límites admisibles para efluentes cloacales.
- Código Alimentario Argentino (CAA) - Artículo 982 - Resolución conjunta de la Secretaría de Políticas, Regulación y Relaciones Sanitarias (SPRyRS) N° 68/2007 y

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) N° 196/2007) sobre agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario.

- Resolución Autoridad del Agua (ADA) de la provincia de Buenos Aires N° 336/03 - Anexo II - Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles.

Las normas escogidas legislan sobre los parámetros de calidad que deben cumplir las aguas para consumo humano, de uso domiciliario y las descargas de efluentes cloacales según su receptor final. Incluyen a lo establecido por las “Normas mínimas de calidad de agua producida y distribuida” y las “Normas para desagües cloacales” que debe cumplir la empresa Aguas y Saneamiento Argentinos S. A. (AySA), proveedora del servicio de agua y cloacas.

Se ha optado por estas normativas debido a que según se ha podido constatar con la propia experiencia, los habitantes de Villa Itatí y La Cava utilizan para consumo agua de red pública y su excedente, como se describió en puntos anteriores, en parte recarga la capa freática y el resto transita por desagües precarios y zanjas hacia la laguna. Por ello, la intención es la de poder evaluar cuanto se aleja el agua presente en superficie y en contacto con la gente, de aquella de características seguras como la suministrada por el servicio público.

En este mismo sentido, tanto en la capa freática como en la laguna es de esperar encontrar aguas con características de efluentes cloacales, las cuales tienen una alta probabilidad de estar también en contacto con la población, ya sea por incrementos en los niveles freáticos que superan el piso de las casas más bajas, como por aumento del nivel de la laguna por un inconveniente en el funcionamiento de la estación de bombeo.

### *Análisis Bacteriológico*

El contraste de los resultados del análisis bacteriológico se realizó en dos partes. Primeramente se comparó la presencia de bacterias coliformes totales, con los límites requeridos por la Autoridad del Agua (ADA) de la provincia de Buenos Aires para las descargas de efluentes cloacales en diferentes receptores finales (Cuadro 3.7).

*Cuadro 3.7: Análisis bacteriológico. Comparación con Resolución ADA N° 336/03*

Determinación	Muestras				Valor de referencia		
	Verano		Invierno		Resolución ADA 336/03		
	Freática	Laguna	Freática	Laguna	Colectora Cloacal	Conducto pluvial o cuerpo agua superficial	Absorción por el suelo
	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]
Bacterias Coliformes Termorresistentes	39.000	> 1.100.000	4.600	> 1.100.000	≤ 20.000	≤ 2.000	≤ 2.000

La segunda comparación se realizó con los valores máximos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) para la existencia en el agua potable de bacterias coliformes termorresistente y pseudomonas (Cuadro 3.8).

*Cuadro 3.8: Análisis bacteriológico. Comparación con CAA Art. 982*

Determinación	Muestras				Valor de referencia
	Verano		Invierno		Código Alimentario Argentino
	Freática	Laguna	Freática	Laguna	
	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]
Bacterias Coliformes totales	2.400.000	> 1.100.000	24.000	> 1.100.000	≤ 3
Pseudomonas	16	> 16	< 2,2	2,2	ausencia

La conclusión de estos contrastes en ambos casos es contundente y pone en evidencia que en todas las muestras analizadas, la carga bacteriológica presente en el agua supera ampliamente los límites establecidos por las normas, confirmando de alguna manera que la capa freática está en contacto con los pozos negros de las casas ubicadas en la parte alta de La Cava, pero más aún, que el agua de la laguna, próxima a las viviendas y que eventualmente entra en contacto con los habitantes de la zona baja, se encuentra altamente contaminada con organismos patógenos.

### *Metales Pesados*

Los metales pesados tenidos en cuenta en el estudio para su determinación fueron cadmio, cromo, plomo y mercurio. Estos elementos están por lo general incluidos en las normas que evalúan la calidad del agua.

Los resultados se muestran en el Cuadro 3.9.

*Cuadro 3.9: Presencia de metales pesados*

Metal	Muestras				Valores de referencia	
	Verano		Invierno		Ley 11.820 Límite Tolerable	Código Alimentario Argentino.
	Freática	Laguna	Freática	Laguna		
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Cadmio	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,003	< 0,005
Cromo	< 0,003	< 0,003	0,004	< 0,003	0,05	< 0,05
Plomo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,01	< 0,05
Mercurio	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	0,001	< 0,001

En términos generales es posible decir que no existiría presencia de estos componentes tanto en la capa freática como en la laguna, encontrándose únicamente valores de mercurio, en las muestras de invierno, coincidentes con los límites exigidos.

### Análisis Físicoquímico

En este caso también se realizó el análisis comparativo con normas que rigen la calidad del agua por un lado y la descarga de líquidos cloacales por el otro.

En el primer caso las sustancias inorgánicas comparadas con los valores de referencia obtenidos de la Ley 11.820 y el CAA se muestran en el Cuadro 3.10 y en los gráficos adjuntos, en los cuales también se indica en línea continua los mencionados valores referenciales para cada elemento.

Cuadro 3.10: Sustancias Inorgánicas. Comparación con Ley 11.820 y CAA

Determinación	Unidad	Muestras				Valores de referencia	
		Verano		Invierno		Ley 11.820 Límite Tolerable	Código Alimentario Argentino
		Freática	Laguna	Freática	Laguna		
pH	U de pH	7	7,5	7,4	7,6	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Cloruros	[mg/l]	77	67	193	66	250	< 350
Sulfatos	[mg/l]	50	35	155	60	250	< 400
Sólidos totales	[mg/l]	469	662	1.170	704	1.500	< 1.500
Nitratos	[mg/l]	3	< 2	86	< 2	50	< 45
Nitritos	[mg/l]	< 0,03	1,21	0,06	0,35	3	< 0,10

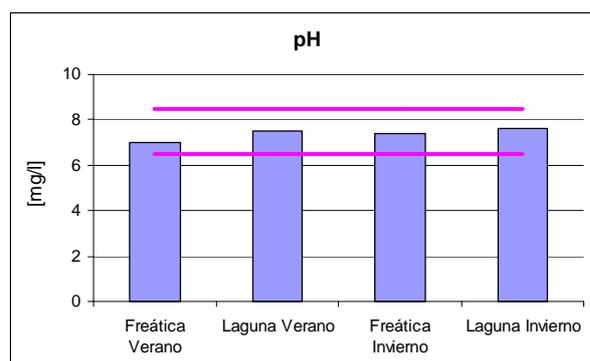


Gráfico 3.23: pH

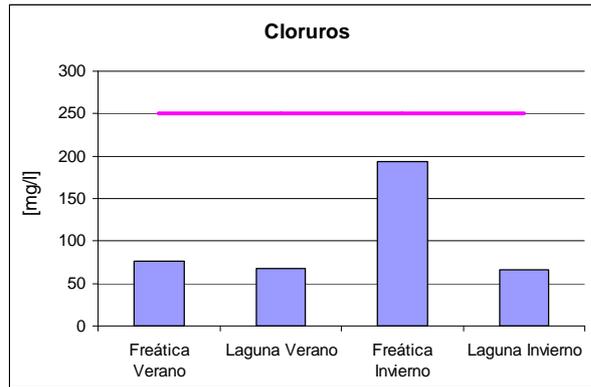


Gráfico 3.24: Cloruros

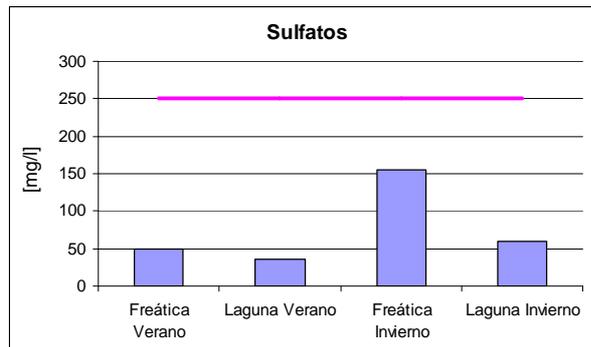


Gráfico 3.25: Sulfatos

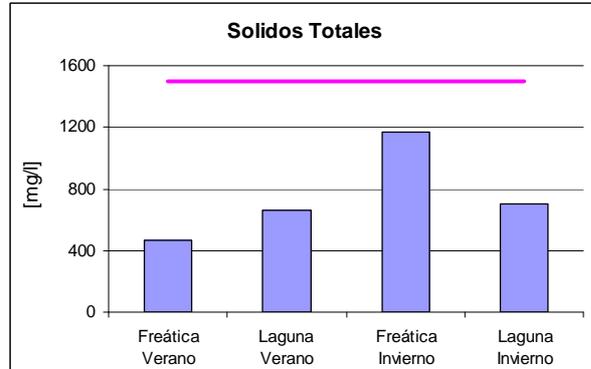


Gráfico 3.26: Sólidos Totales

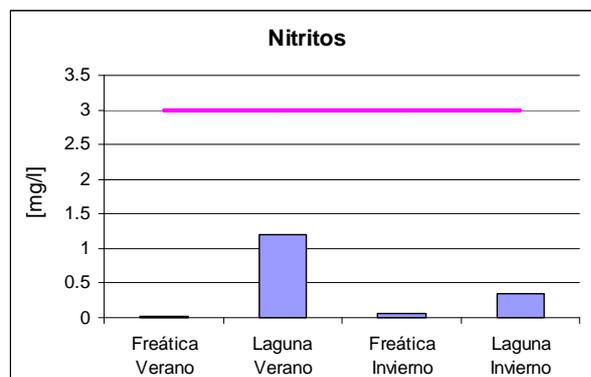


Gráfico 3.27: Nitritos

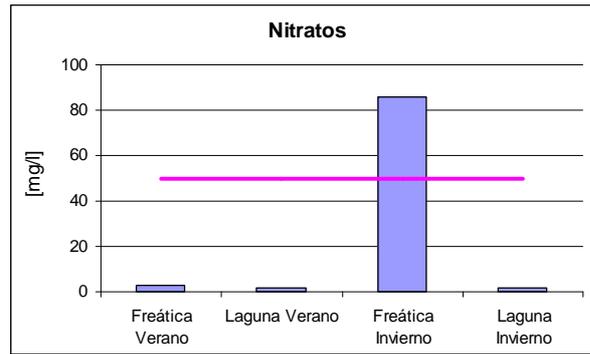


Gráfico 3.28: Nitratos

La comparación con los valores de referencia dados por la Resolución del ADA para la descarga de líquidos cloacales se detalla en el Cuadro 3.11.

Cuadro 3.11: S. Inorgánicas. Comparación con Resolución ADA N° 336/03

Determinación	Muestras				Valor de referencia		
	Verano		Invierno		Resolución ADA 336/03		
	Freática	Laguna	Freática	Laguna	Colectora Cloacal	Conducto pluvial o cuerpo agua superficial	Absorción por el suelo
	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]	[NMP/100ml]
DQO	51	77	60	83	≤ 700	≤ 250	≤ 500
DBO	15	25	< 2	15	≤ 200	≤ 50	≤ 200
Nitrógeno Total	5,8	8,4	4,1	2,9	≤105	≤ 35	≤ 105
Nitrógeno Amoniacal	1,8	< 0,2	< 0,2	0,5	≤ 75	≤ 25	≤ 75
Fósforo Total	1,19	1,17	< 0,01	0,6	≤10	≤1	≤ 10

De este grupo de resultados es posible resaltar lo siguiente:

- El valor de pH de todas las muestras se encuentra dentro de los límites establecidos.
- Los niveles de cloruros, sulfatos y sólidos totales se mantienen por debajo de los exigidos para aguas de consumo humano.
- La concentración de nitritos en la freática es inferior a los valores de referencia y el exceso en las lagunas se podría corresponder con su cubierta vegetal.
- En general se observa un mayor nivel de concentración de todas las sustancias en la muestra correspondiente a la capa freática de invierno, en particular en lo que respecta al nitrato, el cual es considerablemente superior a todas las demás y prácticamente duplica el límite permitido.

- Los niveles de DQO, DBO, nitrógeno total y amoniacal son inferiores aún a los permitidos para descargas directas sobre cuerpos de agua superficiales, encontrándose valores levemente superiores únicamente para el fósforo total en freática y laguna para las muestras de verano.

## 4 DISCUSIÓN

La presente discusión tiene como objetivo analizar los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, pero también pretende enmarcarlos dentro de la problemática hídrica de las áreas marginales de grandes centros urbanos, relacionada con el tema estudiado, y en aquellos puntos en los cuales se cuenta con datos nacionales e internacionales, comparar el caso de Villa Itatí en un contexto más amplio.

Esta contextualización busca señalar que la situación de La Cava de Villa Itatí no es un caso particular de una comunidad local, sino que se replica en otros ámbitos, tanto nacional como internacional, con semejante severidad. Además, tener problemas de acceso al agua segura por parte de poblaciones vulnerables significa tener incumplido un derecho establecido internacionalmente.

Resumidamente los hitos más relevantes en el camino de posicionar al agua como un derecho humano se indican a continuación.

El problema del agua como una cuestión global surge en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972). A partir de ella el Agua es valorada como un recurso natural, y se la iguala en importancia a la Tierra y el Aire. Anteriormente a este acontecimiento, y en general, tanto la contaminación de los recursos hídricos como el acceso al agua potable por parte de la población, eran considerados problemas "locales".

Posteriormente, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), se establece la necesidad de asegurar, por parte de toda la población, este acceso al agua potable.

En la Cumbre del Milenio (Nueva York, 2000) los países definen los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en donde, tanto el derecho al agua potable como al saneamiento se establecen como claves para el desarrollo humano, y una obligación por parte de los gobiernos de garantizar ese derecho a los grupos más débiles y pobres de la sociedad. En particular el Objetivo N° 7 establece en su Meta 7.C: *"Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento"*.

Conjuntamente con la realización de esta Cumbre, la Argentina fijó sus propios Objetivos de Desarrollo del Milenio, en consonancia con los globales. En este sentido el Objetivo N° 8 se refiere específicamente a medio ambiente y agua, y enuncia: *"Asegurar un medio ambiente sostenible. Reducir en dos terceras partes la proporción de la población sin acceso a agua potable entre los años 1990 y 2015."*

En el año 2006, el Informe sobre Desarrollo Humano de las Naciones Unidas (PNUD, 2006) aborda específicamente el tema de la crisis de escasez y acceso al agua potable, y manifiesta claramente que:

- *"La escasez de la crisis mundial del agua nace de la desigualdad, la pobreza y el poder, no de la disponibilidad física"*
- *"Carecer de acceso al agua y saneamiento es un eufemismo políticamente correcto para hablar de una privación que amenaza la vida, destruye las oportunidades y socava la dignidad humana"*
- *"Suministrar agua limpia, eliminar las aguas residuales y proporcionar servicios de saneamiento son tres de los fundamentos más básicos del desarrollo humano"*
- *"No existen recetas para poner fin a esta crisis, pero existen bases imprescindibles para el éxito: reconocer el derecho humano al agua y legislar para su cumplimiento, y elaborar estrategias nacionales para el acceso a agua y el saneamiento"*

Y documenta con datos concretos la situación internacional.

- *"Unos 1.100 millones de habitantes de países en desarrollo no disponen de acceso a la cantidad mínima de agua limpia.... La privación del saneamiento está aún más extendida. Unos 2.600 millones de personas – la mitad de la población de los países en desarrollo – carecen de acceso a un saneamiento básico."*
- *"Aunque las necesidades básicas pueden variar, el umbral mínimo es de aproximadamente 20 litros al día. La mayoría de los 1.100 millones de personas incluidas en la categoría de personas sin acceso a agua limpia utilizan aproximadamente 5 litros diarios, una décima parte de la cantidad promedio diaria utilizada en los países desarrollados por las cisternas de los inodoros"*

Los Informes 2010 y 2011 de las Naciones Unidas sobre los cumplimientos de los Objetivos de desarrollo del milenio indican que se han registrado importantes avances en lo referente al acceso al agua a nivel mundial, y estima que incluso se podría cumplir con la meta propuesta para 2015 en lo que respecta a la provisión de agua potable, pero aún se está muy lejos de alcanzar la del saneamiento.

Asimismo, y más difícil para su compilación, es la existencia de tratados, convenios, leyes, resoluciones, etc., ya sea internacionales, nacionales y municipales relacionadas con la protección legal que asiste a las poblaciones en riesgo hídrico y ambiental. Sin embargo este sigue siendo un derecho incumplido para una cantidad muy importante de habitantes de nuestro planeta.