

ORDENAMIENTO TERRITORIAL AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA Y DE APOORTE DIRECTO A LA LAGUNA MELINCÚE

Eduardo P. PERALTA



**Boletín
del Instituto de
Fisiografía y Geología**

Peralta E.P., 2017. Ordenamiento territorial ambiental de la cuenca hidrográfica y de aporte directo a la Laguna Melincué. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología* 87: 23-34. Rosario, 10-11-2017. ISSN 1666-115X.

Recibido: 02/07/2017
Aceptado: 01/11/2017
Disponible vía Internet:
10/11/2017

Resumen: El ordenamiento territorial ambiental de la cuenca hidrográfica y de aporte directo a la laguna Melincue es una asignatura pendiente que se pone en evidencia ante cada inundación que sufre la localidad de Melincué. La adecuada planificación de las acciones en el corto, mediano y largo plazo, dentro de un plan estratégico ambiental, es sin duda la que permitirá ordenar, entre otras cosas, el uso sustentable de los recursos naturales y proyectar las obras necesarias y su ubicación en el terreno, en concordancia con la topografía, geomorfología y el medio ambiente.

Palabras clave: Melincué - Cuenca hidrográfica - Medio ambiente - Inundaciones - Planificación.

Eduardo P. Peralta [peralta@fceia.unr.edu.ar]: *Instituto de Fisiografía y Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina.*

INTRODUCCIÓN

La Laguna Melincué (Figs. 1-2) tiene una cuenca hidrográfica que cubre un área de aproximadamente 1500 km² y se la considera integrada por dos subcuencas (A y B en Fig. 1). La subcuenca A está situada al norte de la ciudad de Melincué y cubre un área de 800 km²; es exorreica y drena a través del canal San Urbano (siempre y cuando se encuentre en condiciones), el cual nace en la Laguna La Larga (en proximidades de la localidad de Carmen, Provincia Santa Fe), continúa en el Arroyo del Sauce-Pavón y desagua en el Río Paraná. La subcuenca B, de carácter endorreico, drena los aportes hídricos de un área de aproximadamente 700 km².

El conocimiento geológico y geomorfológico de la cuenca hidrográfica de la Laguna Melincué se basa fundamentalmente sobre el estudio de Pasotti et al. (1984). Numerosos avances posteriores, especialmente dirigidos a aspectos ambientales de la región, permanecen en informes no publicados. La mayor parte de esta nueva información fué sintetizada en Peralta (2003). En el presente artículo se presenta una expansión y actualización de dicho informe con un análisis de los mas recientes datos obtenidos, organizados en el sentido de establecer las bases para un programa de ordenamiento territorial ambiental de la cuenca, considerando especialmente la evolución reciente de las condiciones locales.

Morfológicamente la zona de estudio se halla localizada en la denominada “pampa de las lagunas” y desde el punto de vista tectónico en la “pampa hundida” (Castellanos 1973, Pasotti et al 1984), razón que implica una consideración especial a la hora de decidir la propuesta de planificación del manejo sustentable de la cuenca. El presente estudio comprende la subcuenca cerrada B de aporte directo a la laguna Melincué.

ANTECEDENTES

No existe estación meteorológica de organismos oficiales o del Estado en el ámbito de la cuenca, por lo tanto se ha recurrido a la información obtenida por algunos pobladores de la zona, al igual que los datos de cota de pelo de agua de la laguna. Ello ha permitido preparar un gráfico que muestra la relación de cotas con las precipitaciones medias anuales (Fig. 3).

La población de Melincué ha soportado en los últimos ochenta y cinco años diversas inundaciones vinculadas a las lluvias de primavera-verano, y en los últimos años se ha establecido una correlación con el fenómeno del niño (véase Garreaud et al. 2009). Cada inundación tuvo sus implicancias, pero fue la de 1932 la que motivó el proyecto y posterior ejecución del canal San Urbano (Fig. 1), con el que se pretendía neutralizar los aportes de la subcuenca A hacia la población y laguna. La de 1941 ocurrió mientras se construía el canal. En 1965-1966, la falta de mantenimiento y de capacidad del canal, determinaron que los aportes de la subcuenca A rebalsaran el canal y llegaran a la población por el norte, pero afortunadamente la laguna absorbió el aporte dado que la cota del pelo de agua se encontraba relativamente baja. El crecimiento paulatino de los valores de las precipitaciones a partir del año 1965 y durante la década de 1970, elevaron la cota de la laguna, y durante el

verano de 1974-1975, nuevamente el desborde del canal hizo zozobrar a la población y zona rural del distrito Melincué; cortó accesos al balneario y hotel existentes en la isla. En 1977 se iniciaron las tareas de reacondicionamiento del canal San Urbano. En 1981 se registra la cota histórica máxima para ese momento, 85.73 m snmm (sobre el nivel medio del mar). No obstante el descenso en las lluvias, la cota fue bajando lentamente por evaporación del espejo de agua. Durante la década de 1990, el crecimiento de la cota fue paulatino, y en 1993-1994 alcanza un valor de 85.17 m snmm, medido por el autor desde el punto trigonométrico IGM 541 ubicado entre la población y la laguna. Durante los años 1995 y 1996 se produjo un marcado descenso en las precipitaciones, se vieron seriamente comprometidas las cosechas de soja y trigo en la región. Sin embargo la laguna tuvo un lento retroceso en su cota, llegando a 83.62 m snmm hacia Septiembre de 1997. A partir del 30 de Septiembre de ese año, se inicia el fenómeno del Niño, y tanto las precipitaciones como las cotas fueron creciendo paulatinamente. La cota registrada en Mayo de 2003, 86.13 m snmm, y 86.20 m snmm en Agosto son sin dudas los valores históricos más elevados hasta ese momento.

De todos los periodos estudiados, es sin dudas el más complejo hasta entonces, ya que, luego el de 2017 sería aún más severo. El agua ingresó al pueblo desde el sur y oeste, ocupando el sector de quintas, cementerio, calle San Martín (Oeste), parte de las calles Cafferata y Rivadavia, hasta O'Higgins al menos de manera transitoria, durante la sudestada del 8 de julio de 2003; solo es retenida, y no siempre, por el terraplén que forma la defensa de tierra, construido alrededor del pueblo. Las inundaciones de los años 2002 y 2003 han generado una situación de difícil retorno, y no se ha observado durante el verano, en coincidencia con el periodo de mayor insolación-evapotranspiración, una bajante en el nivel de la cota del pelo de agua. Por el contrario ha habido un sostenido crecimiento y pérdida de elasticidad en el sistema natural para retornar o insinuar siquiera un descenso en el nivel. El ingreso de agua no proviene del norte sino del sud-sudoeste. Los pequeños cursos de aporte ya escurren en forma permanente, por ejemplo el arroyo El Pederal (Figs. 2A, 4), en el distrito Santa Isabel, trae agua por el sudoeste desde la Ruta Nacional 8 (Fig. 2B). Los tiempos de escurrimiento y concentración de agua en la laguna se han acelerado, favorecidos por la cultura de laboreo de los campos, y se observa el incremento de superficie destinada a los cultivos en desmedro de las áreas que tradicionalmente se afectaban al uso ganadero. La superficie destinada al monocultivo de soja se ha incrementado, y ya no hay rotación, máxime teniendo en cuenta que en general no se trata de parcelas grandes. La infiltración del agua en la parte superior y media de la cuenca es pobre. Los niveles de la capa freática en las poblaciones involucradas en esta cuenca y aledaños se encuentran en niveles altos, cercana a la superficie, o bien aflorando en la misma. Esto ha ocasionado el hundimiento de los pozos ciegos, rajaduras y fracturas en los edificios, roturas de vidrios por asentamientos en los cimientos. Las vías de comunicaciones, tanto rutas provinciales pavimentadas o de tierra, se encuentran clausuradas, entre Melincué y Elortondo, y los caminos de tierra en pésimo estado y de difícil o nula transitabilidad. En el año 2004 se inició un período seco, que persistiría hasta el año 2011. En 2003 se inicia la obra del canal aductor y dos estaciones de

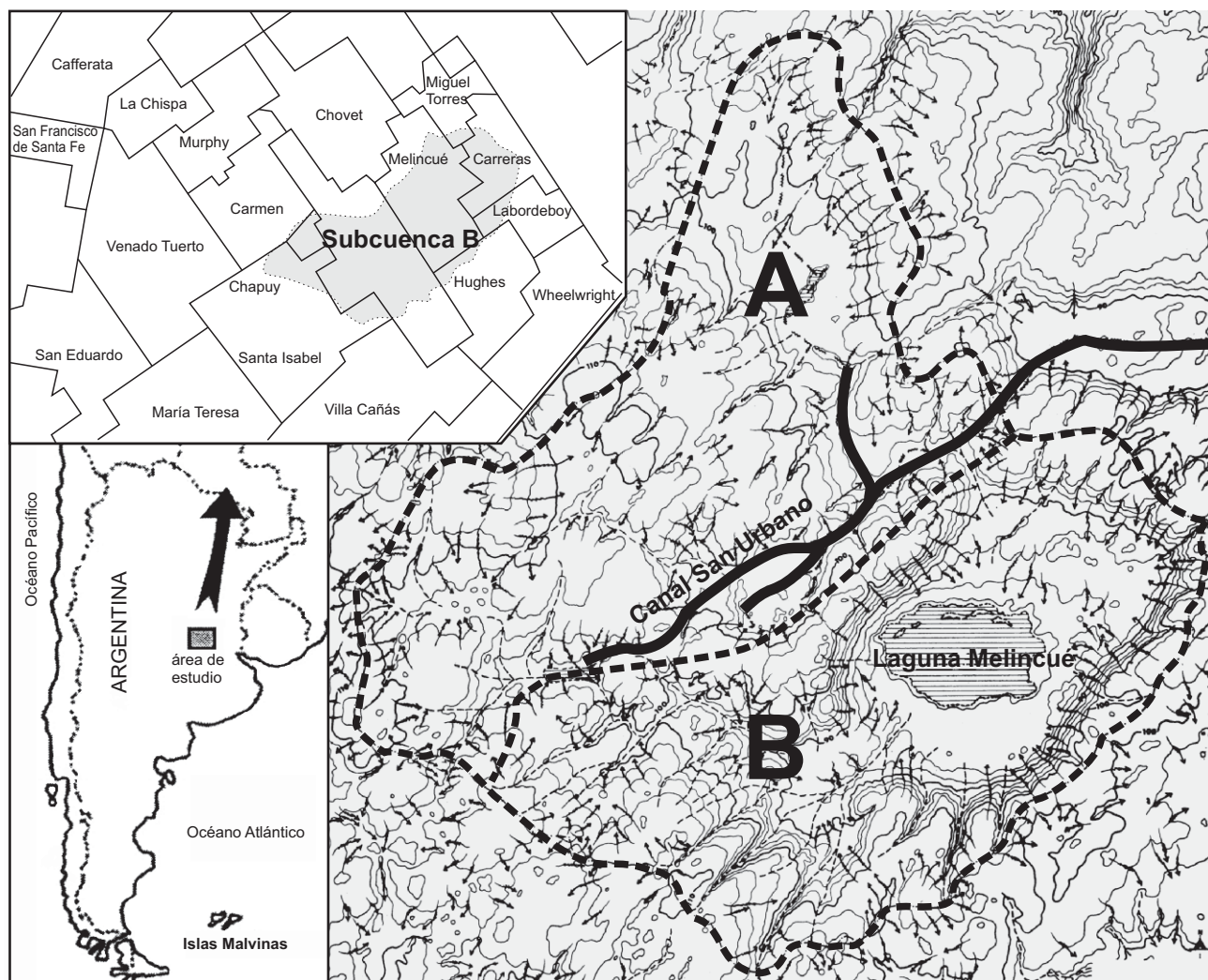


Figura 1. Ubicación del área de estudio y mapa del área de la cuenca hidrográfica de la Laguna Melincué mostrando sus dos subcuencas A y B con indicación de la divisoria de aguas, el Canal San Urbano y drenajes (véase también Fig. 2A). Modificado de Pasotti et al. (1984).

bombeo, que comenzaron a funcionar a finales del año 2005, drenando agua de la laguna hacia el canal San Urbano que se encuentra topográficamente más elevado que la laguna. La tarea de bombeo se inicia en un período seco en que la cota de la laguna era de 85.00 m snmm. Comenzó a descender el nivel del pelo de agua de la laguna hasta alcanzar a principios del año 2012 la cota de 82.23 m snmm. Para entonces la Comuna de Melincué había reconstruido el camino a la isla, y se podía acceder después de muchos años a la misma en automóvil, el casino y hotel inaugurados en 2007 funcionaban a pleno y nada parecía presagiar lo que vendría luego, en 2017. Con el incremento de las precipitaciones a partir de 2012, la cota comenzó a ascender alcanzando en agosto de 2017 un valor de 86.44 m snmm. Con estos valores, la situación fue mucho más grave y catastrófica que en 2003. El agua ocupó una mayor superficie del casco urbano y alrededores. Se cortó la Ruta Provincial 90, y la defensa de tierra que rodeaba y protegía al pueblo en forma de anillo estaba desmantelada en forma parcial, especialmente por el sur, sobre la laguna por donde ingresó el agua. Los habitantes de Melincué, bomberos,

Defensa Civil, el ejército y personal de la Comuna local y del Gobierno provincial, tuvieron que salir a paliar la situación, con bolsas de arena sobre la ruta 90 y en los frentes de cada casa para evitar el ingreso del agua, durante varios días. Cada sudestada mantiene en vilo a la población, ante una nueva amenaza de inundación.

DIAGNÓSTICO ACTUAL

El agua que ingresa a la laguna proviene mayoritariamente de las precipitaciones. El aporte de agua subterránea comprende el agua de la capa freática, que tiene una cuenca de aporte similar a la de escurrimiento superficial, y si bien llega a la laguna, lo hace mucho tiempo después que el agua de escurrimiento superficial ya que avanza unos pocos centímetros por día. Por otro lado, los acuíferos más profundos tienen recarga al pie de las Sierras Pampeanas, y durante su recorrido las aguas se cargan de sales que otorgan salinidad a dichos acuíferos. La presencia de algunos minerales específicos de la laguna Melincué, ausentes en otras lagunas de la región, se debe al origen tectónico de la

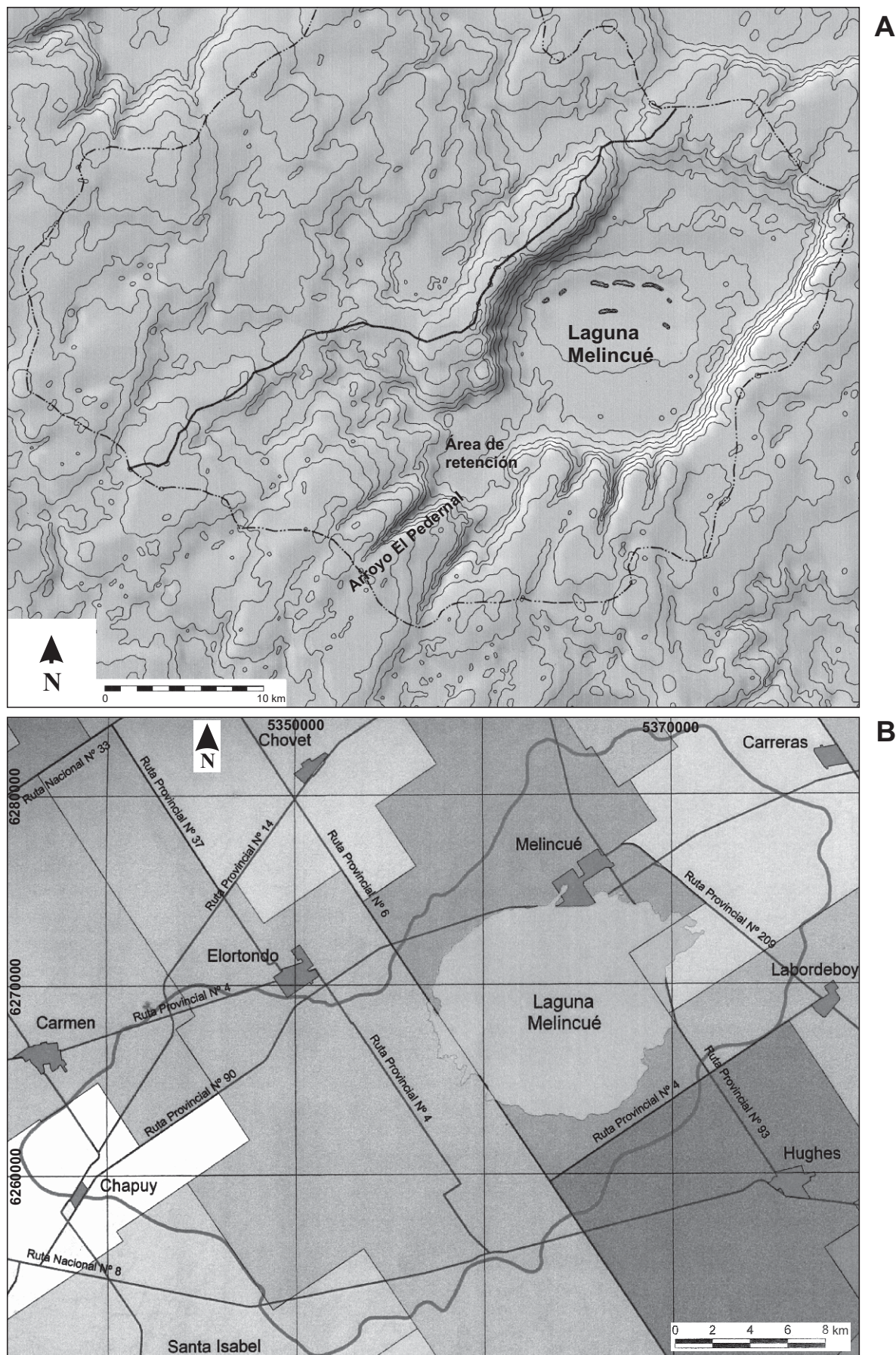


Figura 2. Cuenca hidrográfica de la Laguna Melincué. **A:** Modelo digital del terreno y curvas de nivel, Arroyo El Pedernal y área de retención (modificado de Zubek & Quinlan 2000). **B:** Ubicación de comunas y rutas del entorno regional de la Laguna Melincué (modificado de Ciaffaroni & Da Campo 2007).

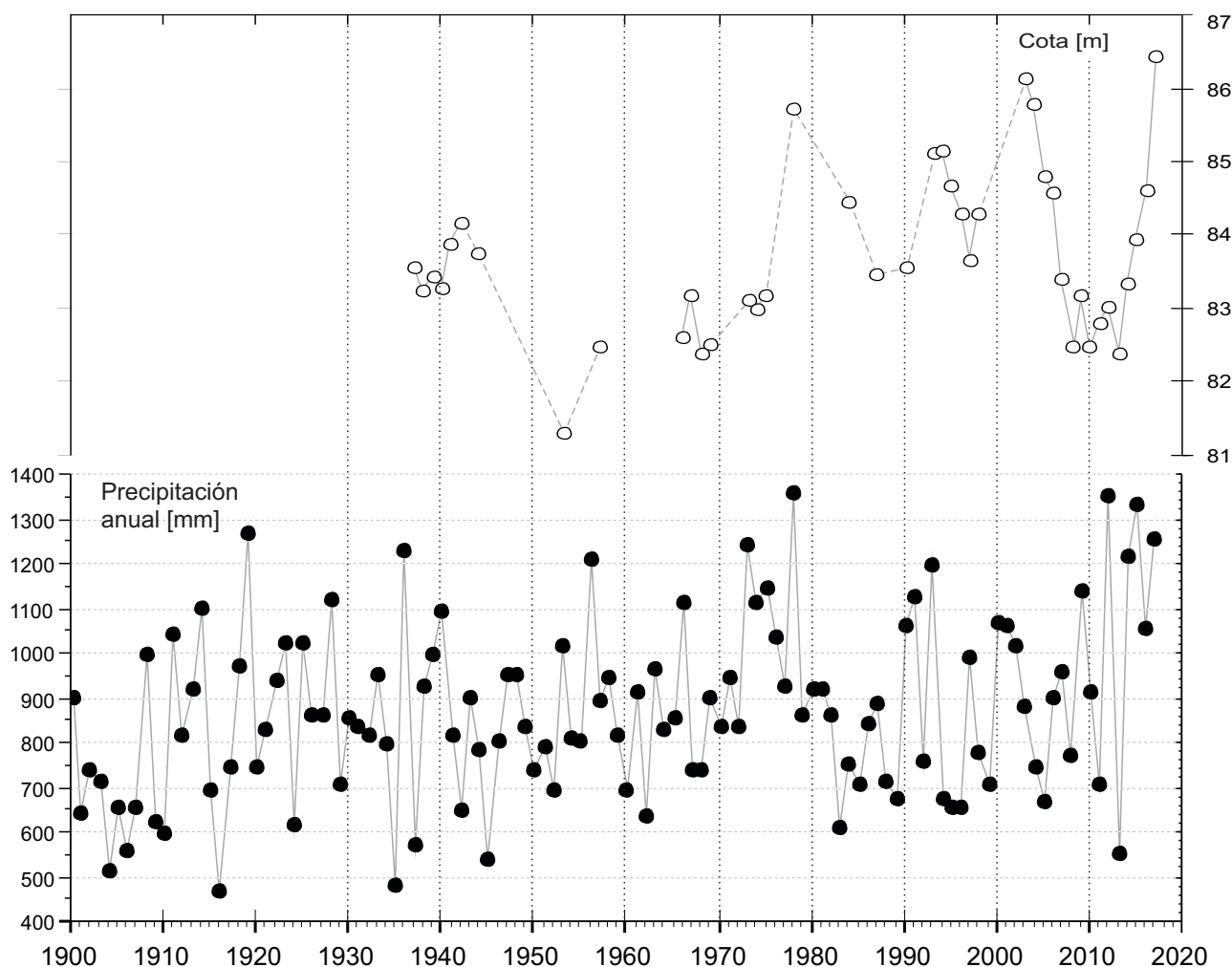


Figura 3. Serie de tiempo de precipitaciones anuales y cotas de la Laguna Melincué. Datos provistos por Roberto Rodríguez (com. pers. 2017).

laguna, que se encuentra en un bloque hundido (Pasotti et al. 1984), y en movimiento descendente, lo que explicaría el corte de los acuíferos y el ascenso de agua y sales de dichos acuíferos profundos. Hay que tener en cuenta el origen de la laguna, ya que la topografía es un elemento a considerar especialmente en la planificación del uso de los recursos como el agua, máxime teniendo en cuenta que no siempre llueven 900 mm. Puede verse en Fig. 3 que hay periodos de lluvias muy inferiores, por lo cual debemos evaluar este recurso en un buen número de años para asegurarnos de que no sobra el agua, y por lo tanto hay que manejarla de manera racional, almacenando la misma en reservorios para épocas de lluvias escasas como ya hemos visto. En esa época (e.g. años 1995 y 1996) se comienza a utilizar el riego para cultivos, utilizando el acuífero pampeano, el mismo que es utilizado por las poblaciones de la zona para la bebida humana, por lo que queda en serio riesgo la provisión de agua potable. Es preocupante porque no se conocen con exactitud las reservas de agua subterránea disponibles y por lo tanto cuál sería el volumen conveniente para destinar al riego, ya que la prioridad es el agua para bebida humana, luego animal y por último para riego de cultivos. Luego de esta experiencia se observó la presencia de sales en

superficie y revertir esta situación es muy complicado, lento y costoso. Por lo tanto el agua que se almacene en los reservorios podría utilizarse muy convenientemente para el riego de cultivos de manera complementaria con la lluvias, especialmente durante periodos secos. La topografía y geomorfología regionales permitirían que el arroyo El Pederal, en el cruce con la Ruta 4s (tramo del Elortondo a Santa Emilia), pudiera utilizarse para ese propósito. En el estudio de Ciaffaroni & Da Campo (2007) se ubican el lugar exacto (Fig. 2) y la superficie del reservorio, el alteo de dicha ruta, y el movimiento de suelos que sería necesario. Por otra parte se prevé realizar forestación para favorecer la evapo-transpiración.

LAS PRIMERAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EN LA ZONA DE ESTUDIO

El ferrocarril (Fig. 5): Permitió el desarrollo de las poblaciones, en lugares topográficamente adecuados, y las vías férreas en áreas de aptitud similar, con puentes y alcantarillas amplios para periodos de recurrencia suficientemente prolongados. En el caso de Melincué, la



Figura 4. Arroyo El Pedernal visto desde la Ruta Provincial 4s (tramo de tierra). Foto adaptada de Ciaffaroni & Da Campo (2007).

estación denominada por entonces San Urbano, se erigió en un lugar cercano a la localidad de Melincué, hacia el Nordeste, y topográficamente más elevado, aproximadamente 2.50 m más alto. Nunca se registraron inundaciones. La población de San urbano, actualmente también denominada Melincué, es más conocida como barrio Estación, fue trazado hace más de cien años pero ha tenido escaso desarrollo, ya que las oficinas del Estado, Tribunales, Correo, Jefatura, Juzgado, Bancos y Comuna, se encuentran en Melincué.

Las rutas provinciales (Fig. 2B): La Ruta Provincial 93, que se extiende desde el norte (Chañar Ladeado) pasando por Firmat, Melincué, Labordeboy y Hughes. El tramo Melincué-Hughes construido en la década de 1960, se trazó en cercanías de la laguna, y poco tiempo después quedó inutilizado por el avance de las aguas. Hubo que modificar la traza y llevarla hasta Labordeboy, en forma paralela al Ferrocarril.

La Ruta Provincial 90 une la autopista Rosario-Buenos Aires, a la altura de Villa Constitución con la Ruta Nacional 8 en cercanías de Chapuy. Esta ruta fue construida en la década de 1970 (tramo Alcorta-Chapuy), en la zona de Melincué se aparta su trazado del viejo camino de tierra paralelo al ferrocarril, justamente en la zona más delicada, en la cercanía de la laguna, y se ubica en el vaso de la misma. Urbanísticamente desconectó al pueblo de la laguna, poniendo una barrera entre ambos; y desde el punto de vista funcional es una obra de infraestructura inadecuada para el sitio, sin puentes y con algunas alcantarillas subdimensionadas. El pueblo no solo se inunda cuando llueve, sino que también cuando crece la laguna. La ruta se cortó en 1981 por la inundación y permaneció parcialmente cerrada al tránsito, obligando a camiones y vehículos menores a circular por el centro de la población. Se cortó

luego en 1994, y se realizó sobre la misma un terraplén de tierra para defensa de la localidad. Posteriormente se habilitó, y deterioró rápidamente, por lo que en el periodo 1999-2000 se realizó el bacheo del mismo. Este bacheo tuvo una escasa duración y hubo que altear y repavimentar a partir de 2004. Cabe aclarar que hasta entonces los cortes nunca significaron la interrupción total del tránsito, hecho que ocurre en 2003 y 2017, y actualmente hay que recurrir a los caminos de tierra siempre y cuando el estado del tiempo permita su transitabilidad.

El canal San Urbano (Fig. 1): construido en la década de 1930, con el propósito de interceptar el agua de escorrentía proveniente de la subcuenca A; subdimensionado en relación al proyecto original; cada vez que desborda lo hace hacia Melincué, aprovechando una hondonada, que desde el norte y en forma paralela a la ruta 93, baja hacia Melincué. En 1977 y en 2003 se realizaron trabajos sobre el mismo, sobre todo de ensanche, ya que no es posible su profundización por la escasa pendiente del terreno. Algunos puentes se reacondicionaron para la nueva obra, pero otros, como los puentes de FFCC y vial, sobre la Ruta 93, entre Melincué y Firmat recién fueron inaugurados en 2017, junto con la rectificación de la traza de la Ruta 93 en ese tramo.

LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCION DE LAS OBRAS EXISTENTES

Canal San Urbano: su limpieza y reacondicionamiento se efectuó en 1977 y luego en 2003. Actualmente habría que pensar en su redimensionamiento, atento a que desbordó el 16 de Enero de 2017 y el agua llegó a Melincué.

Ruta Provincial 90: cortada por el agua a la altura de

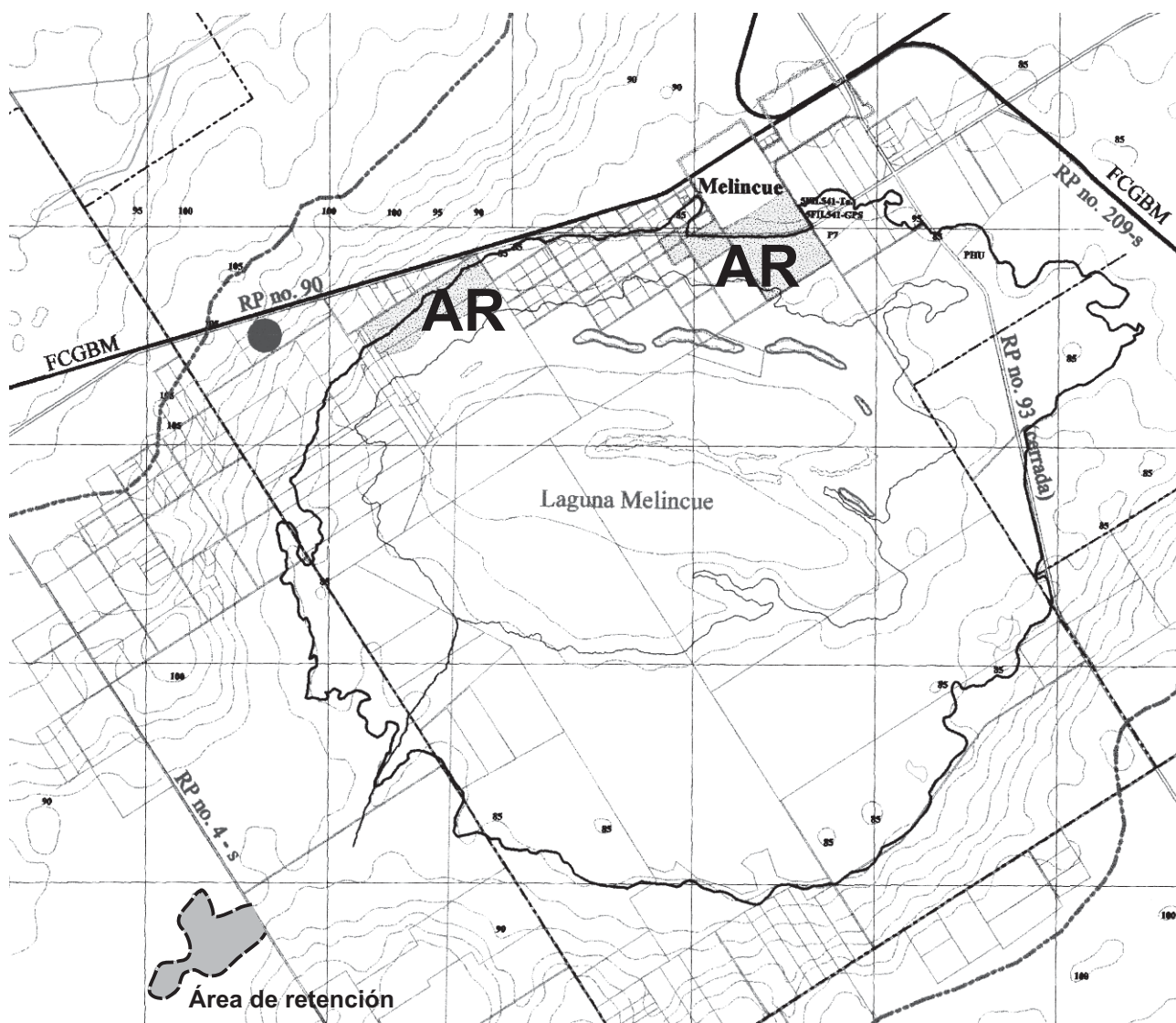


Figura 5. Ubicación de las áreas de riesgo (AR) para la cota 85 m snmm y área de retención.

Melincué. Sobre parte de la misma se está realizando la defensa con roca sedimentaria (conglomerado) de primera voladura y terraplén de tierra colorada (Fig. 6). Actualmente hay que recurrir a los caminos de tierra. Existiría un proyecto para realizar un camino alternativo a través de un camino rural enripiado, tipo by-pass, para salvar el tramo de ruta clausurado.

LAS OBRAS MÁS RECIENTES

Canal nivelador y las estaciones de bombeo: Se trata de un proyecto realizado en la década de 1980, con las etapas de licitación y adjudicación efectuadas en 1982 y 1983. Esta obra no se concretó. Es un viejo anhelo de la población, que consideraba a la misma como la única alternativa válida para la regulación del pelo de agua de la laguna. Este proyecto se retomó con algunas modificaciones respecto del original. Se trata de una obra destinada a regular los niveles de la laguna. La laguna se encuentra situada

topográficamente más baja que el canal San Urbano, hacia donde se prevé bombear el “excedente hídrico” de la laguna hasta la cota 82.50 m snmm. La distancia es de once kilómetros, con dos estaciones de bombeo compuestas por dos bombas cada una, para bombear 5 m³/s. La obra fue realizada entre los años 2003 y fines de 2005, fecha en la que comenzó a funcionar. Actualmente se están rediseñando los equipos, ampliando la capacidad de bombeo para adaptarlos a la situación actual dado la obsolescencia de los originales

Obras de defensa del pueblo Melincué: Cuando se producen las inundaciones, y en virtud a la recurrencia de las mismas, se construye una defensa de tierra alrededor del pueblo aprovechando el terraplén de la ruta; en forma paralela se desarrolla una defensa que adopta la forma de una poligonal, ingresando al pueblo con el propósito de protegerla en todos los rumbos. El crecimiento del pelo de agua llegó en mayo de 2003 a un nivel de cota 86.13 m snmm y superó la defensa existente, lo que motivo una



Figura 6. Defensas sobre la Ruta Provincial 90 descritas en el texto. **A:** vista panorámica general. **B:** detalle de la roca utilizada. Registro fotográfico año 2017.

movilización de los bomberos y el resto de la población que con bolsas de arena reforzó la defensa, y además se distribuyeron en el pueblo para defender los umbrales. La defensa está construida sobre las existentes, con tierra colorada del yacimiento proveniente de la zona del canal San Urbano. Este material es rico en calcáreos, del tipo margas y toscas. A partir de 2013 se observa un incremento paulatino de la cota de la laguna en asociación con mayores precipitaciones (Fig. 3). Ese fué el momento para tomar los recaudos, por ejemplo la reconstrucción de la defensa alrededor del pueblo, y sobre todo a la vera de la Ruta 90, ya

que por allí ingresó el agua al pueblo en 2017 y, en consecuencia debió construirse la defensa con piedra de primera voladura y un terraplén de tierra (Fig. 6).

Comentario: La construcción del canal nivelador y las estaciones de bombeo hizo pensar a las autoridades locales, y a la población en general, que el problema de las inundaciones en Melincué estaba resuelto. Como consecuencia se desmanteló parcialmente la defensa construida alrededor del pueblo, se realizó la obra del casino y hotel en cercanías de la Ruta 90 y de la laguna, se

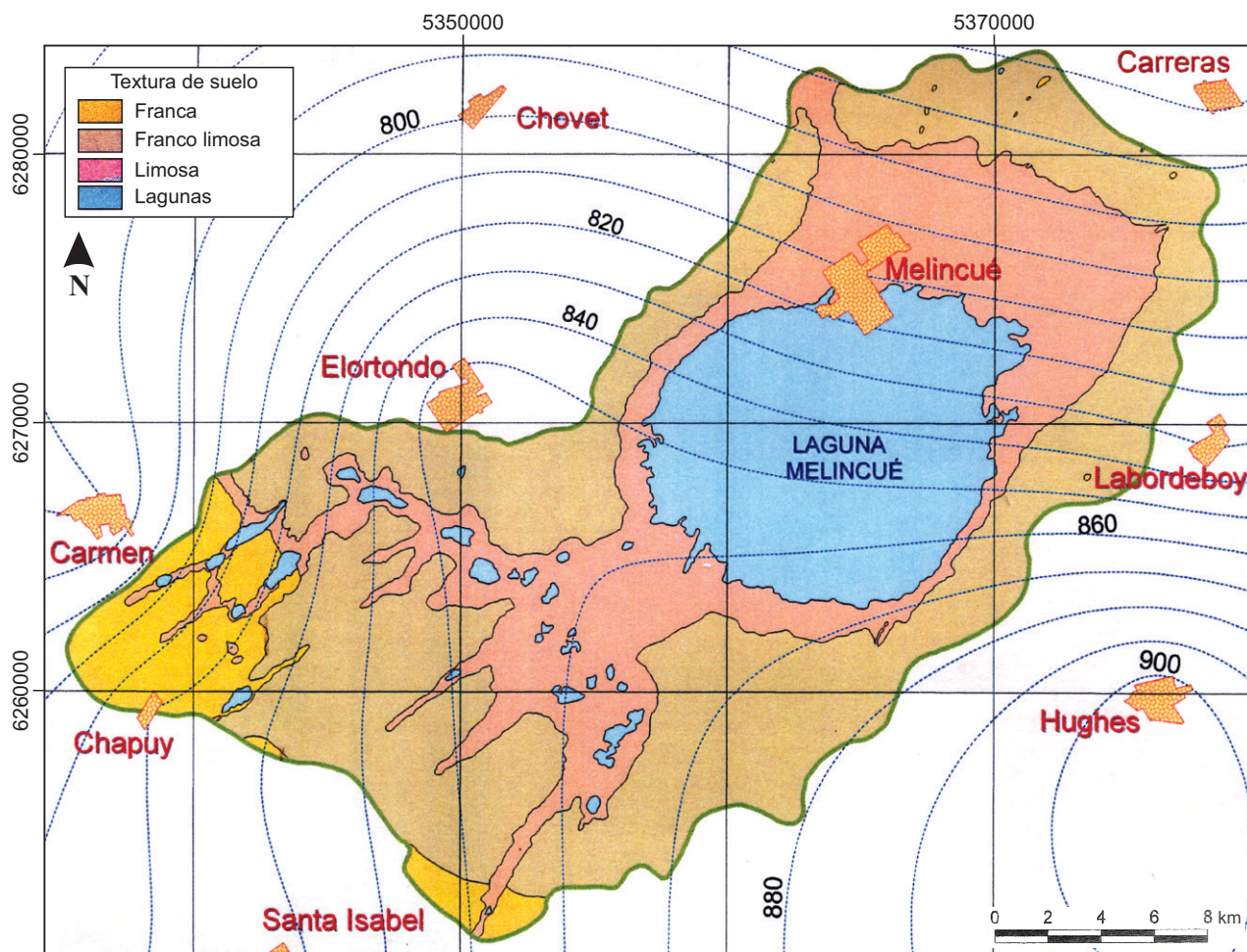


Figura 7. Cuenca hidrográfica de la Laguna Melincué: textura de suelos e isohietas. Modificado de Ciaffaroni & Da Campo (2007).

construyeron viviendas particulares en cercanías a la ruta y calle Lavalle que ya se había inundado. No se tuvo en cuenta que el canal nivelador y las estaciones de bombeo son paliativos que no poseen la capacidad de controlar por sí mismas el pelo de agua de la laguna, especialmente durante los ciclos húmedos, como ocurría en cambio en el periodo seco 2005-2011.

Recientemente se ha instalado en la población la idea de un canal por gravedad que drene el agua de la laguna hacia el canal San Urbano (entre Carreras y Alcorta) sin necesidad de bombeo. Este drenaje implicaría, considerando la topografía de la zona, la construcción de un canal en contra de la pendiente natural y luego el corte de una loma de cota 100 m snmm, caso contrario habría que bombear para superar la misma. A la fecha se ha realizado el relevamiento topográfico de la traza propuesta y se encuentra en estudio de factibilidad en la Dirección de Hidráulica del gobierno provincial.

ACCIONES DE CARÁCTER PRIORITARIO

Es prioritario efectuar un control adecuado en la cota del pelo de agua de la Laguna Melincué a fin de evitar el flagelo

de las recurrentes inundaciones y el anegamiento persistente de las áreas aledañas a la población y sus instalaciones. Es imprescindible planificar la reconstrucción de toda la infraestructura vial y la construcción de obras de retención de agua en toda la cuenca, especialmente superior y media, con el objeto de evitar que abajo desborden las aguas sin control. Los puntos señalados son imprescindibles para establecer las áreas a recuperar, las más aptas para la producción, las más adecuadas para la retención y finalmente las áreas de riesgo (Fig. 5), en las cuales no deberán asentarse emprendimientos o viviendas. Asimismo deberá propenderse en forma paulatina a la relocalización de los asentamientos existentes a través de ordenanzas emanadas desde la Comuna de Melincué, y otras ubicadas en la denominada Área de Planificación Estratégica Ambiental en la Ley N°11634/99. Deben generarse los ámbitos de debate más propicios para encausar la participación comunitaria de carácter esencial en la toma de decisiones, por ejemplo a través de la integración de la Unidad de Planificación Estratégica Ambiental, Comisión Ad-hoc y Estación de Monitoreo y otros que prevé la Ley N°11634/99. Realización de talleres de difusión de la legislación mencionada, deberes y obligaciones,

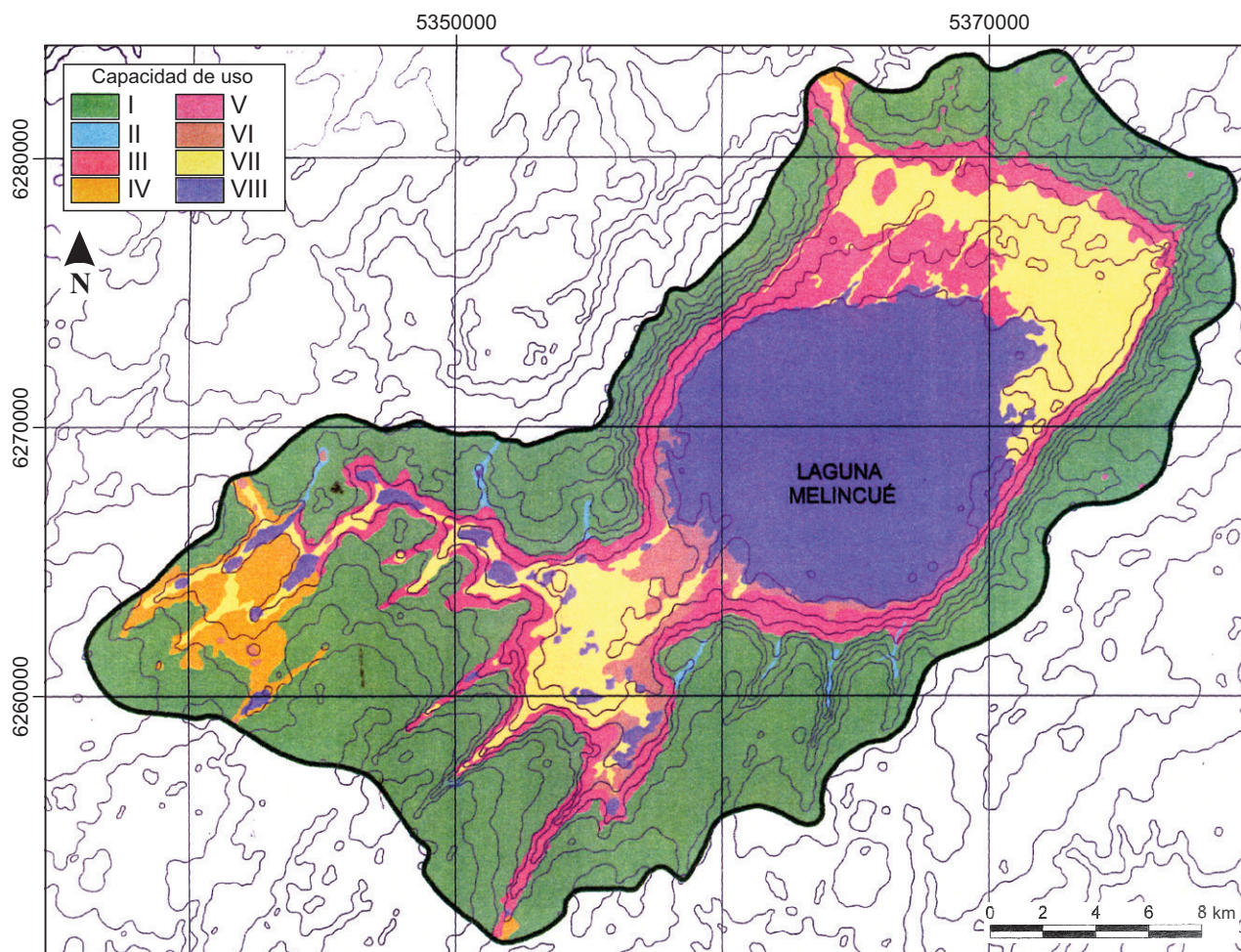


Figura 8. Cuenca hidrográfica de la Laguna Melincué: capacidad de uso del suelo. Modificado de Ciaffaroni & Da Campo (2007).

participación de las Escuelas, entidades intermedias y ONGs del lugar, comunas involucradas, con una visión sistémica e integrada de la problemática.

DESARROLLO DE UNA UNIDAD DE PLANIFICACION ESTRATEGICA AMBIENTAL

Una visión sistémica de la cuenca hidrográfica permitiría el abordaje de las propuestas de planificación del manejo sustentable desde una concepción abarcativa e integradora, y en concordancia con la letra de la legislación específica para el área. De las nueve comunas bajo directa influencia de la cuenca de la Laguna Melincué (Fig. 2B) sólo una tiene su población dentro de los límites de la misma, las restantes (Labordeboy, Miguel Torres, Carreras, Hughes, Carmen, Santa Isabel, Chapuy y Elortondo) participan con sus distritos rurales. En muchas de ellas se ha percibido un total desconocimiento acerca de su participación territorial en el ámbito de la cuenca como unidad morfológica, por lo tanto debiera plantearse la conformación de la Unidad de Planificación Estratégica Ambiental, con la inclusión de las demás comunas. En situaciones como las que actualmente vive Melincué, y en menor medida la zona en general, quien

lleva la peor parte es quien se encuentra situado en la parte inferior de la cuenca, que resulta más afectada por los desmanejos, no solo del agua, sino de la cuenca en general. Por otra parte se presenta el problema de la capa freática alta en toda la zona, lo que ha motivado el reclamo conjunto de las poblaciones ya que, como nunca se había visto antes, los niveles son preocupantes, en localidades como Elortondo, Carreras, Labordeboy y Hughes, encontrándose directamente a flor de tierra. Todo esto conduce a concluir que si no se maneja la situación en su conjunto, las soluciones puntuales serán un paliativo de escasa significación. Dentro de un esquema como el que se plantea pueden potenciarse notablemente, tal es el caso del Canal San Urbano, que debiera mantenerse de manera permanente y no cada veinte o treinta años.

CONCLUSIONES

Considerando el presente análisis, estudios previos (e.g. Biasatti et al. 1999, Peralta et al. 2001, Peralta 2003), así como los antecedentes disponibles y especialmente la situación imperante, no solo en Melincué sino en toda la región, la formulación de las propuestas debería diseñarse

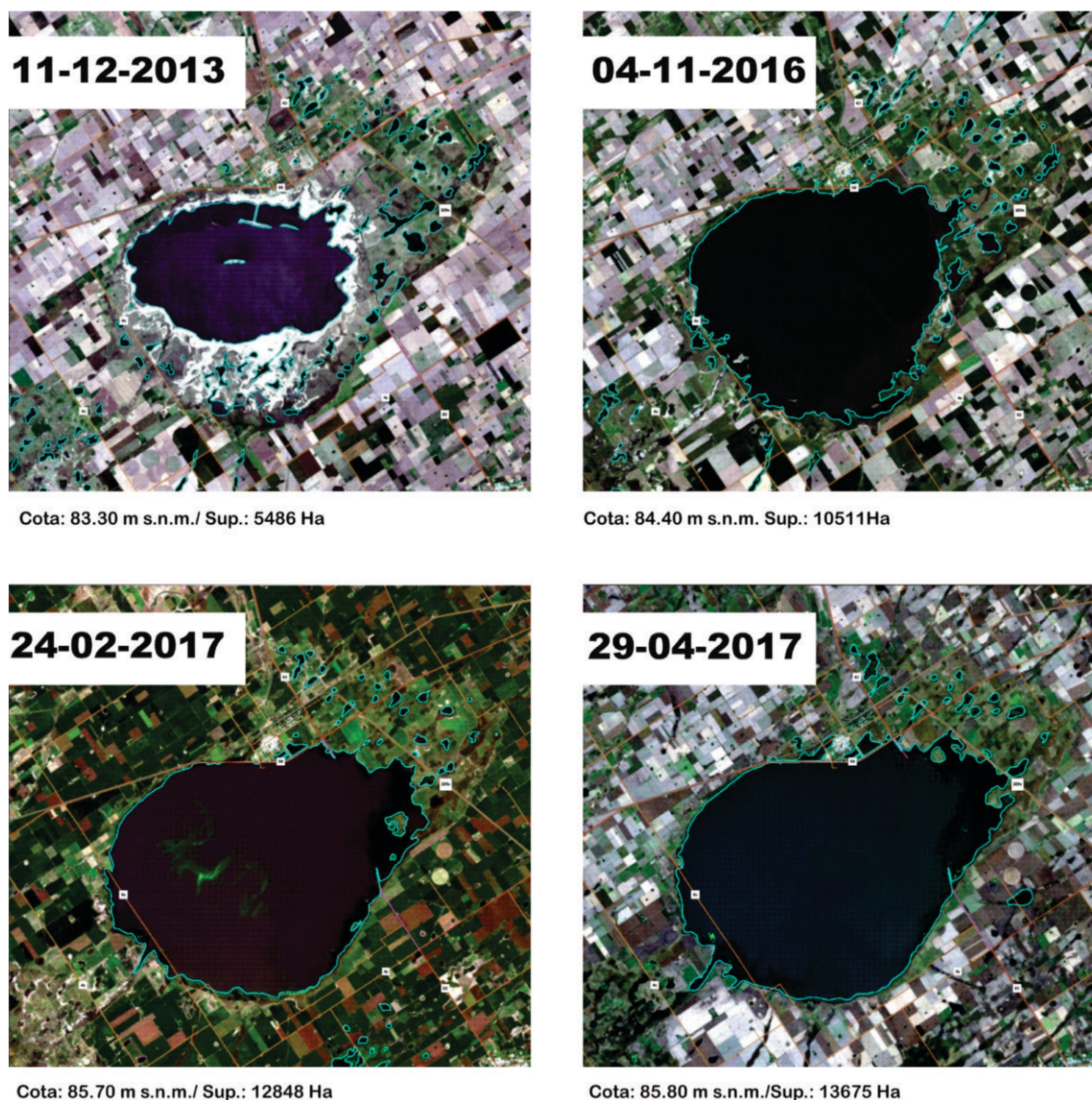


Figura 9. Laguna Melincué: evolución de la cota y superficie en hectáreas entre los años 2013 y 2017. Imágenes satelitales Landsat 8 OLI - bandas 4-3-2 (RGB). Información del Servicio de Catastro e información territorial de Santa Fe (presentación del Instituto de Fisiografía y Geología (Universidad Nacional de Rosario) en Jornada de Ordenamiento territorial y medio ambiente 2017).

considerando todos estos elementos. En orden de prioridad se sugieren las siguientes medidas y acciones:

- (1) Continuar con las obras de defensa de la población de Melincué, insistiendo en reforzar la misma con material pétreo, particularmente de tipo metamórfico y/o ígneo, no sedimentario como se ha hecho recientemente (Fig. 6B), y la conformación de los distintos niveles con la utilización de gaviones en terraza. Considerar datos de interés para la ejecución de las mismas, de índole topográfica, geológica, y las inferencias provenientes de las observaciones de las relaciones cotas-precipitaciones.
- (2) Delimitación física de la cuenca, con demarcación de zonas de divisorias, a fin de evitar el ingreso superficial de agua en la cuenca, proveniente del trasvasamiento de otras vecinas.
- (3) Identificar y clausurar los canales irregulares que concentran rápidamente el agua de la cuenca en la laguna, incrementando su nivel.
- (4) Continuación de las tareas de limpieza y de reacondicionamiento del Canal San Urbano, canal nivelador y obras de arte sobre los mismos.
- (5) Reconstrucción de la Ruta Provincial 90, con la alternativa definitiva de la modificación del trazado en el área cercana a la laguna.
- (6) Relevamiento de los caminos rurales de la cuenca, reconstrucción y apertura de los caminos cerrados, por negligencia o desidia, para dar salida al tráfico de vehículos y a la producción de la zona (cereales, manufactura, carnes y lácteos).

(7) Demarcación de las áreas de riesgo, de localización de asentamientos humanos y de emprendimientos en la zona de inundación y anegamiento.

(8) Ejercer una política firme en lo atinente a la relocalización y funcionalidad del territorio, a través de ordenanzas y políticas de fomento en la ubicación de viviendas en zonas altas de San Urbano.

(9) Realizar pozos de estudio geológico e hidrogeológico a fin de determinar los aportes subterráneos a la región, poblaciones afectadas e ingreso de agua a la laguna.

(10) Establecer una estación de monitoreo permanente.

(11) Difundir a través de talleres regionales, en cada población, las distintas propuestas y fomentar la participación comunitaria a través de las escuelas, entidades intermedias de la región, ONGs y comunas, a fin de involucrar activamente a los pobladores en la problemática y la búsqueda de soluciones alternativas.

(12) Fomentar el adecuado uso del suelo y los recursos naturales. La consideración de los tipos de suelos (Fig. 7) y su capacidad de uso (Fig. 8) permitirá prácticas de laboreo conservacionistas a través de curvas de nivel y/o terrazas que incrementen los tiempos de concentración del agua en la laguna. La consideración de microcuencas es recomendable para el estudio individual de las mismas y propuesta de medidas particulares.

(13) Fomentar los programas de forestación y beneficios impositivos para los productores.

(14) Desarrollar las tareas de observación de los indicadores ambientales. Esto permitirá detectar los cambios en los ecosistemas y prever con suficiente antelación la corrección de procesos naturales y antrópicos con el propósito de controlar los desequilibrios. Considerando que en la génesis y evolución de la Laguna Melincué la tectónica juega un papel preponderante, es recomendable comparar los perfiles estratigráficos de los pozos de estudio y prospección disponibles con los estudios realizados a través de aerofotografía, así como la observación del comportamiento de redes hidrográficas, análisis y diseño de las mismas. Cotejar la evolución del fondo de la laguna a través de relevamientos batimétricos, con estudios anteriores disponibles (e.g. Pasotti et al. 1984). Analizar los sedimentos del fondo de la laguna, sueltos y consolidados,

potencia de los estratos y volumen disponible para una posible extracción por dragado.

Agradecimientos: Roberto Rodríguez (Melincué, Argentina) cedió gentilmente los datos de cotas y precipitaciones anuales. Dos revisores anónimos contribuyeron sustancialmente a mejorar el manuscrito original.

REFERENCIAS

- Biasatti N., Delannoy L., Peralta E., Pire E., Romano M. & Torres G., 1999. Cuenca hidrográfica del humedal de la Laguna Melincué, Provincia de Santa Fe. - ProDIA, SRN y DS editores, Buenos Aires, 200 p.
- Castellanos A. 1973. Estratigrafía y génesis de los valles fluviales en los bloques tectónicos pampeanos. La vida orgánica a través de los últimos tiempos geológicos en cada uno de los bloques. - *Notas del Instituto de Fisiografía y Geología* **A4**: 1-21.
- Ciaffaroni L. & Da Campo N., 2007. Estudio integrado de la subcuenca del Arroyo El Pedernal y elaboración de un sistema de información geográfico. - *Tesis Carrera de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería (Universidad Nacional de Rosario)* **11/05/07**: 1-154.
- Garreaud R.D., Vuille M., Compagnucci R. & Marengo J., 2009. Present-day South American climate. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **281**: 180-195.
- Pasotti P., Albert O.A. & Canoba C., 1984. Contribución al conocimiento de la laguna Melincué. - *Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología* **64**: 1-31.
- Peralta E.P., 2003. Propuesta para la planificación del manejo sustentable de la cuenca hidrográfica de aporte directo a la laguna Melincué. - *Reportes técnicos de la Facultad de Ingeniería (Universidad Nacional de Rosario)* **03/2005**: 1-70.
- Peralta E., Romano M., Delannoy L. & Biasatti R., 2001. Manejo integrado de cuencas hidrográficas. Caso de estudio: la Laguna Melincué. Problemática y perspectivas. - *Revista UNR ambiental* **4**: 90-105.
- Zubek L. & Quinlan S., 2000. Initial stages of the construction of a GIS and geological study of the Melincué watershed, Argentine Republic. - Canadian International Development Agency, Niagara College, Canada & Instituto de Fisiografía y Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, 85 p.