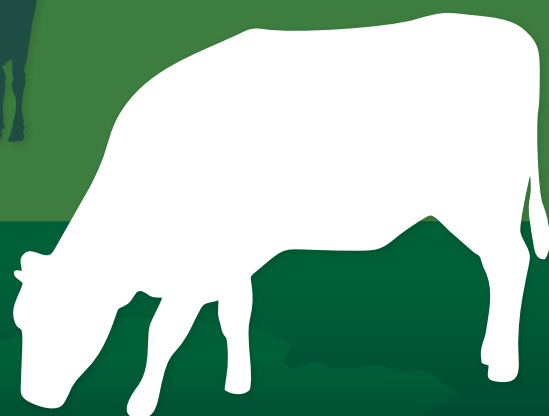
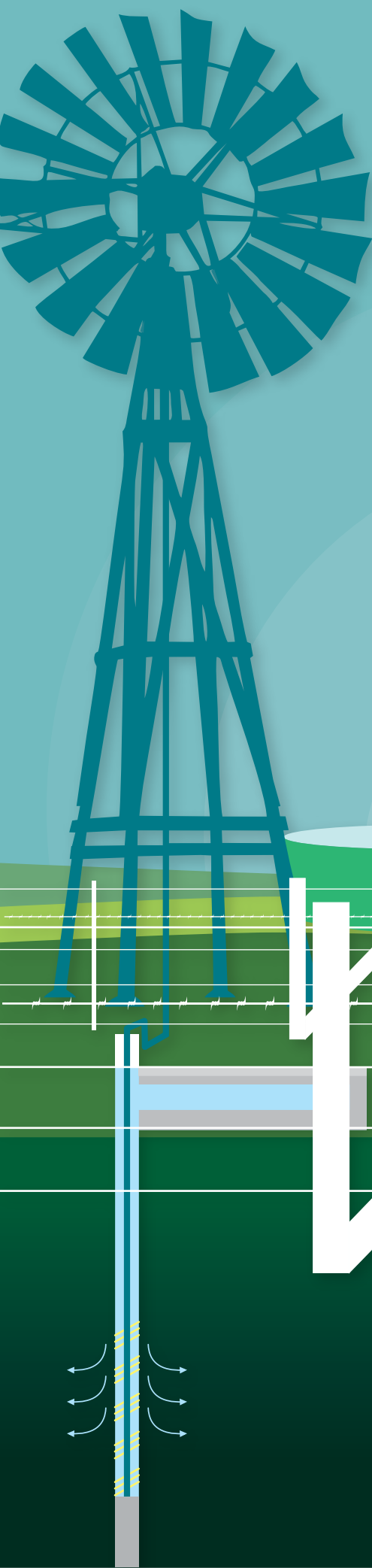


Manual de Buenas Prácticas para el Uso del Agua para Ganadería

BAJOS SUBMERIDIONALES SANTAFESINOS

EDITORES:

Dora Cecilia Sosa
Eduardo Luis Díaz



Esta publicación puede citarse como sigue:

Sosa, D. y Díaz, E. (editores). 2021. Manual de buenas prácticas para el uso del agua para ganadería: bajos submeridionales santafesinos. Instituto Nacional del Agua y Universidad Nacional de Entre Ríos.

Manual de buenas prácticas para el uso del agua para ganadería :
bajos submeridionales santafesinos / Dora Cecilia Sosa ; Eduardo Luis
Díaz ; contribuciones de Silvana Luisa Castro ... [et al.]. - 1a ed . - Ezeiza :
Instituto Nacional del Agua, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-47387-2-1

1. Agua. 2. Ganadería. 3. Climatología. I. Díaz, Eduardo Luis. II. Castro,
Silvana Luisa, colab. III. Título.
CDD 631.7

ISBN 978-987-47387-2-1

Permitida la reproducción total o parcial para fines de educación y difusión citando la fuente.
Las opiniones vertidas en los distintos capítulos son de estricta responsabilidad de cada autor.

Enero 2021

AUTORIDADES NACIONALES

Ministro de Obras Públicas

Katopodis, Gabriel Nicolás

Secretario de Infraestructura y Política Hídrica

Rodríguez, Carlos Augusto

Presidente Instituto Nacional del Agua

Bertoni, Juan Carlos

Subgerente a/c del despacho de la Subgerencia Centro Regional Litoral

Rafaelli, Silvia

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Instituto Nacional del Agua-Subgerencia Centro Regional Litoral

Universidad Nacional de Entre Ríos Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional del Litoral - Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

INSTITUCIÓN INVITADA

INTA-Reconquista

PROFESIONAL INVITADO

Ing. Francisco Walker

DIRECTORES DE EDICIÓN

Sosa, Dora Cecilia
Díaz, Eduardo Luis

Colaboradora
Castro, Silvana Luisa

Diseño
Castro, Silvana Luisa
Castro, María del Carmen
Tapa
Vago, Lorena Mariel

AUTORES POR TEMAS

Introducción	Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA)
Capítulo 1	Rodríguez, Leticia (UNL-FICH) Scioli, Carlos (UNL-FICH) Espinosa, Edna (UNL-FICH)
Apéndice 1	Lorenzón, Marina y colaboradores: García Arias, Federico Eugenio; López, Guillermo; Kemerer, Alejanda Cecilia; Brizuela, Armando; Aguirre, Cesar; Maltese, Nicolás; Rondán, Guillermo; Bressan, María Paula; Tófoli, María Betina. (UNER-FCA)
Capítulo 2	Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA)
Capítulo 3	Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA)
Capítulo 4	Parte I Befani, María Romina (UNER-FCA) Hernández, Juan Pablo (UNER-FCA) Boschetti, Norma Graciela (UNER-FCA) Quintero, Cesar Eugenio (UNER-FCA) Parte II Marchetti, Zuleica (UNL-FICH CONICET)
Capítulo 5	Introducción Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA) Parte I.I Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA) Parte I.II Basán Nickisch, Mario y colaboradores (INTA EEA Reconquista) Parte I.III Basán Nickisch, Mario y colaboradores (INTA EEA Reconquista) Mantenimiento de Obra Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA) Parte II Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA) Parte III Sosa, Dora Cecilia (INA-SCRL) Díaz, Eduardo Luis (UNER-FCA)

Apéndice 5 Lahitte, Alejandro (Productor Agropecuario)

Capítulo 6 Sabattini, Julián Alberto (UNER-FCA)
Sabattini, Rafael Alberto (UNER-FCA)

Capítulo 7 Walker, Francisco (ProFeed)

Capítulo 8

Parte I Castro, Silvana Luisa (INA-SCRL)

Parte II Basán Nickisch, Mario y colaboradores (INTA EEA
Reconquista)

Capítulo 9

Parte I Venencio, María del Valle (INA-SCRL FICH-UNL)

Parte II Rosatti, Gustavo (INTA EEA Reconquista, UNL-FCV)

Índice de contenido

INTRODUCCIÓN	1
Marco del proyecto	5
Estructura del Manual	5
Referencias	6
CAPITULO 1- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	7
Clima	7
Vientos.....	7
Precipitaciones mensuales y anuales	9
Temperatura y evapotranspiración potencial	11
Referencias	14
Apéndice 1.I - Clima y Bienestar Animal	15
Relación entre Temperatura, Humedad y Bienestar Animal	15
Prácticas para mejorar el confort animal	15
Referencias	19
CAPITULO 2 - GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL	20
Geología y Geomorfología	20
Geología	21
Fm. Paraná.....	22
Fm. Ituzaingó o Arenas Puelches	22
Fm. Tezanos Pinto.....	23
Fm. Fortín Tres Pozos	23
Sedimentos Palustres Superficiales	23
Fm. San Guillermo	23
Geomorfología	24
Sistema eólico.....	25
Sistema del Salado	25
Derrames del Salado	26
Planicie de lagunas irregulares	26
La Cañada de las Víboras	26
Sistema del Bermejo	27
Derrames del Bermejo	27
Área elevada de Gato Colorado	27
Sistema del Paraná	27
Paleocauce Golondrinas-Calchaquí.....	28
Dinámica hídrica superficial.....	29
Referencias	33
CAPÍTULO 3 - AGUA SUBTERRÁNEA.....	35
Datos sobre perforaciones	39
Sistemas hidrogeológicos no típicos SHGNT.....	40
Hidrogeoquímica.....	40

Referencias	45
CAPÍTULO 4 - SUELOS Y VEGETACIÓN	48
Parte I - Suelos	48
Principales características y limitaciones.....	48
Introducción.....	48
Procesos formadores de los suelos de los BBSS de Santa Fe.....	49
Características físicas y químicas de los suelos de los BBSS de Santa fe	51
Clasificación taxonómica de los suelos de los BBSS de Santa Fe	59
Consideraciones finales	60
Referencias	61
Parte II - Vegetación	63
Antecedentes.....	63
Estudios en curso: fisonomías vegetales y unidades de paisaje	67
Comentarios finales	70
Referencias	71
CAPITULO 5- OBRAS DE CAPTACIÓN	73
Introducción	73
Parte I - Sistemas de captación de Agua Superficial	74
Parte I.I - Obras de regulación para reserva de agua en canales.....	74
Derivación de Canal a Represa de Almacenamiento Lateral (RAL)	75
Cosecha de Agua o Sistema de captación de agua de lluvia	77
Referencias	81
Parte I.II - Almacenamiento de agua mediante tanque Chaco (Tanque elevado de tierra) ..	82
Introducción.....	82
Metodología.....	82
Recomendaciones para el tanque de tierra y la represa	84
Cálculo del área de cosecha de agua de lluvia para el llenado de la represa	87
Referencia.....	89
Parte I.III – Obras para abastecimiento humano	90
Introducción.....	90
Metodología.....	91
Resultados de los tratamientos microbiológicos	96
Conclusiones	96
Referencias	97
Mantenimiento de las obras.....	99
Parte II- Sistema de captación de Agua Subterránea	100
Introducción	100
Ubicación adecuada de la Captación	101
Prospección Geoeléctrica	104
Descripción del dispositivo Schlumberger	105
Diseño de la perforación de estudio y explotación	109
Profundidad	110
Diámetro	110
Diseño de aspiración flotantes. (Alejandro Lahitte)	111
Filtros	111
Granulometría del prefiltro.....	112
Caudales.....	112
Parte III - Sistemas mixtos utilización de aguas superficiales y subterráneas	114
Recarga artificial de acuífero	114
Concepto.....	114

Represas de recarga	117
Pozos de recarga y Bombeo.....	118
Ventajas del pozo de Recarga – Bombeo.....	119
Construcción de una obra con “pozos Recarga –Bombeo”	120
Otras obras de recarga	127
Obras en Depresión Central.....	127
Referencias	128
Apéndice 5.I - Descripción del Sistema de distribución de agua a los Potreros del Establecimiento la Güeya.....	129
Aprender de experiencias.....	130
Generalidades	130
CAPITULO 6 - GANADERÍA SUSTENTABLE y MANEJOS DE PASTIZALES	131
Ganadería en Santa Fe.....	131
Recursos forrajeros	133
Características de los pajonales del Norte Santafesino desde la producción ganadera.....	135
Técnicas utilizadas para el manejo del pajonal	136
Manejo del Fuego	136
Técnicas mecánicas: cortes, rolados o laboreos.....	137
Mejoramiento de los pastizales naturales: siembra de especies	139
Manejo animal.....	140
Potencial Ganadero en los Bajos Submeridionales	142
Conclusiones.....	145
Referencias.....	145
CAPÍTULO 7 - EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA para CONSUMO ANIMAL	147
Aptitud Ganadera	147
Introducción	147
El Agua como constituyente del organismo animal	148
Aptitud de Agua de Bebida	148
Relación Suelo-Agua	149
Origen de los solutos en agua.....	149
Sales y Minerales en el agua de bebida	150
Funciones del Agua.....	151
Fuentes de agua.....	152
Tipos de aguas para bebida animal	153
Aguas de lluvia, superficiales y subterráneas	153
Consumo de Agua	153
Factores que afectan el consumo de agua	154
Factores de la Dieta	154
Factores Biológicos	154
Factores Ambientales	154
Factores de la Dieta	154
Factores Biológicos	156
Factores Ambientales	157
Clasificación de aguas para consumo de bovinos.....	157
Clasificación por Salinidad- Conductividad Eléctrica (CE)	157
Clasificación por Sales y Minerales	158
Sales en el agua de bebida y producción	159
Concentración de hidrogeniones, pH	161
Minerales potencialmente tóxicos en el agua de bebida	166

Agua y Producción	167
Experiencias a Campo en BBSS	167
Enfermedades por excesos o déficits de minerales	168
Aptitud del Agua de Bebida en BBSS	170
Interpretación de Resultados	170
Referencias	174
Apéndice 7.I	176
CAPITULO 8 – MEZCLAS DE AGUAS PARA CONSUMO ANIMAL Y PROTOCOLO DE MUESTREO	183
Parte I - Mezcla de Aguas.....	183
Manejo de agua de bebida animal	183
Ejemplos de mezclas de aguas – Casos Reales	186
Ejemplo 1	186
Método I.....	187
Método II.....	187
Estimación de la evaporación y concentración salina en represas y tanques australianos	189
Referencias	191
Parte II - Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua	192
Introducción	192
Material de campo.....	192
Envases	192
Procedimiento	193
Identificación del sitio de la toma de muestra.....	193
Rotulado de las muestras.....	194
Toma de muestra para análisis físico-químico.....	194
Agua de red	194
Agua de Perforaciones o Pozos Calzados	194
Agua superficial proveniente de un curso de agua en movimiento (río, arroyo, canal, etc.).....	195
Agua superficial proveniente de un espejo de agua (represa, lago, etc.)	195
Tanque de almacenamiento, cisterna, aljibe, calicanto, etc.	195
Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis físico-químico	195
Toma de muestra para análisis microbiológico	196
Agua de perforación, pozo calzado o de red.....	196
Agua que proviene de un recurso superficial o de un depósito	196
Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis microbiológico	196
Acondicionado y transporte de la muestra.....	197
Para análisis físico-químicos.....	197
Para análisis microbiológico.....	197
Momento de las tomas de las muestras en acuíferos y cursos de agua superficiales....	198
Datos básicos para solicitar en un análisis físico-químico	199
Referencias	199
CAPITULO 9 - EXTREMOS HÍDRICOS.....	200
Parte I - Variabilidad y cambio climático - su relación con el agua subterránea.....	200
Introducción	200
Agua Subterránea	202
Tendencia en la precipitación	202
Vinculación de Precipitación con el acuífero libre	205
Respuesta del acuífero libre	207
Proyecciones climáticas futuras	208
Conclusiones	209
Referencias	210

Parte II - Manejo ganadero en situaciones de emergencia hídrica en los BBSS.....	212
Introducción	212
Pautas generales de manejo.....	213
Ajuste de la carga animal.....	213
Manejo del pastoreo	215
Manejo del rodeo	216
Manejo reproductivo	216
Manejo sanitario	216
Encierres a corral	217
Instalaciones	217
Referencias	218

INTRODUCCIÓN

Sosa D., Díaz E.

La Cuenca de los Bajos Submeridionales (BBSS), se desarrolla en las provincias de Chaco, Santiago del Estero y Santa Fe. Siendo esta última la que tiene, más del 50% del territorio. Girault *et al.* (2001) denominaron la “Cuenca Propia de los Bajos Submeridionales”, y propusieron la creación de una unidad independiente, a partir de la realización de un análisis hidrogeomorfológico sobre el NE de Santiago del Estero, SO del Chaco y N de la Provincia de Santa Fe, que se corresponde a la Cuenca N° 22 del inventario de Cuencas de la República Argentina. Ver Figura A. Esta cuenca forma parte de la Cuenca del Río Salado, cuyas nacientes se hallan en el NO Argentino y recorre 1500 Km, aproximadamente, hasta desembocar en el Río Paraná, perteneciente a la Cuenca del Plata.



Figura A. Ubicación de la cuenca de los BBSS – Cuenca N° 22 Inventario de Cuencas de la República Argentina

Dentro de la Cuenca de los BBSS, la provincia de Santa Fe ocupa el sector de aguas abajo. Eso quiere decir que durante los excesos es la que más aportes de agua recibe de los territorios vecinos y cuando ocurren épocas de déficit tiene en su territorio menos disponibilidad del recurso, porque el agua se utiliza en territorios de aguas arriba, incrementando las condiciones de los extremos hídricos.

El área de los BBSS a la que se dirige este manual, es la Santafesina y está limitada en el Norte por el paralelo 28° de latitud sur, que la separa políticamente del Chaco; al Sur limita con el Río Salado, al Este con el arroyo Golondrinas y al Oeste con la ruta Interprovincial N° 35, que marca el límite político con la provincia de Santiago del Estero, Figura B. Existen diferentes delimitaciones bajo la denominación Bajos Submeridionales, dependiendo del criterio utilizado para la demarcación. Es así que la provincia de Santa Fe, a través del Equipo Técnico Interdisciplinario del Consejo de los BBSS (Ley Prov. 13.225), ha definido una superficie que incluye un área mayor hacia el

INTRODUCCIÓN

Este de la región y hacia el Sur del Río Salado, basándose en algunas características regionales, Figura C.

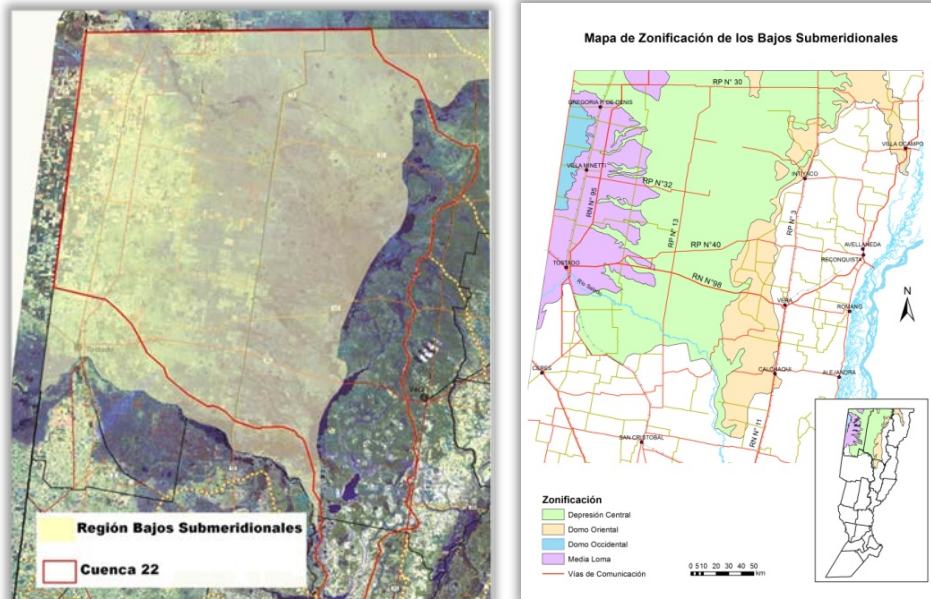


Figura B. En rojo Limite de Cuenca BBSS Cuenca N°22 y en amarillo área de trabajo

Figura C. Región BBSS y zonificación-Fuente: Equipo Técnico BBSS ley 13225

Este sector de la llanura chaqueña, se caracteriza por su aspecto casi plano, escasa pendiente de NO a SE, del orden de cm/Km. **El agua escurre muy lentamente en forma de manto y es difícil marcar las divisorias de agua.** En su aspecto natural la región presenta numerosas depresiones en forma de lagunas que almacenan las aguas durante los excesos y retiene el agua de inundación durante semanas y hasta meses, componiendo un ambiente con paisaje típico de Humedales. En tanto que en los ciclos de déficit, se evaporan las aguas tanto superficiales como las del perfil de suelo, presentando un aumento en la concentración salina, siendo frecuente el paisaje cubierto de salitre otorgando un aspecto blanquecino en los alrededores de las zonas donde se concentran aguas. Figuras D y E. En la Figura F se muestra un paisaje típico de la zona llamada depresión central.

Dependiendo de las precipitaciones, los niveles de las aguas subterráneas del primer nivel acuífero fluctúan en varios metros desde el nivel del terreno natural y alteran la aptitud para el uso ganadero.

También es trivial que conocer el medio hace la diferencia para planificar una producción que se adecue a la realidad de la región y elaborar estrategias para que el productor pueda adoptar decisiones más adecuadas.

En definitiva es fundamental rescatar la cultura de la medición, basado en un entendimiento del sistema. Porque “Lo que no se mide no se conoce, lo que no se conoce no se controla, lo que no se controla no se gestiona, y lo que no se gestiona no se mejora” basado en la frase de Lord Kelvin (1824 – 1907).

Cuando más se interviene un sistema sin el conocimiento global sobre el funcionamiento del conjunto, más difícil es restablecer un nuevo estado de equilibrio.

Es utópico pensar en rehacer las acciones ejecutadas, pero si es posible plantear, de aquí en más, intervenciones armónicas con el medio.



Figura D. Superficie baja.



Figura E. Aspecto de un Canal con márgenes salitrosas.

Por ello es fundamental describir la región, presentando aspectos menos divulgados de la geología, geomorfología, hidrología, climatología e hidrogeología, mostrando las experiencias exitosas que se han hecho para el abastecimiento de agua destinado a la producción ganadera.

En la última década se ha observado un incremento en la carga ganadera bovina producto del desplazamiento de la frontera agrícola hacia áreas ubicadas más al norte (debido a los altos valores del mercado para la oleaginosas y cereales), concentrando la producción ganadera en campos con limitadas reservas de agua en calidad y cantidad, a lo que se asocia una baja capacidad productiva de las tierras.



Figura F. Paisaje de tacurúes y espartillo.

En esta región, uno de los principales condicionantes en la producción ganadera, es el clima, tanto excesos como déficits hídricos, que repercute en la disponibilidad del agua, cantidad y calidad para el abrevado de la hacienda, y asimismo el desarrollo de las pasturas. Conocer esta característica cíclica por parte de los productores permitirá planificar el manejo del stock ganadero disminuyendo pérdidas económicas que afectan en toda la región y la economía provincial.

“Es imposible para los productores ganaderos planificar y estabilizar el rodeo si cada periodo seco debe malvender, achicarse para mantener algo de su hacienda y transportar agua permanentemente con los costos que eso implica. Los recorridos de los camiones que proveen el agua para el ganado vacuno, son muy largos y caros, a pesar de la ayuda que en ocasiones otorga el Estado. Hacer ganadería de este modo no es rentable. [...] debemos tener en cuenta que las acciones realizadas a lo largo de los años distan mucho de solucionar el problema [...] no se han pensado los BBSS en forma integral, tomándolos como el sistema que es. Se ha trabajado en las emergencias, principalmente interpretando que los excesos hídricos son el problema cuando en realidad las inundaciones son la salvación y el gran problema son los déficits”. Terré (2018).

Giacosa R., en comunicación personal, reflexiona “si precipitan 400 mm como mínimo en un año en los BBSS, el problema no es la escases del aguas sino su manejo”.

La solución que se avizora más próxima a dar buenos resultados para el abastecimiento ganadero, es el del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas de los espesores someros. Generando mezclas con aptitud adecuada para el sano desarrollo animal.

Es por ello que se pretende reunir en este compendio un conjunto de experiencias, estrategias, métodos empleados y resultados obtenidos de las prácticas, para que los productores, puedan optimizar el manejo del agua y mejorar la producción en sus establecimientos basados en el conocimiento y entendimiento de una de las regiones más difíciles que presenta la provincia.

Todo esfuerzo en la comprensión sobre su funcionamiento y características es de ayuda para tomar mejores decisiones.

Marco del proyecto

Este Manual de Buenas Prácticas (MBP) es el resultado de los trabajos de investigación del Instituto Nacional del Agua (INA), Subgerencia Centro Regional Litoral (SCRL) en sus últimas tres décadas, a los que se suman los aportes de Organismos e Instituciones Tecnológicas, Científicas, ONGs de la zona, Productores ganaderos y Profesionales independientes que han desarrollado sus tareas en el área.

Se ha contado, a lo largo de este período con aportes financieros del Consejo Federal de Inversiones (CFI), Provincia de Santa Fe, a través del programa ASaCTel (Asociación Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación) en tres convocatorias, dos concedidas al INA y otra a la Universidad Nacional del Litoral. Los Ministerios de la Producción y de Infraestructura y Transporte (anteriormente MASPymA). El INA ha aportado salarios, equipamiento y fondos.

Mediante convenios de colaboración recíproca el INA ha encabezado grupos interdisciplinarios entre los que deben mencionarse la Universidad Nacional del Litoral, (UNL), Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Geológico Minero de España (IGME).

Aportes de Profesionales, Productores y Entidades del área (Sociedad Rural de Tostado y el Comité Hidrovial de Tostado).

Actualmente, ante la vigencia del Consejo Técnico Interdisciplinario de los BBSS, cuya meta es la elaboración de una Planificación para el desarrollo de la Región, este Manual aporta a la visión consensuada por sus integrantes. Tal Plan, en permanente elaboración y búsqueda de consensos, puede consultarse en:

<https://inta.gob.ar/documentos/plan-de-manejo-integral-de-los-bajos-submeridionales-santafesinos>.

Estructura del Manual

Se ha solicitado el aporte de especialistas en cada uno de los contenidos de capítulos específicos. De manera de contar con la contribución de referentes institucionales o expertos en cada tema desarrollado.

El trabajo de los compiladores fue el de seleccionar los temas y referentes de cada temática.

Se entiende que este Manual de Buenas Prácticas constituye un primer paso para actualizar y promover las técnicas adecuadas para el manejo productivo en esta región. Por ello se recomienda que con el avance de los conocimientos y experiencias, puedan desarrollarse nuevas ediciones ampliadas del mismo. La difusión se propone que sea de libre distribución, con la sola salvedad que se mencione la fuente.

Referencias

Giacosa R., Planta profesional de Centro Regional Litoral – Instituto Nacional del Agua.

Giraut, M.; Laboranti, C.; Rey, C.; Fioriti, M.; Ludueña, S. (2001). Cuenca propia de los Bajos Submeridionales. Creación de una unidad hídrica independiente. Subsecretaría de Recursos Hídricos Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación Instituto Nacional del Agua – INA.

Lord Kelvin (1824 – 1907) <https://www.aiteco.com/lo-que-no-se-mide/>

Sosa, D. (2013). El agua, excesos y déficits, en la producción agrícola de secano y pecuaria dentro de la cuenca inferior del río Salado. Tesis Doctoral. <http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/10158>

Terré, H. (2018). Capítulos inéditos facilitados por el autor.

CAPITULO 1- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Clima

Rodriguez L., Scioli C., Espinosa E.

El clima, según Köppen (1884) y Köppen (1918), es continental mesotermal, las precipitaciones exceden a la evaporación, es seco en invierno (w, a), con verano caluroso.

Hay años con precipitaciones extremas de 400 mm hasta 1800 mm, que marcan las grandes variaciones en las condiciones hídricas. Existe un ligero déficit en el verano dada la elevada evapotranspiración. La temperatura media anual se ubica cercana a 21°C, con temperaturas estivales que superan los 40°C.

En el centro este de la región, el clima, se puede clasificar como subhúmedo a húmedo según la clasificación de Thornthwaite (1948), donde la precipitación media anual oscila entre 750 y 1100 mm con concentración estivo-otoñal.

En el sector Oeste del domo occidental, el clima se describe como Subtropical o Continental templado cálido, con una estación húmeda (estival) y una seca (invernal), gran variación de temperaturas entre el día y la noche y entre las estaciones. A pesar de poseer suelos de buena aptitud agrícola, el régimen hídrico extremadamente variable la hace marginal o no apta para determinadas actividades agropecuarias por el alto riesgo que esto significa. Terré (2018).

Vientos

Conocer los vientos que se desarrollan en la región es fundamental ya que estos condicionan la producción.

a) Por su incidencia en la evaporación de los espejos de agua y la evapotranspiración, relevante en el balance hídrico, debido a la disminución de los almacenamientos de agua y la consecuente concentración de sales.

b) Para el cálculo de reservas de agua en las explotaciones ganaderas: si el agua se extrae mediante molinos, es importante planificar las explotaciones y reservas de agua en función del número de días sin viento o con escasos vientos para abastecer los bebederos. Se debe considerar que el mes de menores vientos es mayo y el de mayores vientos septiembre. Los tiempos con mayor demanda de agua por parte de la ganadería son los meses de verano y las velocidades menores de vientos van de diciembre a mayo.

Además, la distribución de vientos debe tenerse en cuenta en caso de un programa de desmonte racional o un programa agrícola susceptible a la erosión eólica.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

(Terré H, 2018). La velocidad del viento tiene también una marcada incidencia sobre la Sensación Térmica, tanto en verano como en invierno. La tabla 1.1 y Figura 1.1 siguientes muestran la velocidad del viento por mes (en km/h) según datos de la escuela agrotécnica de Villa Minetti (gentileza Hugo Terré). Las direcciones predominantes son Norte y Sur, y la velocidad media anual es de 5,8 km/h.

Tabla 1.1 Velocidades de vientos media mensual. Fuente: Terré (2018).

	Media Km/h	Diurna Km/h	Nocturna Km/h
Enero	5.0	5.8	4.2
Febrero	5.8	6.0	5.1
Marzo	4.4	5.9	2.7
Abril	4.8	5.7	4.1
Mayo	3.8	4.2	3.7
Junio	6.3	7.1	5.5
Julio	5.4	7.3	4.8
Agosto	5.6	7.6	4.8
Septiembre	8.2	8.8	6.8
Octubre	7.0	8.3	5.3
Noviembre	7.6	7.9	7.5
Diciembre	6.1	7.1	4.9
PROMEDIO	5.8	6.8	5.0

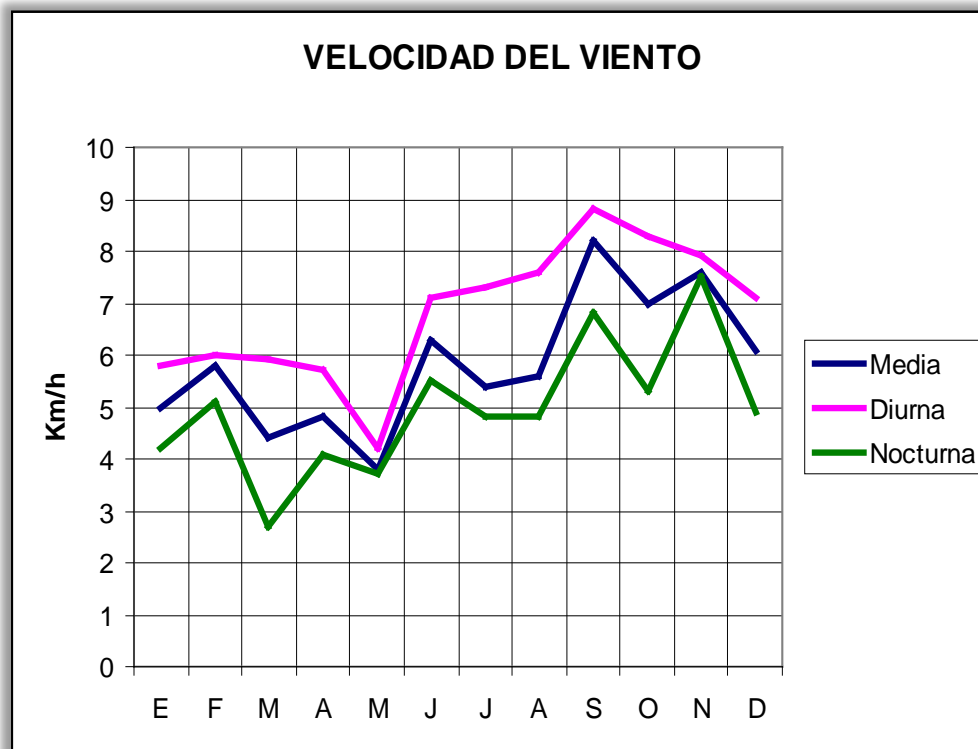


Figura 1.1. Gráfica de velocidades de viento promedio mensual, Villa Minetti. Fuente: Terré (2018)

Precipitaciones mensuales y anuales

La cantidad del agua aprovechable depende de las precipitaciones, la que está disponible en la superficie de lagunas, bajos y cañadas como así también recarga los acuíferos y se almacena como aguas subterráneas. Estas últimas se alojan en arenas finas, limos y arcillas, poco permeables cuya aptitud se encuentra limitada debido a concentraciones de sal, con valores aun superiores a los que se aconsejan para el abrevado animal, y en ocasiones cercana a las del agua del mar.

Las precipitaciones medias mensuales sobre la cuenca de los Bajos Submeridionales, obtenida en base a estaciones distribuidas en las tres provincias, Figura 1.2, indican una estación húmeda estival y una seca invernal. **Los meses más lluviosos son marzo y diciembre, con lluvias medias que superan 120 mm. El mes más seco es julio, la precipitación media del mes no supera 20 mm.**

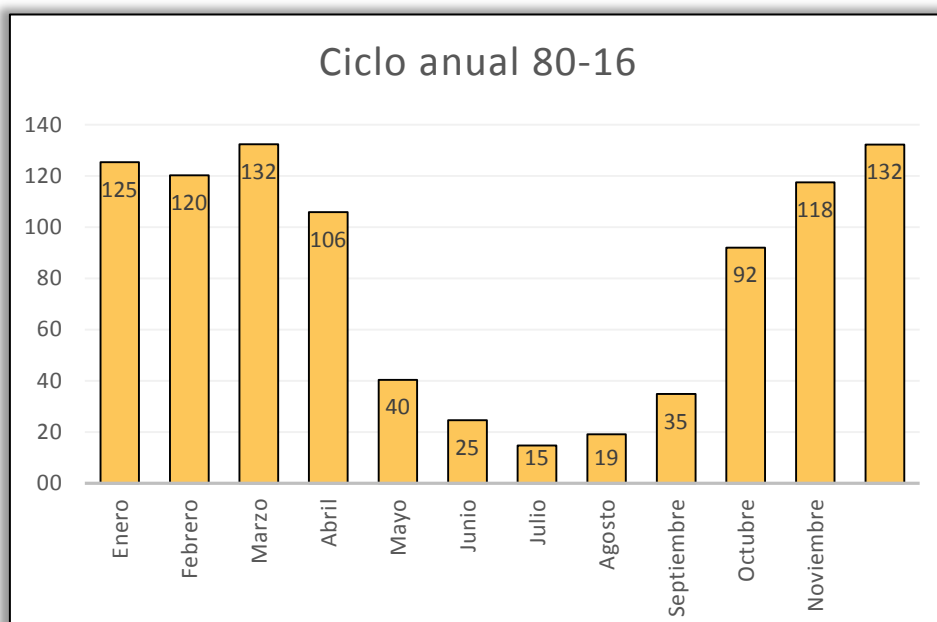


Figura 1.2. Precipitación Media Mensual.

En cuanto a la distribución dentro del área de los montos de las precipitaciones anuales se observa una marcada disminución en sentido E-O, desde unos 1100 mm al E hasta cerca de 800 mm en el O, lo que puede apreciarse para toda la cuenca, ver Figura 1.3.

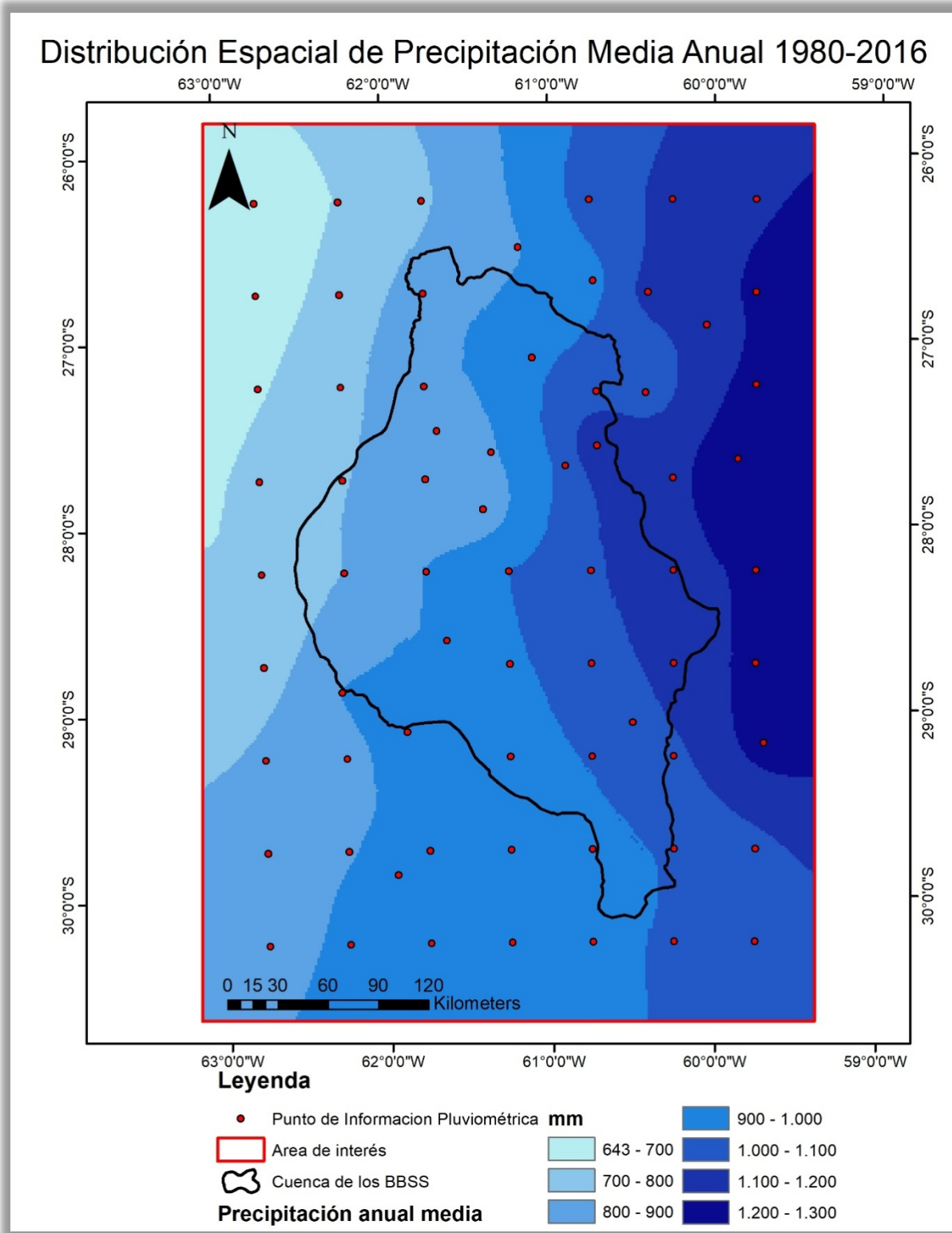


Figura 1.3. Distribución espacial de la Precipitación Media Anual para el periodo 1980-2016.

En el registro histórico de precipitaciones anuales en la localidad de Villa Minetti, se observa la alternancia de períodos con precipitaciones por encima y por debajo de la precipitación media, Figura 1.4, y una leve tendencia al incremento de los montos anuales.

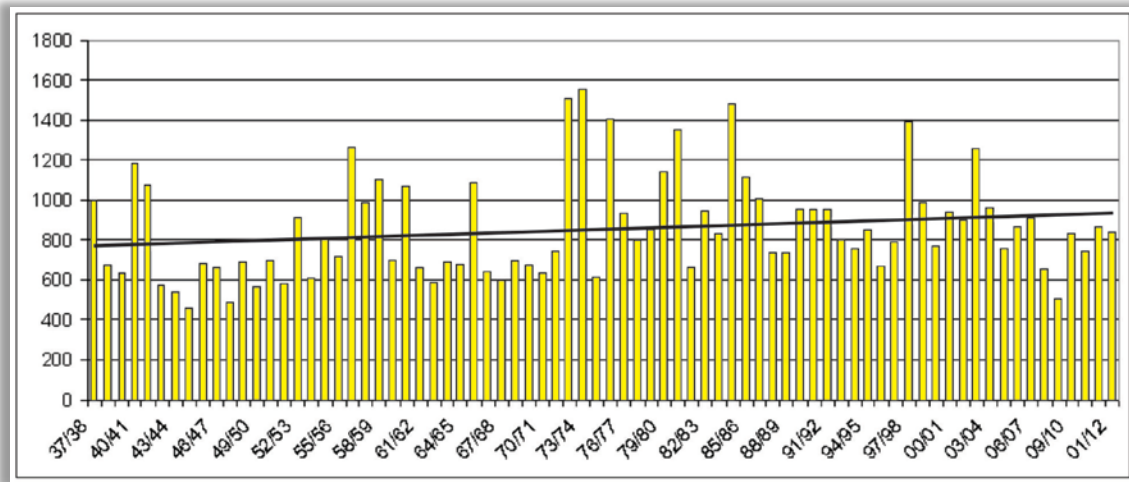


Figura 1.4. Precipitación anual y tendencia Villa Minetti (Terré, 2018)

Se presenta en la Figura 1.5 el registro de la Estancia La Delia (departamento 9 de Julio) donde se aprecia su comportamiento anual junto a la media (gentileza del INTA Reconquista).

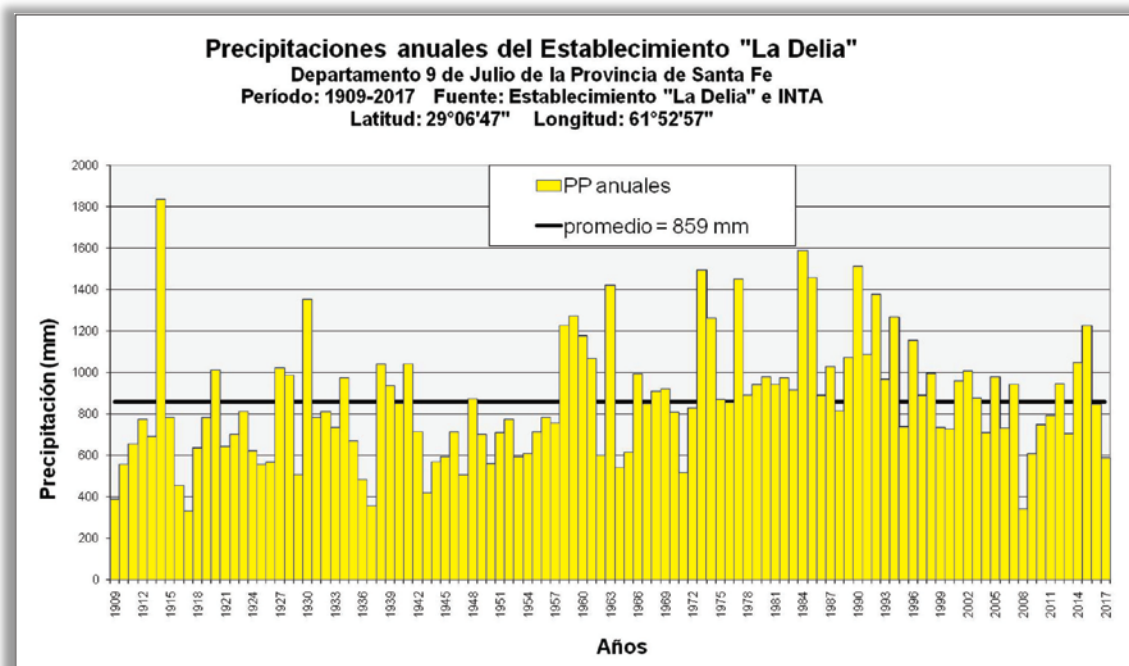


Figura 1.5. Precipitación Anual establecimiento La Delia. Fuente: Basán Nickisch, et al. (2018).

Temperatura y evapotranspiración potencial

Las pérdidas de agua del sistema son esenciales para el análisis de la disponibilidad hídrica con fines productivos, y también por su afectación a la calidad de las aguas debido a la concentración de salinidad que puede ocurrir en épocas de elevada evaporación/evapotranspiración.

La temperatura anual aumenta de S a N, desde aproximadamente 19 °C hasta 22 °C, ver Figura 1.6., que muestra la temperatura media anual de la región. Los meses

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

cálidos de verano poseen medias superiores a los 25 °C, y julio una media de 14 °C. Hay una gran amplitud entre máximos y mínimos de las temperaturas medias. La distribución de las mismas dentro del tiempo se puede apreciar en la Figura 1.7.

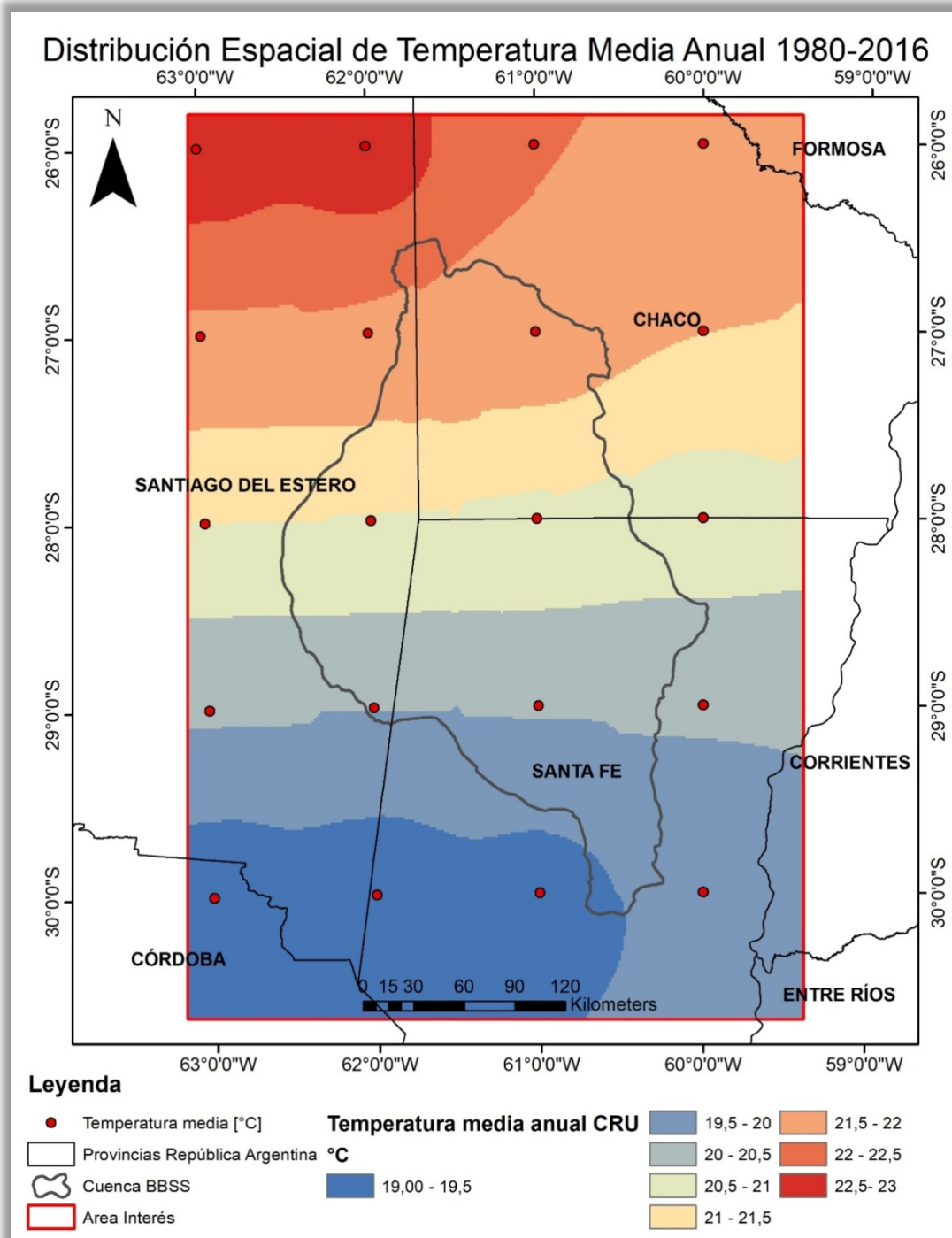


Figura 1.6 .Distribución espacial de la temperatura media anual 1980-2016.

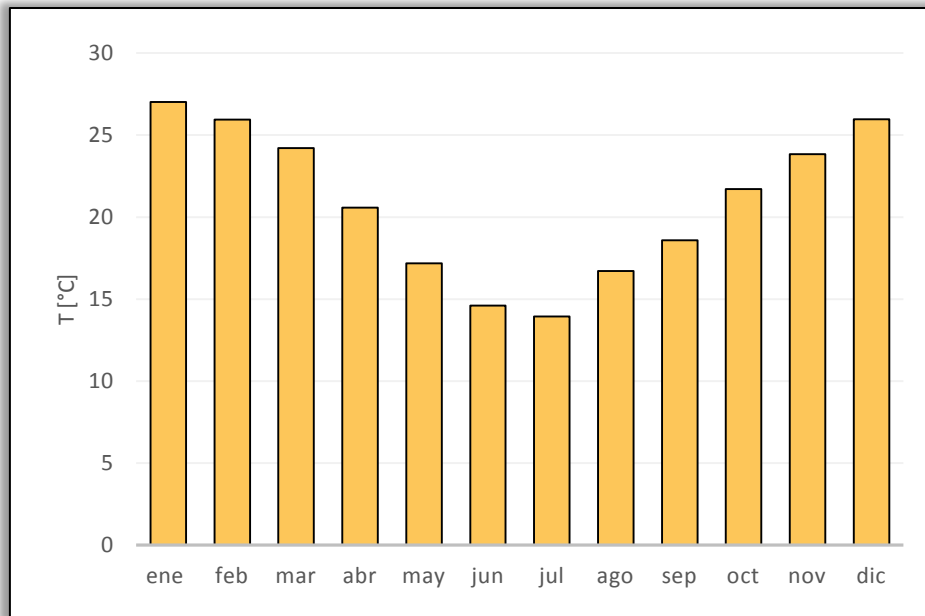


Figura 1.7. Temperatura media mensual en los Bajos Submeridionales 1980-2016.

La evapotranspiración potencial, según Thornthwaite (1948), es elevada, Figura 1.8, y los meses de diciembre y enero son los extremos, en coincidencia con los meses de mucha demanda por parte del ganado.

Considerando a las precipitaciones medias mensuales, pueden producirse déficits hídricos en los meses estivales.

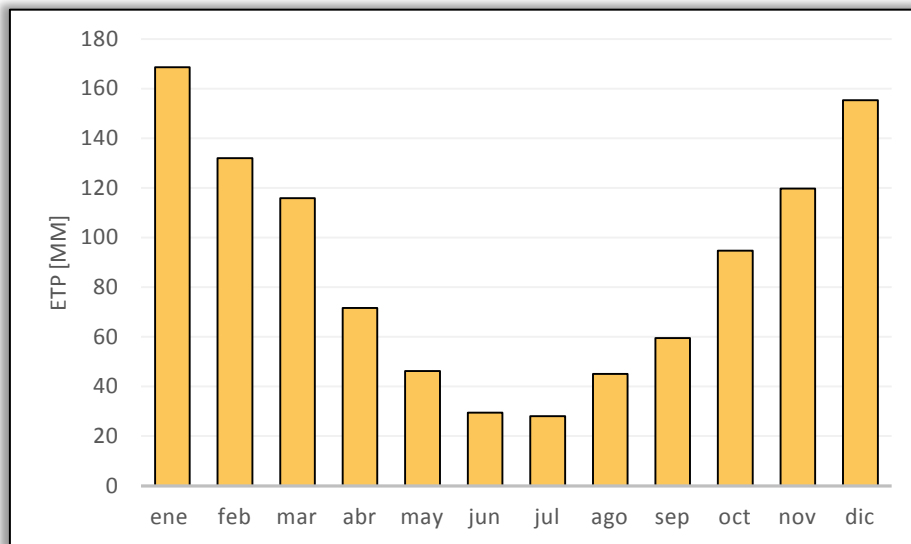


Figura 1.8. Distribución anual de la evapotranspiración potencial 1980-2016.

Respecto a los extremos observados en la región cabe señalar, que la sequía del 2008 (año más seco de la serie de 49 años de la Estación Experimental Reconquista del INTA) se agrava por las precipitaciones, cuando estas están por debajo de la media, como sucedió en el período 2004 y que continuó hasta 2009.

Ver Cambio Climático y su impacto en el sistema de los BBSS en Capítulo 8.

Referencias

Basán Nickisch, M.; Tosolini, R.; Cammisi N.; Sánchez, L; MieresVenturini, L. 2018 Informe técnico Tanque Chaco- INTA EEA Reconquista e INTA EEA Rafaela, Agosto 2018

Köppen W. 1884 The termal zone sof the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world E. Schweizerbart'scheVerlagsbuchhandlung-MeteorologischeZeitschrift, Volume 20, Number 3, June 2011, pp. 351-360(10).

Köppen W. 1918 Climate classification.

Terré, H. 2018. Capítulos inéditos facilitados por el autor.

Thorntwaite, C. W. 1948 – An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from the Geographical Review, XXXVIII: 55-94 WADSWORTH, F. 20

Apéndice 1 - Clima y Bienestar Animal

Lorenzón, M. y colaboradores¹

Relación entre Temperatura, Humedad y Bienestar Animal

Si bien a continuación se presentan datos e información que están relacionadas a vacas lecheras, que no es la producción más significativa de los BBSS, es importante considerar el efecto climático como un condicionante de la producción en general. Esta aplicación *online* está preparada para aplicarse a cualquier región de la Argentina a nivel provincial y a su vez desagregado para cada localidad.

El Proyecto Vaca Bacana II¹ “Trabajando por el bienestar animal fue desarrollado por las cátedras Bovinos de leche, Nutrición Animal y Climatología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos), y las Escuelas Normal Rural Juan Bautista Alberdi y la Escuela de Educación Agrotécnica (E.E.A.T.) Nº 39 de la Localidad Villa Urquiza. Proponen abordar en forma interdisciplinaria el problema del confort de las vacas lecheras y su importancia en establecimientos.

Además, promover buenas prácticas que ayuden a disminuir pérdidas en la producción láctea.

El Índice de Temperatura y Humedad (ITH) permite evaluar si las vacas están en situación de confort o estrés calórico. Conocer su valor y la duración del período de estrés resulta de utilidad para adecuar las prácticas de manejo a fin de disminuir o evitar consecuencias negativas. Contar con esta información de forma anticipada permite adecuar las prácticas a realizar.

La información presentada en la sección de Pronóstico de la página WEB del Proyecto (<http://ith.uner.edu.ar/pronostico.php>) evalúa el Índice de Temperatura Humedad (ITH) para los siguientes cinco días, generado en base a la información meteorológica provista por la aplicación METEORED.

Este pronóstico sirve como sistema de alerta para la toma de decisiones a los productores tamberos respecto a alternativas de manejo para atenuar los efectos de un alto índice ITH, las que se encuentran disponibles en la sección "Recomendaciones" de dicha página WEB.

Prácticas para mejorar el confort animal

La sombra ayuda a reducir el impacto de la radiación directa e indirecta y con ello la carga de calor que los animales reciben aumentando el consumo de materia seca, disminuye la frecuencia respiratoria y la eficiencia reproductiva (Collier *et al.*, 2006).

¹ Lorenzón, Marina; García Arias, Federico Eugenio; López, Guillermo; Kemerer, Alejandra Cecilia; Brizuela, Armando; Aguirre, Cesar; Maltese, Nicolás; Rondán, Guillermo; Bressan, María Paula; Tófoli, María Betina.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En el período estival, mejora fundamentalmente al mediodía y primeras horas de la tarde, para generarle un ambiente más confortable al animal y estimular un mayor consumo de alimentos.

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-paso_a_paso_media_sombra_economica.pdf

Agua con aptitud en cantidades suficientes. El consumo de agua es una de las formas más rápidas y eficientes por las que el animal reduce su temperatura corporal. Durante el verano prácticamente duplica el consumo de invierno.

El agua posee propiedades químicas y físicas particularmente importantes para el proceso de mantención de temperatura corporal. Las investigaciones indican que los máximos consumos se registran con temperaturas del agua comprendidas entre 15 y 17 °C, aspecto importante a considerar para el suministro de bebederos. Cuando el consumo varía más de un 20% respecto de las estimaciones es indicio de un problema. La Figura 1.9 presenta el grado de estrés del animal en función de la temperatura y la humedad ambiente, clasificada en 4 categorías en base al índice ITH (severo, moderado, leve y sin estrés).

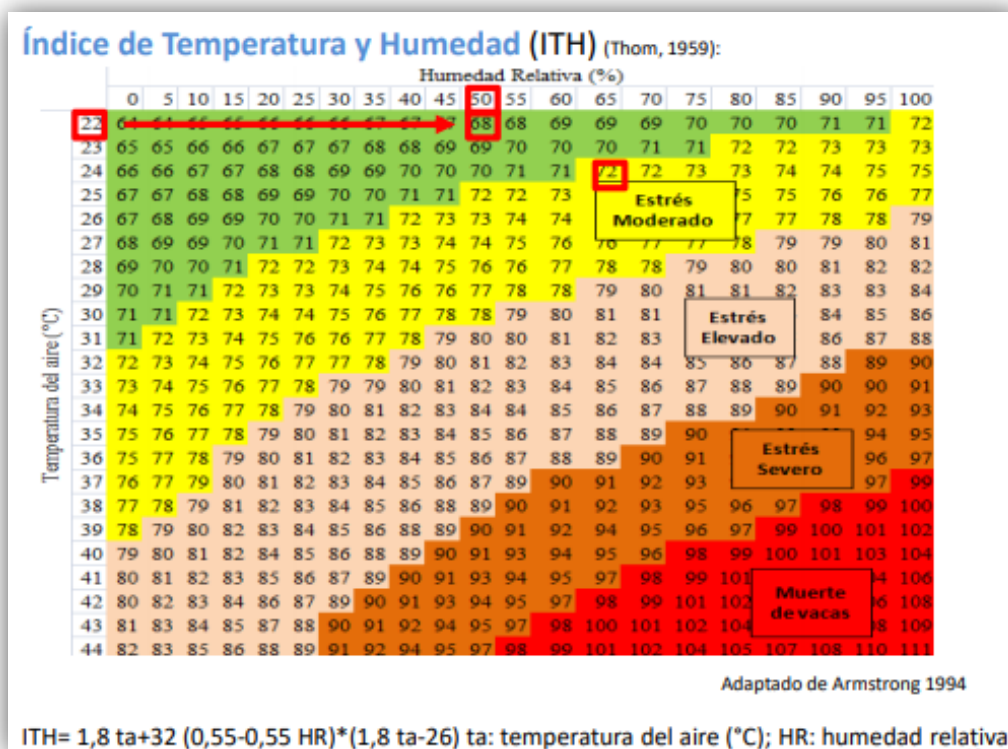


Figura 1.9. ITH para vacas lecheras. (modificado de Valtorta y Gallardo, 1996).

Sabiendo que el animal reduce su consumo de materia seca, es más propenso a entrar en acidosis y se debe tratar de reducir, en la medida de lo posible, el incremento calórico de la dieta.

Diferentes ingredientes en la dieta pueden producir incrementos de calor a pesar de tener concentraciones similares de energía.

Se deben utilizar **dietas frías** para disminuir el calor de fermentación (Gallardo, 2014).

Algunas recomendaciones para **dietas frías** incluyen:

Tener una dieta más densa en energía para compensar la caída del consumo, con el cuidado de respetar la fibra para no agravar futuros problemas de acidosis.

Tratar de usar fibra de alta calidad disminuyendo el uso de granos con alto contenido de almidón para bajar el calor producido. El nivel recomendado es de al menos 31 a 33% de fibra detergente neutra en la ración. Utilizar grasas porque no aumenta el incremento calórico y son más densas energéticamente que los carbohidratos.

Tener cuidado de no superar el 5 a 7% del total de la materia seca de la dieta porque se afecta al rumen.

Mantener niveles moderados de proteína cruda, de no más de 17% en la dieta. La reducción de la proteína degradable a nivel del rumen colabora en mejorar la performance de las vacas. Igualmente tener cuidado que haya suficiente para una correcta fermentabilidad. La vaca al transpirar pierde potasio por lo que debe ser incrementado en la dieta. En estos casos hay que corregir también magnesio y sodio. En algunas ocasiones el agregado de agua a la ración puede incrementar el consumo de alimentos cuando este ha caído severamente. Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Dieta para mitigar el efecto del estrés térmico. Fuente: Gallardo y Valtorta (2011).

Características de dietas para mitigar el estrés térmico		
Características	Dieta fría	Dieta caliente
Digestibilidad	Alta	Baja
Fibra Efectiva	Baja	Alta
Digestión	Normal	Lenta
Tasa de pasaje	Normal	Baja
Llenado ruminal	Bajo	Alto
Degra. Proteína	Baja	Alta
Balance anión/catión	Negativo	Positivo

Evitar caminatas largas durante las horas críticas. El movimiento de los animales para algunos manejos puede incrementar la temperatura corporal entre 0,5 y 3,5°C (Mader *et al.*, 2007). La recomendación general es evitar el movimiento del ganado o bien hacerlo en las horas más frescas del día, antes de las 8:00 a.m.

Es importante siempre prestar atención al comportamiento animal para identificar situaciones de estrés por calor.

Prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- Alineación del cuerpo con la dirección de la radiación.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

- Búsqueda de sombra.
- Rechazo a echarse.
- Reducción del consumo.
- Amontonamientos alrededor de las aguadas.
- Agitación e intranquilidad.
- Disminución o supresión de la rumia.
- Boca abierta y respiración trabajosa.
- Salivación Excesiva.
- Inhabilidad para moverse.
- Colapso, convulsiones, coma, fallo fisiológico y muerte.

Determinar el grado de jadeo del rodeo es una herramienta útil para realizar un diagnóstico rápido de los animales, (Gaughan *et al.*, 2008). Ver Figura 1.10.



Figura 1.10. Grado de Jadeo. Fuente: Gaughan *et al.*, 2008.

Referencias

- Collier, R.; Dahl, G.; Van Baale, M. (2006). Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. DairySci.* 89:1244-1253.
- Gallardo, M.; Valtorta, S. (2011). Estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. *Producción y bienestar animal. Hemisferio Sur.* 124 p.
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., & Lisle, A. (2008). A new heat load index for feedlot cattle¹. *Journal of Animal Science*, 86(1), 226–234. doi:10.2527/jas.2007-0305.
- Taverna, M.; Ghiano, J.; Gastaldi, L.; Walter, E. (2014). Manejando el estrés. Recomendaciones para reducir el impacto del calor en el ganado bovino. *INTA Lechero*.
- Valtorta, S.; Gallardo, M. (1996). El estrés por calor en producción lechera. *INTA. Miscelánea*, 81:173-185.
- Valtorta, S.; Gallardo, M.; Castro, H.; Castelli, M. (1996). Artificial shade and supplementation effects on grazing dairy cows in Argentina. *Trans ASAE* 39: 233-236.
- Valtorta, S.; Gallardo, M. (2004). Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions. *Int. J. Biometeorol.* 48: 213-217.

CAPITULO 2 - GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL

Geología y Geomorfología

Sosa D.; Díaz E.

Para estudiar las características de los acuíferos (lugar donde se alojan las aguas subterráneas) es necesario remontarse a la historia geológica que permite conocer el origen y forma de los depósitos de sedimentos que se observan en la región y cuentan la cronología de millones de años.

Con el término de Formación se denomina a los sedimentos que tienen características litoestratigráficas semejantes, o sea, su composición de materiales puede contar la misma historia o proceso de origen.

En el subsuelo se encuentran, diferentes Formaciones (Fm.) de las que solo nombraremos las últimas, que se corresponde con profundidades inferiores a los 100 m, y se las mencionará desde la más antigua a las más recientes.

La Formación Paraná, la más profunda que se mencionará en este Manual, está constituida por arcillas y arenas pertenecientes a la trasgresión marina del Mioceno. Sobre esta apoya en discordancia la Formación Arenas Puelches (o Fm. Ituzaingó según Iriondo M., (2011)) conformadas por arenas cuarzosas amarillentas de origen fluvial y edad plio-pleistocena. Finalmente en superficie se encuentra el paquete sedimentario del Pampeano, formado por limos castaños con concreciones de carbonato.

Durante la transgresión marina del Mioceno el mar entro en el continente inundando la región y se depositaron sedimentos arcillosos, limosos y arenosos. Al ascender el continente, este mar interior se fue retirando, quedando en la región un conjunto de lagos. Estos, con el tiempo, evaporaron las aguas y concentraron grandes cantidades de sal que permanecen en los sedimentos.

Luego, numerosos ríos provenientes desde el O y desde el N aportaron sedimentos, también arenosos, limosos y arcillosos, dando lugar a la formación de numerosos paleocauces que tuvieron su origen en la divagación de los ríos y su posterior depósito. Entre los ríos que trabajaron en la región se encuentran: el Salado en el NO, el Bermejo en un pequeño sector del centro N y el Paraná en el E. Durante el Holoceno (que ocurrió aproximadamente 10.000 años atrás), las divagaciones tanto del Salado como del Bermejo provocaron una red de cauces que quedaron sepultados por sedimentos de origen eólico, re transportados a veces por las aguas, formando los llamados paleocauces. Estos albergan, en general, agua de mejor calidad que su entorno, resultando un acuífero a tener en cuenta para su utilización en abrevado animal.

El río Paraná, depositó grandes cantidades de arenas Fm. Ituzaingó, Iriondo (2011), compuesta por arenas cuarzosas finas color ocre, con limos intercalados.

Los ríos Salado y el Bermejo provenientes del NO, formaron grandes abanicos aluviales de cientos de kilómetros cuadrados de superficie que se han desarrollado al O del cauce actual del río Paraná. Su aparición y desarrollo están relacionados con períodos climáticos de aridez o exceso hídrico. Figura 2.1.

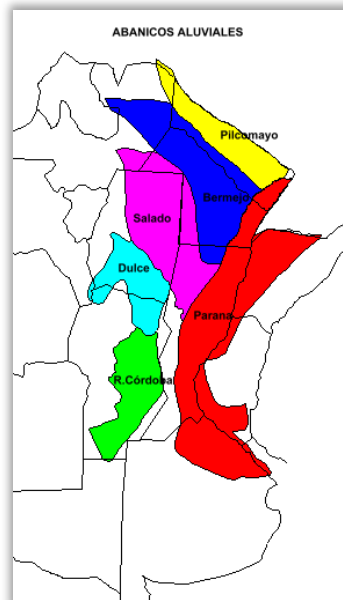


Figura 2.1. El trabajo de los ríos y los grandes abanicos aluviales. Fuente: Iriondo (2011)

Geología

Para describir la geología del Chaco santafesino, hasta aproximadamente cien metros de profundidad, se referirá desde la Formación (Fm) más antigua y profunda hasta las más reciente y superficial.

Sin embargo se ha estudiado por métodos indirectos en la localidad de Villa Minetti, a través de prospección geoelectrica espesores más profundos, describiéndolos hasta los 800 m de profundidad, que no fue verificado o corroborado por una perforación de estudio.

En esta región existen pocas perforaciones profundas; una realizada con fines exploratorios para Hidrocarburos (Las Mochas- Dpto. 9 de Julio), con profundidad de investigación cercana a los 3200 m donde "no" se describen espesores similares al del Acuífero Guaraní. Ni se mencionan tampoco espesores portadores de una calidad de agua con aptitud ganadera; otro pozo profundo realizado por el FFCC de en la localidad Tostado, a comienzos del siglo pasado, con la finalidad de obtener agua para las locomotoras, Stappenbeck (1926) de 1428 metros, sin aptitud para uso humano, ferroviario, ni ganadero ya que la misma registra valores de residuo seco superiores a los 80 gr/l (duplicando al agua de mar).

También en Tostado, en el predio de la cooperativa de agua, aledaño a la represa, se realizó un perfilaje de pozo en la perforación de estudio de 60 m, donde los

registros resistivos de las sondas normales de corto y largo espaciamiento denotan la presencia de agua altamente salinizada. Se puede observar que a partir de los 10 metros de profundidad los valores superan los 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superando a los 100.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a partir de los 40 metros de profundidad. Sosa *et al.* (1999).

Si bien estas dos perforaciones describen los espesores profundos atravesados, existe una falta de información del subsuelo de la provincia que amerita la idea de investigar, a la luz de las nuevas tecnologías disponible, los espesores profundos. Debe considerarse además, que la construcción de un pozo a la profundidad recomendada en el estudio de prospección geoelectrica de Villa Minetti, a valores actuales puede alcanzar una cifra cercana al millón de dólares, sin certeza de obtener los resultados que se esperan. Así Thalmeier, en comunicación personal, reflexiona: "se ignora información de los primeros 200 m tanto de Santa Fe como de las provincias vecinas. Sin embargo [...] generando las correlaciones litoestratigráficas y viendo la composición de estos materiales, se considera poco posible la existencia de agua de buena calidad en profundidades que superen las de los paleocauces".

Seguidamente se caracterizan las Formaciones de interés:

Fm. Paraná

Sedimentos provenientes de una ingesión marina ocurrida en el Mioceno que se extendió sobre toda la región Chaco-Pampeana argentina y penetró hacia el N en Paraguay y Bolivia. Fue un mar poco profundo donde se depositó arenas cuarzosas fina a muy fina color gris y amarillo, con intercalaciones de fangos grises, arcillas verdes y calizas organógenas. Los estratos de arena, presentan abundantes segregaciones de óxido férrico. Se intercalan estratos de limo arcilloso color oliva, de hasta tres metros de espesor y capas calcáreas y lutitas diagenizadas. En los niveles inferiores aparece una ceniza volcánica alterada incluyendo abundantes cristales de yeso Kröhling e Iriondo (2003). La Fm. Paraná se extiende en el subsuelo de todo el Chaco santafesino.

Fm. Ituzaingó o Arenas Puelches

Sedimentos fluviales característicos del río Paraná, compuesta por arena cuarzosa fina amarillenta y rojiza en estratos medianos y gruesos, interestratificada con limo gris y verde. Comenzó a sedimentar, durante el Plioceno, entre 2 y 4 millones de años atrás y sigue depositándose hasta el día de hoy. Esta formación nombrada por Iriondo como Ituzaingó en la provincia de Santa Fe. Está distribuida a lo largo del lineamiento Paraguay-Paraná desde Asunción hasta la depresión del Salado en la provincia de Buenos Aires, cubriendo una superficie de 120.000 Km^2 Iriondo (1984). El mecanismo de divagación del cauce se traslada mediante desplazamientos discontinuos y no por un mecanismo de "barrido" lateral continuo. La perforación de 30 m realizada por Iriondo, en el paraje Fortín Tres Pozos, la atravesó a partir de 19,50m. Se encuentra en las regiones central y oriental del Chaco santafesino, entre el río Paraná hasta unos 40 Km al E de la ciudad de Tostado.

Fm. Tezanos Pinto

Es el clásico loess pampeano que cubre la región central de la provincia de Santa Fe, Iriondo y Kröhling (1995). Se extiende en el O del Chaco santafesino en una faja de varios kilómetros de ancho a lo largo del límite con Santiago del Estero, abarcando más de la mitad del Departamento 9 de Julio e incluyendo las localidades de Tostado y Villa Minetti; y sigue hacia el N en la provincia del Chaco. Tiene 20 a 25 m de espesor. Se depositó entre 36.000 y 8.500 años antes del presente, es decir en el Último Máximo Glacial.

Fm. Fortín Tres Pozos

Se la encuentra en el centro del territorio del Chaco Santafesino, en todo el lóbulo de derrame del Bermejo y el Sistema Geomorfológico del Salado, en el E del Dpto. 9 de Julio y el O del Dpto. Vera, sus sedimentos corresponden a depósitos palustres. El espesor entre 15 a 25 m de color gris verdoso a marrón grisáceo en perforaciones y marrón claro en afloramientos; su granulometría es limo arcillosa. El perfil tipo de la Fm. Fortín Tres Pozos, está ubicado en el paraje homónimo, a unos 55 kilómetros al este de la ciudad de Tostado. La edad obtenida de sedimentos en la mitad del espesor de la formación determinada a través de datación OSL, da una edad de 58 Ka (58.000 años) Thalmeier *et al.* (2018).

Sedimentos Palustres Superficiales

La parte superior de la columna geológica cuaternaria en la región central de Bajos Submeridionales se encuentra desde una línea NS que corre unos 20 kilómetros al E de Tostado hasta el cauce del arroyo Golondrinas/Calchaquí, está formada por un cuerpo de sedimentos limo-arcillosos grises y gris verdosos, acumulados en ambiente palustre, de espesor variable entre 0,25 y 2m. En casi toda la región aparece en dos secciones, la inferior netamente palustre y la superior con ciertas características eólicas. En la localidad de Fortín Tres Pozos la sección inferior está organizada en estratos finos de 0.05 a 0.08m de espesor y contiene abundantes concreciones de carbonato. La sección superior es limo-arcillosa, forma talud vertical y mayor porosidad; contiene valvas de gasterópodos. El contacto entre ambas secciones es concordante. La edad de estos sedimentos es Holocena superior, coincidiendo la sección superior con la Fm. San Guillermo.

Fm. San Guillermo

Según Iriondo y Kröhling (1995), la Fm. San Guillermo yace en discordancia erosiva sobre el suelo parcialmente erodado de la Fm. Tezanos Pinto. Está compuesta por limo gris con escasas arcilla y arena muy fina. Su espesor varía entre 0,30 y 1 m. Está atravesada por numerosos moldes de raíces, macroporos y canaliculos Kröhling y Orfeo (2002). Esta unidad fue depositada en el Holoceno superior, entre 3500 y 1400 años antes del presente. Contiene fragmentos de cerámica y bolas de boleadoras. Iriondo, (2011).

Geomorfología

La síntesis sobre descripción de la geomorfología de la región se toma de Iriondo (2011). Como así también la descripción de las unidades y los procesos que le dieron origen.

La cuenca de los Bajos Submeridionales (BBSS), forma parte de una región mayor denominada El Chaco Santafesino, que pertenece al “Chaco Austral”- Es una llanura extremadamente horizontal, con pendientes inferiores al 1 % en casi toda su extensión. Su parte central, abarca el O del departamento Vera y el E del departamento 9 de Julio, presenta una suave pendiente hacia el SE, que retiene el agua de inundación durante semanas y hasta meses.

El O de la región, tiene sedimentos superficiales provenientes del trabajo de los vientos y posee una suave pendiente O-E, difícil de percibir en el campo, pero efectiva para la dinámica hídrica superficial.

Un paisaje diferente aparece en el E, en los terrenos depositados por el río Paraná, donde existen arroyos, lagunas y campos de dunas disipadas.

De acuerdo al mapa realizado por Iriondo (2011) utilizando imágenes satelitales, fotos aéreas y trabajos de campo, el Chaco Santafesino está formado por cuatro Sistemas Geomorfológicos: El Sistema Eólico donde trabajó el viento, y los tres sistemas fluviales donde trabajó el agua a través de los ríos a los que denominó el Sistema del Salado, el Sistema del Bermejo y el Sistema del Paraná, ver Figura 2.2. Conocer estos sistemas es fundamental para el estudio de los suelos de la región.

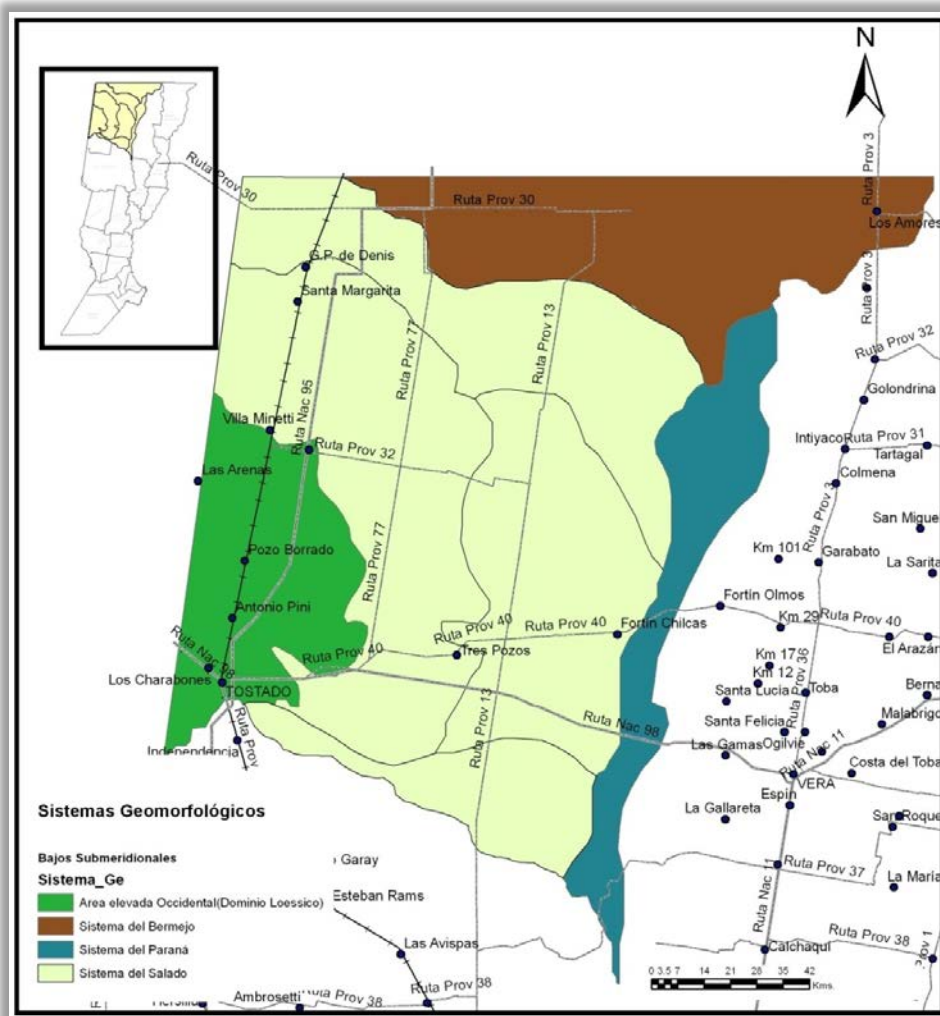


Figura 2.2. Sistemas geomorfológicos. Fuente: adaptado de Iriondo (2011).

Sistema eólico

También llamado “área elevada occidental” o “dominio loésico”, está representado por una sola unidad geomorfológica, el “Área Elevada de Tostado”. Es una superficie relativamente alta, plana, con un declive muy suave en sentido NO-SE. Prácticamente no hay elementos geomorfológicos visibles, exceptuando escasas hoyas de deflación. Este sistema se extiende hacia el sur fuera del área dibujada en el mapa. Los limos que forman los metros superiores de esta unidad, fueron depositados mayormente por el viento. Pero también se distinguen otros estratos de limos color verde con nódulos de manganeso de origen lacustre. “La presencia de moteados de hierro en el perfil hasta varios metros de profundidad, permite deducir que las inundaciones generalizadas (ocurridas en los últimos años) no han sido un episodio extraordinario, sino que se trata de un fenómeno recurrente”.

Sistema del Salado

Constituye el tramo final de la extensa faja aluvial desarrollada por el río Salado en la llanura argentina a lo largo del Cuaternario. En Santa Fe ocupa el área principal de los llamados BB SS. Abarca desde los derrames del Bermejo en el N hasta la línea

Saladillo-Las Conchas, aproximadamente a los 30° de latitud S, ya fuera del área de este trabajo, ver Figura 2.2.

Dentro de este sistema se distinguen:

Derrames del Salado

Caracterizada por gran cantidad de paleocauces del Salado, de dirección general O-E y SO a NE. De N a S mide aproximadamente 140 km y de E a O es variable, entre 20 y 70 km. Se encuentra inmediatamente al E del Área Elevada de Tostado. Ver Figura 2.3. Los paleocauces tienen un trazado irregular y poco divagante. En general, su ancho no sobrepasa los 200 metros. Están totalmente colmatados, siendo muy difíciles de ubicar en el terreno. Se detectan en su mayor parte como alineamientos de hoyas de deflación, excavadas en una época posterior. Algunos de ellos son portadores de agua de mejor calidad que su entorno, lo que les confiere un gran valor potencial para uso ganadero y aportan parte del típico paisaje de humedales que se manifiesta en esta región.

Planicie de lagunas irregulares

Situada al SE de los derrames del Salado. Está caracterizada por grandes lagunas someras, de hasta 5 Km de diámetro y numerosas hoyas de deflación de 200 a 500 metros de diámetro. Es de escasa pendiente con algunas depresiones muy someras de 1 a 5 km de ancho que la recorren en sentido NO-SE. Hay un gran número de lagunas pequeñas no permanentes y bañados. Se trata de antiguas fajas aluviales del Salado ya casi completamente colmatadas. Entre las fajas aluviales hay áreas extensas, algo más altas, solo alcanzadas por las grandes inundaciones. Se observa la presencia de "isletas", se trata de pequeñas superficies cubiertas por un monte muy tupido de árboles y arbustos que se destacan en el monótono paisaje de pajonal de espartillo. El ambiente de sedimentación de esta unidad fue principalmente palustre, con alta proporción de arcillas y coloides en el perfil, además de la presencia de carbonato de calcio pulverulento y color verde en los sedimentos. El ambiente eólico actuó en época reciente, formando gran cantidad de hoyas de deflación. Figura 2.3.

La Cañada de las Víboras

Es una amplia depresión de origen estructural de unos 160 km de longitud y ancho variable, de rumbo NO-SO. Está compuesta por una faja de esteros de 2 a 5 km de ancho, en la parte más profunda y una gran área de bañados cubiertos por espartillo en la margen izquierda. El borde SO de la cañada está determinado por una fractura de unos 110 km de longitud y pocos metros de rechazo, configurando un límite neto. Hacia el NE, por el contrario, existe una transición muy suave, hacia los derrames del Bermejo, a lo largo de varios kilómetros. La morfología de la cañada de las Víboras es el resultado de un bloque basculado hacia el sur. Dicho movimiento se produjo según Iriondo (2011) en tiempos recientes. El ambiente de formación de sedimentos fue palustre, lo que se deduce por la presencia de manganeso y carbonato de calcio pulverulento, la abundancia de arcilla y el estado de oxidación del hierro. Figura 2.3.

Sistema del Bermejo

El área comprendida en este sistema constituye el extremo sur del gran cono aluvial que desarrolló el río Bermejo durante el Cuaternario en las provincias de Salta, Chaco y Formosa (Iriondo, 1984). En el sur del Chaco está constituido por grandes lóbulos de derrame, de cientos de kilómetros cuadrados compuestos por limo y limo arcilloso, donde crece vegetación arbórea, y áreas de bañados compuestas por arcilla montmorillonítica. Dicho mineral se endurece en las sequías y solo permite vegetación de pajonal. Este sistema penetra en el extremo N de Santa Fe en una extensión de 120 Km E-O. Figura 2.3.

Derrames del Bermejo

Constituidos por áreas bajas, frecuentemente inundadas y cubiertas de pajonal, que alternan con fajas algo más elevadas de varios kilómetros de ancho ocupadas por palmares muy dispersos. El contacto entre unas y otras suele ser visible en el campo. Todo el conjunto tiene orientación general N-S. Los paleocauces que produjeron los derrames forman ahora esteros mal definidos, de pocos cientos de metros de ancho, donde se alinean hoyas de deflación circulares. Los únicos dos lóbulos típicos de derrame que penetran en territorio santafesino son el de La Viruela y El Palmar. Figura 2.3.

Área elevada de Gato Colorado

Forma el extremo sur de un bloque elevado que abarca una extensa superficie en el centro de la provincia del Chaco. Dicho bloque está limitado al SE por una fractura. En el área de Gato Colorado los sedimentos son finos y compactos. Su techo forma una superficie plana, surcada por paleocauces de orientación N-S de 100 a 300 m de ancho, que aparecen como fajas de pajonal dentro del monte. Su profundidad máxima es generalmente menor a un metro; suelen estar ocupados por hoyas de deflación transformadas ahora en lagunas someras semipermanentes. La superficie general de esta unidad está cribada por un gran número de hoyas de deflación de 200 a 300 m de diámetro. Figura 2.3.

Sistema del Paraná

Constituye una faja que comienza en la provincia del Chaco y se extiende hacia el sur cientos de kilómetros, hasta la ciudad de Santa Fe. Fue formada por la sedimentación de arenas y sedimentos más finos transportados por el río Paraná desde su alta cuenca. Se trata de arenas cuarzosas muy maduras. Está caracterizada por paleocauces de diversos tamaños, según se hayan formado por el cauce principal del Paraná o alguno de sus brazos menores. Los paleocauces son meándricos en su mayor parte y presentan grados diversos de colmatación y enmascaramiento. La actividad neotectónica ha sido significativa en épocas recientes, principalmente provocada por la aparición de fracturas de rumbo N-S. Solo se describirá al Paleocauce Golondrina – Calchaquí por constituir el límite E del sector de estudio. Figura 2.3.

Paleocauce Golondrinas-Calchaquí

Se lo puede seguir desde cerca de Cañada Ombú (22km al S del límite con la provincia del Chaco) hasta la unión del Calchaquí con el Salado, unos 175 km al S. Fue un cauce típicamente meándrico de grandes dimensiones. Su ancho varía entre 3 y 6 km. Actualmente está colmatado en forma irregular. Está ocupado por una cadena de lagunas permanentes (La Loca, del Toro, del Palmar y otras), cada una de ellas de decenas de kilómetros cuadrados de superficie. El lecho de dichas lagunas está compuesto por arena cuarzosa fina algo arcillosa de color verde. En sus márgenes son frecuentes las dunas de arcilla, constituidas aquí por limo, limo arenoso y en partes por arena fina. Están desarrolladas casi exclusivamente en dirección E-O. Tienen pendientes en general suaves, salvo en los lugares donde la erosión litoral de las lagunas las ataca. Las lagunas sirven de descarga al agua subterránea de la zona y están interconectadas por el arroyo Golondrinas-Calchaquí que solamente en su tramo inferior ha desarrollado un cauce bien definido. Figura 2.3.

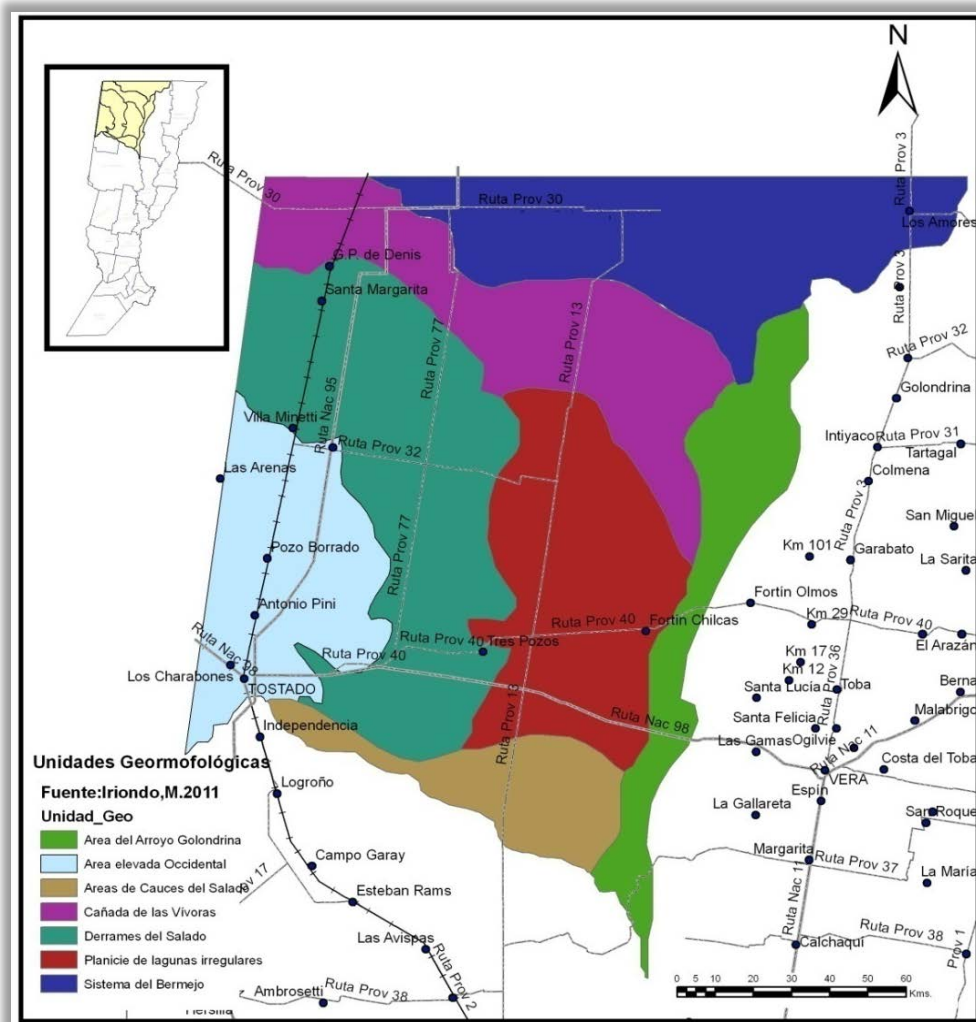


Figura 2.3. Unidades Geomorfológicas. Fuente: adaptado de Iriondo (2011).

Dinámica hídrica superficial

Es una gran planicie, con desniveles de entre 0.30m/km en el O, límite con Santiago del Estero y que llegan a 0.05 m/km en la zona de la depresión central. Tiene una marcada pendiente de NO a SE que aporta sus aguas a través de un sistema de Lagunas a los arroyos Golondrinas-Calchaquí y finaliza en el río Salado. Los suelos, en su mayor parte, arcillo-limosos, tienen pequeña infiltración, con bajos que se colmatan con las lluvias. Figura 2.4. Giacosa *et al.* (2017).

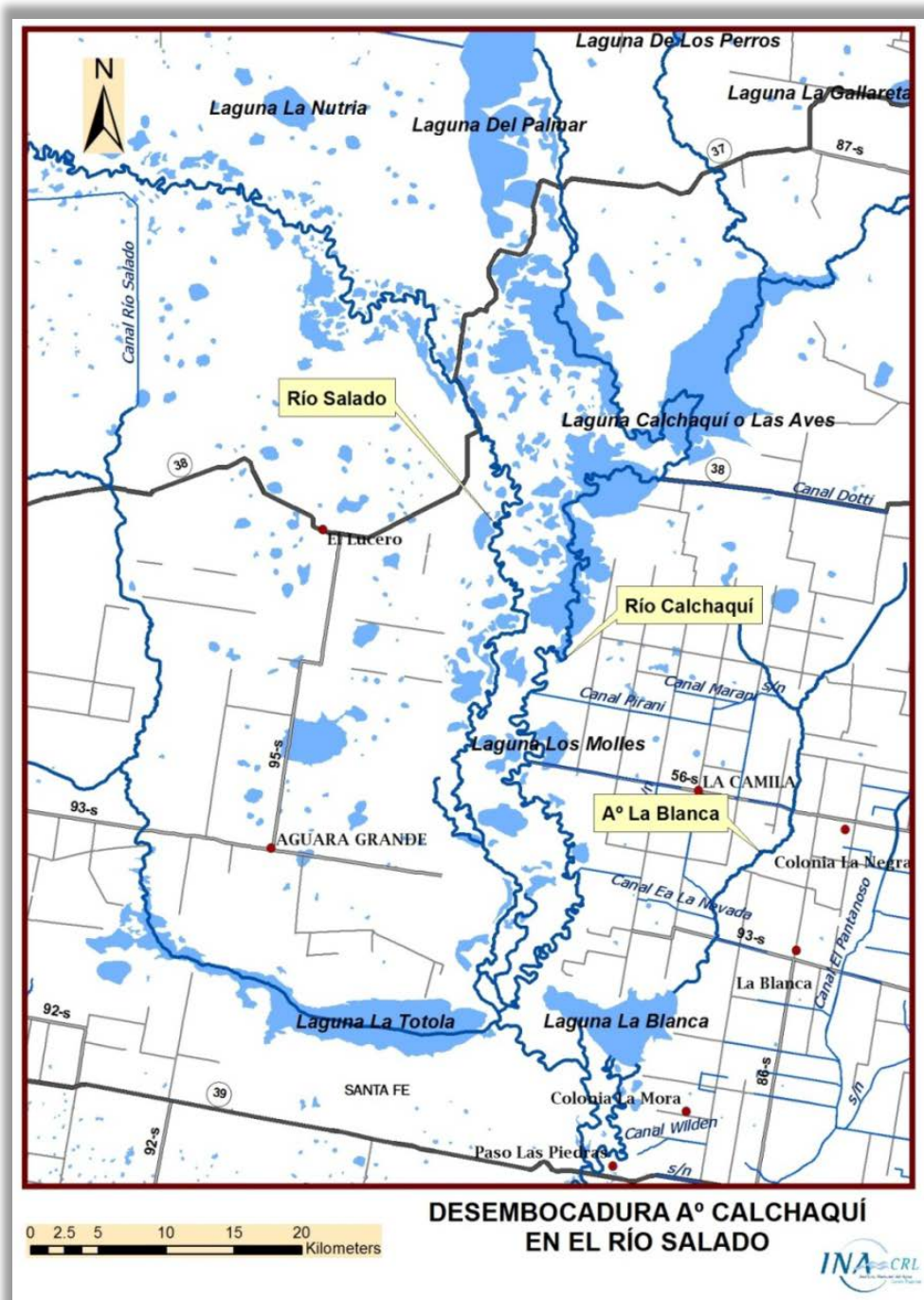


Figura 2.4. Ubicación desembocadura A. Calchaquí en R.Salado.

GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL

Debido a sus características morfológicas, edafológicas y climáticas, no se ha desarrollado en el sistema una red fluvial natural jerarquizada. El área tiene una fuerte intervención por las obras hidroviales de canalizaciones que conforman un sistema de límites definidos en cuanto a la dinámica de aportes y escurrimiento.

En términos hidrológicos prevalecen las componentes de almacenamiento bajo las formas de esteros, lagunas y planicies deprimidas. El escurrimiento superficial es muy lento, ocupa grandes extensiones y en términos cuantitativos es muy pequeño comparado con las otras componentes del balance hídrico.

Durante los períodos hídricos normales y secos, la dinámica hídrica superficial es de tipo laminar hacia bajos y lagunas locales. Luego, el agua se evapora e infiltra desde estos almacenamientos. En estas condiciones predominan los procesos de transferencia de agua verticales (precipitación, infiltración, evaporación) sobre el escurrimiento.

En las últimas décadas, se han construido un sistema de canales que vinculan bajos y lagunas, con el objeto de disminuir los tiempos de anegamientos. Figura 2.5.

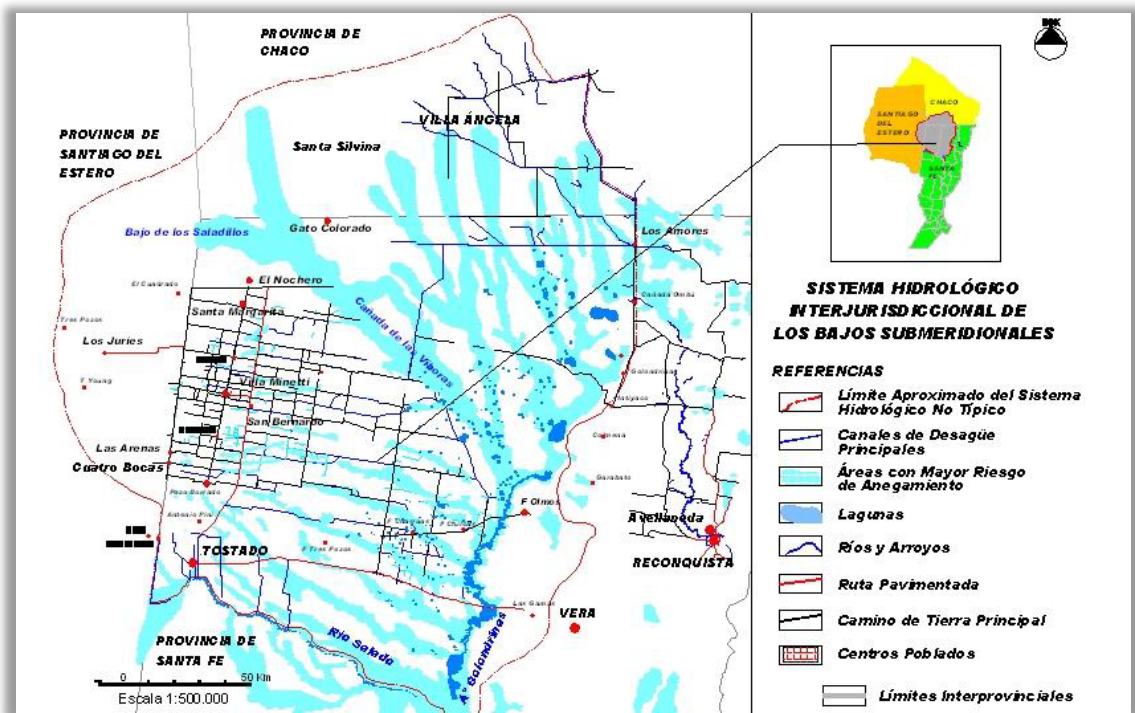


Figura 2.5. Área del Sistema Bajos Submeridionales. Fuente: Ex MASPyMA Pcia. de Santa Fe.

En la actualidad, el escurrimiento de las aguas superficiales muestra un avance del sistema del Salado sobre los otros sistemas de transferencias de aguas superficiales. **En los períodos húmedos ocurren inundaciones de varios meses de duración, que se originan por el ingreso de excesos hídricos desde el NO. Las inundaciones se presentan como láminas de pocos decímetros de espesor, en gran parte de la cuenca inferior del río Salado. Las aguas presentan una dirección predominante al arroyo Golondrinas-Calchaquí, que sirve de colector y confluye al río Salado en el paraje Las Juntas.**

El agua precipitada sobre la superficie del terreno es posible que no tenga inicialmente suficiente gradiente de energía como para organizar escurrimientos horizontales. Predominan entonces los almacenamientos en depresiones de reducida profundidad y grandes extensiones, que por el incremento de carga hidráulica, pueden iniciar procesos de infiltración. Cuando los niveles de los reservorios superan su nivel máximo se producen transferencias horizontales hacia otras depresiones de cota menor mediante escurrimientos superficiales en forma de manto. Todo ello con fuerte influencia de la evaporación. Fertonani y Prendes (1984) definieron estos procesos como Sistemas Hidrológicos no Típicos (SHNT).

En estos ambientes no están definidas las separaciones entre áreas que descargan en una u otra dirección, no existen divisorias de aguas topográficamente nítidas y permanentes. Las tenues dorsales que separan depresiones pueden ser traspuestas, alternativamente en uno u otro sentido por importantes volúmenes de agua en manto como consecuencia de precipitaciones y acumulaciones en sectores parciales de la región.

Es importante considerar en los BBSS, que la dinámica de escurrimiento tiene que ser analizada en el sistema junto con la calidad del agua, lo que hace más complejo el estudio de las evacuaciones y almacenamientos y es ineludible un permanente monitoreo de la calidad para la toma de decisiones.

Comenta Terré: “los canales, aceleran el escurrimiento, encadenando bajos naturales y lagunas para evacuar el agua que naturalmente acumulan y, como consecuencia, facilita el movimiento de sales contribuyendo con el desmejoramiento de la calidad del agua. También analiza, que la construcción del canal Línea Paraná, intercepta el ingreso de agua dulce proveniente de la provincia del Chaco, con el objetivo de contribuir a un modelo productivo basado en la agricultura con suelos de baja aptitud y de alto riesgo.” También menciona “la necesidad de restringir los ingresos por la cañada Los Saladillos desde la provincia de Santiago del Estero para evitar el exceso de sal al sistema suelo agua. [...] cada vez que hay excesos en esa área tenemos muy importantes ingresos a la provincia de Santa Fe, de agua salada por haber pasado previamente por las salinas de la vecina provincia. Ésta se derrama dentro del territorio santafesino, recargando fuentes que antes eran de buena calidad y salinizando suelos [...] es alarmante ver después de cada inundación como se extiende la sal en los suelos de los distritos de Gregoria P. de Denis (El Nochero), Santa Margarita, Gato Colorado y San Bernardo. [...] y considera la solución mediante bordos en forma paralela al escurrimiento para acotar la salinización de fuentes de agua y de suelo.”

En la Figura 2.6 que sigue se muestra la red de canalizaciones de las provincias Chaco y Santa Fe con las tres líneas Tapenagá, Paraná y Golondrinas.

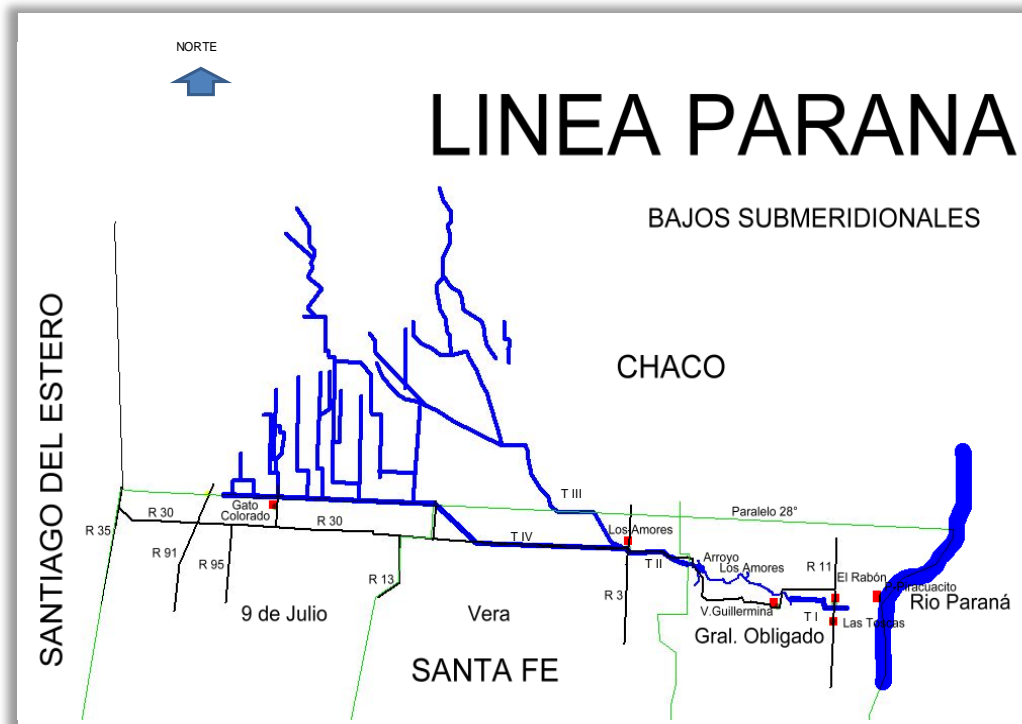


Figura 2.6 Canales línea Paraná.

A continuación se presentan los canales de los BBSS santafesinos correspondiente a Línea Tapenagá, Línea Paraná y Línea Golondrina. Figura 2.7.

Debe tenerse en cuenta que la construcción de obras hidráulicas no puede solucionar todos los problemas “del manejo de los excesos de agua” en los BBSS y que en la búsqueda de soluciones es necesario integrar otros factores que involucren al manejo de los suelos y la gestión para disminuir los escurrimientos a la luz de una mirada diferente.

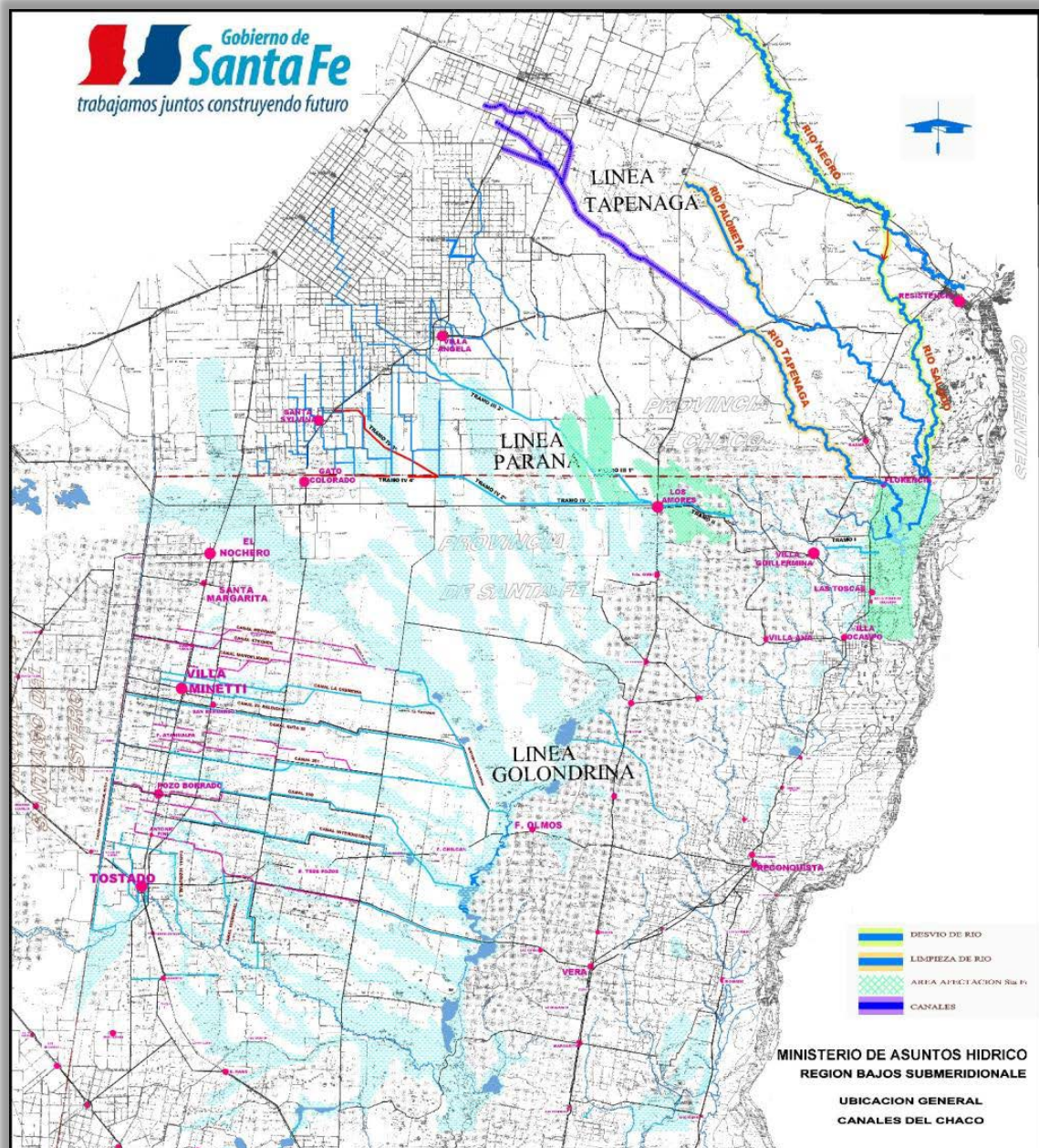


Figura 2.7. Canales Línea Tapenagá, Línea Paraná y Línea Golondrina. Fuente: Ex Ministerio de Asuntos Hídricos.

Referencias

- Fertonani, M. y Prendes, J. (1984). "Sistemas hidrológicos no típicos". Anales del Congreso del agua Olavarría páginas 203, 207.
- Giacosa, R.; Sosa, D.; Orue, R., Monteverde, C.; Macedo, G.; Maciel, J.C.; Nicuesa, R.; Castro, S. (2017). Relevamiento estado de obras de infraestructura hídricas- Bajos Submeridionales Área Provincia de Santa Fe. En el marco del Convenio INA- Provincia de Santa Fe- Consejo Federal de Inversiones. 109 pp

- Iriondo, M. H. (1984). The Quaternary of North eastern Argentine". Quat. South Amer and Antart. Pen., A.A. Balkema Publ. Rotterdam.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. (1995). El Sistema Eólico Pampeano. Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino" (N.S.) 5:1-68.
- Iriondo, M. (2011). Aguas Subterráneas de la Provincia de Santa Fe- ISBN:978-987-24637-2-4- Primera Edición. Museo Florentino Ameghino, Santa Fe 2011. Impreso en Moglia SRL, 264 páginas.
- Kröhling, D. e Iriondo, M. (2003). El loess de La Pampa norte en el bloque de San Guillermo. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología ISSN 1853-636.
- Sosa, D., Genesio, M. y Díaz, E. (1999). Estimación de la conductividad eléctrica del agua de formación en sedimentos loésicos y arenosos en la localidad de Tostado (Argentina). Jornadas de Actualización de Técnicas Geofísicas Aplicadas a la Hidrogeología. Instituto Tecnológico y Geominero de España. Granada. España. Mayo. Pp 347-352.
- Stappenbeck, R. (1926). Geología y Aguas subterráneas de la Pampa Informe Inédito de Obras Sanitarias de la Nación- Departamento Técnico. Investigaciones técnicas- Original en Alemán- Biblioteca de Servicio Geológico Minero Argentino- SEGEMAR.
- Thalmeier, M., Kröhling, D., Brunetto, E. e Iriondo, M. (2018). Sedimentología De La Columna Estratigráfica Cuaternaria de la zona distal del Mega abanico Aluvial del Río Salado-Juramento, Chaco . XVI Reunión Argentina de Sedimentología T-S9: Ambiente Fluvial.

CAPÍTULO 3 - AGUA SUBTERRÁNEA

Sosa, D.; Díaz, E.

El agua subterránea, es la más utilizada por el sector rural, debido a su disponibilidad práctica, presenta altos contenidos de minerales, y sales sobre todo de sulfatos, cloruros y arsénico. Las concentraciones de sales aumentan hacia el N mostrando algunos valores superiores al contenido del agua de mar. En épocas de excesos hídricos los niveles freáticos se elevan cercanos a la superficie y en sequía se profundizan pudiendo superar, en algunas zonas, la decena de metros bajo el nivel del terreno con un gran aumento en la concentración de sales disueltas, Sosa (2013).

Thalmeier *et al.* (2018); en base a datos obtenidos de la región proponen un mapa para toda la Cuenca Nº 22, que incluye a las tres provincias, donde se marca la dirección del escurrimiento subterráneo para los espesores mas someros. Ver Figura 3.1.

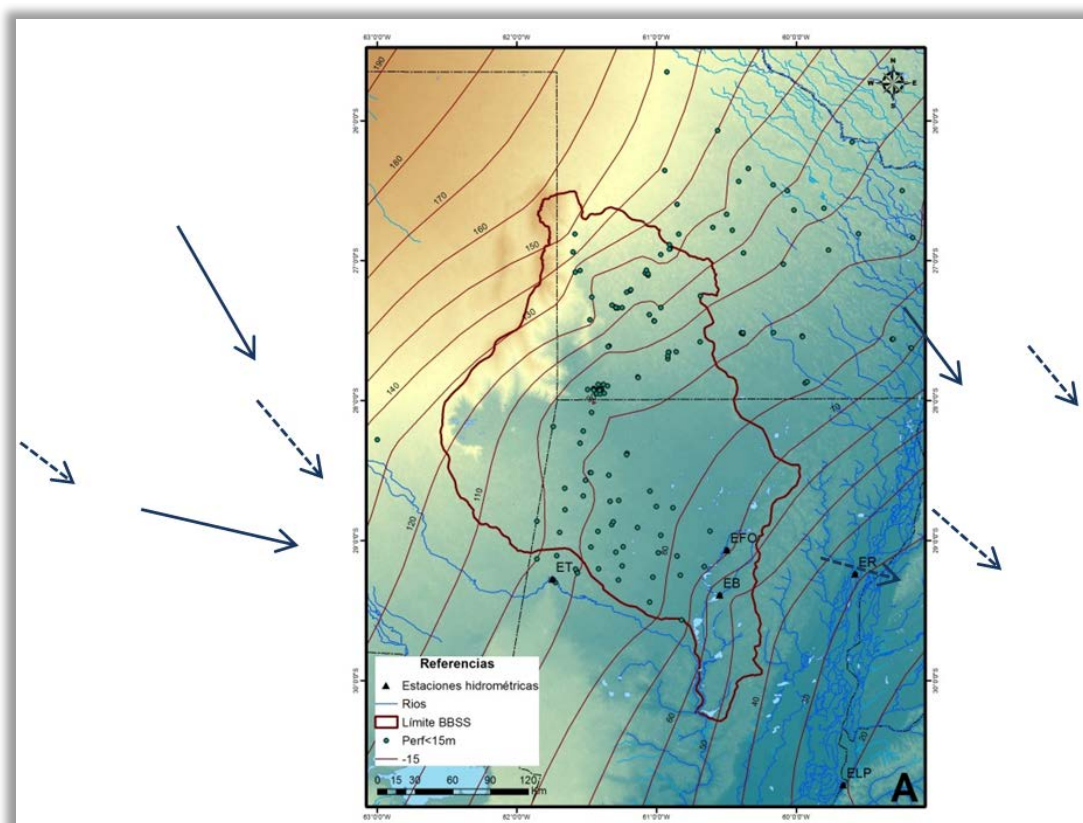


Figura 3.1. Dirección general del escurrimiento subterráneo de los espesores someros.
Fuente: Thalmeier *et al.* (2018).

Las aguas subterráneas, como característica principal, presentan variaciones en el contenido salino tanto en sentido vertical como horizontal a escasos metros. Los movimientos de flujo subterráneo en sentido vertical superan a los horizontales

dificultando la homogeneidad del contenido salino, favoreciendo el almacenamiento. El agua del primer nivel acuífero, cuando los niveles están próximos a superficie, se elevan más rápidamente ante el efecto de las precipitaciones y en época de déficit hídrico drenan lentamente, por los procesos de transferencias verticales de evapotranspiración y percolación.

Como consecuencia del escaso movimiento, producto de las bajas pendientes y la presencia de minerales en la matriz sedimentaria, las aguas adquieren altas concentraciones de sales, con conductividades eléctricas que puede variar desde 1000 a 30000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Sosa *et al.* (2011).

Las aguas de menor concentración de sales, con menor densidad, flotan sobre las más saladas, generando un gradiente salino de menor a mayor concentración, ver Figura 3.2 en donde se presenta un ejemplo de 4 perforaciones a corta distancia una de otra que se encuentran a escasos kilómetros de la Localidad de Tostado En las que se puede apreciar aguas menos densas (conductividades más bajas) que flotan sobre las aguas más densas (conductividades altas o aguas mas saladas).

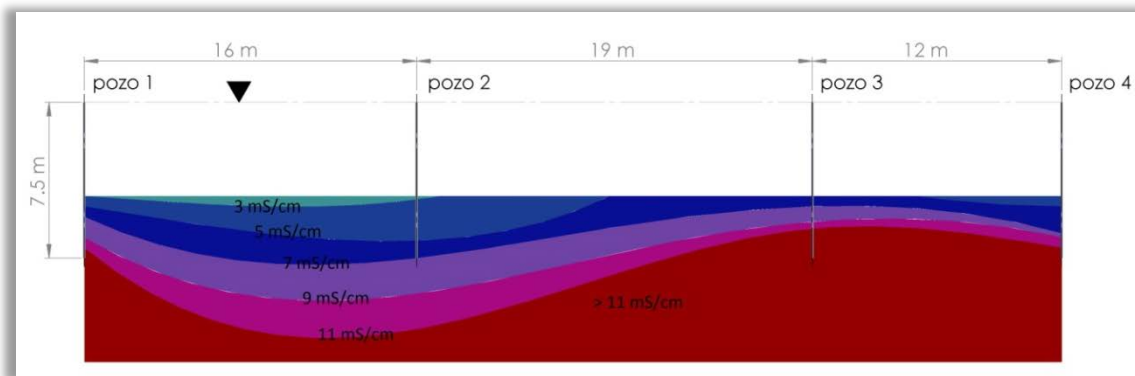


Figura 3.2. Perfil de conductividades eléctricas de las aguas someras.

Para espesores aun más profundos, la Fm. Paraná, considerada como base hidrogeológica para esta descripción, proviene de la sedimentación del mar interior que estuvo durante el Mioceno por ello está saturada con aguas muy salinizadas. Cuando el mar interior se retiró por el ascenso continental, los numerosos lagos/lagunas remanentes concentraron la salinidad por los efectos de la evaporación y del flujo subterráneo regional Thóth (1963) impidiendo su aptitud para uso ganadero, corroborado por perforaciones que ingresaron en esta Formación.

Con la información colectada en el campo durante las tareas realizadas en los años 2008 y 2009 Sosa *et al.* (2008 y 2009) coincidente con un período de sequía, se documentaron, más de 200 sitios con información de la freática, más de 300 sitios con información de conductividades eléctricas del agua y más de 400 sitios donde se realizaron Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Esta base de datos se integró en un Sistema de Información Geográfica (SIG) cuyos resultados se presentan: profundidad de la freática en metros desde el terreno natural, Figura 3.3; conductividades eléctricas del agua organizadas por rangos, Figura 3.4, y los resultados de las interpretaciones de SEV, Figura 3.5. En esta última se clasifica la información de los SEV en tres categorías: sitio apto para perforar, sitio no apto para perforar y sitio dudoso para perforar. En el área de la Cañada de las Víboras se interpretaron curvas SEVs cuyos resultados indican

sitios no aptos para perforar lo que puede asociarse a la presencia de aguas muy mineralizadas con escasa aptitud química para uso ganadero.

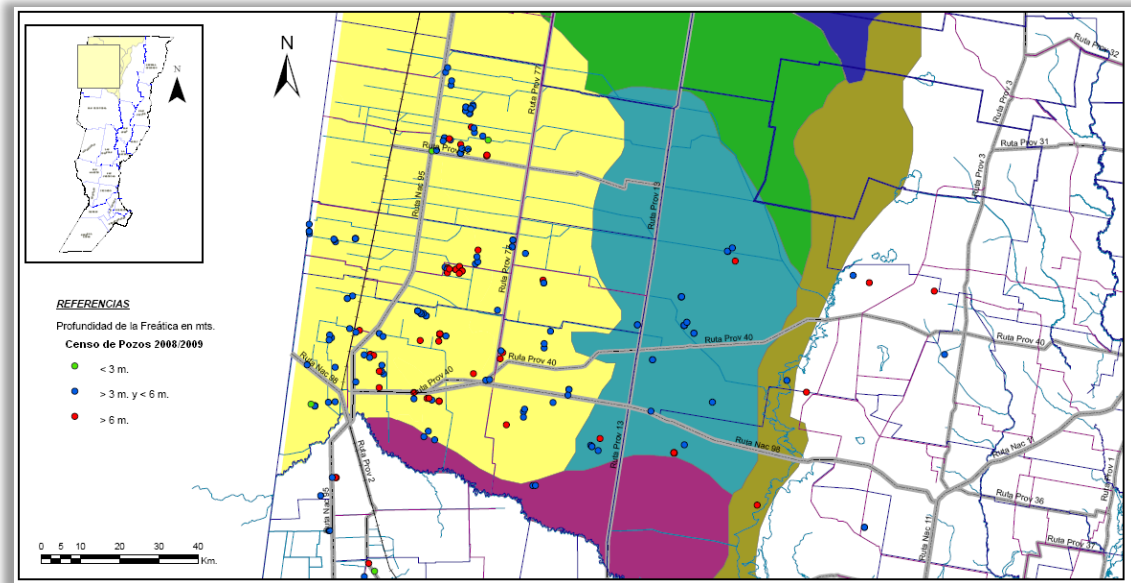


Figura 3.3. Profundidad de la freática desde el terreno natural en m, 2008-2009.

Las conductividades eléctricas tienen relación con el contenido salino, siendo una regla práctica para estimar la salinidad del agua multiplicar las conductividades eléctricas expresadas en unidades $\mu\text{S}/\text{cm}$ por el valor 0,7 para obtener una aproximación de la cantidad de sal en mg/l .

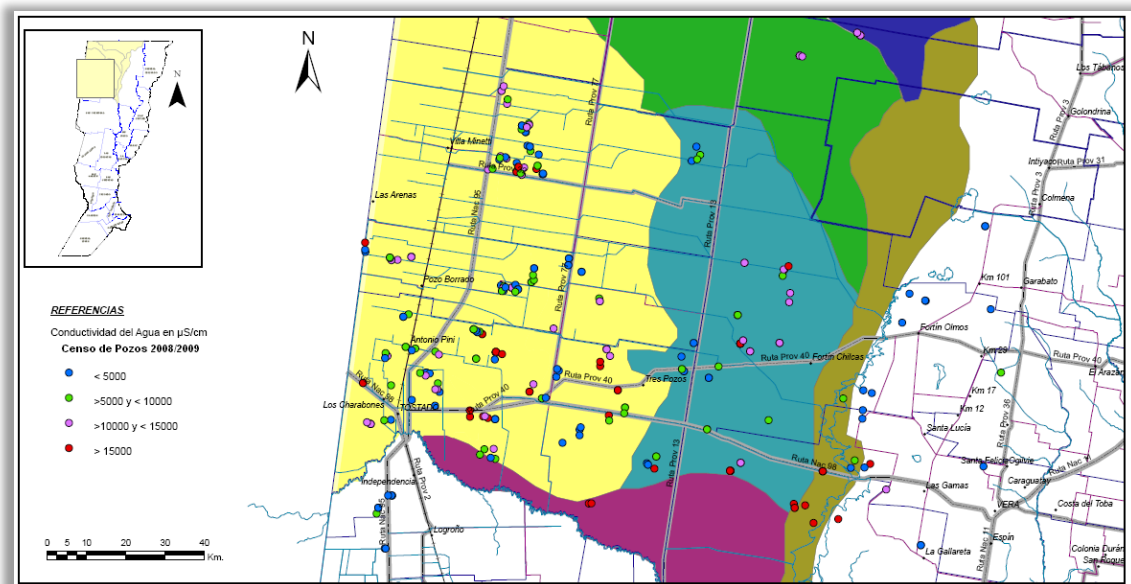


Figura 3.4. Valores de conductividad eléctrica del agua.

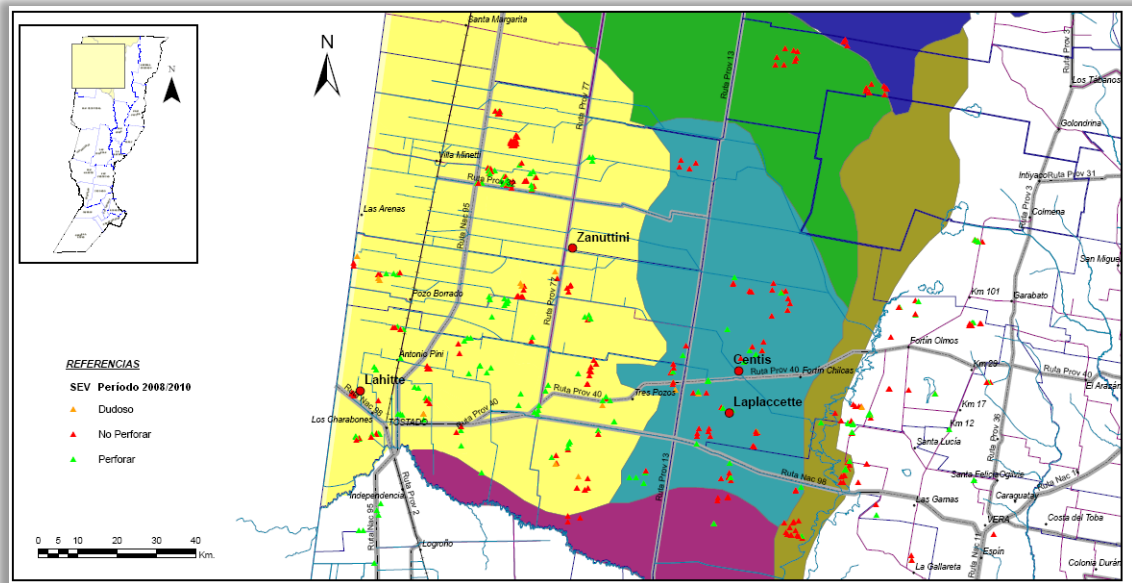


Figura 3.5. Resultados de la Interpretación de los SEV.

Durante el año 2011, se midieron profundidades de la freática en 105 sitios. La máxima profundidad registrada fue de 9 m y la mínima 0 m. Con los datos de campo, se confeccionaron planos mediante un SIG. La Figura 3.6 muestra la profundidad de la freática, si se compara con las determinadas en años secos (2008-2009) Figura 3.3, permite observar que los niveles en el sector central y sur del área se encuentran a menos de 3 m, lo que evidencia, luego de la sequía, una recuperación de los niveles del primer acuífero en los sectores más deprimidos de la región. Este sector, donde los niveles de la freática están más cerca de la superficie, muestra un sitio de condiciones favorable al almacenamiento subterráneo.

En la Figura 3.7 se presenta la conductividad eléctrica del primer nivel acuífero.

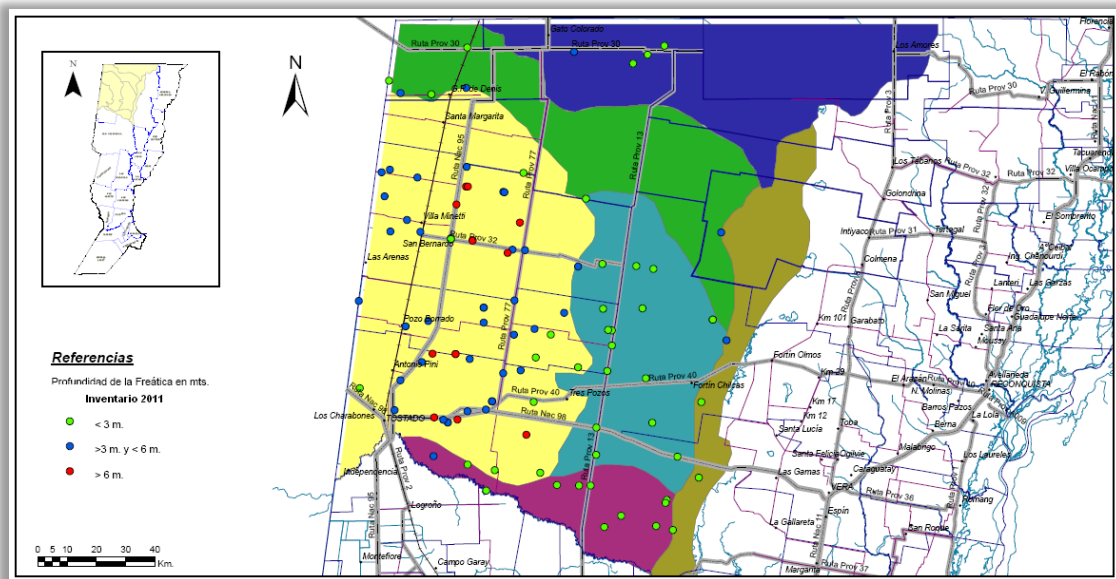


Figura 3.6. Profundidades del agua del primer nivel desde el terreno natural, en m. Inventario 2011.

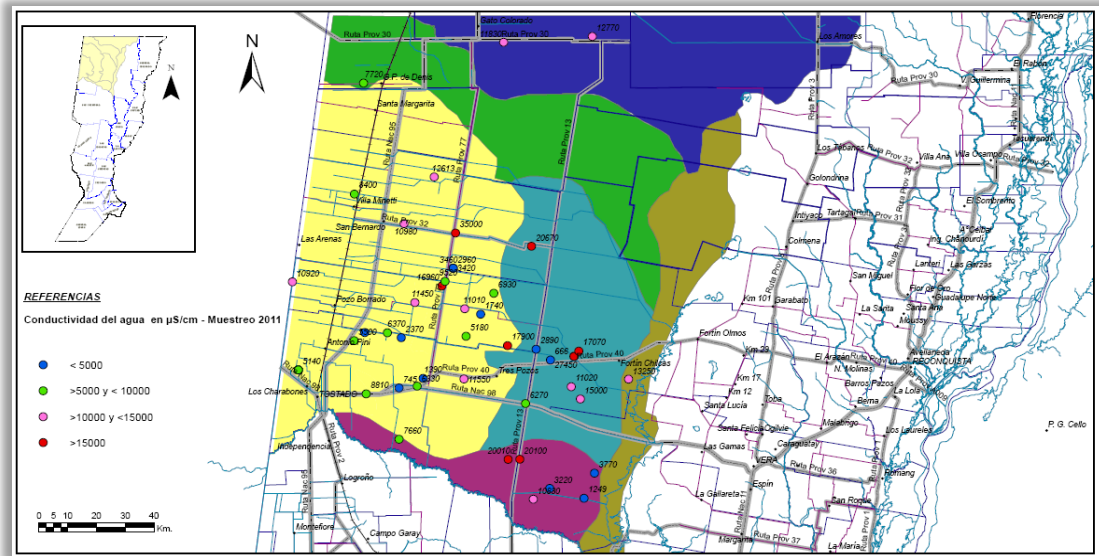


Figura 3.7. Conductividad eléctrica del agua en el inventario 2011.

Datos sobre perforaciones

En la recopilación de antecedentes hidrogeológicos de la Provincia de Santa Fe realizada por Sosa y Palazzo (2000) se obtuvo la descripción litológica de algunas perforaciones, que permitió identificar la presencia de arenas. Según Iriondo (2011) la Fm. Ituzaingó o (las arenas Puelches para otros autores) se extienden hasta 40 Km al E de la localidad de Tostado. En dicha localidad existe un pozo realizado por INA, SPAR hasta 60 m de profundidad en el que se detectó, a partir de los 24 m, la presencia de arena fina. Estos espesores de arena, tienen buenas condiciones para ser utilizado en obras de recarga artificial de acuífero, permitiendo almacenar agua dulce en acuífero salado. La Figura 3.8 se muestran algunos sitios con las profundidades hasta el techo de la arena (o sea donde comienza la arena).

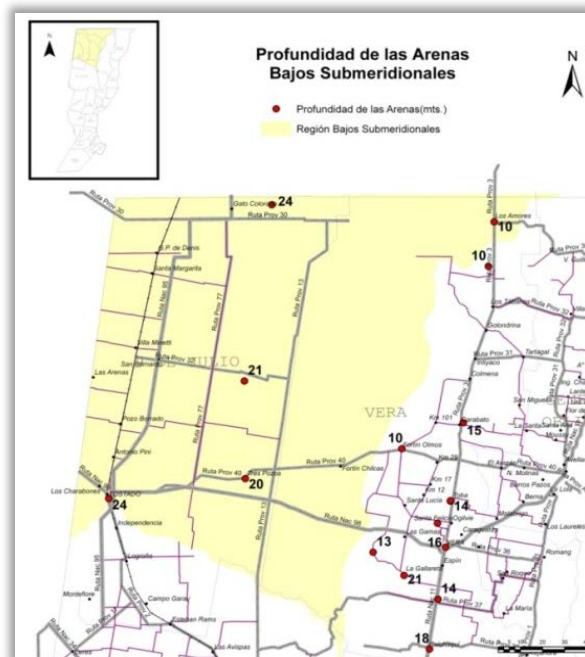


Figura 3.8. Profundidad al techo de la arena en m.

Sistemas Hidrogeológicos no típicos SHGNT

Los SHGNT, fue definido por Sosa *et al.* (2011) a partir del concepto desarrollado por Fertonani y Prendes (1984) donde denominan “Sistemas Hidrológicos no Típicos-SHNT”, para identificar a cuencas de llanuras, como la de los BBSS, donde los límites son difíciles de definir, las aguas superficiales presentan baja energía cinética (de movimiento) y tendencia a almacenarse en depresiones del terreno, características dadas por la escasa pendiente topográfica.

También en estos ambientes de llanuras, se observan características similares en las aguas subterráneas como consecuencia del escaso gradiente hidráulico, en el que hay un fuerte predominio de movimientos verticales sobre los horizontales. Tendencia al almacenamiento y grandes variaciones hidroquímicas en cortas distancias, donde en un mismo espesor conviven aguas de diferentes densidades en un ambiente sedimentario heterogéneo. Estas particularidades propias de estos sistemas de llanura dieron origen a que se propusiera designar como “Sistemas Hidrogeológicos No Típicos- SHGNT”.

Las variaciones salinas encontradas en el sistema sedimento-agua, se reflejan en los contrastes resistivos a partir de la aplicación de métodos geofísicos por prospección geoelectrica. Las bajas permeabilidades de estos sedimentos cuaternarios lo sitúan, en el entorno de los acuitardos. Estos sistemas presentan frecuentemente sectores menos salinos almacenados en los sedimentos más permeables limosos arenosos y son los únicos aprovechables para la producción ganadera y el abastecimiento humano en un vasto sector de la llanura chaqueña. Por lo tanto de gran impacto en las posibilidades productivas de la región. Los sectores más elevados del terreno actúan como divisorias de aguas superficiales y subterráneas.

La recarga del agua dentro del suelo se origina por las precipitaciones; como un efecto pulsante que actúa como pistón, desplazando verticalmente y diluyendo las aguas dentro del acuífero. El reservorio está constituido por aguas de diferente calidad y densidad actuando como líquidos inmiscibles conformes al principio de Ghyben-Herzberg, Ghyben (1889), Herzberg (1901). Cuando se bombea un pozo o perforación, se genera un cono de depresión que las aguas más salinas situadas en el entorno y por debajo ingresan en el pozo provocando que el mismo aumente el contenido salino con el tiempo, siendo esta situación irreversible. El piso de la interface es eléctricamente conductor por efecto del elevado contenido salino, sin límites nítidos, lo que se interpreta como la variabilidad de sedimentos e hidroquímica de los espesores.

Se describen como portadores de agua de mejor calidad: Los “bolsones de agua dulce”, sectores acuíferos con mayor resistividad eléctrica (calidad medida en los estudios geoelectricos), que puede interpretarse por la presencia de sedimentos más permeables que su entorno y los “paleocauces”, relictos de la gran actividad fluvial durante el cuaternario, con sedimentos arenosos.

Hidrogeoquímica

Para toda la Cuenca N°22, o sea incluyendo las provincias de Chaco y Santiago del Estero, Veizaga *et al.* (2018) presentan un mapa con diagramas de Stiff donde se

incluyen sitios de agua superficial y subterránea, Figura 3.9. Estos diagramas, según la forma de cada polígono representado en el mapa, permiten visualizar los contenidos de aniones y cationes dentro del ámbito espacial. Se observa que el catión sodio es el que se destaca en todas las muestras de aguas y los aniones cloruro y sulfato son los que predominan en ese orden.

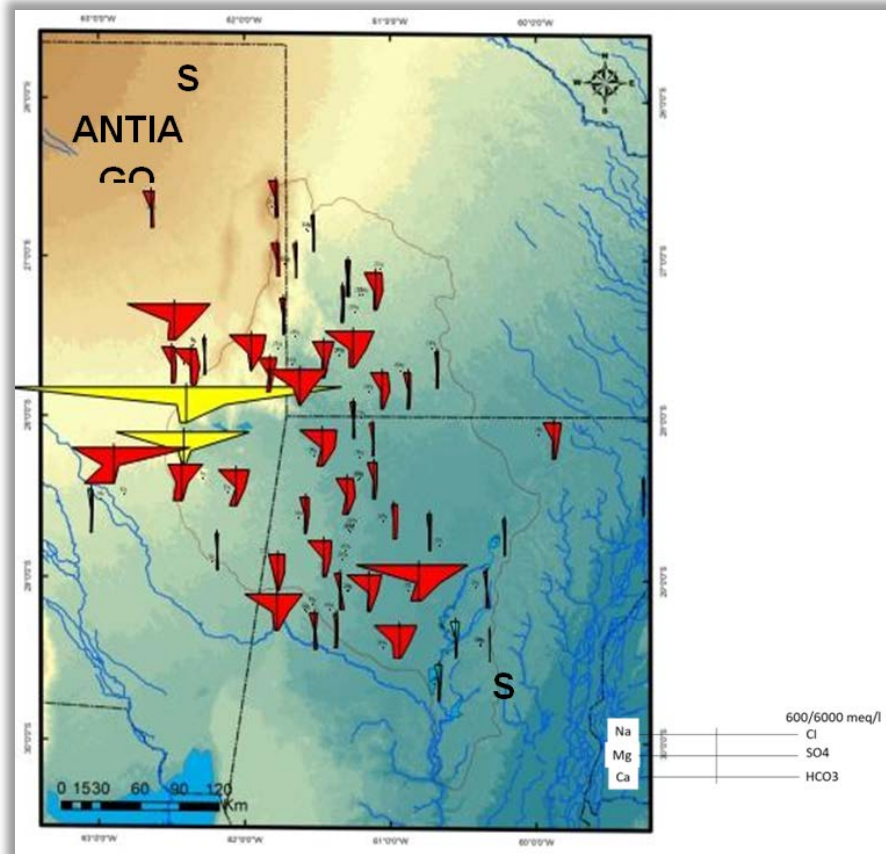


Figura 3.9 Diagramas de Stiff modificados de las aguas subterráneas (rojos) y aguas superficiales (celestes) muestreadas. Nota: los diagramas amarillos corresponden a aguas superficiales para las cuales se utiliza una escala de 6000 meq/l debido a su elevada salinidad. Fuente: Veizaga *et al.* (2018).

En el área de la Provincia de Santa Fe, la primera clasificación de las aguas superficiales y subterráneas de los Departamentos 9 de julio y Vera fue realizada en el siglo pasado, durante la década del '30 y fueron divulgados en 1939 por el Ministerio de Instrucción Pública y Fomento en la Publicación Técnica N°12 "AGUAS DE LA PROVINCIA DE SANTA FE", Gollán y Lachaga (1939). Estos antecedentes regionales fueron los únicos hasta la fecha, encontrándose otros estudios de aguas en áreas más restringidas, Bielsa y Fratti (1981, 1983).

En 2011 se seleccionaron 50 puntos de agua para la toma de muestra para envío al laboratorio del Ex MASPyMA Sosa *et al.* (2011) luego incorporados a un SIG. En laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones: Sólidos totales, Alcalinidad Total, Cloruros, Sulfatos, Amoníaco, pH, Nitrito, Nitrato Arsénico Conductividad eléctrica, Dureza de Calcio, Sodio y Potasio.

En las Figuras 3.10 y 3.11 se presentan los diagramas de PIPER (Piper, 1944) de aniones y cationes del muestreo del año 2011, permite observar el predominio de las

aguas cloruradas sulfatadas sódicas, o sulfatadas cloruradas sódicas como dominantes en el área.

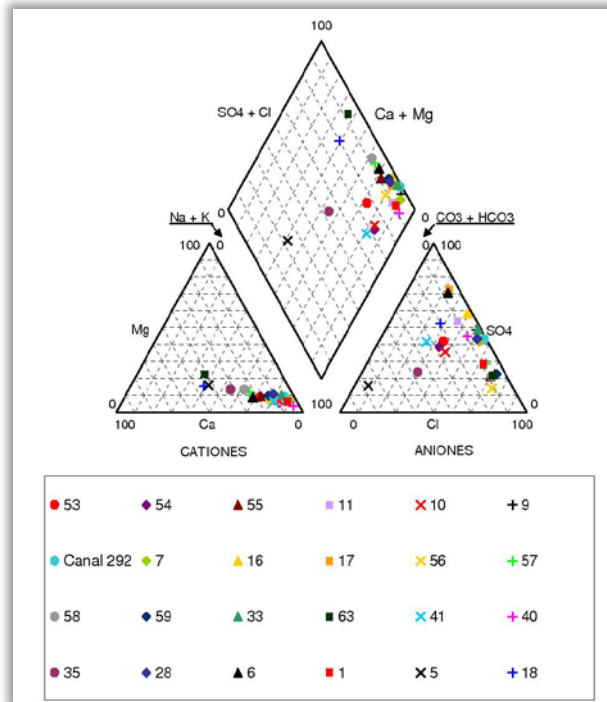


Figura 3.10. Representación gráfica Piper (1944). Fuente: INA-CFI, análisis de agua 2011.

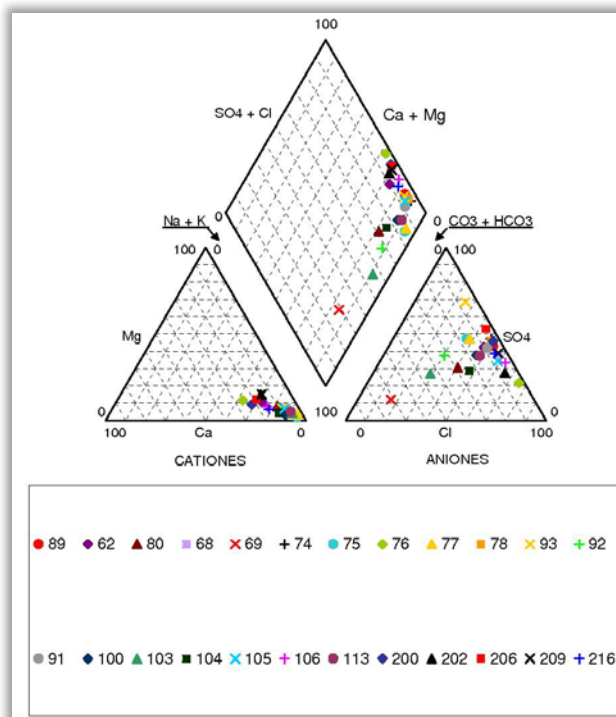


Figura 3.11. Representación gráfica PIPER. Fuente: INA-CFI, 2011.

También se trazaron los diagramas de Schoeller-Berkaloff con igual comportamiento. Figuras 3.12 y 3.13.

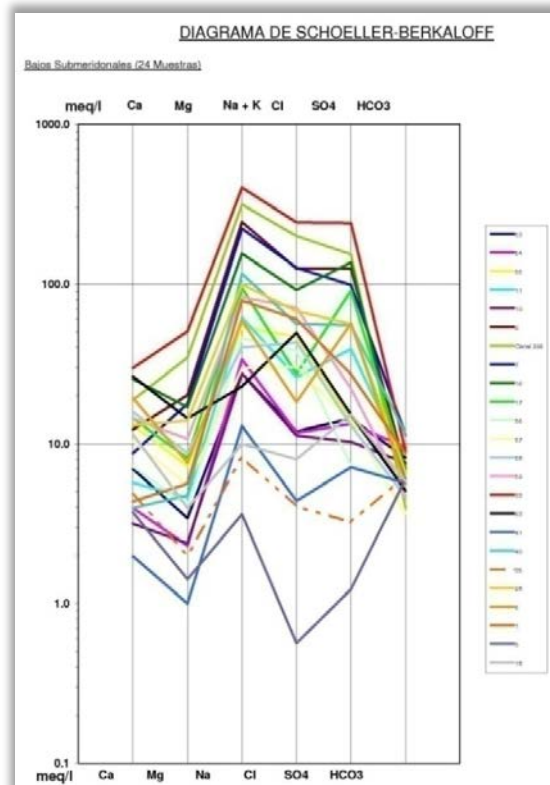


Figura 3.12. Representación de muestras de aguas Schoeller-Berkaloff. Fuente: INA-CFI, 2011.

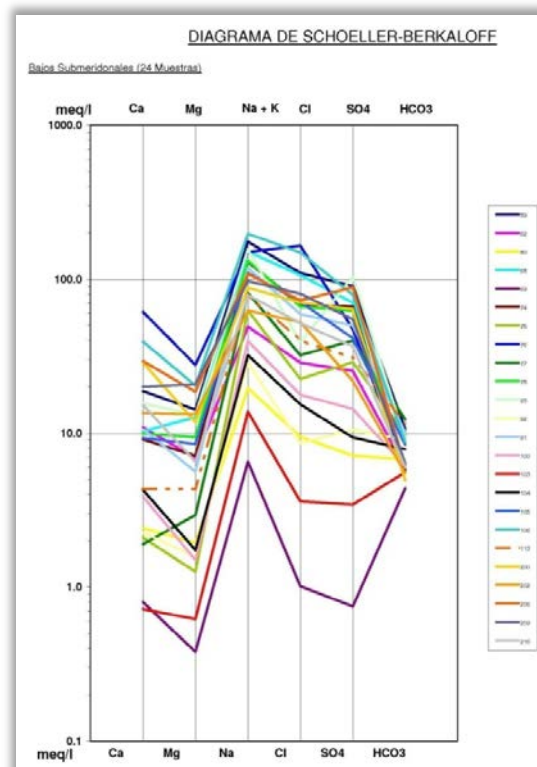


Figura 3.13. Representación de muestras de aguas Schoeller-Berkaloff. Fuente: INA-CFI, 2011.

Aproximadamente el 80% de las aguas presentan aniones de sulfatos y cloruros en cantidades dominantes.

Para analizar la distribución espacial de los grupos identificados se confeccionó, a partir del SIG elaborado, la Figura 3.14.

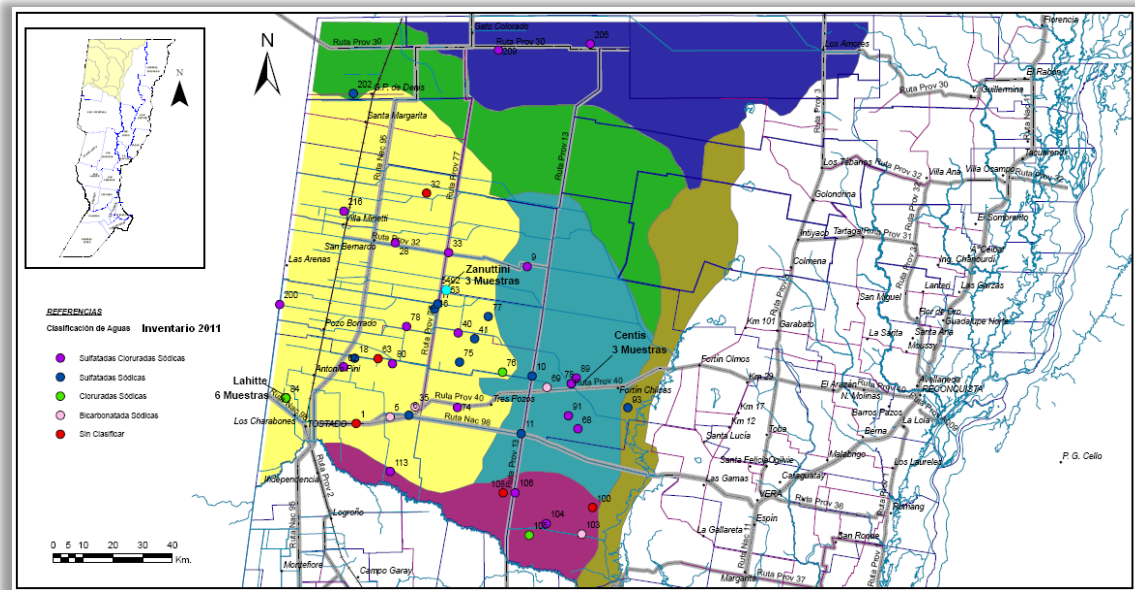


Figura 3.14. Clasificación de aguas por grupos.

En la Figura 3.15 puede observarse los diagramas de Stiff modificado por Custodio (1965), citado por Custodio y Llamas (1976), para el sector santafesino. Que permite, según la forma de cada polígono representado en el mapa, visualizar los contenidos de aniones y cationes en su distribución dentro del área. Se observa que el catión sodio es el que se destaca en todas las muestras de aguas y los aniones cloruro y sulfato son los que predominan. Este último es el más problemático para el ganado vacuno por el efecto laxante, cuando superan los valores límites (500ppm).

A grandes rasgos, se observa un aumento de salinidades hacia el E del Dpto. 9 de Julio y O del Dpto. Vera.

Toda la información analizada dio origen a observaciones del funcionamiento de estos sistemas que se presentaron como Sistemas Hidrogeológicos No Típicos, Sosa et al. (2011).

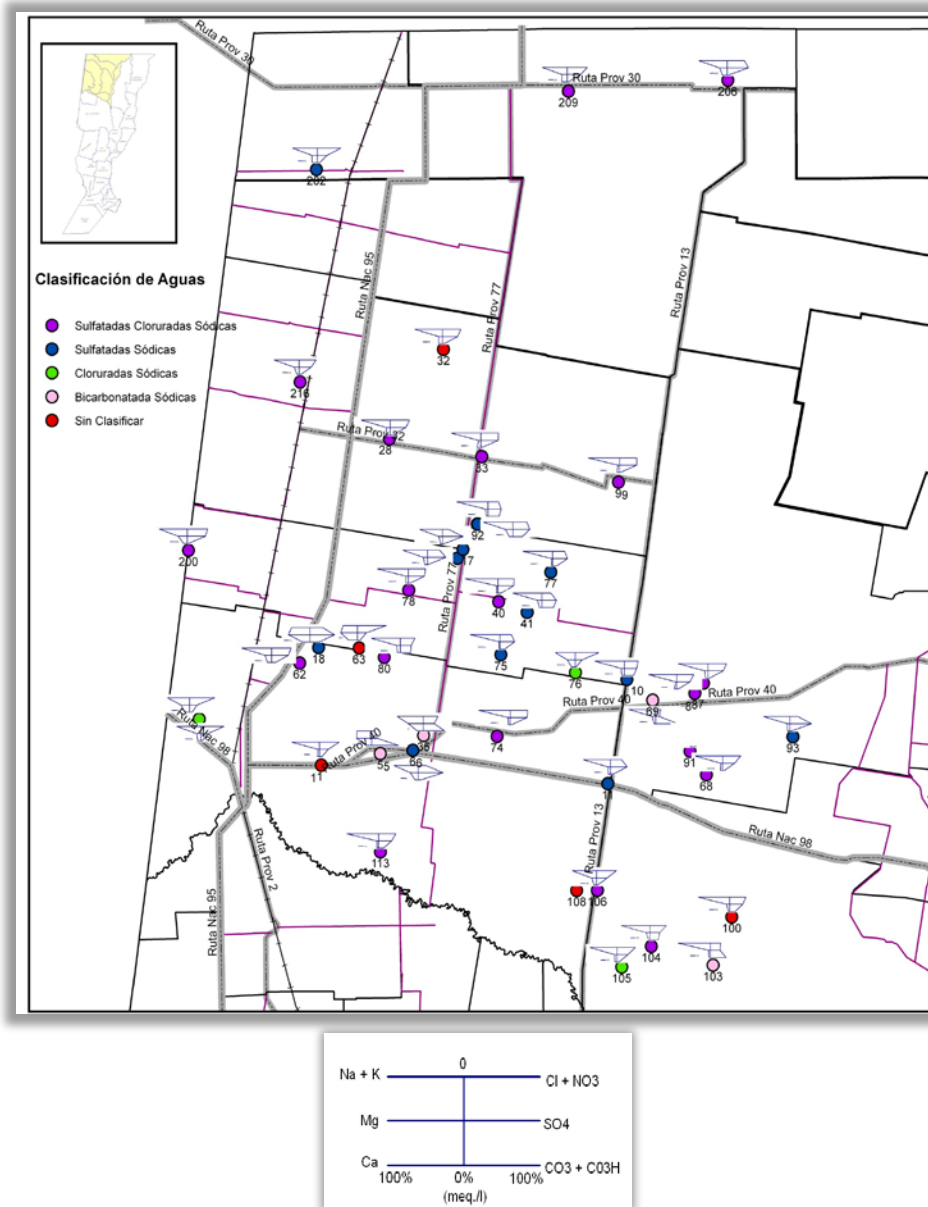


Figura 3.15. Diagramas de Stiff modificados.

Referencias

- Bielsa, I. y Fratti, R. (1983). Consejo Federal de Inversiones. Estudio de las condiciones químicas del agua superficial y freática existente en áreas de embalse para estimar la calidad del agua que operan las obras propuestas -Programa de desarrollo agropecuario para la región de Bajos Submeridionales - provincias de Chaco, Santa Fe y Santiago del Estero.
- Custodio, E. y Llamas, M. R (1976). Hidrología Subterránea. Ediciones OMEGA SA.
- Fertonani, M. y Prendes, J. (1984). Sistemas hidrológicos no típicos. Anales del Congreso del agua Olavarría páginas 203, 207.
- Ghyben, B.W. (1889). Nota en Verband met die voorgenomen put boring nabij. Amsterdam Kononkl. Inst. Eng. Tijdschr. 1888–1889, 8–22.

- Gollán, J. y Lachaga, D. (1939). Aguas de la Provincia de Santa Fe. Publicación Técnica Nº 12. Santa Fe. - Ministerio de Instrucción Pública y Fomento- Instituto experimental de investigación y fomento agrícola ganadero- Departamento de química agrícola y edafología.
- Heredia Díaz J., Rodríguez L., Sosa D., Veizaga E., Thalmeier, B. , Moreno L. , Marchetti Z., Díaz E., Castro S. (2018). Indicios Isotópicos de Circulación Regional en el Sistema Hidrogeológico de los Bajos Submeridionales. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, Salta, Argentina.
- Herzberg, B. (1901). Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder, Journal Gasbeleuchtung Wasserversorg. 44, 815-844.
- Iriondo, M. (2011). Aguas Subterráneas de la Provincia de Santa Fe- ISBN:978-987-24637-2-4- Primera Edición. Museo Florentino Ameghino, Santa Fe 2011. Impreso en Moglia SRL, 264 páginas.
- Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. American Geophysical Union, San Francisco, Papers, Hydrology, 914-923.
- Schoeller, H. (1962). Les eaux souberraines. Ed. Masson, Paris.
- Sosa D. y Palazzo R. 2000. Recopilación de información Hidrogeológica Informe técnico Inédito del Instituto Nacional del agua y el Ministerio de Asuntos Hídricos Provincia de Santa Fe.
- Sosa, D.; Genesio, M. y Veizaga, E. (2008). Prospección Geoeléctrica en establecimientos ganaderos del norte santafesino Departamento 9 de julio Informes técnicos del Instituto Nacional del Agua (INA), Centro Regional Litoral (CRL) inéditos entregas 1,2 y 3 Convenio Específico N°3 INA-MASPyMA (Ministerio del agua Servicios Públicos y Medio Ambiente).
- Sosa, D.; Schmidt, F.; Genesio, M. (2009). Prospección Geoeléctrica en establecimientos ganaderos del norte santafesino Departamento Vera Informes técnicos del Instituto Nacional del Agua (INA) , Centro Regional Litoral (CRL) inéditos entregas 1,2 y 3 Convenio Específico N°6 INA-MASPyMA (Ministerio del agua Servicios Públicos y Medio Ambiente).
- Sosa D., Díaz E. Castro S.; Genesio M. (2011) "Sistemas Hidrogeológicos No Típicos En La Llanura Chaqueña Y Las Obras De Recarga" Publicado en el libro digital ISBN 978-987-27407-0-2 libro del Seminario Hispano Latinoamericano de la hidrología Subterránea, Salta del 18 al 21 de octubre.
- Sosa, D.; Picatto, H.; Genesio, M.; Pratto, M.; Vergini, E.; Mergiola, P. y Bernal, G. (2011). Comportamiento de las aguas subterráneas en el noroeste de la provincia de Santa Fe. Producción ganadera. Informe final. Inédito Convenio CFI –INA. 128 pp. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2011/01/49231.pdf>.
- Sosa, D; Díaz, E; Genesio, M.; Vergini, E. (2012). Los flujos subterráneos locales intermedios y regionales en la hidroquímica de los Bajos Submeridionales. XI Congreso latinoamericano de Hidrogeología, ALSUD. Cartagena de Indias, Colombia.

- Sosa (2013). El agua, excesos y déficit en la producción agrícola de secano y Pecuaria dentro de la cuenca inferior del río Salado. <http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/10158>.
- Sosa, D.; Heredia, J.; Díaz, E.; y Rodríguez, L. (2015). El agua subterránea y la reconversión sustentable en un gran humedal regional: Los Bajos Submeridionales (Chaco Argentino). Segundas Jornadas- El papel del agua subterránea en el funcionamiento de los humedales. AIH. Girona, España
- Thalmeier, M.; Rodríguez, L.; Heredia, J.; Sosa, D.; Veizaga, E.; Díaz, E.; Marchetti, Z.; Castro, S.; Moreno Merino, L.. (2018). Patrones de flujo regionales del Gran Chaco Argentino: Región de los Bajos Submeridionales. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología. Salta, Argentina.
- Tóth, J.A. (1963). Theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Journal of Geography*. Res, Vol. 68(16), 1963, pp. 4795–4812.
- Veizaga E.; Rodríguez, L.; Heredia, J.; Sosa, D.; Moreno Merino, L.; Thalmeier, B.; Díaz, E.; Marchetti, Z. (2018). Contribución a La Caracterización Hidrogeoquímica Regional de Los Bajos Submeridionales en El Chaco Argentino. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología. Salta, Argentina.

CAPÍTULO 4 - SUELOS Y VEGETACIÓN

Parte I - Suelos

Befani, M.R., Hernández J.P., Boschetti, N.G., Quintero C.E.

Principales características y limitaciones

Introducción

El ambiente en los BBSS santafesinos dominante es hidromórfico, y los suelos presentan características asociadas al hidromorfismo tales como moteados y concreciones de hierro y manganeso, mostrando además exceso en el contenido de sales y/o álcalis, por efecto de las napas de agua que poseen altas concentraciones de sales disueltas. Según lo expresado por Morrás (2017) la conjunción de clima húmedo, ausencia de un sistema de drenaje superficial organizado y cercanía a la superficie de la napa freática, que se da en los BBSS, origina inundaciones periódicas en las que las aguas se desplazan lentamente en manto o permanecen estancadas en las depresiones del terreno. En las épocas de excesos de precipitaciones las pequeñas variaciones topográficas juegan un rol determinante en la hidrología superficial y determinan la existencia de distintos planos de anegamiento y también la profundidad en la que se encuentra la napa freática salina, que regula las características y la extensión de los suelos halomórficos que caracterizan a la región.

La composición geológica del Chaco santafesino hasta unos cien metros de profundidad está integrada por varias formaciones sedimentarias cuaternarias depositadas sobre un sustrato marino mioceno (Formación Paraná). Dichas formaciones cuaternarias son loessicas en el oeste, palustres en la zona central, y fluviales en el este Iriondo (2012). Por consiguiente, en la Zona de los Bajos, los suelos derivan de sedimentos acumulados en un ambiente palustre, de espesor variable entre 0,25 y 2 metros, que corresponden, según la denominación de Iriondo (2012), a los Sedimentos Palustres Superficiales, y constituyen la parte superior de la columna geológica cuaternaria en la región central del Chaco Santafesino (Bajos Submeridionales). Está formada por un cuerpo de sedimentos limo-arcillosos grises y gris verdosos, de granulometría limo arcillosa. En su composición mineralógica domina el cuarzo y la arcilla del tipo illítica, con porcentajes variables de concreciones ásperas de CO_3Ca de 1 a 3 cm de largo. Un aspecto a remarcar es que entre los minerales arcillosos la illita es casi excluyente. La edad es holocena superior, aproximadamente 8500 años antes del presente. En casi toda la región esta Formación aparece en dos secciones, una superior con ciertas características eólicas, limo-arcillosa con escasa resistencia a la penetración, y otra inferior netamente palustre que aparece con

espesores de 0,60 a 1,10 m en discordancia sobre la Fm. Fortín Tres Pozos. Los menores espesores observados (unos 15 cm) aparecen sobreyaciendo a arenas aluviales muy finas en la Cañada de las Víboras.

Estos sedimentos Palustres Superficiales están en discordancia con el techo de la Formación geológica Fortín Tres Pozos, depósito palustre que forma el relleno de la parte central del Chaco Santafesino. Este material se depositó en un período que abarcó los últimas decenas de miles de años hasta 8500 años antes del presente e indica que en ese tiempo todo el territorio estuvo inundado formando un gran pantano. Se encuentra en todo el lóbulo de derrame del Bermejo y el Sistema Geomorfológico del Salado. Tiene un espesor de 15 a 25 metros, de color gris verdoso a marrón grisáceo, de granulometría limo arcillosa. Está formada por tres miembros de espesores similares. El inferior compuesto por limo grueso y limo fino en porcentajes similares, seguidos por arcilla y coloides, en orden de abundancia. El miembro medio presenta predominio de limo fino, con proporciones similares de limo fino y arcillas subordinadas. El miembro superior contiene más de 60 % de arcilla, seguido por limo fino y coloide, con escaso limo grueso. La arena es muy fina y en proporciones entre el 4 y el 12 %. En relación a la composición mineralógica, está dominada por cuarzo e illita, con porcentajes variables de carbonatos Iriondo (2012).

Procesos formadores de los suelos de los BBSS de Santa Fe

Los suelos en los ambientes de los BBSS presentan tres procesos pedogenéticos dominantes, generalmente superpuestos, con sus correspondientes potenciales y problemas, que limitan la selección y el manejo de los cultivos. Esos procesos son: hidromorfismo, salinización y sodificación, que dan como resultado una alta heterogeneidad espacial en la distribución de los suelos, su composición y su dinámica. En las partes más bajas, el drenaje es deficiente con presencia de la napa freática que fluctúa y/o está en superficie y produce encharcamiento, con la correspondiente saturación temporaria de los suelos o permanente en algunos horizontes. Conjuntamente con el alto grado de hidromorfismo, la napa de agua aporta sales de sodio a los suelos, generando horizontes con exceso de este elemento en el complejo de cambio. La intensidad de éstos procesos está condicionada por el relieve general y por la microtopografía local, lo que remarca la importancia de este factor formador en la evolución de los suelos de la región y en el manejo que se haga de ellos, en función de la posición del relieve en que se encuentren Panigatti, (2017).

Con el nombre de hidromorfismo se designa a un conjunto de procesos que se originan por la saturación con agua del perfil de suelo, o una parte de él, durante períodos más o menos prolongados, lo que provoca déficit de oxígeno. Ese exceso de agua origina rasgos redoximórficos en el perfil, por las reacciones de reducción y oxidación del hierro y el manganeso, como resultado de la alternancia de períodos de anaerobiosis (poros totalmente saturados con agua) y la posterior aerobiosis, típicas de estos ambientes. El déficit de oxígeno también se refleja en otras características como la reducción de sulfatos con aparición de sulfuros, la producción de metano, la desnitrificación, retardo o inhibición de la humificación, etc. Imbellone *et al.* (2010).

Los suelos halomórficos o suelos afectados por sales son los que contienen concentraciones excesivas de sales solubles, de sodio intercambiable o ambas. Para la

producción agropecuaria representan una seria limitación, porque restringen o anulan el crecimiento de los vegetales, y en consecuencia, disminuyen o anulan el rendimiento económico de los cultivos y/o praderas. Comprenden dos clases principales de suelos: los suelos salinos y los suelos sódicos.

Se define como suelos salinos aquellos en los que se produce una acumulación de sales más solubles que el yeso (solubilidad del yeso dihidratado 2,04 g/l) en cantidad suficiente como para interferir en el crecimiento de la mayoría de los cultivos. El proceso de acumulación de sales en el suelo se denomina salinización. Las sales que predominan son sulfatos (SO_4^{-2}) y cloruros (Cl^-) de sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}). Estas sales, dada su alta solubilidad, siguen los movimientos ascendentes, descendentes y laterales del agua. Inciden sobre los cultivos por la alta concentración osmótica de la solución edáfica pero no inciden directamente en forma desfavorable sobre las propiedades físicas de los suelos. Si bien, pueden presentarse en algunas circunstancias, napas que limitan el almacenamiento de agua, los suelos salinos se encuentran siempre floculados, debido al exceso de sales y a la ausencia de cantidades significativas de sodio (el catión Ca^{+2} domina en el complejo de intercambio). Por lo tanto, la permeabilidad es igual o mayor a la de suelos similares no salinos.

La sodificación es el proceso en el cual aumenta el contenido de sodio intercambiable pero no necesariamente se produce un incremento de pH. El pH de estos suelos está influenciado por los aniones del suelo. Así, si además de incrementarse el sodio intercambiable hay acumulación de carbonato de sodio (Na_2CO_3), el proceso se denomina alcalinización. La hidrólisis del sodio intercambiable o del Na_2CO_3 , produce un incremento del pH a valores de alrededor de 10, que son los que caracterizan a los suelos alcalinos. En estas condiciones, se produce dispersión de arcillas, y de la materia orgánica, Porta *et al.* (1994). Estos suelos no contienen gran cantidad de sales solubles neutras y la acción dispersante del sodio sobre las arcillas y la solubilización de la materia orgánica afecta directamente a las propiedades físicas del suelo, debido a la poca estabilidad de los agregados. Los suelos sódicos tienen suficiente concentración de sodio en solución y en forma intercambiable en los coloides edáficos como para afectar adversamente la producción de los cultivos y la estructura de la mayoría de los suelos. Por último, los suelos salinos - sódicos son aquellos que contienen una elevada proporción de sales más solubles que el yeso y de sodio intercambiable. Son el resultado de los procesos combinados de salinización y sodificación. Presentan en solución suficiente cantidad de sales, especialmente Na_2SO_4 , como para afectar la absorción de las plantas y la producción económica de los cultivos, y si estas sales se lixivian se produce un deterioro marcado de las características edáficas físicas como ocurre en los suelos sódicos. Generalmente contienen carbonatos (CaCO_3 y MgCO_3) precipitados pero nunca cantidades apreciables de sulfatos (CaSO_4) Porta *et al.* (1994). Su apariencia y propiedades son similares a los suelos salinos, el pH raramente supera 8,5 y las partículas finas permanecen floculadas. Si se lava el exceso de sales, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticos a los suelos sódicos.

Los suelos halomórficos se clasifican como suelos salinos cuando la conductividad del extracto de la pasta saturada es mayor a 4 dS/m, mientras que son suelos sódicos cuando el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es mayor a 15%,

Imbellone *et al.* (2010). Para establecer la clasificación química correspondiente a los suelos halomórficos, además de estos dos parámetros se considera el valor de pH, según lo que puede observarse en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Clasificación de los suelos halomórficos según Richards (1954).

Clase de Suelo	CE (dS/m)	PSI (%)	pH
Normal	< 4	< 15	< 8,5
Salino	> 4	< 15	< 8,5
Salino sódico	> 4	> 15	< 8,5
Sódico	< 4	> 15	> 8,5

CE: conductividad eléctrica; PSI: porcentaje de sodio intercambiable

El crecimiento de las plantas en medios salinos y alcalinos, resulta afectado por factores físicos, químicos y biológicos interconectados, como estrés osmótico, toxicidades específicas, efectos nutritivos y cambios en las propiedades físicas del suelo, que dan lugar a limitaciones en la disponibilidad del agua para el vegetal. Estos factores normalmente causan una disminución en la producción de biomasa y agrónomicamente de los rendimientos Lavado y Taboada (2017). Se necesitan prácticas adecuadas de mejoramiento, lavado y manejo, para que las condiciones del suelo sean aceptables para el crecimiento de plantas. Las sales pueden lavarse en los períodos húmedos, sin embargo para recuperar suelos sódicos no basta con el lavado del suelo. Hay que provocar el desplazamiento del ión sodio adsorbido por el coloide en proporciones inconvenientes y reemplazarlo por otro catión más adecuado para conformar un suelo favorable al desarrollo vegetal. Usualmente se utiliza el agregado de yeso (SO_4Ca), para que el Ca^{+2} en exceso desplace al Na^+ del complejo de intercambio. Al respecto, Hein y Hein (1986) estudiaron dos suelos de los BBSS: un Natracuol típico y un Natracualf típico, caracterizados por un predominio de sales solubles del tipo cloruradas y sulfatadas, con el Na como catión dominante. Evaluaron durante 4 años la evolución de los parámetros relacionados con la salinidad y/o alcalinidad, bajo distintas condiciones hídricas. Produjeron condiciones de anegamiento controlado, conduciendo el agua de lluvia y así lograron disminuir la salinidad, pH y PSI; sin embargo, esas modificaciones resultaron temporarias, debido a la existencia de napas cercanas a la superficie cargadas de sales y álcalis, que al secarse el perfil, regeneraron las condiciones originales de salinidad y alcalinidad. Así se evidencia el efecto marcado que ejerce la profundidad de la napa freática y su contenido de sales.

Características físicas y químicas de los suelos de los BBSS de Santa fe

En el ámbito del Proyecto “Contribución al conocimiento hidrogeológico e hidrológico de los Bajos Submeridionales dirigido a su desarrollo productivo y al manejo ambientalmente sustentable” ASaCTel, (2018), durante el mes de marzo de 2018 se realizó un relevamiento de suelos en la planicie central inundable de los BBSS (Figura 4.1), cuyas características químicas y fisicoquímicas se presentan en la Tabla 4.2. Allí resaltan como características relevantes en la mayor parte de los suelos

estudiados, los altos porcentajes de sodio intercambiable (mayores al 20 %) y la elevada salinidad que presentan.

Tabla 4. 2. Características fisicoquímicas y químicas de las variables edáficas en horizontes superficiales y subsuperficiales de suelos de la planicie central inundable de los BBSS.

Sitio N°	Horiz.	CIC [comlkg ⁻¹]	Ca ⁺² [cmolkg ⁻¹]	SB [%]	PSI [%]	CE [dS m ⁻¹]	pH	COT [g kg ⁻¹]	Pe [mgkg ⁻¹]
1	A	19.2	11.1	138	57	10.5	7.3	22	20.6
	B	28.3	13.1	125	66	12	7.8		28.4
2	E	19.4	10.3	139	62	12.2	7.8	24	29.4
	B1	27	12.5	119	48	7.9	8.1		33.2
	B21	31	15.3	111	42	4.8	8.6		46.4
3	A	16	7	142	65	3.5	9.6	10	45.6
	B	26.3	12.1	133	65	3.1	9.7		52.5
4	A	29.6	13.3	87	20	3.5	7.5	33	15.4
	B	38.6	14.5	105	42	12.6	7.6		21.8
5	A	22	10.4	132	39	4.2	7.4	31	19.5
	B	33.5	9.6	98	46	9.6	8		26.5
6	A	23.3	12.8	87	22	1.8	7.7	24	10.1
	B	29.1	10	113	57	4.3	9		19
7	A	31.5	16.5	94	27	8.3	7.5	26	8.5
	B	37.3	16.3	108	46	15.6	7.9		22.4
8	A	29.4	14.7	82	15	5.2	7.3	22	33
	B	34.2	31.9	140	30	26.1	7.5		29.9
9	A	30.3	11.6	56	2	0.7	7.5	20	89.3
	B	27.8	10.6	65	3	0.9	7.3		52
10	A	31	14.5	83	20	6.1	7.1	26	41.6
	B	37.5	15	94	30	8.9	7.3		53
11	A	33.5	17.1	110	38	20.2	7.2	26	52.9
	B	37.8	15.1	109	49	26.5	8.1		93.1

Sitios 1 a 11: se corresponden con la ubicación de los puntos de muestreo indicados en la Figura 4.1. Horiz.: horizonte; CIC: Capacidad intercambio catiónica; Ca⁺²: Ca intercambiable; SB: saturación básica; PSI: porcentaje sodio intercambiable; CE: conductividad eléctrica; COT: Carbono orgánico total; Pe: fósforo extraíble. Fuente: ASaCTel, (2018).

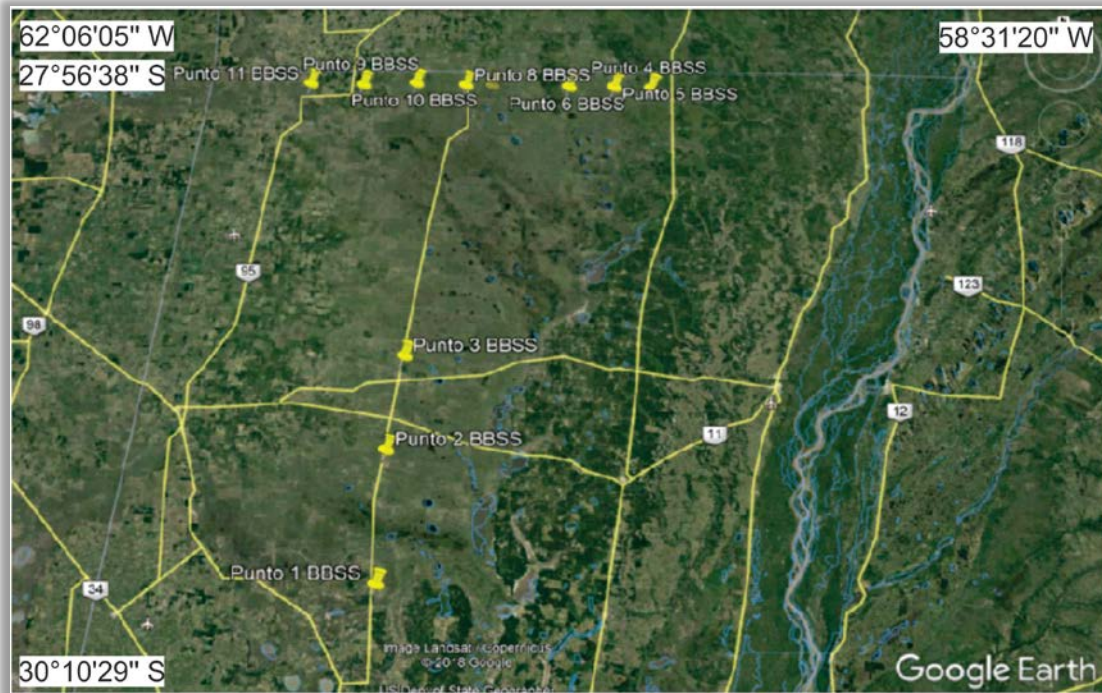


Figura 4.1. Ubicación de los puntos de muestreo relevados ASaCTel, (2018).

En la mayoría de los suelos relevados se observaron horizontes superficiales (epipedones) de textura limosa, de poco espesor (10 cm) y estructura masiva. Solamente en los sitios N° 7, 8 y 9, que pertenecen a la región geomorfológica del Sistema del Bermejo, se describieron epipedones de alrededor de 18 cm y con estructura en bloques subangulares. En todos los suelos se registró un marcado enriquecimiento de arcilla en los horizontes subsuperficiales, respecto al horizonte suprayacente, dando como resultado una neta diferencia entre la composición granulométrica del horizonte A y del B. Esto es el resultado de un proceso denominado Argiluviación que consiste en el arrastre mecánico de los coloides minerales por el agua. El grado de Argiluviación es función del escurrimiento superficial, del gradiente de la pendiente, de la permeabilidad y de otros factores que afectan la zona no saturada del perfil hídrico. Para que se produzca este proceso es necesario que el suelo posea un régimen hídrico con contrastes estacionales de humedad, que provea suficiente cantidad de agua para producir el arrastre de arcilla en suspensión desde los horizontes superiores a través de los macroporos por acción de la gravedad y períodos suficientemente secos como para producir la desecación en los microporos de los horizontes subsuperficiales, donde la arcilla suspendida es filtrada y retenida sobre las paredes de los poros mayores y grietas, formando finas películas de arcilla orientadas, Imbellone *et al.* (2010). La existencia de éste horizonte poco permeable, limita el movimiento del agua en el perfil, y de esta manera se evita que las aguas subterráneas ricas en sales, alcancen la superficie. Esto explica que los valores de PSI, CE, pH y CIC sean más elevados en los horizontes subsuperficiales respecto del horizonte superficial (Tabla 4.2).

Cuando se analizaron los resultados analíticos en su conjunto y teniendo en cuenta la altimetría de cada sitio de observación de campo, se encontraron diferentes situaciones de suelos. Los perfiles observados en cotas entre 61-69 msnm (suelos sitios

N° 4, 5, 8, 10 y 11) presentaron características de suelos salinos- sódicos, con valores medios de pH de 7,3, PSI de 26,4% y CE de 7,84dS m⁻¹ en el horizonte A, y en los horizontes subsuperficiales pH de 7,7, PSI de 39,4% y CE de 16,74dS m⁻¹(Tabla 4.2).

Mientras que en cotas más bajas, entre 56 a 60 msnm (suelos de los sitios N° 1, 2 y 7) se acentúan las condiciones de salinidad y sodicidad, lo que remarca la importancia que tiene la microtopografía en la evolución y características que presentan los suelos en esta región. En los suelos situados en áreas más bajas, la napa freática se encuentra en superficie o muy próxima a ella, e influye marcadamente en las características del perfil, dando origen a suelos fuertemente salinizados y/o sodificados.

Los suelos muestreados en la planicie aluvial del río Salado (Sitios N°1 y N° 2), mostraron elevado contenido salino a nivel superficial (10,5dS m⁻¹y 12,2 dS m⁻¹ respectivamente), como así también, un elevado PSI, (57 % y 62% respectivamente), siendo el pH en ambos sitios ligeramente alcalino (7,3 y 7,8 respectivamente). La Figura 4.2 muestra las características del horizonte superficial del suelo del Sitio N° 1. Dado el alto contenido de sales y elevado PSI, las condiciones edáficas resultan desfavorables para el normal crecimiento vegetal, aspecto evidenciado por la presencia de un espartillar típico de *Spartina argentinensis* en esta clase de suelo, especie con alta capacidad de adaptación a condiciones halohidromórficas, Figura 4.3.



Figura 4.2. Características morfológicas del perfil de suelo observado en el sitio N° 1.



Figura 4.3 Paisaje del sitio N° 1 con vegetación compuesta de *Spartina argentinensis* y la presencia de hormigueros característicos.

En la planicie de Lagunas Irregulares fueron identificados suelos con baja salinidad, pero con PSI mayor al 15 % (Tabla 4.2) y pH fuertemente alcalino, valores que se corresponden con los suelos sódicos. Una característica muy típica de los suelos sódicos es el estado de degradación de la estructura que presentan en el horizonte superficial, como puede verse en la Figura 4.4 la influencia del Na sobre las propiedades de los suelos está determinada por los fenómenos de hinchamiento y dispersión de las arcillas.



Figura 4.4. Horizonte superficial del suelo sódico hallado en el sitio N° 3, donde se observa la degradación de la estructura típica de esta clase de suelos.

El Na adsorbido forma una capa difusa alrededor de los coloides, se desarrollan altas presiones de hinchamiento en las partículas y los coloides sódicos tienden a persistir en suspensión coloidal. El movimiento de estas arcillas dispersas produce el bloqueo de los poros y son la principal causa de la reducción de la permeabilidad de los suelos sódicos. Los microagregados dispersos (< 0,25 mm) producen la oclusión de los poros, al quedar atrapados en los poros de diámetro más pequeño que el tamaño del material disperso, Lavado y Taboada (2017). Esto no ocurre en suelos salinos que se encuentran floculados por la presencia de Ca^{2+} intercambiable o una alta

concentración de electrolitos como la que existe en los suelos salinos, y así se evita el hinchamiento de las arcillas, que en estas condiciones tienden a flocular.

Se encontró una alta correlación entre la salinidad del horizonte superficial y el contenido de Na^+ en el complejo de intercambio coloidal, Figura 4.5, que se corresponde con la presencia de napas de aguas cloruradas y sulfatadas sódicas, las cuales en época de sequía ascienden y enriquecen el perfil con sales y con Na^+ . Según Morrás (2017), una de las unidades hidrológicas presentes en el subsuelo de la región, es la sección “paraniana”, constituida por sedimentos marinos, cuyos acuíferos son portadores de agua de muy elevada salinidad de tipo sulfato-clorurada sódica. Cuando las napas de arcillas impermeables faltan o presentan fisuras o tienen un paisaje transicional, las aguas saladas invaden los niveles sedimentarios superiores, salinizándolos secundariamente. Esto explica la dominancia de procesos halomórficos (sodificación y salinización) en la evolución de los suelos del área.

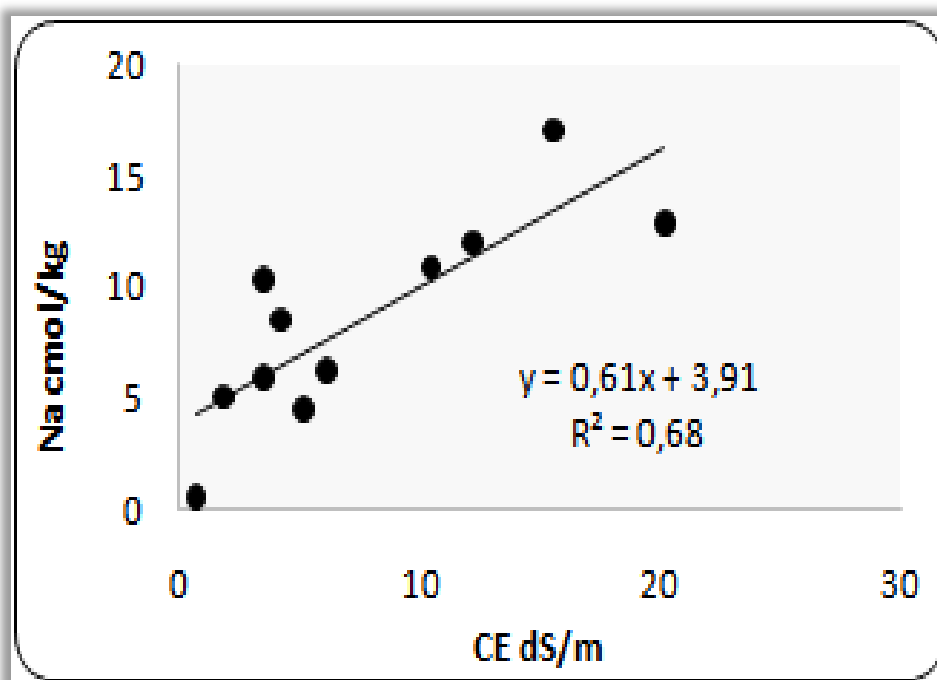


Figura 4.5. Relación entre el contenido de Na^+ intercambiable y la CE en los horizontes superficiales de los suelos estudiados.

Del total de los suelos caracterizados, solamente en el sitio N° 9 no se detectaron problemas de salinidad y/o alcalinidad, observándose un horizonte superficial de CE menor a 1 dS m^{-1} , pH ligeramente alcalino de 7,5 y una saturación básica media del 56%, siendo el PSI del 2%. Las mejores condiciones del ambiente edáfico respecto al resto de los suelos evaluados, se evidencian en el buen crecimiento de la pastura natural que se encontró en esta clase de suelo (Figura 4.6).



Figura 4.6. Paisaje característico del sitio N° 9 que es un campo ganadero con pastura natural mejorada por la incorporación de Grama rhodes.

Este suelo del sitio N°9 está ubicado en la región geomorfológica del área elevada occidental (cota 70 msnm), lo que favorecería el escurrimiento de agua hacia zonas más bajas, mejorando el ambiente de hidromorfía que caracteriza a los otros suelos del área. Resalta en este sitio la buena estructura en el horizonte superficial que corresponde al tipo granular y de bloque subangulares, Figura 4.7, que le confiere al suelo mejores condiciones de aireación e infiltración y conducción del agua superficial, respecto a los sitios que tienen estructura masiva.



Figura 4.7. Horizonte superficial del suelo del sitio N° 9 que no tiene problemas de salinidad y/o alcalinidad.

En la zona de la Cañada de la Víboras, una amplia depresión de origen estructural, de rumbo NO-SO dentro del sistema geomorfológico del Salado, se identificaron las peores condiciones de salinidad (Sitio N° 11), con una conductividad eléctrica superior a 20 dS m^{-1} y eflorescencias salinas en superficie, Figura 4.8.



Figura 4.8. Suelo salino-sódico con eflorescencias salinas en superficie, en el área de la Cañada de la Víboras (Sitio N° 11).

Un aspecto a remarcar es que al momento de realizar el muestreo los perfiles se encontraban secos casi en la totalidad de los sitios muestreados, debido a que durante el mes de marzo del 2018 ocurrió una de las mayores anomalías de precipitación (entre -200 a -150 mm) registradas en la región en los últimos 50 años, de acuerdo a informes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Respecto a la fertilidad de los suelos relevados, los adecuados contenidos de materia orgánica y fósforo extraíble, junto a los altos niveles de cationes calcio, magnesio y potasio en el complejo de intercambio de los epipedones, Tabla 4.2, asegurarían una buena provisión de nutrientes así como condiciones estructurales apropiadas para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, esos efectos positivos de la fertilidad química y física son contrarrestados por las condiciones de hidromorfía generada por las inundaciones periódicas y las condiciones halomórficas resultado de los altos contenidos de sales y sodio, que sumado a la textura limosa dominante en estos suelos, genera estructuras masivas o laminares, que afectan la producción de los cultivos. Un aspecto a remarcar es que la sodicidad y salinidad están más acentuadas en los horizontes subsuperficiales, con reacciones del tipo alcalina, es decir que estos horizontes son los más afectados por las fluctuaciones temporales de la napa freática, que limita el crecimiento radicular por las características físicas desfavorables, y por la

fitotoxicidad proveniente del exceso de Na. Las diferencias texturales y estructurales entre el horizonte superficial y los subsuperficiales, producen una reducción del ascenso capilar de las aguas salinas, lo que explica que los horizontes A en general sean menos salinos y sódicos y con mejores condiciones para el desarrollo de las plantas, que los horizontes B.

Clasificación taxonómica de los suelos de los BBSS de Santa Fe

Un trabajo realizado por Bernasconi *et al.* (1980) informa que las clases de suelos de los BBSS varían en función de la ubicación topográfica, el clima y la influencia de los niveles freáticos del área. Así, el área occidental que limita con Santiago del Estero presenta suelos con distinto grado de evolución: Hapludoles, Argiustoles y Argiudoles, siendo transicionales desde el punto de vista climático entre los regímenes de humedad Ústicos y Údico. En el este, entre el dorso Occidental y los Bajos propiamente dichos, se encuentra una franja de transición con suelos evolucionados, de características halomórficas que son Argialboles y Natracualfes. Están en un paisaje de lomas intermedias suavemente onduladas, sujetos a anegamientos temporarios, fluctuaciones de la napa freática y a sequías estacionales. Mientras que el sector de los Bajos “sensu estricto” muestra suelos de moderado grado de evolución frenado por procesos de ascenso y descenso del acuífero superficial, que otorgan al perfil rasgos hidromórficos. Son fundamentalmente Natracualfes y Natralboles.

Más recientemente, Pilatti *et al.* (2017) señalan que predominan los suelos Natracualfes, ocupando un 46 % del área, seguidos por un 23% de complejos indiferenciados y lagunas, 21 % de suelos Natracuales y Natralboles y solamente el 10% corresponde a suelos de mayor aptitud tales como Hapludoles, Argiustoles y Argiudoles. Estos autores realizaron un “diagnóstico edafológico” de la capacidad productiva de los Natracualfes, estableciendo una jerarquización de las limitaciones que presentan para producir. En orden de importancia las limitaciones son: toxicidad (por sales) y anaerobiosis en primer lugar, luego la falta de nitrógeno y calcio disponible, la reducción de la tasa de infiltración, la deficiencia de otros nutrimentos, la formación de costras superficiales y por último, el aumento de la resistencia mecánica a la penetración. Los suelos Natracualfes típicos generalmente tienen un horizonte superficial muy lavado, que ha perdido parte de su fracción coloidal (materia orgánica, arcilla y óxidos de hierro y aluminio) por lo que tiene colores muy claros, con % de arcilla entre 25-27 %, seguido de un horizonte nátrico con un contenido de arcilla superior al 40 %, pH de 8,5 o más y PSI superior al 20 %. Presentan sodicidad desde la superficie, un horizonte superficial muy pobre en materia orgánica y un horizonte nátrico cercano a la superficie del suelo, por lo que presentan severas limitantes para el crecimiento de la vegetación, que debe estar adaptada a estas malas condiciones de fertilidad como es el *Distichlis sp.*, denominado comúnmente “pelo de chanco”. Las condiciones alcalinas producen consecuencias desfavorables sobre los suelos: desestabilización de los agregados, movilización de partículas y materia orgánica y la consecuente obturación de los poros. Así, se reduce la infiltración y la porosidad y por ende se altera la retención del agua disminuyendo su flujo dentro del suelo, y en casos de sodicidad muy elevada, la conductividad hidráulica se vuelve nula.

Consideraciones finales

Como resultado del relevamiento realizado se evidencia la importancia de la geomorfología sobre las propiedades de los suelos, ya que determina la influencia que puede ejercer la napa freática salina sobre sus características y también influye sobre la dinámica del agua superficial, especialmente en un área que tiene un régimen hídrico extremadamente variable, con años de precipitaciones extremas de 1600 mm, que producen condiciones de exceso de agua. Los ambientes más bajos son más susceptibles a inundaciones periódicas y además tienen las napas freáticas más cercanas a la superficie, por lo que la dinámica de las sales solubles presenta variaciones muy marcadas en las alternancias de períodos de inundaciones con períodos de sequía. En los sectores más bajos, la napa saturada con agua de elevada mineralización se encuentra aflorando en superficie (en épocas de excesos) o bien a valores inferiores a 1 metro desde la superficie, mientras que en los sectores más elevados la misma está a mayor profundidad ver Capítulo 3. En los períodos de menores precipitaciones, la pérdida de agua superficial por evaporación y transpiración de los vegetales origina un gradiente de succión que produce un ascenso notable de agua y de las sales solubles, lo que saliniza y/o sodifica los horizontes superficiales.

Esta región presenta mayormente aptitud de uso ganadero extensivo a semi-extensivo, dado que en las condiciones naturales descritas, solamente pueden crecer pasturas adaptadas a esos altos tenores de sales y sodio del suelo. Al respecto Cerana (1960) enfatiza la gravedad de la situación indicando que a la sequía climática propia de la región se le suma el concepto de “sequía edáfica”, según la cual en áreas con suelos salinos y/o sódicos, la provisión de agua a la planta se ve afectada por los efectos osmóticos y por la baja movilidad de agua resultado de la compactación, aspectos que restringen la exploración radicular.

Lo precedente remarca la importancia de conocer las condiciones de fertilidad física y química que presentan los suelos, a fin de determinar su capacidad para brindar a las plantas los nutrientes y las condiciones adecuadas para su normal crecimiento y desarrollo. En el caso de los BBSS hay un predominio de suelos salinos-sódicos, lo que es congruente con el relieve subnormal dominante, constituyendo así un área de descarga regional del flujo de agua subterránea, responsable del contenido de sales y exceso de sodio observados en los perfiles de los suelos de esta región. Al respecto, Morrás, (2017) enfatiza la necesidad de un conocimiento adecuado e integrado de las características pedológicas e hidrológicas, para guiar de manera conveniente la utilización y desarrollo de esta extensa y problemática región. En el mismo sentido, Panigatti (2017) considera que conociendo la clasificación de los suelos y su representación, se pueden comprender las causas de los problemas de productividad y gestionar adecuadamente los Complejos de suelos, a fin de implementar sistemas de producción que respeten los recursos naturales, particularmente en ambientes frágiles como los hidromórficos.

Referencias

- ASaCTel (2018). Informe Proyecto “Contribución al conocimiento hidrogeológico e hidrológico de los Bajos Submeridionales dirigido a su desarrollo productivo y al manejo ambientalmente sustentable”.
- Bernasconi, R., Colombo, M.E., Nisensohn, L., Pire, E.F., Postma, J.E. (1980). Descripción de vegetación y suelos del norte de la provincia de Santa Fe. Consejo Federal de Inversiones-Provincia de Santa Fe. Convenio Bajos Submeridionales. Subsistemas Santa Fe.
- Cerana, L. (1960). Suelos de la fracción norte de los Bajos Submeridionales de la provincia de Santa Fe. IDIA. Suplemento 1:180-183.
- Hein, N. y de Hein, W. (1986). Suelos salinos y alcalinos bajo distintas condiciones hídricas. Publicación técnica Nº 39. INTARafaela. ISSN 0485-9057
- Imbellone, P.A., Gimenez, J.E., Panigatti, J.L. (2010). Suelos de la Región Pampeana: procesos de formación. Ed. INTA. Buenos Aires. 320 pp.
- Iriondo, M. (1987). Geomorfología y Cuaternario de la provincia Santa Fe (Argentina). D'Orbignyana 4:1-54. Corrientes.
- Iriondo, M. (2011). Aguas Subterráneas de la Provincia de Santa Fe- ISBN:978-987-24637-2-4- Primera Edición. Museo Florentino Ameghino, Santa Fe. Impreso en Moglia SRL, 264 páginas.
- Iriondo, M. (2012). Aguas subterráneas y superficiales de la Provincia de Santa fe. Museo Provincial de Ciencias naturales Florentino Ameghino, Santa Fe. 148 p.
- Lavado, R. y Taboada, M. (2017). 2-1. Génesis y propiedades de los suelos halomórficos. Sección 2. Los suelos salinos y alcalinos. Manejo regional en la Argentina. P. 9-28. En: Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina. Recursos y aprovechamiento productivo. Ed. Edith Taleisnik-Raúl Lavado. 1ª. Ed. Compendiado. Ciudad Autónoma de Bs As. Orientación Gráfica Editora. Universidad Católica de Córdoba. Fac. Ciencias Agropecuarias. 570 p.
- Morrás, H. (2017). 2-2. Propiedades químicas y físicas de suelos halomórficos de la fracción norte de los Bajos Submeridionales. Sección 2. Los suelos salinos y alcalinos. Manejo regional en la Argentina. P. 29-54. En: Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina. Recursos y aprovechamiento productivo. Ed. Edith Taleisnik-Raúl Lavado. 1ª. Ed. Compendiada. Ciudad Autónoma de Bs As. Orientación Gráfica Editora. Universidad Católica de Córdoba. Fac. Ciencias Agropecuarias. 570 p.
- Panigatti, J.L. (2017). 2-4. Conocimiento y manejo de suelos halohidromórficos. Caso de los submeridionales de Santa Fe. P. 89-118. En: Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina. Recursos y aprovechamiento productivo. Ed. Edith Taleisnik-Raúl Lavado. 1ª. Ed. Compendiada. Ciudad Autónoma de Bs As. Orientación Gráfica Editora. Universidad Católica de Córdoba. Fac. Ciencias Agropecuarias. 570 p.
- Pilatti, M., Ghibert, P. J., Felli, O. M. (2017). 2-5. Bajos Submeridionales (Santa Fe). Limitaciones del suelo predominante para la producción de cultivos anuales. P. 119-134.

En: Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina. Recursos y aprovechamiento productivo. Ed. Edith Taleisnik-Raúl Lavado. 1ª. Ed. Compendiada. Ciudad Autónoma de Bs As. Orientación Gráfica Editora. Universidad Católica de Córdoba. Fac. Ciencias Agropecuarias. 570 p.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1994). Salinización y sodificación: suelos de regadío. P. 645-690. En: Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. 807pág. ISBN: 84-7114-468-9.

Richard, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Edit. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook n°60, Washington (USA), 160 p.

Parte II - Vegetación

Marchetti, Z.

Antecedentes

Aunque la vegetación de los BBSS santafesinos viene siendo estudiada aproximadamente desde la década del '40 (Ragonese, 1941) con diferentes objetivos y escalas de análisis, el actual conocimiento que se tiene de ella, es sumamente dispar y en muchos casos, desactualizado a la luz de las intervenciones antrópicas que se realizaron sobre esta región.

Estudios florísticos pormenorizados de la vegetación de la depresión central de la cuenca de los BBSS santafesinos reconocen que los pastizales de Espartillo (*Sporobolus spartinus*), las sabanas de Aibe (*Elionurus muticus*) y un complejo de Comunidades Hidrófilas (aquellas con mucha afinidad por condiciones húmedas) son las que ocupan las mayores áreas (Lewis *et al.*, 1990).

Los pastizales de Espartillo alcanzan de 1 a 1.5 m de altura y se encuentran claramente dominados por la especie mencionada. En términos generales, los Espartillares prosperan sobre suelos salinos pobremente drenados. Son comunidades de gran diversidad de especies, sin embargo, el gran porte de su especie dominante y en algunos casos, los extremos ambientales en los que crecen o las prácticas de manejo que se aplican sobre ellos, disminuyen notablemente esta diversidad. Algunos Espartillares incorporan pequeñas isletas de especies leñosas, o depresiones del terreno colonizadas por vegetación de áreas inundables de agua dulce.

De acuerdo a la densidad y cobertura del Espartillo, a su ubicación en el gradiente de inundación y a la salinidad de los suelos, se reconocen entre 3 y 5 variantes de Espartillares según diferentes autores (CFI, 1980; Lewis *et al.*, 1990; Pensiero *et al.*, 2005). La misma ha sido una de las comunidades más estudiadas de los BBSS debido a la extensión que ocupan y a la actividad ganadera que se practica sobre la misma (Bissio, 1979; Bissio y Batista, 1984; Bissio y Luisoni, 1989; Bissio *et al.*, 1990; Feldman *et al.*, 2004; Luisoni 2010, 2011, 2012, 2013; entre otros). Parte de los resultados obtenidos en relación a su aptitud forrajera, su producción de biomasa, su respuesta al fuego y otros aspectos de interés para la actividad ganadera se incluyen en el Capítulo 6.

A diferencia de los Espartillares, las sabanas de Aibe en cambio, colonizan suelos más altos, mejor drenados y ligeramente salitrosos. Son comunidades que alcanzan entre 0,80-1 m de altura y presentan alta densidad de su especie dominante. De acuerdo a las especies que acompañan a la dominante, se reconocen 2 variantes (Lewis *et al.*, 1990). En tanto, el componente arbóreo de las sabanas de Aibe suele ser el Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y/o la palma Caranday (*Copernicia alba*).

Las Comunidades Higrófilas aparecen en depresiones internas, bañados de tamaños variables donde los suelos se encuentran inundados por largos períodos de tiempo, así como también en bordes de lagunas. Existen varias comunidades de este tipo, algunas más frecuentes que otras y por ello incluidas en diferentes contribuciones

(Lewis *et al.*, 1990; Pensiero *et al.*, 2005) en donde a veces reciben diferentes denominaciones. Entre las comunidades higrófilas referenciadas frecuentemente se destacan; a-Juncales (*Schoenoplectus californicus*), que aparecen en parches de pocos metros a varios kilómetros cuadrados y dependiendo de la altura del agua acumulada en superficie y a la densidad de la especie dominante, se pueden distinguir hasta 5 variantes de esta comunidad, b- Totorales (*Typha domingensis*), a menudo co-existiendo con los Juncales, c-Canutillares (*Echinochloa helodes*), d- Gramillares de cañada (*Leersia hexandra*), d-Praderas húmedas, en suelos ligeramente más elevados donde la acumulación de agua es menor y con 2 variantes (dominadas por *Setaria geminata* y *Ludwigia peploides*, respectivamente), siendo la primera de ellas, más afín a suelos ligeramente salinos y e-Gramillares (*Paspalum vaginatum*) sobre suelos inundables de mayor tenor salino.

Además de estas comunidades, que son las que aparecen con mayor frecuencia en las contribuciones disponibles para los BBSS, se reconocieron otras menos mencionadas, y en conjunto forman parte de las 23 comunidades de vegetación reconocidas para la depresión central de la cuenca hidrológica de los BBSS (Lewis *et al.*, 1990). Además de las ya mencionadas, se reconocen:

-Pastizales de *Paspalum intermedium*, Pastizales de *Cortaderia selloana* y Espartillar de *Sporobolus densiflorus*, todos ellos asociados a los Espartillares de *Sporobolus spartinus*.

-Comunidades mixtas Aibal-Espartillar y Chilcal (*Tessaria dodoneifolia*), como comunidades vinculadas a las Sabanas de Aibe.

-Comunidades halófitas Praderas saladas (*Distichlis spicata*, *Sarcocornia ambigua*)

-Mogotes de Palo azul (*Cyclolepis genistoides*) y Jumeales (*Allenrolfea vaginata*)

-Comunidades antrópicas (Isletas de Chañar (*Geoffroea decorticans*), Gramillares (*Cynodon dactylon*).

-Simbolares de *Cenchrus dilcomayensis*

Si bien es conocido, con diferente nivel de detalle, algunos de los tipos de comunidades mencionadas anteriormente (especies que dominan, condiciones en que crecen, especies que aparecen si esas condiciones cambian, producción de biomasa, etc.), actualmente se desconoce si todas estas comunidades aún existen o fueron reemplazadas por otras (los estudios que las identifican y caracterizan datan de la década del 90), cuál es su distribución, sus límites y la superficie que ocupan.

Existen pocos antecedentes disponibles que aborden la distribución espacial de la vegetación en los BBSS santafesinos y los más recientes cuentan con casi 30 años de elaboración. Entre ellos, un estudio financiado por el Consejo Federal de Inversiones, CFI, (1980) propone la división del norte santafesino en 3 grandes regiones, sustentadas entre otros aspectos, por la presencia de diferentes tipos de vegetación Figura 4.9. Las letras A, B y C representan diferentes tipos de Espartillares. Líneas,

letras, números y leyenda fueron incorporadas en la Figura original a los efectos de ofrecer una mejor visualización de las mismas.

Estas 3 regiones son:

1- Dorso Occidental y Zona de Transición, en la cual se diferencian básicamente comunidades leñosas: Monte Alto (de dos quebrachos, de tres quebrachos, de quebracho blanco), abras de Monte Alto, Monte Bajo-Algarrobal, Sabana Parque-Chañarales y Otras fisonomías vegetales (que involucran básicamente situaciones transicionales entre las anteriores)

2- Depresión Central, dominada por comunidades básicamente herbáceas; los Pajonales o Espartillares que alternan o incorporan otras comunidades tales como Aibales, Pirzales, Praderas saladas, etc.)

3- Cañadas y Monte de sector Norte, en donde se incluye una combinación de diferentes tipos de vegetación: Monte Bajo abierto, Espartillares, Monte de Gato Colorado, Palmar, Monte de la Viruela, Gramillares de Cañada.

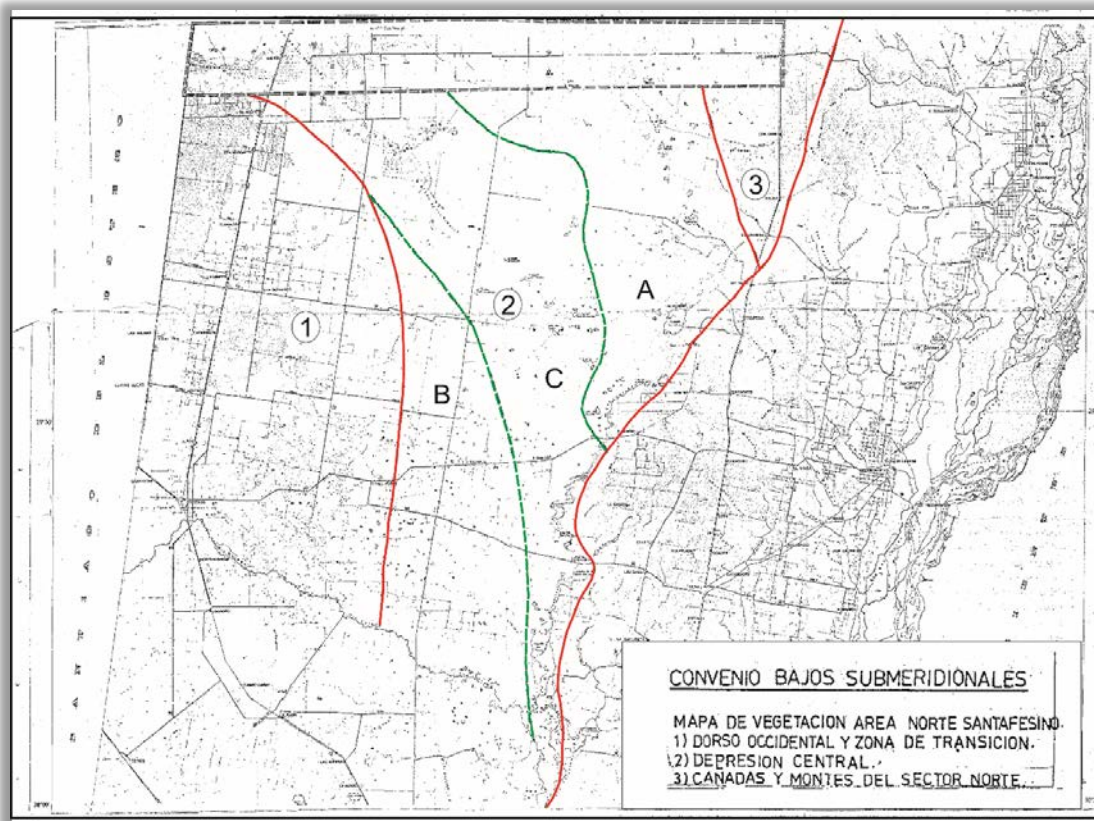


Figura 4.9. Diferenciación de la vegetación del norte santafesino, CFI, (1980). 1-Dorso Occidental y Zona de transición, 2-Depresión central, 3-Cañadas y Monte del sector norte.

La secuencia de comunidades de vegetación de estas regiones, así como el tipo de suelos a los que se asocian, ha sido detalladamente caracterizada en el mismo estudio a lo largo de 7 transectas que atraviesan los BBSS en sentido oeste-este.

Otro antecedente, Alzugaray *et al.* (1991), generado para toda la extensión de la porción santafesina de los BBSS corresponde a un detallado mapa de vegetación a

partir del cual se conocieron los límites, la distribución y la superficie ocupada por las diferentes comunidades de vegetación de los BBSS santafesinos Figura 4.10 parcialmente modificado.

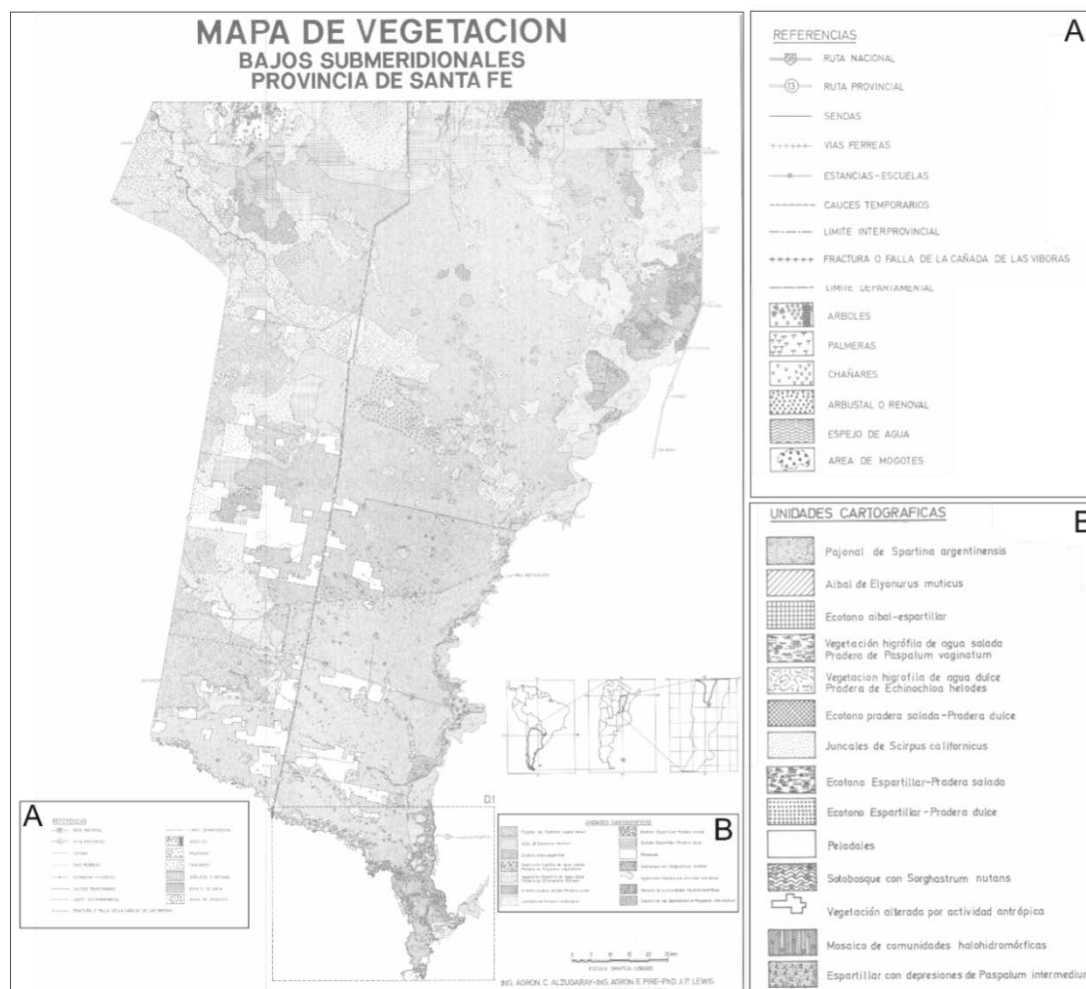


Figura 4.10. Mapa de comunidades de vegetación. Alzugaray et al. (1991). Las referencias (A y B) fueron ampliadas de la versión original a los efectos de diferenciar entre las comunidades de vegetación.

Aunque el uso del suelo puede haber experimentado cambios desde su publicación, no se encuentran disponibles o publicados mapas actualizados con un nivel de detalle comparable. Las comunidades identificadas siguen siendo mencionadas como tales, en contribuciones recientes.

Las comunidades herbáceas más importantes, por la superficie que ocupan, son los Aibales de *Elionurus muticus* en las zonas relativamente mejor drenadas, los Espartilares de *Sporobolus spartinus* en la mayor parte de los suelos que se anegan y secan estacionalmente, y los Juncuales o vegas de *Schoenoplectus californicus* en las zonas más bajas, paleocauces, cañadas y lagunas, Alzugaray et al. (1991).

Actualmente, la mayoría de los estudios sobre la vegetación de los BBSS santafesinos se concentran principalmente en los pastizales sobre los que se practica la actividad ganadera. En virtud del interés productivo con que éstas comunidades han sido abordadas, se conocen los principales tipos de pastizales, su afinidad por los diferentes tipos de suelo, su tolerancia a los anegamientos, su calidad forrajera y así

mismo como incrementar su productividad en función de diferentes prácticas de manejo, entre otros aspectos (ver capítulo 6).

Estudios en curso: fisonomías vegetales y unidades de paisaje

Con el objetivo de generar nuevamente información acerca de las características y dinámicas de la cuenca completa de los BBSS, se iniciaron diferentes tipos de estudios en el marco de proyectos de investigación financiados por la Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación (Proyectos 2010-019-14 y 2010 -218-16) y de la Universidad Nacional del Litoral (Proyecto CAID Orientado a Problemas Sociales y Productivos – Convocatoria 2014, código 1-13). Algunos de ellos estuvieron destinados a diferenciar “a priori”, grandes fisonomías de vegetación que puedan ser interpretadas como unidades de paisaje en una primera instancia, y caracterizadas posteriormente a mayor nivel de detalle.

Si bien el área considerada incluye las porciones santiagueñas y chaqueñas de los BBSS, a los efectos del presente documento se presenta solo en forma preliminar, los principales paisajes para la porción santafesina. Figura 4.11.

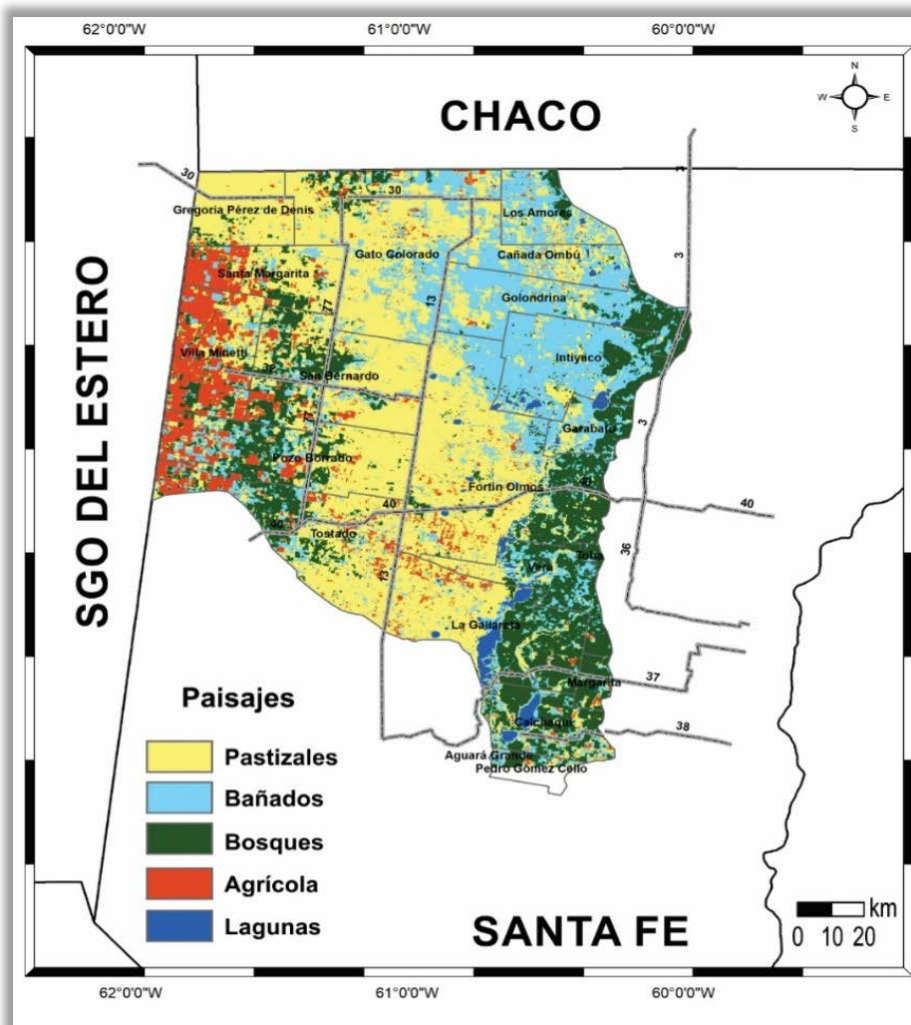


Figura 4.11. Diferenciación preliminar de los principales paisajes de la porción santafesina de los BBSS (elaboración propia).

Los Pastizales cubren un 45% de la superficie de los BBSS santafesinos y se encuentran básicamente representados por especies tolerantes a diferentes condiciones de salinidad, anegamiento e incendios (Figura 4.12 a,b,c).

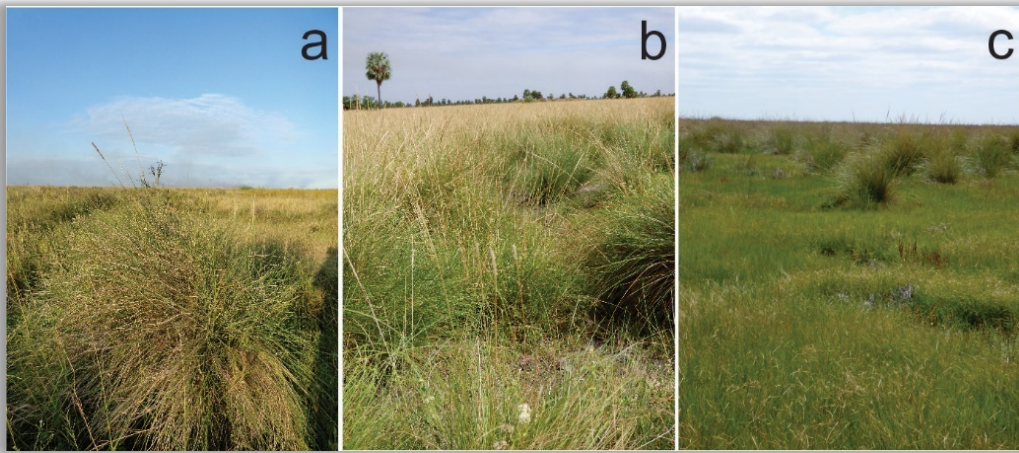


Figura 4.12 a- Espartillares de *Sporobolus spartinae*, b- Aibales de *Elionurus muticus* y c- Praderas saladas de *Paspalum vaginatum* en primer plano.

Los Espartillares de *Sporobolus spartinae*, Figura 4.12 a y Aibales de *Elionurus muticus*, Figura 4.12 b, ocupan la mayor parte de la extensión de esta unidad. Además, en el extremo noroeste de la provincia, principalmente, aparecen praderas saladas de *Paspalum vaginatum*, Figura 4.12 c. En esta comunidad co-existen un número reducido de especies, las que forman un tapiz herbáceo de gran homogeneidad, capaz de colonizar suelos de elevados tenores salinos.

El paisaje de bañados semipermanentes, cubre un 24% de la superficie de los BBSS santafesinos y representa sectores inundables, Figura 4.13 a, con presencia de agua en superficie o cerca de ella, Figura 4.13 b, en gran parte del año. Son áreas colonizadas por comunidades palustres y acuáticas de agua dulce como Juncales, Pirizales, Totorales, Canutilares entre las más frecuentes.



Figura 4.13 (a, b). Bañados semipermanentes.

Se corresponde con los Juncales o vegas de *Schoenoplectus californicus*, Totorales, y las diferentes Comunidades Higrófilas, que antecedentes previos mencionan para el sector NE de los BBSS (Lewis *et al.*, 1990; Alzugaray *et al.*, 1991). La presencia y abundancia de estas comunidades está sujeta a la dinámica temporal de

los anegamientos; en años húmedos su colonización avanza sobre los Espartillares en tanto que en años secos se reduce notablemente (Lewis *et al.*, 1990).

El paisaje de Bosques incluye, además, arbustales secundarios, Figura 4.14, que cubren, en conjunto, un 20% del área santafesina de la cuenca de los BBSS. Esta superficie puede resultar un tanto elevada, considerado que es común que ellos se caracterizan por la ausencia o escasa presencia de elementos leñosos (Lewis *et al.*, 1990; Pensiero *et al.*, 2005). Esta aparente contradicción tiene relación con los límites considerados de los BBSS.



Figura 4.14. Diferentes tipos de fisonomías leñosas que representan el paisaje de bosques en los BBSS santafesinos.

La Figura 4.11 considera los límites de la cuenca hidrológica de los BBSS, cuenca N° 22, y los paisajes identificados en la misma, el área se extiende ligeramente hacia el E-SE incluyendo la superficie de bosques ubicada entre el eje Golondrinas-Calchaquí y la Ruta Provincial N° 3.

El paisaje de bosques que forma parte de la cuenca incluye entonces diferentes tipos de formaciones leñosas. Entre ellas, se encuentran Palmares de Caranday (*Copernicia alba*) principalmente distribuidos sobre la Ruta Provincial N° 30 y el Paralelo 28, y asociados a la laguna El Palmar ubicada sobre el eje Golondrinas-Calchaquí, isletas de bosque bajo y abiertos de dimensiones variables y compuesto por una combinación de diferentes especies tales como Algarrobo blanco (*Prosopis alba*), Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), Ñandubay (*Prosopis affinis*), Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), Vinalillo (*Prosopis vinalillo*), Espinillo (*Acacia caven*) entre otros y bosques cerrados, los cuales al E del eje Golondrinas-Calchaquí alternan con las isletas y presentan además, otras especies de mayor porte como el Quebracho

colorado (*Schinopsis balansae*), Espina corona (*Gleditsia amorphoides*), Guayacán (*Libidibia paraguariensis*) que le dan una fisonomía de bosque más alto y cerrado.

Los arbustales o fachinales también forman parte de este paisaje y en general, consisten en remanentes de la explotación maderera de los bosques ya mencionados, o en formaciones leñosas que recolonizan campos en los cuales se abandonó la actividad agrícola y/o ganadera (chañarales, por ejemplo).

El paisaje agrícola ocupa un 9% del área total de la Figura 4.11, que incluye también la presencia de algunos lotes de uso ganadero. Los principales cultivos desarrollados sobre esta superficie corresponden a soja, trigo, sorgo, algodón y girasol, cuyo porcentaje de ocupación del territorio, varía con cada ciclo agrícola, Figura 4.15.



Figura 4.15. Lotes agrícolas con diferentes tipos y fases de cultivos.

Las Lagunas ocupan un 2% del área presentada en la Figura 4.11 y reúne a cuerpos de agua permanentes de gran superficie (entre 5 y 120 Km² aproximadamente) y predominantemente libres de cobertura vegetal. Se encuentra principalmente representada por las lagunas pertenecientes al eje Golondrinas-Calchaquí (La Loca, El Palmar, El Toro), así como también por otras aisladas del eje mencionado, pero con superficies y tiempos de permanencia del agua comparables (La Tigra, La Zorra, etc.).

Es importante mencionar que a lo largo de toda la extensión de los BBSS santafesinos existe un importante número de lagunas que, en virtud de la escala de las imágenes utilizadas para generar la Figura 4.11 (pixel de 250 m x 250 m), y/o de la representación temporal de las mismas (período 2016 a 2017), no han sido identificadas como tales, de manera que solo se muestran las de mayores dimensiones, y las que mantienen agua en superficie en forma prolongada.

Comentarios finales

Se destacan al menos tres aspectos del análisis de la información procesada:

1- Existe; más allá de los conocidos Espartillares; una gran diversidad de vegetación que forman parte de los BBSS santafesinos.

2- Ausencia de documentación gráfica y digital actualizada que muestren a nivel de detalle la distribución en el espacio de las comunidades vegetales, límites y superficies ocupadas por las mismas.

3- La imperiosa necesidad de actualizar estudios de las comunidades vegetales, teniendo en cuenta las intervenciones antrópicas realizadas sobre los BBSS, presentando su evolución temporal.

La diferenciación de paisajes de los BBSS presentada se encuentra orientada a delimitar grandes sectores ocupados por diferentes tipos de ambientes. Ello es necesario para aportar información clave tendiente al diseño de estrategias de intervención sostenibles.

Referencias

- Alzugaray, C., Pire, E., Lewis, JP. (1991). Mapa de vegetación de los bajos submeridionales de la provincia de Santa Fe. XV Reunión Argentina de Ecología. Rosario. Pp 86.
- Bissio, J. y Luisoni. L. (1989). Producción y Calidad de Forraje de un Pajonal de *Spartina argentinensis* (Trin.) Parodi, Luego de la Quema. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Reconquista, Publicación Técnica 3.
- Bissio, J., Luisoni, L., Batista, W. (1990). Relaciones entre el Agua Superficial y los Principales Tipos de Vegetación de los Bajos Submeridionales de Santa Fe. INTA EEA Reconquista, Publicación Técnica 5.
- Bissio, J.C. (1979). Clasificación de los Pastizales Naturales de los Bajos Submeridionales Santafesinos (Primera Aproximación). Fundación José María Aragón. Publicación Nº 12.
- Bissio, J.C. y Batista, W.B. (1984). Modificaciones en un Pajonal de los Bajos Submeridionales Causadas por la Retención de Agua de Escurrimiento, Ocasionada por una Ruta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Reconquista. Publicación Técnica 1. 21 páginas.
- CFI (1980). Descripción de la vegetación y suelos de la Provincia de Santa Fe.
- Feldman, S.R.; Bisaro, V.; Lewis, J.P. (2004). Photosynthetic and growth responses to fire of the subtropical temperate grass, *Spartina argentinensis* Parodi. *Flora* 199,491–499
- Lewis, JP., Pire, E.F., Prado, D.E., Stofella, S.L., Franceschi, E.A., Carnevale, N.J. (1990). Plant communities and phytogeographical position of a large depression in the Great Chaco, Argentina. *Vegetatio* 86: 25-38.
- Luisoni, L. (2011). Animal production in the subtropical humid grasslands of Argentina, managed to cut and rotational grazing. IX International Range Congress 2011. Rosario, Argentina. Página 629.

- Luisoni L. (2012). Incremento de la Disponibilidad Forrajera en Pajonales del Subtrópico Húmedo. Revista Argentina de Producción Animal. 35º Congreso Argentino de Producción Animal. Volumen 32. Suplemento 1. Página. 365.
- Luisoni L. (2013). Utilización de Pajonales con Corte y Pastoreo Rotativo. Mejoramiento de la Composición Botánica. 3º Congreso del Mercosur y 6º Congreso Nacional Asociación Argentina de Producción Animal. Página 217.
- Luisoni, L. (2010). Tecnología de Utilización de Pajonales para el Mejoramiento de la Cría y Recría. Instituto para la Promoción de la Carne Vacuna Argentina, Cartilla 5.
- Luisoni, L. (2012). Utilización de Pajonales: Resultados y Propuesta de Manejo a los Productores. En Revista Voces y Ecos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Reconquista, 28:34-35.
- Pensiero, J.F., Gutierrez, H.F., Luchetti, A.M., Exner, E., Kern, V., Brnich, E., Oakley, L., Prado, D., Lewis, J.P. (2005). Flora vascular de la provincia de Santa Fe. Ediciones UNL. 402 pp.
- Ragonese, A. (1941). La Vegetación de la Provincia de Santa Fe. Darwiniana 5:369-417.

CAPITULO 5- OBRAS DE CAPTACIÓN

Introducción

Sosa D., Diaz E.

Para cubrir los requerimientos de agua en los emprendimientos ganaderos es necesario recurrir a la captación de aguas superficiales y/o subterráneas. Las primeras provenientes de las precipitaciones, y las segundas además de las lluvias, de la capacidad de infiltración de los suelos y la permanencia del agua en superficie.

Las aguas superficiales pueden ser utilizadas directamente de cauces naturales, o artificiales (canales), reservorios (bajos y lagunas),

Las aguas subterráneas pueden captarse de “paleocauces”, “bolsones de agua” y sitios acuíferos con mejores características de sedimentos y aptitud de agua.

En muchos establecimientos de los BBSS se utilizan aguas superficiales, subterráneas o sistemas combinados para abastecer las necesidades de la hacienda.

En los períodos de déficit hídrico es difícil el abastecimiento de agua y es necesario contar con obras de almacenamiento capaces de suministrar este recurso. Para lo cual dichas obras deben diseñarse en función de la carga animal y la disponibilidad de alimento.

Terré (2018) expresó que “Dado el comportamiento aleatorio de las precipitaciones es imprescindible prever estrategias para su utilización que deben resultar del conocimiento del sistema y el desarrollo de alternativas de técnicas”.

Parte I - Sistemas de captación de Agua Superficial

Parte I.I - Obras de regulación para reserva de agua en canales

Sosa D., Díaz E.

La provincia de Santa Fe, ha proyectado y ejecutado (año 2016-2017) sobre la traza de canales secundarios existentes, una serie de obras complementarias con el objeto de utilizar dichos canales como reservorio de agua en periodos de sequía para consumo ganadero.

Las obras consisten en un cierre del canal mediante una compuerta, y una obra de vertedero lateral de manera de establecer un sistema regulado semi-fijo.

El vertedero lateral consiste en un cierre de la sección ampliada por medio de una estructura de labio vertedor y un dissipador de energía. El mismo permite que en todo momento haya circulación de agua con caudales cercanos al de diseño. A la vez, el cierre que efectúa la compuerta, mantiene el almacenamiento del agua dentro del canal. La Figura 5.1 muestra la localización de estas obras en el área.

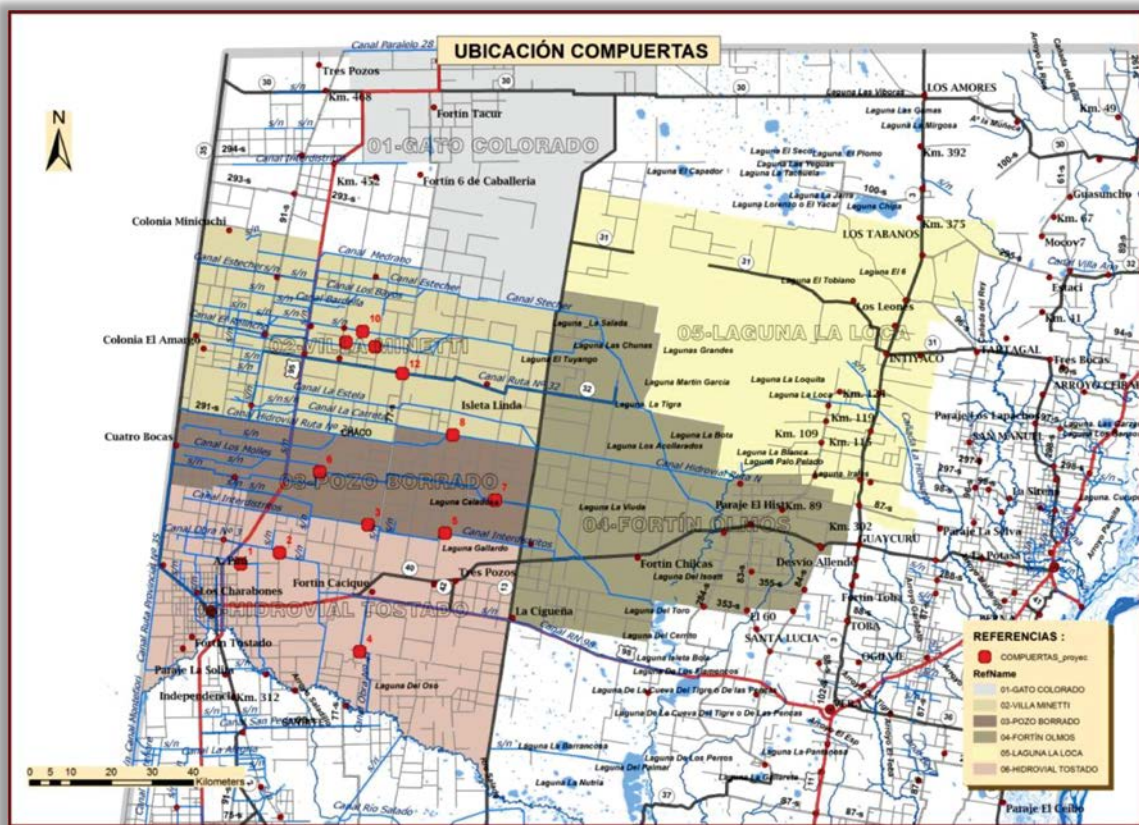


Figura 5.1. Ubicación de obras de regulación para reserva de agua en canales- Sistema A. Golondrinas (INA CFI, 2017).

La utilización de los canales como reserva de agua para fines ganaderos no constituye una solución a la escasez de agua en periodos secos, pero es un paliativo limitado a los predios adyacentes. A medida que la evaporación consume agua se produce una concentración de sales disminuyendo aptitud para su uso ganadero.

En los canales construidos en la línea Paraná, producto de un acuerdo entre Chaco y Santa Fe, que evacuan aguas en períodos de excesos y diseñados con estructuras de control, para los períodos de déficit. En estos la operación, debe acompañarse con acciones provenientes de una Autoridad de Aplicación que gestione el adecuado manejo del recurso, de manera de evitar conflictos entre productores de ambas provincias involucradas.

Derivación de Canal a Represa de Almacenamiento Lateral (RAL)

El agua de los canales puede aprovecharse para el almacenamiento dentro de los establecimientos ganaderos, teniendo siempre la precaución de medir la aptitud ganadera del agua que escurre dentro del canal. En base a esto se pueden realizar derivaciones con compuertas a represas dentro de los establecimientos. INA – CFI, Giacosa *et al.* (2017). De forma simplificada se presenta el esquema de un sistema RAL a operar por cada productor, ver Figuras 5.2 (a, b, c) y Figuras 5.3.

Teniendo en cuenta que el propósito del control de los caudales mediante compuertas no es regular crecidas, sino retener aguas en periodos de sequía, se propone que los propietarios, vecino a los canales, puedan construir reservorios vinculados a un canal derivador con umbral de fondo para que parte de los volúmenes conducidos sean transferidos y almacenados en las represas particulares de los mismos previo monitoreo de la aptitud del agua.

El objetivo de poner un umbral de fondo se fundamenta en que durante la etapa inicial de la crecida puede producirse un lavado de sales acumuladas en el canal, y su presencia permite que a partir de un cierto tirante se produzca el ingreso de agua con menor contenido salino al reservorio. Esto puede ser complementado con un sistema de compuertas particulares, para optimizar los volúmenes de agua almacenados en cada reservorio y evitar el retorno hacia el canal cuando la misma presente un gradiente hidráulico inverso (nivel en la represa superior al tirante del canal).

Este sistema de fácil construcción, ubicado en cada establecimiento, permite que la operación de llenado de las represas (reservorios) la realice cada productor según sus necesidades.

Tal llenado podrá ser por gravedad a la represa, siempre y cuando los niveles freáticos se encuentren por debajo del fondo de la misma ya que de ocurrir lo contrario se ocupa parte del almacenamiento con aguas subterráneas normalmente muy mineralizadas.

Como alternativa, en caso de estar los niveles freáticos próximos a superficie, se recomienda como buena práctica, la construcción de represas elevadas, en las que el agua deberá ingresar mediante bombeo donde la toma será flotante, de manera de garantizar la aspiración del agua menos mineralizada. Figura 5.3.

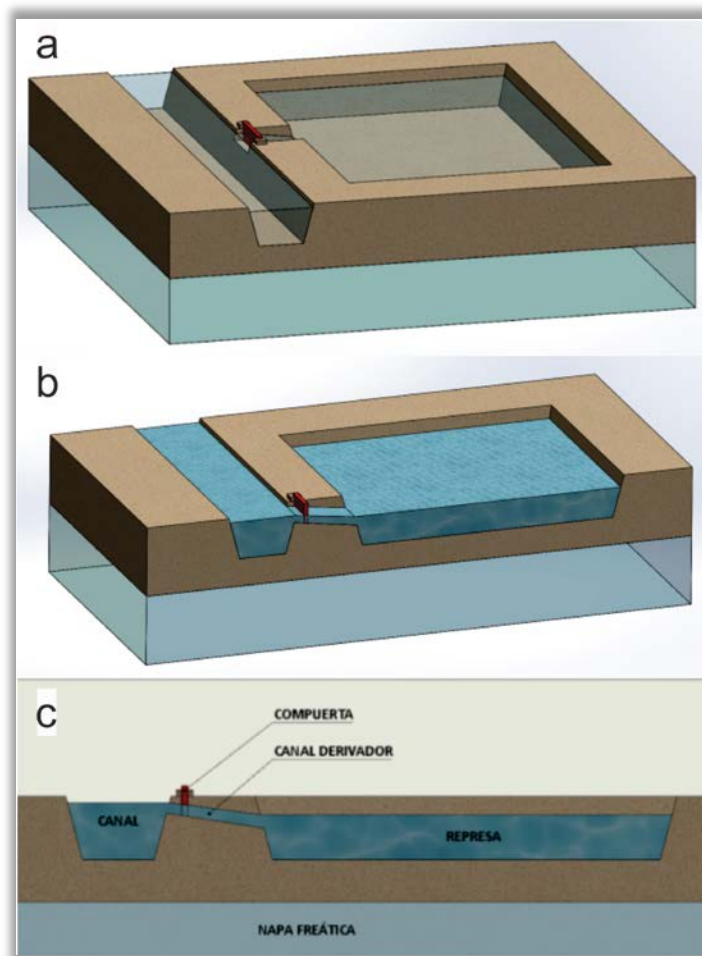


Figura 5.2. a, b, c. Derivación del canal a represa lateral.

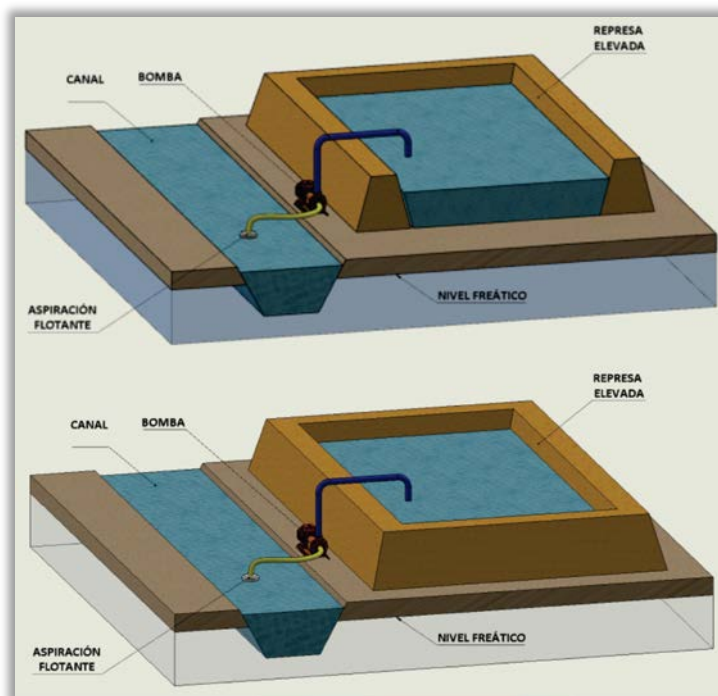


Figura 5.3. Esquema de Sistema RAL con represa elevada.

Cosecha de Agua o Sistema de captación de agua de lluvia

El término “Cosecha de agua” se ha hecho muy familiar en los últimos tiempos, aunque su técnica viene realizándose desde hace siglo. La diferencia entre aquellas y las que pueden realizarse actualmente está basado en el conocimiento de la región para hacerlas más eficientes y combinarlas con otras técnicas, por ejemplo la de recarga artificial de acuíferos.

Para la producción pecuaria se han construido numerosas represas, con excelentes resultados. Deberá ajustarse esta técnica a la luz de estudios técnicos y criterios basados en el conocimiento de la región y la experiencia.

En cada caso, se deberán analizar la conveniencia, del sistema de recolección del agua. No necesariamente debe construirse una superficie con domos colectores, en muchos casos son más eficientes, las cunetas colectoras o bajos naturales.

Realizar un estudio geotécnico en el lugar donde se construirá la represa de captación y acumulación para definir la profundidad y adoptar un talud estable de las paredes.

Un sistema de obra de recolección de agua de lluvia cuenta con: un área de Captación, un sistema de conducción hacia el área de Almacenaje, Conservación y Distribución del agua en los potreros. Ver Figura 5.4 a y b.

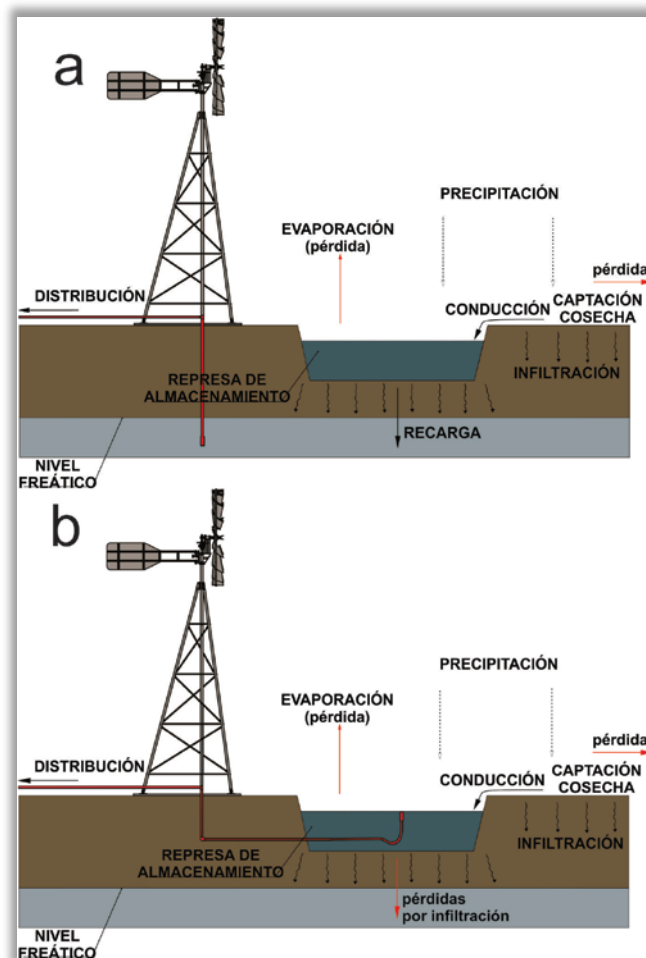


Figura 5.4. Ejemplos de una obra de cosecha de agua a y b.

Según las características sedimentológicas como así también la profundidad de la freática puede resultar conveniente la impermeabilización de su fondo y paredes. Ver Figura 5.5.



Figura 5.5. Impermeabilización de represa. Fuente INTA- Basan (2010).

Dependiendo del diseño que convenga pueden realizarse represas elevadas, represas semielevadas, utilizar un área con domos colectores o una red de canales camineros internos de los establecimientos. Figuras 5.6; 5.7; 5.8; 5.9 y 5.10.



Figura 5.6. Cunetas colectoras a los lados de los caminos internos.



Figura 5.7. Canal colector.



Figura 5.8. Represa de almacenamiento.



Figura 5.9. Área de captación con bordos-obras de cosecha de agua.



Figura 5.10. Colector de las áreas entre bordos-obras de cosecha de agua.

También pueden utilizarse molinos para bombear el agua desde las represas colectoras con toma flotante a las represas de almacenamientos o bien a la distribución hacia los bebederos. Figura 5.11.a y b.

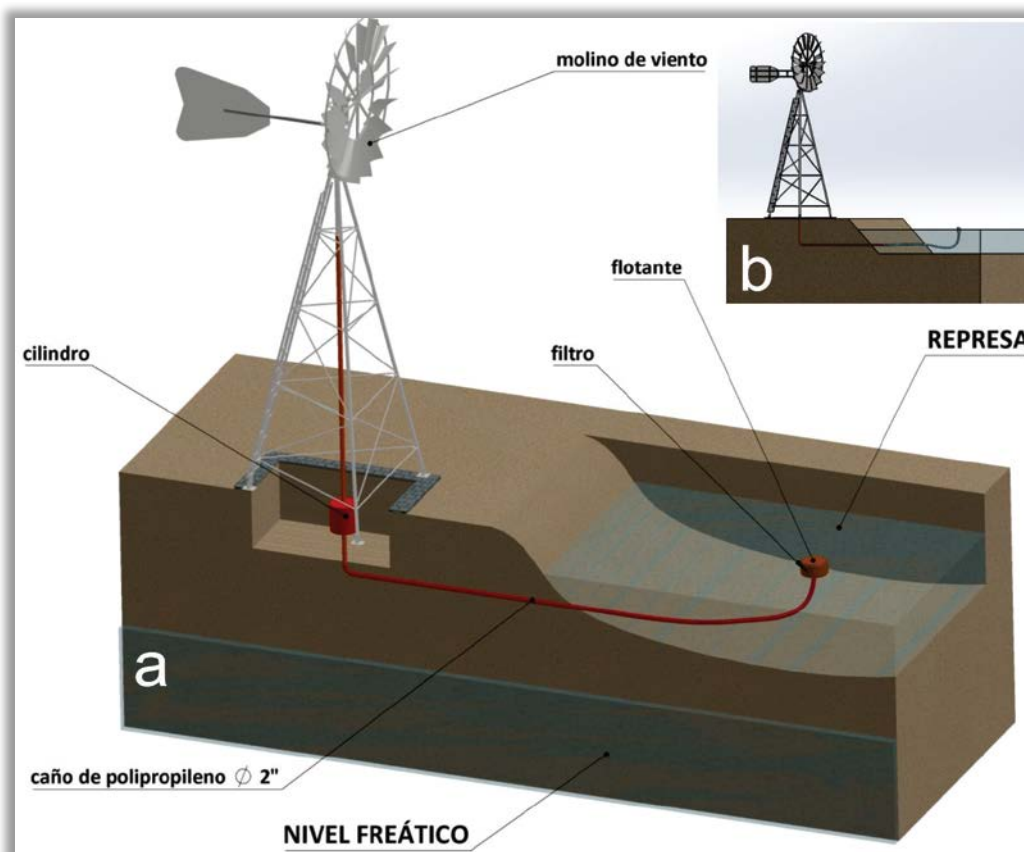


Figura 5. 11. Toma flotante.

La toma flotante tiene como ventaja aspirar el agua menos mineralizada ya que dentro de las represas de almacenamiento las aguas mas salinas, por su densidad, se ubican en el fondo, y de esta manera, se asegura, tomar las aguas menos saladas aunque tiene el inconveniente que la misma tiene mas temperatura sobre todo en el período estival.

Otras opciones de toma son las propuestas por Bavera (2009), Figura 5.12. Que tiene como ventajas y desventajas las inversas a la expuesta anteriormente. La adopción de la mas adecuada obedece a situaciones locales.

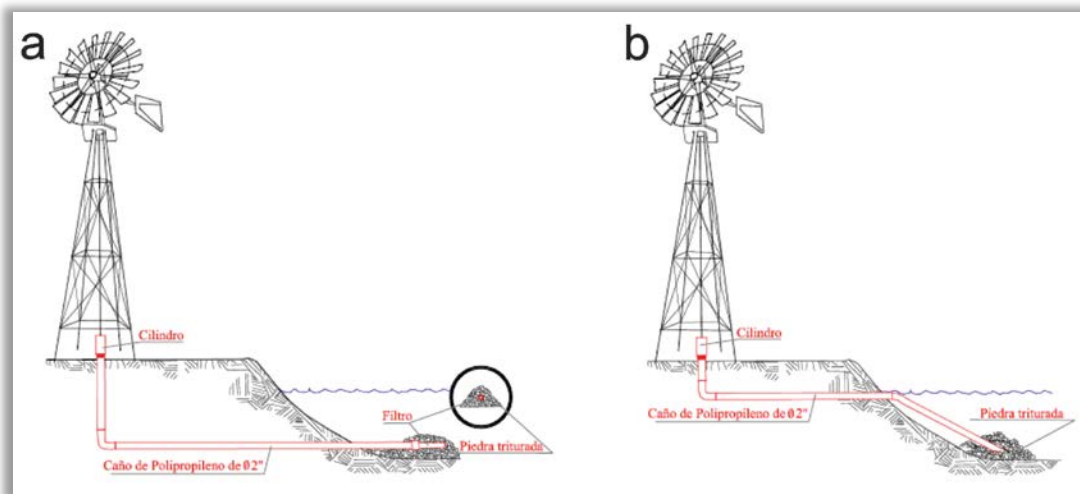


Figura 5.12. a, b. Molino con toma en el fondo para distribución del agua de la represa. Bavera (2009).

Anderson *et al.* (2019) elaboraron un programa para el dimensionamiento de este tipo de obras considerando un área de captación con camellones para años de déficit hídrico.

Referencias

- Anderson A., Lorenzón M., Pautasso F. (2019). Sistemas de captación de agua de lluvia en Bajos Submeridionales-Proyecto final de Carrera de Ing. Civil. UTN Regional Santa Fe.
- Bavera, G. A. (2009) "Aguas y Aguadas para el ganado" Río Cuarto 3º edición. Editado por el autor. ISBN 978-987-05-5184-3. 472p
- Basán Nickisch, M.; Tosolini, R.; Sanchez, L.; Lahitte, A.; Sosa, D.; Parodi, M.I.; Ibarlucea, J.; Oprandi, G, Colombo, F.; Rotela, F.; Diruscio, I.; Cariola, D.; Cammisi, N.; Marano, R.; Firman, P.; Pagura, Y.; Genesio, M. y Monzón, L. (2014). Alternativas superadoras de aguadas para ganadería en el norte santafesino. Artículo sin Referato. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_alternativas_superadoras_de_aguadas_para_ganader.pdf
- Giacosa, R.; Sosa, D.; Orue, R. , Monteverde, C.; Macedo, G.; Maciel, J.C.; Nicuesa, R.; Castro, S. (2017). Relevamiento estado de obras de infraestructura hídricas. Bajos Submeridionales Área Provincia de Santa Fe. En el marco del Convenio INA- Provincia de Santa Fe- Consejo Federal de Inversiones. 109 pp.
- Terré, H. (2018). Informes inéditos sobre los bajos submeridionales santafesinos, clima, suelo vegetación y manejo- Módulo Atahualpa.

Parte I.II - Almacenamiento de agua mediante tanque Chaco (Tanque elevado de tierra)

Basán Nickisch, M. y colaboradores, INTA EEA Reconquista

Introducción

El INTA a través del Proyecto Ganadero Provincial conjuntamente con el Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia de Santa Fe, realizaron una experiencia en un establecimiento ganadero ubicado en la Ruta Provincial Nº 13 y el río Salado. El principal condicionante era disponer agua apta durante todo el año con una distribución acorde para utilizar eficientemente el forraje en los diferentes potreros.

Se implementó un ensayo piloto para un adecuado, eficiente y sustentable uso del agua de lluvia, que mezclada de manera controlada con el agua subterránea, logre la concentración de sales que no limite la producción.

El diseño del sistema tuvo en cuenta las condiciones ambientales del lugar, ya que se encuentra en la Depresión Central de los Bajos Submeridionales, con suelos salinos sódicos, de baja permeabilidad, inundables, con napa freática alta y muy salina, baja pendiente de escurrimiento y vegetación con predominio de *Sporobolus spartinus* y *Geoffroea decorticans*.

Metodología

La obra se construyó con equipos de tractores con palas de arrastre. Figuras 5.13 a 5.16 y consiste en un reservorio con forma de cono truncado cuyo único material es la tierra del lugar.

- Ese reservorio tiene una base de tierra con alto porcentaje de arcilla compactada con el paso de la maquinaria y humedad necesaria. El diámetro fue 40 m.
- El alto del terraplén, parte de una altura mínima de 1 m y puede llegar hasta 1,5 m.
- El diseño de las paredes del tanque de tierra comienzan con un ancho de 10 m, y terminan en 3 m a la altura de 1,8 m.
- Es conveniente seleccionar la cantidad y el tamaño de las salidas del tanque en base a una planificación previa sobre la distribución del agua hacia los potreros, como así también escoger diámetros apropiados de cañerías, resultando ideal el de 4 pulgadas de material polipropileno.



Figura 5. 13. Inicio de obra.



Figura 5. 14. Vista del tanque construyéndose en su fase terminal.

- Junto al tanque chaco, con la tierra utilizada como préstamo para hacer el terraplén y las paredes del tanque, se construyó una represa. Esta represa tiene el propósito de juntar el agua de lluvia proveniente de la conducción de la zona de captación. La profundidad de esta, debe considerar el porcentaje de arcilla del perfil del suelo y la profundidad a la que se encuentra la capa freática.
- La tierra con mayor porcentaje de arcilla es utilizada mayormente para la parte superior de la base del tanque y para la parte interna de las paredes, con la finalidad de lograr impermeabilidad del tanque.
- Es necesario considerar una cañería de rebalse del tanque.

- Para garantizar el llenado de la represa y por ende del tanque, se debe preparar un área de captación, cuyo tamaño estará en función del tamaño del almacenamiento que se planifique, de la lluvia de diseño anual, la pendiente del terreno y del tipo de suelo.
- Para el llenado del tanque, desde la represa donde se junta el agua, se pueden utilizar molinos de viento, diseñados para funcionar con poco régimen de viento, o bombas alimentadas con energía solar.
- Siempre es conveniente que las instalaciones tengan un cercado perimetral físico que no permita el ingreso de animales que puedan deteriorar las instalaciones y contaminar el agua.



Figura 5. 15. Represa recién terminada cuya tierra se ocupó para hacer el tanque de tierra.

Recomendaciones para el tanque de tierra y la represa

- Realizar un análisis del suelo para lo cual se deben tomar muestras dentro del perfil con una pala barreno. Es necesario disponer de suelo con suficiente cantidad de arcilla (40% o más de arcilla) para lograr la estanqueidad necesaria del reservorio.
- Realizar el replanteo de la obra demarcando la zona, en el caso que se utiliza de ejemplo, el diámetro de la base fue de 40 m.
- Limpiar de toda vegetación en la superficie donde se planifica implementar el tanque y la represa. Tener presente que la obra requiere una determinada calidad desuelo y humedad suficiente para lograr la compactación deseada con el paso de la maquinaria.
- La altura del terraplén soporte debe ser concordante con la planificación de la distribución de agua y el diámetro de las cañerías a utilizar.
- Según recomendaciones de la empresa constructora del tanque del ejemplo, es conveniente que la última parte de este terraplén se termine con tierra “colorada” (gran porcentaje de arcilla), mientras que en el otro sector se

puede ocupar también la tierra “negra” (menor cantidad de arcilla con presencia de salitre negro) dado que sirve para la construcción de la base.

- La pendiente externa del terraplén soporte e interna de la pared es de aproximadamente 1:1 (45°).
- Con la misma pendiente exterior sigue la construcción de las paredes del tanque, comenzando con un ancho de 10 m, para terminar en el coronamiento en este caso con un ancho promedio de 1,70 m y con una altura total aproximada desde el terreno natural de 3 m. Quiere decir que la profundidad final teórica del tanque para almacenar agua es de aproximadamente 1,8 m, donde en la práctica la profundidad fue sustancialmente mayor (2,53 m). Aquí también es esencial que la parte interna de la pared del tanque se construya con tierra “colorada” (mayor concentración de arcilla), para no permitir la infiltración y tubificación del agua almacenada.
- La cañería de rebalse se debe ubicar en dirección hacia la represa, a 0,5 m del coronamiento. Puede utilizarse material de PVC de 110 mm de diámetro, no menor, y colocar codos a 45° en la parte externa para que la cañería esté enterrada en el terraplén y en el piso hasta la represa, ya que el sol deteriora su estructura a corto plazo. Así el agua bombeada en exceso retorna a la represa.
- Siempre se recomienda empastar el talud externo del tanque, así como también su coronamiento y la parte interna hasta la cañería de rebalse. Se puede usar por ejemplo pasto estrella (*Cynodon plectostachius*) o gramilla común o césped (*Cynodon dactylon*). Esto es para que las lluvias no erosionen y socaven las paredes del tanque y se proteja los taludes.
- El constructor del tanque, en base a su experiencia, recomienda que no se demore la carga de agua al tanque, aunque no sea de lluvia, para mantener la humedad de la base y paredes. Para poder hacer eso primero hay que implementar los codos a 90° de las cañerías en su parte interna y colocar los filtros y llaves de manejo externas.
- Se implementaron 2 cañerías de PP de 4 pulgadas para distribuir el agua a diferentes potreros, Este diámetro de salida es ideal para enviar el agua a una distancia considerable, como es este caso, sin necesidad de bombeo, solamente en base a la presión hidrostática. Esto debe tenerse en cuenta cuando se opta por el diámetro de la cañería. Hay que remarcar que siempre es conveniente invertir en un diámetro suficiente para que no sea un condicionante a futuro de la distribución de agua a lugares alejados, sin necesidad de presurizar con bombas. Las cañerías del lado de afuera del tanque tampoco deben quedar expuestas al sol ni al pisoteo de animales, por lo que se recomienda implementar 1 codo a 45° con cañería enterrada hasta llegar al terreno natural y luego otro codo a 45° para seguir el terreno natural y allí implementar una Tee o una bifurcación en Y con un ángulo a 45°, de PP de 4 pulgadas por cada salida, y después de las Tee o bifurcaciones en Y, implementando 2 ramales para cada Tee con buje

reducción de 4 a 3 pulgadas y luego uniones doble de PP de 3 pulgadas con sus respectivas llaves esclusa de 3 pulgadas, por ejemplo.

- Por cada llave esclusa se recomienda colocar 2 uniones doble de PP, para que en un futuro, cuando haya que cambiar esas llaves, sea fácil poder extraerlas y volverlas a colocar sin romper nada. Cada Tee con sus respectivas llaves esclusa deben estar protegidas por una cámara de mampostería y tapa de cemento. Esto es para protegerlas del pisoteo de animales, del sol y del fuego que accidentalmente pueda ocurrir.
- La cañería en la parte interna del vaso de almacenamiento debe ir con un codo a 90° de PP y un filtro ubicado de manera vertical con orificios de 1 cm de diámetro con 1 a 1,40 m de longitud, al cual se lo puede rodear con tela mosquitero de plástico y abrazaderas para que no entre basura a la cañería, difícil de extraer en las cañerías de distribución.
- A los 0,3 m del coronamiento o más (en este caso a 0,50 m), se debe ubicar cañería de diámetro mayor al del bombeo, ideal cañería de PVC de 110 mm de diámetro, para verter el agua en exceso que se cargue al tanque = cañería de rebalse, ya que de ninguna manera el agua debe sobrepasar el nivel máximo de embalse drenando a través de la pared de tierra, ya que puede provocar el colapso de la estructura por erosión en cárcavas. Se recomienda ubicar cañería de 4 pulgadas o de 110 mm de diámetro a tal efecto y que siga la pared del tanque hasta que drene en el terreno natural con dirección a la represa. Esto se logra colocando codos a 45°, de igual manera que con las salidas de distribución.
- La represa, en este ejemplo, se ubica al oeste cercana al tanque, y con las dimensiones suficientes para obtener el material necesario para construir dicho tanque. La profundidad máxima en este caso fue de 1,1 m debido al nivel máximo de la napa (1,30 m) que no permite el adecuado trabajo de la maquinaria utilizada.
- Está planificado instalar uno o dos molinos de viento para efectuar el bombeo desde la represa al tanque de tierra sobre elevado. Esto depende de la cantidad de animales a abastecer, por ejemplo, para 400 animales es deseable implementar 2 molinos de 8 pie y torres de 9,80 m de altura con accesorios hidráulicos de 1 ½". Los mismos deben tener chupadores flotantes con mangueras flexibles para succionar agua de la mejor calidad química y con la menor turbiedad posible. También pueden utilizarse bombas alimentadas con energía solar o con energía eléctrica, con sensores automáticos de nivel para la operación automática de las mismas.
- Ventaja de los molinos para estos ambientes: utilizan energía renovable, son difíciles de robar, los pueden arreglar los propios Encargados de los campos. En el norte y centro de Santa Fe se dispone de molineros y de fábricas de molinos diseñados para funcionar con bajo régimen de vientos, sus repuestos son de bajo costo. Su vida útil es muy alta si se compara con las demás alternativas.

- El área de captación se debe implementar una vez concluida la obra del tanque y de la represa y lo deseable es que se concrete antes del período de precipitaciones, donde se van a sistematizar los caminos con sus cunetas cercanos para que drenen a la represa en base a las lluvias del lugar y al coeficiente de escurrimiento para tierras con alto contenido de arcillas, pendiente despreciable y escasa a nula vegetación.
- Algo que es esencial para este tipo de obras: deben tener cercado perimetral físico (no alambrado eléctrico) para proteger el tanque de tierra, la represa, el o los mecanismos de bombeo, las cámaras de llaves de manejo de distribución del agua y, en la medida de lo posible, también el área sistematizada para la “cosecha” del agua de lluvia, ya que de ninguna manera deben ingresar los animales a esa zona poniendo en riesgo las obras.

Cálculo del área de cosecha de agua de lluvia para el llenado de la represa

Se toma un ejemplo que sobre la base de 400 animales, con un consumo diario promedio de 50 L/día por ganado bovino de cría:

Consumo diario promedio = 400 animales x 50 L/día = 20.000 litros diarios.

En base al registro de precipitaciones de la zona se tiene una lluvia promedio anual de 859 mm.

Y analizando la distribución de las precipitaciones mensuales promedio implica que los meses más críticos son desde mayo a septiembre, lo cual significa 150 días.

Según el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en el Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Posgraduados de Colpos (CIDECALLI-CP), México, recomiendan tomar 2 meses más como coeficiente de seguridad. En este caso, entonces son 7 meses = 210 días, que se consideran sin lluvias que provoquen escorrentía. Este dato es importante para calcular el volumen necesario para la represa, contemplando también los datos de pérdidas por evaporación y por infiltración.

Para determinar el área de cosecha del agua de lluvia se debe tener en cuenta el consumo de esos 400 animales durante los 365 días:

Demanda de agua anual = 20.000 litros diarios x 365 días = 7.300.000 litros anuales = 7.300 m³.

Y utilizando la fórmula de Volumen = Superficie x altura:

Volumen = (Sup. de cosecha de agua) x (PP media anual x 0,8 x cfte. de escurrimiento)

7.300 m³ = superficie de cosecha de agua x 0,859 m x 0,8 x 0,5

Donde:

- 0,8 es el coeficiente que permite utilizar la PP media anual, transformándola en la lluvia de diseño = una lluvia anual que tenga un período de retorno

acorde con la finalidad que se busca: la garantía que todos los años llueva ese monto o más.

- 0,5 es el coeficiente de escurrimiento que se utiliza para suelos con escasa a nula vegetación, suelos pesados y escasa a nula pendiente del terreno natural. Quiere decir que del total de una lluvia el 50% escurre superficialmente hacia la represa.

Implica que la superficie para la cosecha del agua de lluvia debe ser de:

$$21.245 \text{ m}^2 \cong 150 \text{ m} \times 150 \text{ m} \text{ ó } 100 \text{ m} \times 250 \text{ m}$$

Es deseable que el área de captación sea mayor a los cálculos teóricos, ya que no se ha tenido en cuenta la evaporación ni la infiltración que se produce tanto en la represa como en el tanque de tierra sobre-elevado.

Se propone entonces un área de 200 m x 200 m con camellones similares a caminos doble propósito: caminos de 200 m de longitud con cunetas en paralelo hasta lograr el ancho de los 200 m o más, que permitan el control de las malezas, ya que las áreas de cosecha de agua de lluvia deben permanecer con la menor cantidad de vegetación posible para maximizar el escurrimiento hacia la represa, especialmente antes de las lluvias.

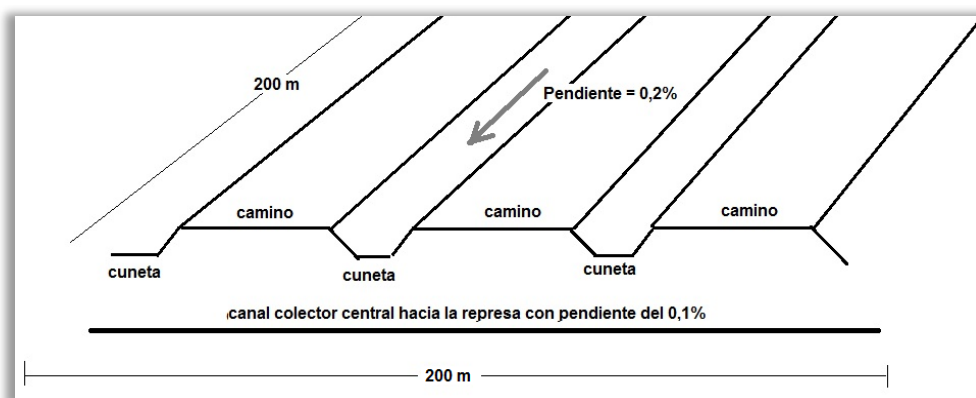


Figura 5.16. Croquis sistematización del área de captación propuesta para captación de agua de lluvia.

El área de “cosecha” de agua se propone de 200 m de largo, con caminos y cunetas de 10 y 3 m de ancho respectivamente, paralelos, hasta lograr un ancho de 200 m o más. El tamaño de los mismos responde a la facilidad de tránsito de la maquinaria que se utilice para realizar el mantenimiento por medios mecánicos y la no utilización de agroquímicos.

La pendiente sugerida para los caminos y cunetas es de 0,2% (40 cm en 200 m), mientras que para el canal central colector sea de 0,1% (10 cm cada 100 m).

El control del estado de la vegetación bien corta (prácticamente despreciable) antes de las lluvias, en base a los pronósticos meteorológicos, es esencial para maximizar el escurrimiento y lograr tener siempre agua de calidad, aun en años hidrológicos secos. El hecho de que sí haya vegetación permite contrarrestar cárcavamientos potenciales que se puedan producir. De producirse hay que

manejarlos/controlarlos, especialmente ante eventos de precipitación de alta intensidad.

Construcción del área de cosecha de agua mediante camellones

A continuación se presenta la Figura 5.17 (a, b).



Figura 5.17. a) y b). Movimiento de suelo para la construcción de camellones.

Distribución del agua para facilitar el eficiente aprovechamiento de los forrajes

El agua almacenada en el tanque de tierra debe ser distribuida correctamente en los lugares planificados, en lo posible sin la utilización de presurización con bombas adicionales. Para ello se deben implementar cañerías de distribución, que pueden ser mangueras negras o cañerías de PVC Clase 4 si no se presuriza con bombas, y cuyo diámetro va a depender de:

- La altura hidrostática de salida, es decir, el mínimo nivel del tanque que tiene oportunidad de poder distribuirse. Que debiera ser aproximadamente la altura del terraplén soporte del tanque de tierra más los centímetros que se deja como volumen muerto del reservorio.
- La cantidad de animales que simultáneamente se van a abastecer en cada punto de distribución.
- La pendiente del terreno desde el tanque hasta el punto de abrevado de los animales, teniendo en cuenta el nivel del terreno en los puntos intermedios.
- La longitud desde el tanque hasta los puntos de abrevado.
- El tipo de bebedero: bebederos media caña o tanques bebedero. Si son los primeros, la cañería debe ser de mayor diámetro para dar respuesta a la demanda puntual. Si son los segundos la demanda diaria se planifica reponer en 24 hs, para lo cual es clave que el tamaño del tanque bebedero pueda dar respuesta a la demanda puntual.

Referencia

Basán Nickisch, M.; Tosolini, R.; Cammisi, N.; Sánchez, L.; Mieres, L. (2018). Demostrador de Aguada para Ganadería en la Depresión Central de los Bajos Submeridionales. <https://inta.gob.ar/documentos/demostrador-de-aguada-para-ganaderia-en-la-depresion-central-de-los-bajos-submeridionales>

Manual de buenas prácticas para el uso del agua para ganadería en BBSS Santafesinos

Parte I.III – Obras para abastecimiento humano

Basán Nickisch, M. y colaboradores, INTA EEA Reconquista

Siendo el agua necesaria para el consumo humano se incluye este apartado sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) dirigido al abastecimiento de las personas que viven en los BBSS.

Introducción

En regiones donde el agua subterránea no es químicamente apta de forma directa para el consumo humano es válido analizar la posibilidad del aprovechamiento de las precipitaciones para dicho uso.

Históricamente, varios lugares de Argentina se han abastecido con las precipitaciones, existiendo la cultura del aprovechamiento del agua de lluvia, no solo para el consumo humano, sino también para usos múltiples.

Los aljibes tradicionales se basan en el aprovechamiento del agua de lluvia que se capta de los techos, conduciéndola por canaletas con cañerías que terminan en un depósito central. En pocos casos existe un paso previo en donde el agua sucia inicial se desvía y/o pasa por un decantador de sedimentos.

Algunos de los problemas de estos sistemas consisten en que:

Son construidos sin el diseño apropiado ni las normas constructivas adecuadas y/o se ocupan materiales de baja calidad.

Las áreas de captación no tienen las dimensiones acordes a las precipitaciones del lugar ni al volumen que se requiere captar. Sus materiales son inadecuados para poder captar el agua de lluvia de manera eficiente.

Las canaletas y bajadas no tienen el tamaño necesario para conducir toda el agua captada por los techos hacia los depósitos.

Entre la superficie de captación (los techos) y el depósito no hay mecanismos que garanticen el filtrado de los materiales que pudieran existir al momento de las lluvias (material vegetal, insectos, sedimentos, etc.) lo que pone en riesgo la calidad del agua almacenada.

Los depósitos de almacenamiento no disponen de cierre superior hermético, ni de mecanismos de bombeo estancos para extraer el agua, tampoco mecanismos de rebalse que prevean el no ingreso de alimañas, roedores, insectos, etc., ni mecanismos de tratamiento bacteriológico del agua para considerarla segura para el consumo humano.

Una parte importante de estos sistemas son los depósitos, los cuales pueden ser de mampostería, ferro-cemento, placas de cemento, plástico. Su aplicación dependerá del análisis de cada lugar referido a la inversión inicial, capacidad constructiva local, acceso a los materiales, vida útil, aceptación por parte de los usuarios. Se recomienda

realizar la evaluación de riesgos de movimientos sísmicos y la presencia de arcillas expansivas en el perfil del suelo.

El INTA dispone de experiencias con estas diferentes tecnologías y se investiga el comportamiento de estos materiales en los ambientes donde se concretan, analizando ventajas y desventajas, Basán Nickisch (2012a).

La ubicación de los depósitos no es un dato menor, ya que deben estar lo más alejados posible de los potenciales focos de contaminación, como son letrinas, pozos sépticos, criaderos de animales, depósitos de basuras y de las raíces de árboles cercanos.

Los depósitos deben diseñarse acorde a la demanda, es decir, que su tamaño dependerá del número de integrantes que se van a abastecer y/o de la producción a la que se destine, por ejemplo riego hortícola o abrevado de animales de granja.

Las dimensiones de los techos, canaletas y bajadas deben tener en cuenta las precipitaciones del lugar, el volumen anual que precipita y su distribución en el tiempo, así como su análisis probabilístico. El tamaño del aljibe dependerá de la distribución mensual de las precipitaciones en el año y de la demanda que se piensa abastecer. De esa manera se garantiza el llenado anual del depósito.

Como objetivo principal se planteó dar respuesta a la demanda de agua para consumo y uso humano con el agua de lluvia.

Y como objetivo específico se programó que el agua sea segura, es decir, libre de gérmenes patógenos que puedan enfermar a la población, que no contenga elementos tóxicos propios del ambiente donde se producen las precipitaciones y que los sistemas se planifiquen a la demanda, Basán Nickisch *et al.* (2012b).

Metodología

Los sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia constan de los siguientes elementos:

- Área de captación.
- Sistema de canaletas y bajadas.
- Sistema de prefiltrado, cucharas y cámaras de inspección.
- Sistema de filtrado.
- Depósito de almacenamiento.
- Mecanismo de bombeo para extraer el agua.
- Tratamiento microbiológico.

El área de captación consiste en superficies bien acondicionadas o nuevas, preferentemente techos de las viviendas o instalaciones con superficies aptas para “cosechar” agua de lluvia de manera eficiente. Las características de esta superficie son clave para garantizar el llenado del depósito en base a las precipitaciones locales.

La dimensión del área de captación se calcula a partir del análisis de las lluvias del lugar o cercanas, siendo recomendable contar con series de precipitaciones anuales lo suficientemente extensas para contemplar períodos hidrológicos secos, húmedos y medios.

Para obtener la lluvia de diseño se deben realizar los análisis probabilísticos de esta variable aplicando modelos desarrollados para tal efecto, donde en base a elegir los menores errores cuadráticos medios de la varianza y de la frecuencia, se opta por un valor de diseño que corresponda a un período de retorno bajo, $T_r = 1,25$ años para este estudio, para así procurar el abastecimiento de agua durante todo el año en todos los años, adoptando entonces la lluvia de diseño.

La distribución de las precipitaciones durante el año debe tenerse en cuenta para adoptar el tamaño del depósito necesario para satisfacer la demanda.

La otra variable de diseño importante es la demanda que se debe cubrir, por ello se analiza la población de diseño y sus características, priorizando el consumo personal e higiene de los alimentos, utensilios de uso diario, etc., partiendo con una dotación de 2 a 3 litros diarios por persona, que se irá incrementando si el aljibe también servirá para efectuar riegos a la huerta, para el aseo personal, para el consumo de animales de granja, etc. (Anaya Garduño, 1998).

Esa variable (cantidad de personas que se deben abastecer) se calcula en base a la curva de crecimiento de la población a 20 ó 30 años, o directamente en zonas rurales se realiza un incremento en un 20 ó 30% de la población actual que se quiere abastecer, Basán Nickisch (2012a).

Se asume que un 10% del agua que cae en la superficie de captación no llega al depósito de agua por salpicaduras ante lluvias de alta intensidad.

Por lo tanto, la superficie de captación de agua de lluvia se calcula a partir de la división entre el volumen y la altura de la precipitación de diseño, teniendo en cuenta las pérdidas por salpicaduras y en las conducciones.

El sistema de canaletas y bajadas conducen el agua de lluvia desde el techo hasta el depósito, previo paso por el sistema de filtrado. Es la parte más económica de la obra pero no siempre se dimensiona de manera tal de transportar toda el agua captada hasta el depósito, generalmente con un número insuficiente de bajadas, las cuales deben mantenerse limpias y en buenas condiciones, Anaya Garduño (2011).

Las canaletas deben ser lo suficientemente grandes para que puedan conducir el agua captada en los techos, cualquiera sea la intensidad de la lluvia. Las más comunes son las de chapa galvanizada o de PVC con tratamiento contra los rayos ultravioleta.

Su dimensionamiento, así como las demás partes del sistema se pueden obtener en base a un software de dimensionamiento de un SCALL desarrollado por INTA Basán Nickisch y Tosolini (2017).

Es conveniente que las canaletas se instalen con un desnivel adecuado para que el agua escurra sin dificultad hacia las bajadas, con una pendiente de 0,005 (5 cm por cada 10 m de longitud). Siempre deben limpiarse antes y durante el período lluvioso,

prestando la atención necesaria a las hojas y cualquier otro elemento que pueda saturar el sistema de canaletas, cañerías, prefiltrado y filtrado, Basán Nickisch *et al.* (2013).

Cuando se considere necesario, debido a un trayecto largo de conducción de agua hasta el aljibe o cuando necesariamente se deban realizar conducciones no rectas, deberán implementarse cámaras de inspección, una por cada bajada planificada, que tengan tapas con buen cierre, con una altura suficiente que no permita el ingreso de agua superficial de escurrimiento, cualquiera sea su origen.

El sistema de filtrado consiste en un decantador y el filtro de arena, donde el agua pasa por los mismos, impidiendo el ingreso de tierra o de cualquier elemento que haya sorteado el sistema de prefiltrado.

El número y diámetro de las cañerías de PVC que colecta el agua filtrada debe ser igual o superior al de las cañerías de llegada que provienen del área de captación. Con esto se logra que el filtro no vea rebasada su capacidad de funcionamiento ante lluvias de alta intensidad.

Las cañerías de llegada desembocan en el primer compartimento o decantador de sedimentos. Una pared nivelada a cero separa al mismo del sector de filtrado. El agua proveniente del techo inunda dicho decantador y termina rebasando la pared como un vertedero hacia el sector del filtro y termina en el aljibe.

El filtro de arena en su parte inferior (en contacto con la cañería de PVC agujereada o ranurada) se carga con piedra partida fina, en una capa con espesor de 30 cm. Posteriormente, se coloca una capa de arena gruesa Tipo 1-2 mm, con un espesor de 20 a 40 cm hasta alcanzar la pared del vertedero que une con el primer compartimento.

La superficie filtrante de arena gruesa debe ser proporcional a la de captación: por cada 100 m² de superficie de captación se recomienda disponer de 1 m² de superficie filtrante.

El material filtrante es la arena, la cual es sostenida por la piedra partida, cuya función de esta última, es la de impedir el ingreso de la arena a la cañería de drenaje y, por ende, al depósito de agua.

El filtro debe poseer una tapa segura y práctica para inspeccionar su limpieza y funcionamiento. Antes de las primeras lluvias y durante el período lluvioso del verano debe corroborarse su estado de limpieza y la buena disposición del material filtrante.

Esta alternativa compacta de sistema de filtrado se puede implementar tanto para aljibes construidos de mampostería, ferro-cemento, placas de cemento, y también para depósitos plásticos, debiendo construir una base soporte aparte para estos tres últimos.

El depósito de almacenamiento se puede construir de diversos materiales, donde deben prevalecer las normas constructivas que garanticen su comportamiento ingenieril en lo que hace a soportar adecuadamente presiones externas e internas, y una adecuada estanqueidad.

Es sustancial consultar a los usuarios acerca de los materiales, preferencias, costos, lugares de implementación por el acceso de materiales de construcción, costumbres, capacidad constructiva local por alguna de las alternativas, etc.

Los depósitos pueden estar enterrados, semienterrados o en superficie, donde su diseño deberá contemplar estas alternativas.

Otro punto a tener en cuenta es el máximo nivel freático durante los períodos hidrológicos húmedos, tanto por la construcción como por la operación y mantenimiento posteriores.

Su entorno debe estar convenientemente higienizado y libre de animales domésticos, en lo posible con un cercado perimetral que impida el ingreso cercano de esos animales.

Debe tener cañería de rebalse con malla mosquitero para impedir el ingreso de roedores, sapos, víboras, etc., a una altura tal que no pueda entrar el agua por escorrentía superficial teniéndose en cuenta, además, la pérdida de capacidad de almacenamiento que ello implica.

Siempre es conveniente que tenga un acceso superior seguro, preferentemente con candado y práctico más una escalera interior para poder inspeccionar/limpiar el depósito.

Es deseable que tenga un diseño cilíndrico para uniformizar tanto las presiones externas del suelo como las internas del agua.

Siempre es conveniente implementar mecanismos de bombeo estancos para extraer el agua almacenada. Una bomba centrífuga domiciliaria si se dispone de energía eléctrica o una bomba manual para la extracción del agua almacenada. Las mismas pueden colocarse encima de la tapa superior del almacenamiento o al costado del mismo. Deben ser estancas para reducir el riesgo de contaminación del agua.

Hay que evitar la apertura de la boca del depósito, la introducción de tarros o baldes con sogas para poder extraer el agua, minimizando así también el peligro de accidentes de los niños y contaminación del agua.

En el caso particular de depósitos implementados en superficie, es práctico colocar un grifo para extraer el agua donde no hace falta el mecanismo de bombeo, siendo riesgoso también esto si alguien no tiene la precaución de cuidar que siempre se le dé un correcto uso y que no pierda agua dicho grifo. En ambientes con niños se incrementa esta posibilidad de perder volúmenes de agua importantes.

El tratamiento microbiológico del agua almacenada es uno de los principales motivos de investigación en este tipo de sistemas.

Después que el agua pasó por el sistema de filtrado y se almacena limpia en el depósito, todavía no es segura para el consumo humano, ya que puede contener microorganismos patógenos que pongan en riesgo la salud de las personas por consumir agua sin un tratamiento adecuado.

Se consideró importante, desde INTA, realizar los análisis correspondientes con tres tratamientos diferentes de las consideradas tecnologías apropiadas. Analizando dos fuentes de agua de lluvia, donde una de ellas posee sistema de filtrado pero sin tratamiento microbiológico (Testigo 1) y otra sin filtrado y sin tratamiento microbiológico (Testigo 2):

- Tratamiento 1: Dejar expuesta a la radiación solar una botella de plástico llena con agua de lluvia filtrada durante 1 día.
- Tratamiento 2: Agregar una gota de hipoclorito de sodio comercial (lavandina) por cada litro de agua de lluvia filtrada.
- Tratamiento 3: Hervir el agua de lluvia filtrada durante 3 a 5 minutos.

Testigo 1: agua filtrada sin ningún tratamiento microbiológico.

Testigo 2: agua sin filtrar y sin tratamiento microbiológico.

Cuando se presentan días nublados y se utilizan la radiación solar como desinfectante (comúnmente llamado SODIS) se recomienda dejar las botellas de agua expuestas por 2 días, simplemente por precaución, antes de su consumo.

Según estudios realizados por el INTA EEA Santiago del Estero, Basán Nickisch, (2011) se necesita una gota de lavandina por cada 2 litros de agua almacenados en un aljibe, estando el agua clarificada. Con ello se logra cloro residual de al menos 0,2 mg/L como Cl^2 y una desinfección de agentes patógenos, controlando el pH y la temperatura, con análisis microbiológicos periódicos para garantizar agua segura para el consumo. En esos estudios se comprobó también que la oscuridad y la temperatura que se genera en el interior de un aljibe contribuyen a preservar la capacidad de desinfección de este elemento, donde el cloro residual se mantuvo en el agua almacenada entre 30 y 45 días.

No se debe dosificar lavandina en exceso pues no es bueno para la salud. Después de aplicar la misma se debe esperar media hora para que se encuentre en condiciones de ser consumida. Es el único método que tiene un efecto residual de manera tal que después de lograda la desinfección sigue teniendo capacidad desinfectante ante una nueva contaminación.

El hervido del agua es un tratamiento eficiente y solamente puede tener una limitante importante en algunos ambientes donde el combustible necesario no esté al alcance de la población (gas, leña, etc.). Luego de hervida el agua se deja enfriar y se deposita en un recipiente limpio hasta su consumo.

En el caso del tratamiento SODIS hay que utilizar botellas plásticas de calidad, en buen estado (no rayadas = opacas) y deben ser transparentes (sin color), debiendo descartarse aquellas comunes que puedan desprender elementos tóxicos.

Si se dosifica con lavandina debe ser con la tradicional, sin aditamentos de ningún tipo.

Resultados de los tratamientos microbiológicos

Considerando los siguientes casos: 1 (agua del aljibe filtrada con tratamiento SODIS), 2 (agua del aljibe filtrada con lavandina) y 3 (agua del aljibe filtrada y hervida) mostraron ausencia de coliformes fecales, coliformes CEK y *Pseudomonas aeruginosa*.

Las muestras 1, 2 y 3 arrojaron valores menores a los umbrales propuestos por el Código Alimentario Argentino de las bacterias aerobias totales y coliformes totales (<500 y <3 respectivamente).

En el caso particular del agua cosechada y almacenada en el aljibe sin filtrar y sin tratamiento bacteriológico (5), presenta gran cantidad de bacterias aerobias totales, lo que se debe a que el agua se almacena sin el cierre superior. No sucede eso en aljibe con tapa (4).

En cuanto a los testigos, los resultados obtenidos para las muestras 4 y 5 indicaron la presencia de coliformes fecales y coliformes CEK, con valores mayores a los recomendados de bacterias coliformes totales.

Conclusiones

Se considera que el sistema compacto de prefiltrado, decantación, filtración y desinfección es el único que garantiza almacenar agua limpia en los depósitos, Basán Nickisch *et al.* (2014b).

Almacenar agua limpia no significa agua segura pero es un paso indispensable para que el agua no sea rechazada por su turbiedad y, especialmente, porque favorece su desinfección.

Los resultados de los tratamientos microbiológicos en base al agua tratada con el filtrado propuesto, convalidan la eficacia y efectividad de los mismos para garantizar agua segura para el consumo humano.

La desinfección con hipoclorito de sodio (lavandina), con el hervido del agua y con el tratamiento con radiación solar han dado un resultado excelente para contrarrestar agentes patógenos, Basán Nickisch *et al.* (2017).

Los Testigos 1 y 2 no garantizan agua segura para la población y convalidan la necesidad de realizar el filtrado del agua proveniente de las áreas de captación más el tratamiento microbiológico correspondiente para poder clasificar el agua segura para el consumo humano.

Los almacenamientos o depósitos deben estar cerrados, cualquiera sea el material de los mismos, y los mecanismos de bombeo ser estancos.

Es indispensable la capacitación de las personas que van a operar estos sistemas, sean comunitarios o familiares, para que las mismas internalicen qué se deben realizar estos tratamientos.

La operación y mantenimiento de los sistemas de captación de agua de lluvia es clave para garantizar la calidad del agua apta para el consumo humano en cualquier época del año, donde la limpieza y control de cada una de las partes antes de las lluvias y durante el período lluvioso es esencial, Basán Nickisch y Sánchez (2016a).

Esto permite asegurar que con tecnologías simples y validadas, se puede dar respuesta a la demanda de agua en ámbitos rurales y urbanos, constituyéndose esto en una herramienta importante para asegurar que el hecho de contar con agua en cantidad y calidad durante el año permite afirmar que no implica un motivo para la migración rural la falta de agua segura para propósitos múltiples, Basán Nickisch *et al.* (2016b).

El INTA actualmente investiga métodos con tecnologías apropiadas para que cualquier persona pueda implementar en su casa, de manera tal de garantizar en zonas con alta concentración agrícola no ingresen elementos indeseados a los aljibes.

Se presenta la Figura 5.18 como ejemplo de aljibe comunitario.



Figura 5.18. Aljibe comunitario Norte Santafesino.

Referencias

- Anaya Garduño, M. (1998). Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico. América Latina y el Caribe, IICA, México.
- Anaya Garduño, M. (2011). Captación del agua de lluvia. Solución caída del cielo. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.
- Basán Nickisch, M. (2011). Abastecimiento con agua de lluvia para consumo humano en ambientes rurales. INTA
<https://inta.gob.ar/documentos/abastecimiento-con-agua-de-lluvia-para-consumo-humano-en-ambientes-rurales>

- Basán Nickisch, M. (2012a). Manejo de los Recursos Hídricos para áreas de secano – 2da. Edición. INTA
<https://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-recursos-hidricos-para-areas-de-secano-segunda-edicion>
- Basán Nickisch, M. (2012b). Calidad del agua para usos múltiples. 1er Seminario Latinoamericano sobre acceso, uso y tratamiento del agua para la Agricultura Familiar – Agua de calidad con equidad. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/calidad-del-agua-para-usos-multiples>
- Basán Nickisch, M. (2016). Sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia (SCALL) para la EEA Ingeniero Juárez. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/sistemas-de-aprovechamiento-de-agua-de-lluvia-scalle-para-la-eea-de-ing-juarez>
- Basán Nickisch, M.; Tejerina Díaz, F.; Vera, Héctor (2013) “Nuevo sistema de filtrado de agua para aljibes”. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/nuevo-sistema-de-filtrado-de-agua-para-aljibes>
- Basán Nickisch, M.; Tejerina Díaz, F.; Jordan, P.; Tosolini, R.; Sánchez, L.; Sanz, P.; Vera, H. (2014a). Mantenimiento y tratamiento de agua almacenada en aljibes. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/mantenimiento-y-tratamiento-del-agua-almacenada-en-aljibes>
- Basán Nickisch, M.; Tejerina Díaz, F.; Jordan, P. (2014b). El agua de lluvia sí debe ser tratada. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/el-agua-de-lluvia-si-debe-ser-tratada>
- Basán Nickisch, M. y Sánchez, L. (2016a). Agua Segura para Comunidades Qom en el norte del Chaco. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/agua-segura-para-comunidades-qom-en-el-norte-del-chaco>
- Basán Nickisch, M.; Sánchez, L.; Tosolini, R.; Tejerina Díaz, F.; Jordan, P. (2016b). Aprovechamiento del agua de lluvia para usos múltiples en los Bajos Submeridionales y áreas de influencia. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/aprovechamiento-del-agua-de-lluvia-para-usos-multiples-en-los-bajos-submeridionales-y-areas-de-influencia>
- Basán Nickisch, M.; Tosolini, R.; Lahitte, A.; Sosa, D.; Sánchez, L.; (2017). Lecciones aprendidas con SCALL para propósitos múltiples en el norte y centro de Santa Fe. CONAGUA 2017.
<https://inta.gob.ar/documentos/lecciones-aprendidas-con-scalle-para-propositos-multiples-en-el-norte-y-centro-de-santa-fe>
- Basán Nickisch, M. y Tosolini, R. (2017). Software de cálculo de Sistema de Captación y Aprovechamiento de agua de Lluvia (SCALL) para propósitos múltiples. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/software-de-calculo-de-sistema-de-captacion-y-aprovechamiento-de-agua-de-lluvia-scalle-para-propositos-multiples>

Mantenimiento de las obras

Sosa D; Díaz E.

Toda obra hidráulica requiere siempre de mantenimiento.

Las áreas colectoras con camellones deben desmalezarse para que no pierda eficiencia el escurrimiento, la Figura 5.19 ilustra una obra con inadecuado mantenimiento. Se recomienda que el mantenimiento se realice mediante control mecánico, evitando la utilización de agroquímicos.



Figura 5. 19. Área de captación.

También los canales colectores de agua a los costados de los caminos internos deben limpiarse periódicamente para preservar su eficiencia.

Además en períodos de grandes inundaciones estas obras pueden deteriorarse por procesos de erosión, que deben repararse a los efectos que estén operables en los períodos de déficit.

Parte II- Sistema de captación de Agua Subterránea

Sosa D., Díaz E.

Introducción

En décadas anteriores, los pozos más utilizados fueron los denominados “cavados” con diámetros superiores al metro. Estos se construían con paredes laterales de ladrillos o maderas permitiendo el ingreso de agua. Este tipo de pozo es muy común en zonas con acuíferos poco permeables. Luego del bombeo, cuando desciende el nivel dinámico, demora un tiempo prolongado la recuperación del nivel estático. Es común además, complementar los pozos de gran diámetro con drenes horizontales o “mechados”. Estos sistemas permiten aumentar el volumen de agua para almacenar. Este tipo de pozo tiene como antecedente a los llamados Ranney (Ranney®). Figura 5.20.

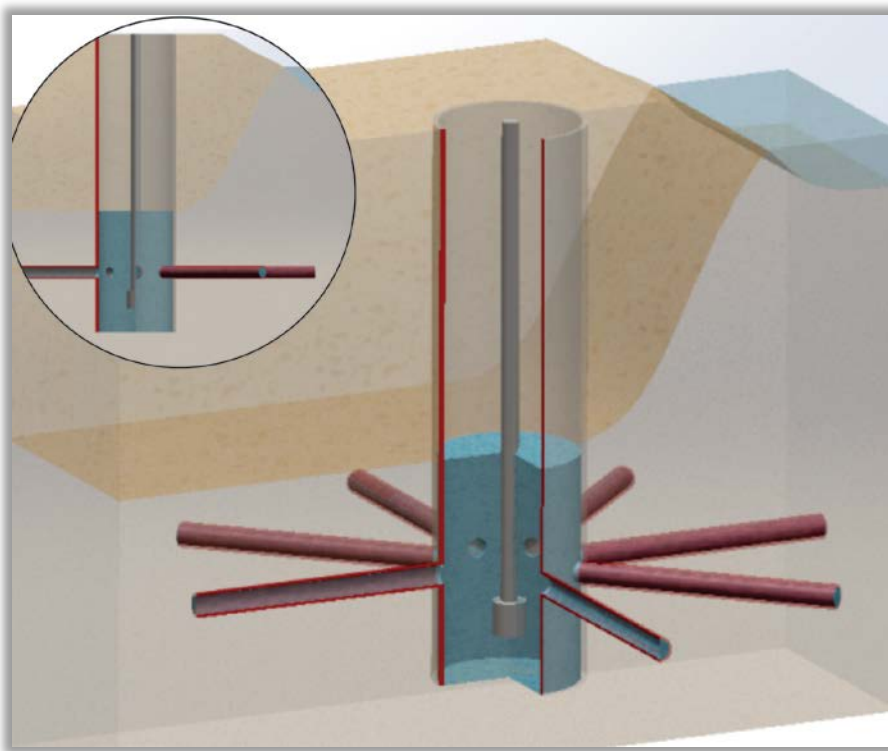


Figura 5. 20. Pozos de gran diámetro con drenes, similares al tipo Ranney - “pozos mechados”.

Debido, a que la salinidad aumenta con la profundidad en los acuíferos de la región, la extracción del agua es conveniente hacerla lo más próxima a la superficie posible, es por eso que se recomienda que el tubo de aspiración de la bomba cuente con un flotante para tomar el agua próxima a la superficie. Este se verá en detalle en el presente capítulo, bajo el título *Diseño de aspiración flotante* elaborado por Alejandro Lahitte.

En estos sistemas de extracción, los volúmenes de agua deberán extraerse con caudales reducidos (menores a 1000 l/h), para evitar incrementar el contenido salino en el tiempo. Si un pozo aumenta más del doble su contenido salino es poco factible su recuperación.

Remplazando a los pozos cavados que se realizaban con palas y pico en forma manual, hoy se construyen perforaciones denominadas “tipo araña”. Ver Figuras 5.21 a,b. Estas Consisten en perforaciones, de las cuales se extraen caudales inferiores a 1000 l/h, unidas por caños vinculadas a un molino u otro sistema de aspiración, ya que siendo el acuífero poco productor de agua es necesario extraer de varios pozos a la vez evitando niveles dinámicos profundos con la consecuente salinización de las mismas.

Las figuras 5.21 a y b presentan un esquema simplificado de sistema “tipo araña” con distancias iguales entre pozo y el sistema de extracción. No necesariamente las distancias deben ser iguales, habiendo alternativas constructivas para ubicar los pozos en los sectores más convenientes del acuífero.

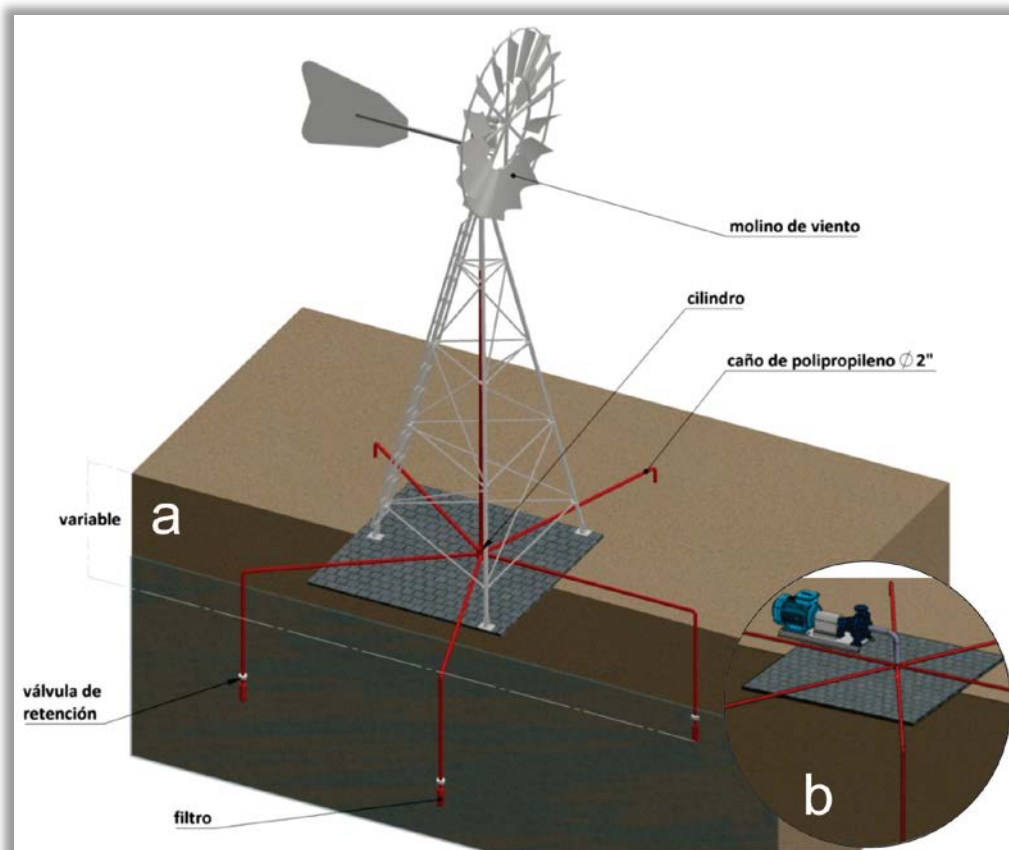


Figura 5. 21 (a, b). Esquema Perforaciones tipo “araña” accionada a partir de un molino a viento (a). Mediante otro tipo de sistema de bombeo (b).

Ubicación adecuada de la Captación

En los BBSS es fundamental la ubicación de la perforación con métodos que permitan conocer en forma indirecta las características del terreno. Se procesa en gabinete imágenes satelitales o fotos aéreas que permiten reconocer los rasgos geomorfológicos dejado por los sistemas fluviales. En la Figura 5.22 se muestra un área enmascarada por las prácticas de laboreo que alteraron la evidencia superficial de un paleocauce, es por ello necesario recurrir a imágenes históricas.

Determinadas las áreas más favorables en gabinete, en el campo se aplican métodos geoelectrónicos. Los habitualmente utilizados son las Calicatas eléctricas y los

Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Aunque también pueden utilizarse otros métodos eléctricos como la tomografía o métodos de corriente variable. Estos permiten determinar la geometría del “paleocauce” y la profundidad a la que debe perforarse para evitar el ingreso de agua salada del fondo.



Figura 5.22. Efecto del Laboreo sobre un paleocauce.

El éxito de la metodología, para la ubicación de las perforaciones en la región, se debe a la utilización conjunta de imágenes y prospección geoelectrónica.

En la Figura 5.23 se muestra la delimitación del paleocauce en una foto aérea donde se visualiza la trayectoria en superficie y en la Figura 5.24 se esquematiza un corte del perfil donde se presenta el modelo conceptual de un paleocauce, su característica sedimentológica y el quimismo del agua. Finalmente en la Figura 5.25 se esquematiza mediante una representación de diagrama con barras las concentraciones de Sólidos Totales, Cloruros, Alcalinidad Total, Hierro, Sulfatos y Arsénico del agua contenida en el subsuelo fuera y dentro de un paleocauce. Sosa (2013).

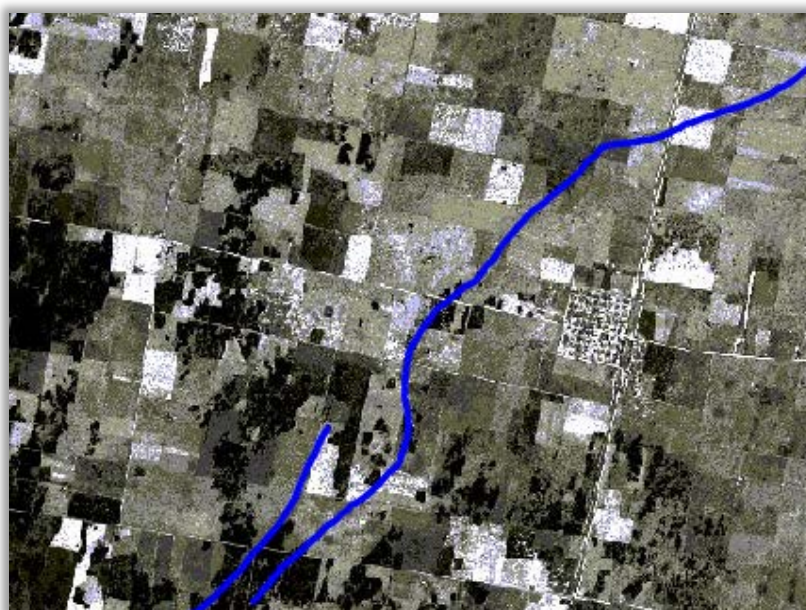


Figura 5.23. Foto de la aérea donde se delimita la evidencia de un paleocauce.

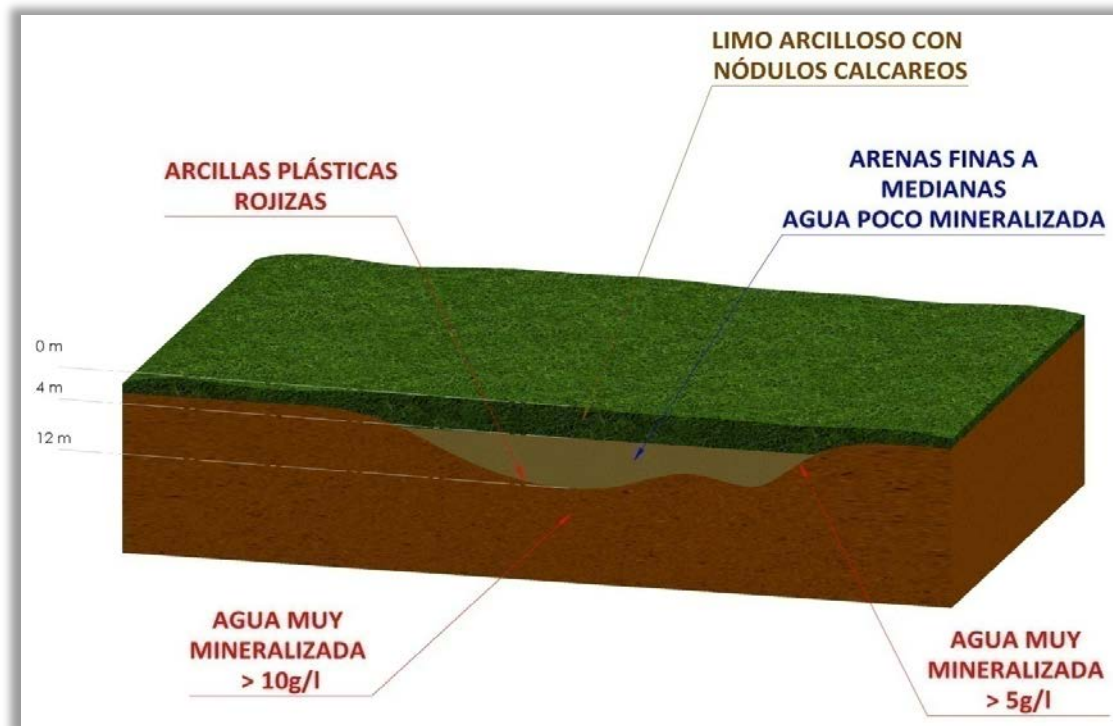


Figura 5.24. Esquema conceptual de un paleocauce.

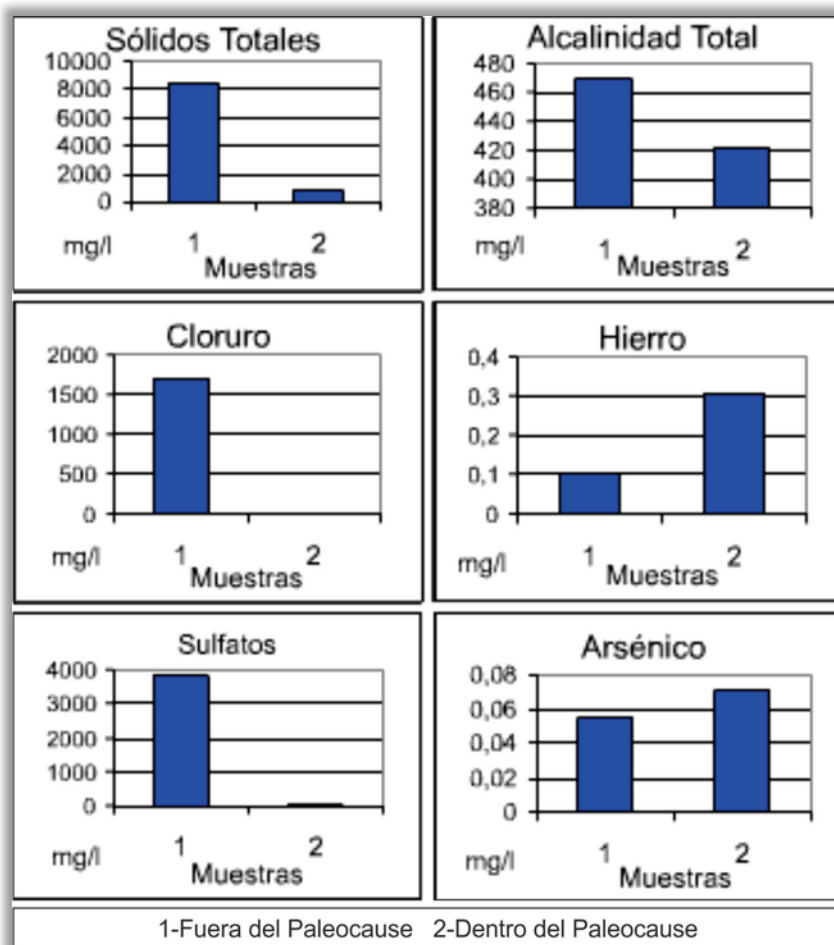


Figura 5 25. Contrastes hidroquímicos dentro y fuera del paleocauce.

Aprender lecciones

En la desesperación de la sequía en muchos establecimientos se opta inadecuadamente, por la construcción de represas como forma de captación de agua subterránea. Ver Figura 5.26 (a, b, c, d).

Es por ello que se construyeron cientos de represas profundas para explotar el nivel freático, muchas de las cuales estaban ubicadas en coincidencia con paleocauces. Esta práctica inadecuada debe ser evitada, pues durante los periodos de sequías, las altas tasas de evaporación concentran la sal disminuyendo significativamente la aptitud para el consumo ganadero. Ver Anexo.



Figura 5.26. a, b, c, d. Represas que captan la freática.

Prospección Geoeléctrica

Sosa, D.; Díaz, E.; Genesis, M.

Para prospectar o investigar el subsuelo hay variados métodos, entre ellos los eléctricos que son los más recomendados por estudiar variaciones de las propiedades eléctricas de los materiales. Como la corriente es sensible a la salinidad del agua estos métodos resultan muy eficientes para su estudio. Dentro de estos métodos se encuentran los que utilizan corriente variable (a través de bobinas) y otros que lo hacen mediante corriente continua. Este último puede aplicarse a través de la tomografía eléctrica o mediante Calicatas Eléctricas y Sondeos Eléctricos Verticales

(SEV). Este último es el más utilizado en la investigación hidrogeológica en la región por la disponibilidad de técnicos capacitados y de equipos.

A continuación se describe el fundamento del método que utiliza corriente continua mediante la técnica del SEV y los resultados obtenidos de su aplicación en los BBSS. Dentro de estos, el más utilizado en relevamientos hidrogeológicos es el dispositivo tetraelectródico (dispositivo de 4 electrodos) de Schlumberger. Este es muy usado desde finales de la década del 80 en la región.

Descripción del dispositivo Schlumberger

Consiste en inyectar corriente continua mediante dos electrodos de alimentación y medir en otros dos electrodos la diferencia de potencial inducido. A medida que se separan los electrodos, las líneas de corriente eléctrica inyectada penetran más profundamente. Es un método indirecto que permite evaluar las propiedades eléctricas del terreno relacionadas con el contenido salino de las aguas, las que luego se interpretan para inferir las características de los espesores y su correlación con los estratos hidrogeológicos. Ver Figuras 5.27 y 5.28.

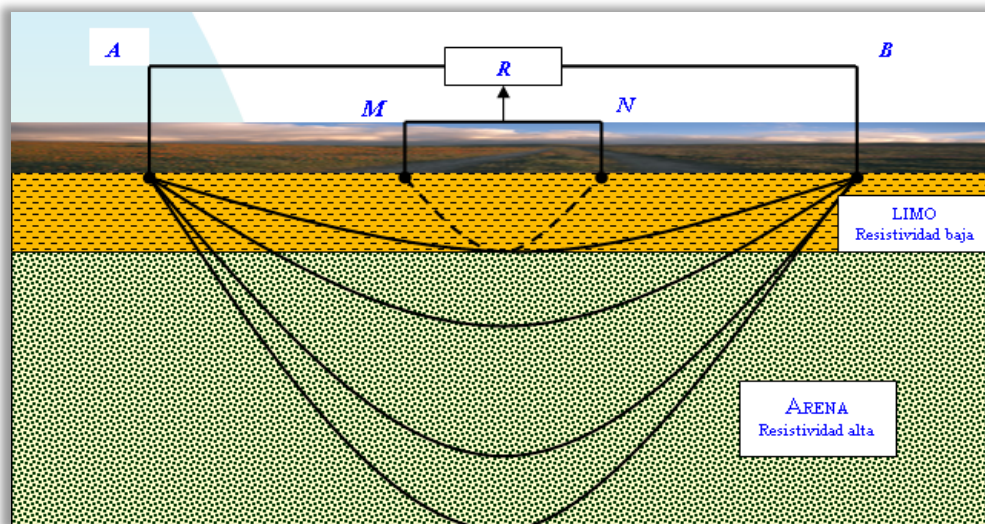


Figura 5.27. Dispositivo de 4 electrodos utilizado en los SEV y recorrido de la corriente.

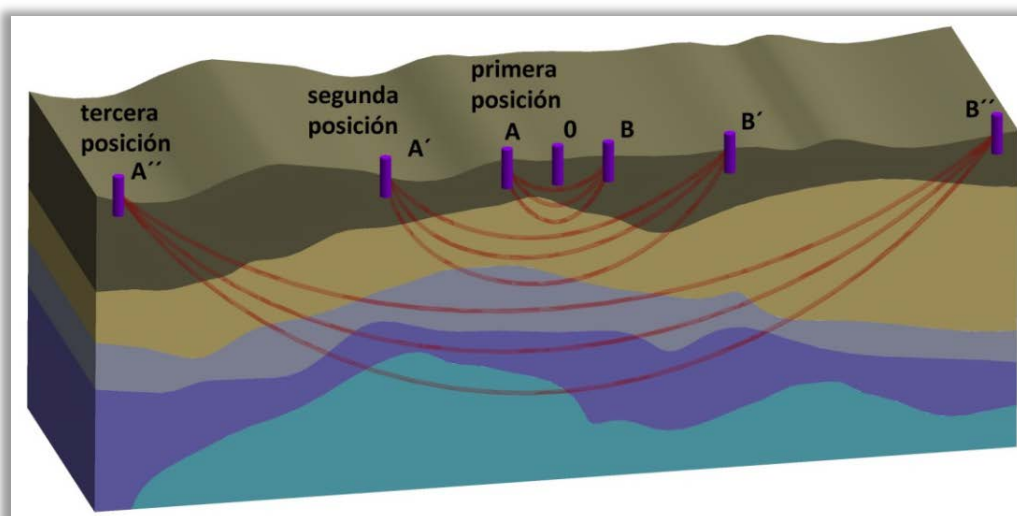


Figura 5.28. Configuración electródica de Schlumberger en A y B se inyecta la corriente.

Así un terreno con baja resistividad está asociado a materiales limosos arcillosos o arenas saturadas con aguas de elevado contenido salino. Lo inverso se interpreta como presencia de arenas acuíferas que contienen aguas con menor mineralización, que se pueden considerar con aptitud para el uso ganadero, caso típico de los paleocauces que se encuentran en la zona. Es por eso que el método es muy resolutivo para detectar y delimitar la geometría de dichos reservorios naturales.

Para hacer más eficiente el uso de esta técnica en la prospección de los paleocauces el INA desarrolló durante la década de los '90 la siguiente metodología para la prospección.

Una vez identificada el área de interés, a través de la localización de algún relicto dejado por el trabajo de los ríos en una foto o imagen satelital, se plantea realizar:

Una calicata eléctrica Figura 5.29 en forma perpendicular al paleocauce con el fin de determinar la condición más favorable para realizar uno o varios SEV.

La razón de ejecutar una calicata, se debe, a que normalmente el lugar más apto para perforar esta desplazado de la evidencia en la superficie del paleocauce. Ya que el río sedimentó materiales y solo vemos lo último que quedó de su geometría. Así la calicata es el modo para seleccionar el mejor sitio.

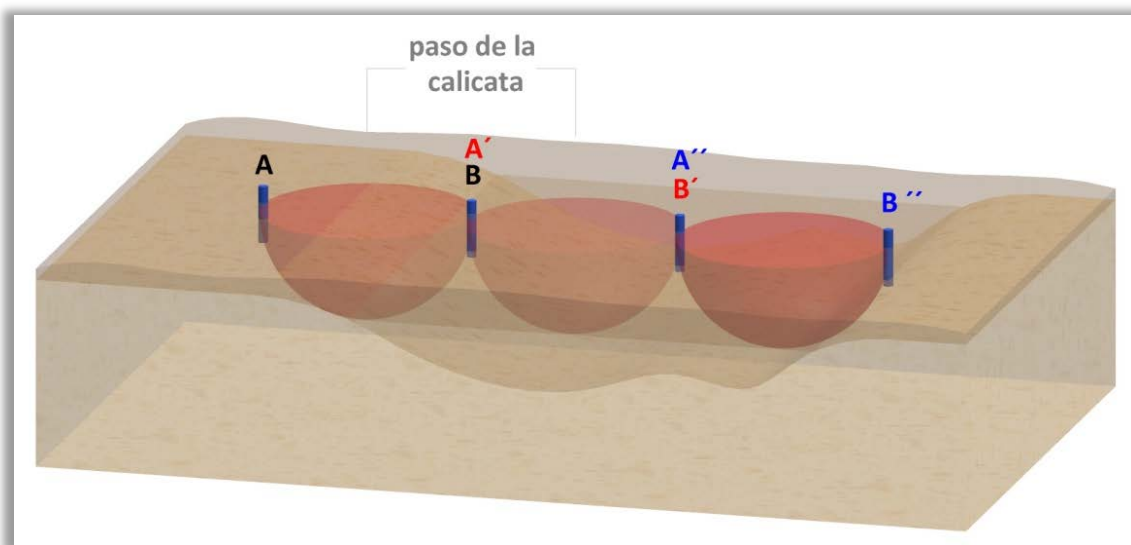


Figura 5. 29. Desplazamientos de electrodos en una Calicata eléctrica.

De la experiencia realizada en la región, luego del análisis de SEV y calicatas eléctricas, la longitud más apropiada, para las calicatas eléctricas, de la línea de alimentación, $AB/2 = 13 \text{ m}$ y de medición de la diferencia de potencial $MN/2 = 0.7 \text{ m}$

Para ilustrar los resultados de una calicata eléctrica se muestra la Figura 5.30 correspondiente a un paleocauce y las curvas SEV obtenidas de dos puntos extremos. En esta condición se recomienda la ejecución de la perforación en la ubicación del punto verde.

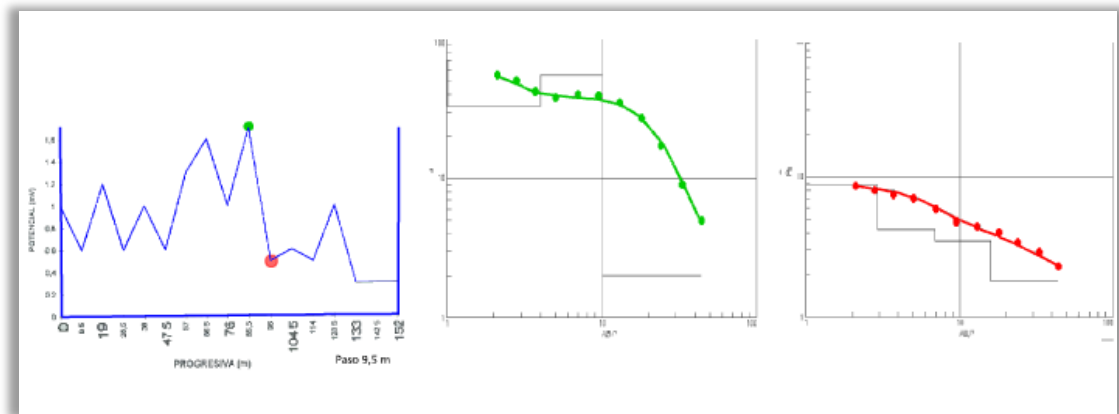


Figura 5. 30. Curvas resultantes de Calicata electrica y SEVs.

En un análisis cualitativo, las curvas SEV deben presentar resistividades aparentes superiores a $7 \Omega \cdot m$ y el tramo final presentar un descenso suave.

En la Figura 5.31 se puede observar curvas SEVs con diferentes aptitudes para la ejecución de perforaciones.

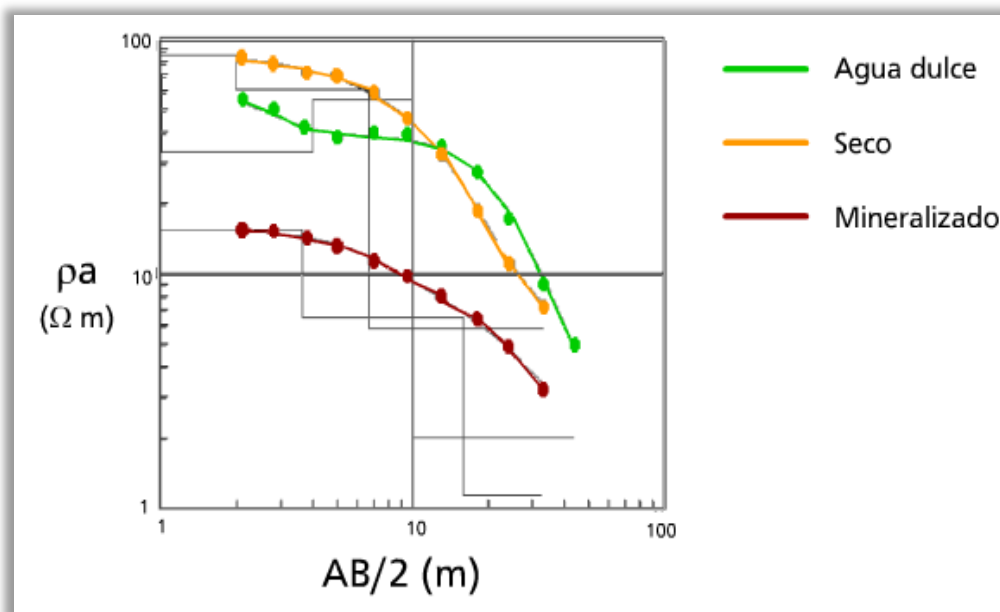


Figura 5. 31. Ejemplo de curvas SEV.

Los paleocauces están cubiertos por espesores de limos arcillosos o arcillas limosas, los sedimentos con contenidos arenosos se encuentran a pocos metros de la superficie del terreno natural. En épocas de grandes sequías puede producirse una importante profundización del nivel freático debido principalmente a procesos de evapotranspiración, sobreexplotación o por la combinación de ambos efectos.

Características de los Tipos de curvas SEV de los tres sistemas fluviales de la región: Salado Figura 5.32, Bermejo Figura 5.33 y Paraná Figura 5.34 y Figura 5.35.

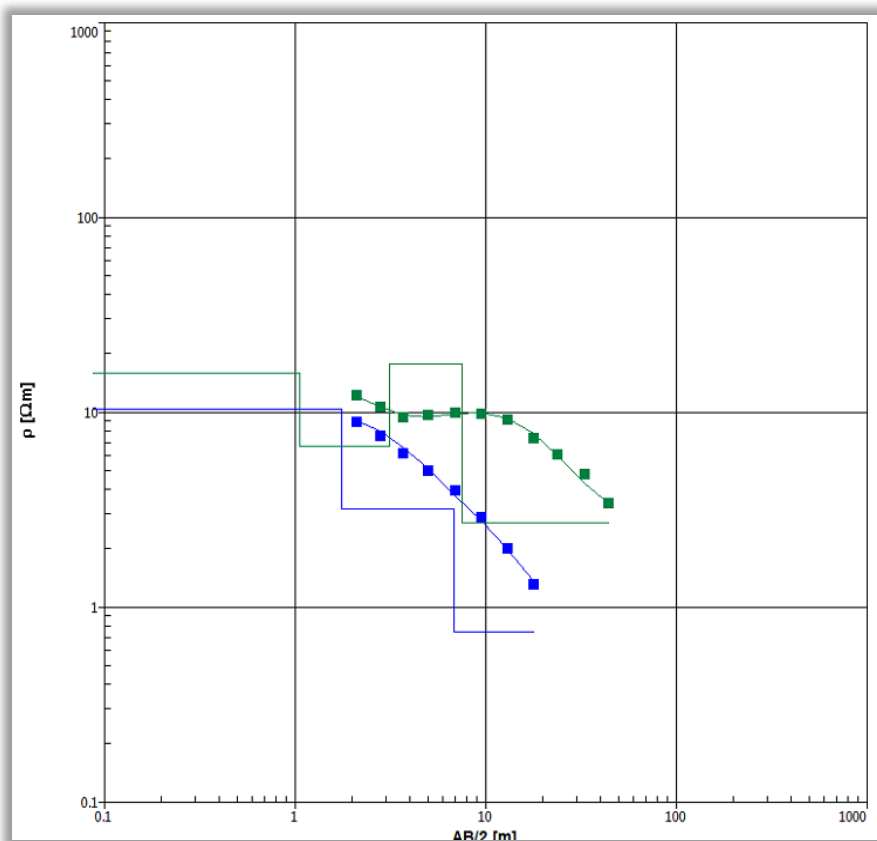


Figura 5.32. Curvas SEVs en el Sistema del Salado dentro y fuera de paleocauce.

En el caso del sistema del Bermejo, los paleocauces se observan, en general, más mineralizados que el caso del sistema del Salado.

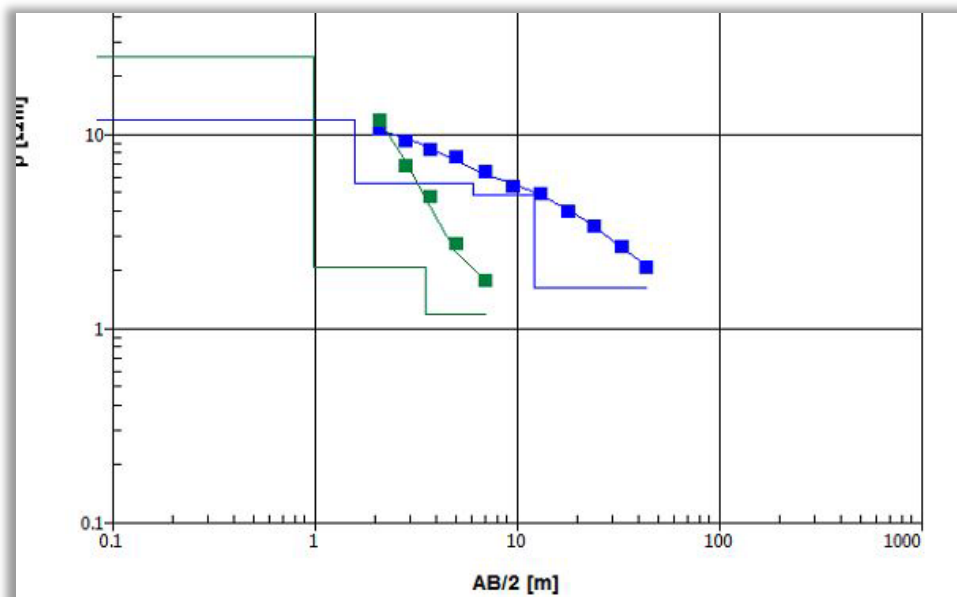


Figura 5.33. Curvas SEVs en Sistema del Bermejo dentro y fuera de paleocauce.

Por otra parte en el sistema del Paraná el tramo ascendente de las curvas indica agua de menor mineralización en contraposición al tramo descendente, que está asociado a aguas de elevada mineralización.

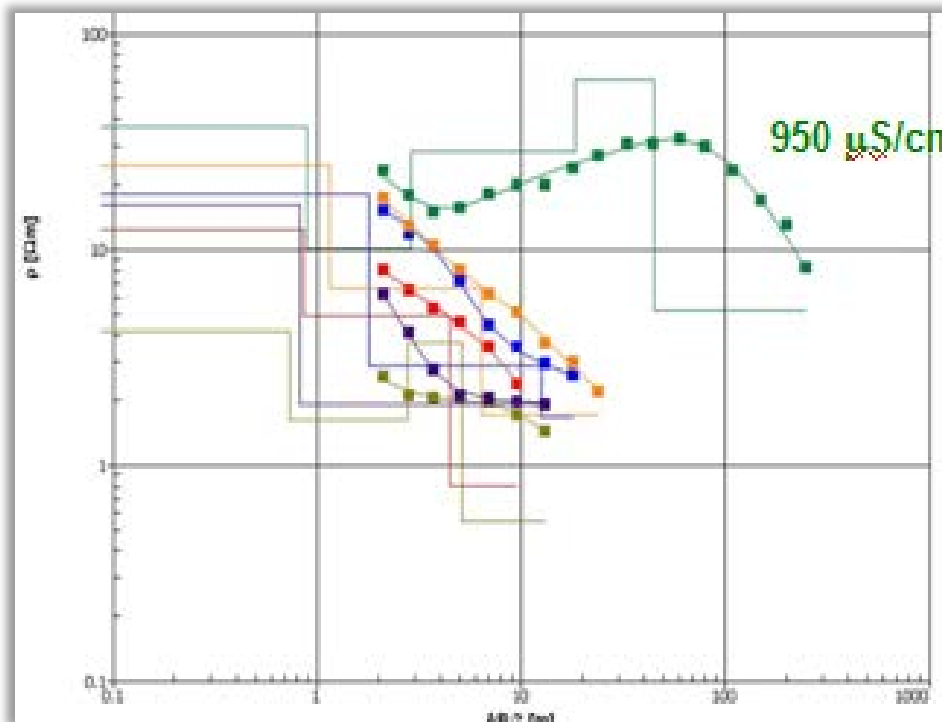


Figura 5.34. Curvas SEVs del Sistema del Paraná dentro y fuera de un paleocauce. Fuente de datos: Delgadino C., (2007)

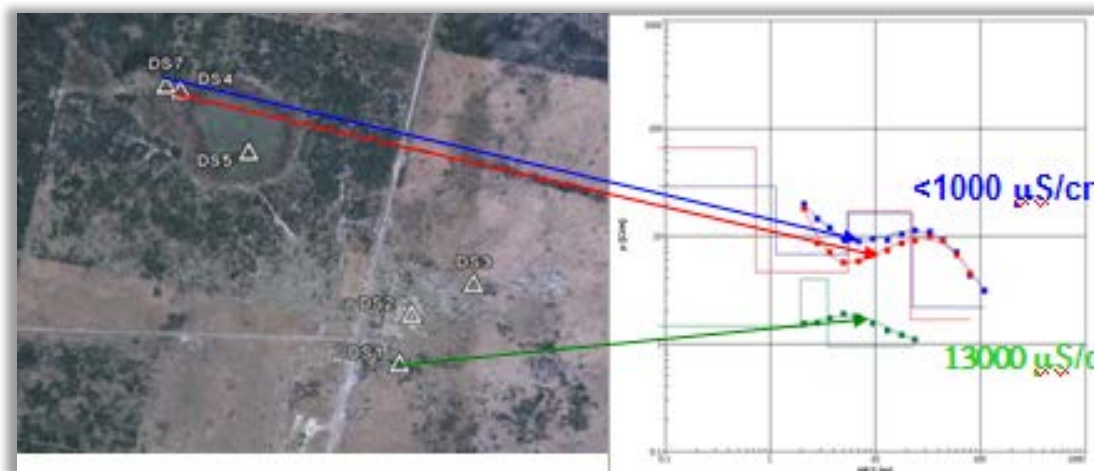


Figura 5.35. Ubicación y curvas SEV paleocauce del río Paraná.

Los resultados de las curvas SEV demuestran la importancia de realizar los estudios de prospección geoelectrica antes de emprender una perforación en busca de agua con aptitud ganadera.

Planificar potreros, aguadas y sistemas de distribución dentro de un establecimiento debería ser posterior a la ubicación adecuada de la o las Fuentes de agua posible de utilizar.

Diseño de la perforación de estudio y explotación

Cuando se bombea el acuífero a través de una perforación o un pozo, se genera un cono de depresión a su alrededor, donde convergen aguas de zonas aledañas, que pueden hacer variar sustancialmente la aptitud de las mismas con el tiempo. Por esta razón los bombeos deben realizarse con cuidado, extrayendo caudales bajos para

permitir el mantenimiento de la aptitud del acuífero, en general inferior a 1000 l/h. Un volumen de agua debe ser extraído, en largos períodos para lograr de este modo un cono de depresión suave.

Profundidad

La profundidad de la perforación está condicionada a la presencia de la transición del contenido salino en profundidad, de menor a mayor mineralización. Es común que no supere la decena de metros en la mayoría de los casos.

Diámetro

El diámetro se debe ajustar a la posibilidad de poner un prefiltro de grava para evitar el ingreso de sedimentos finos a la perforación.

Si se bombea con molino, y no se instala prefiltro se recomienda un diámetro de 3" para encamisar en 2".

Si se utiliza prefiltro de grava, es recomendable perforar un diámetro de 4" para encamisar en 2", de manera de tener un espacio anular de 1" alrededor del caño camisa.

Se recomienda captar el agua lo más cercano posible al nivel freático. Para lo que se puede utilizar un flotador; con válvula de retención; que acompañe la fluctuación de los niveles. En esos casos es conveniente contar con una perforación con caño camisa de diámetro acorde al del flotante. Además la cañería de aspiración se recomienda que sea flexible, Ver Figura 5.36. Este diseño conlleva a utilizar mayores diámetros de perforación y encamisado.



Figura 5. 36. Instalación de Flotante con la manguera de aspiración.

Diseño de aspiración flotantes. (Alejandro Lahitte)

Tomar el agua de la parte superior de la freática genera beneficios adicionales, dado que la densidad del agua dulce es menor que las de mayor contenido salino, se produce una transición o interface entre ambas.

En pozos calzados generalmente con diámetros de 3 a 4 metros, es una práctica habitual, ejecutarlos con boyas flotantes de válvulas de bebedero o bidones bien sellados, introducidos en la punta de un caño flexible.

Otra alternativa, es construir perforaciones encamisadas de 20 centímetros de diámetro y utilizar un diseño de boya flotante de 16 cm de diámetro y 30 cm de largo sellado en las puntas con tapas de PVC. En este dispositivo flotante se incorpora en su centro una cañería de polipropileno (PP) de ¾" que conduce el agua del bombeo. Ver figuras 5.37 a-f.

La manguera deberá ser suficientemente flexible para acompañar el nivel dinámico o fluctuante de la napa freática dentro de la perforación, y que esté en condiciones de soportar la succión de modo de evitar aplastamientos o estrangulaciones.

Este diseño también puede aplicarse a sistemas de pozos tipo araña o de múltiples perforaciones y con un régimen de bombeo moderado.

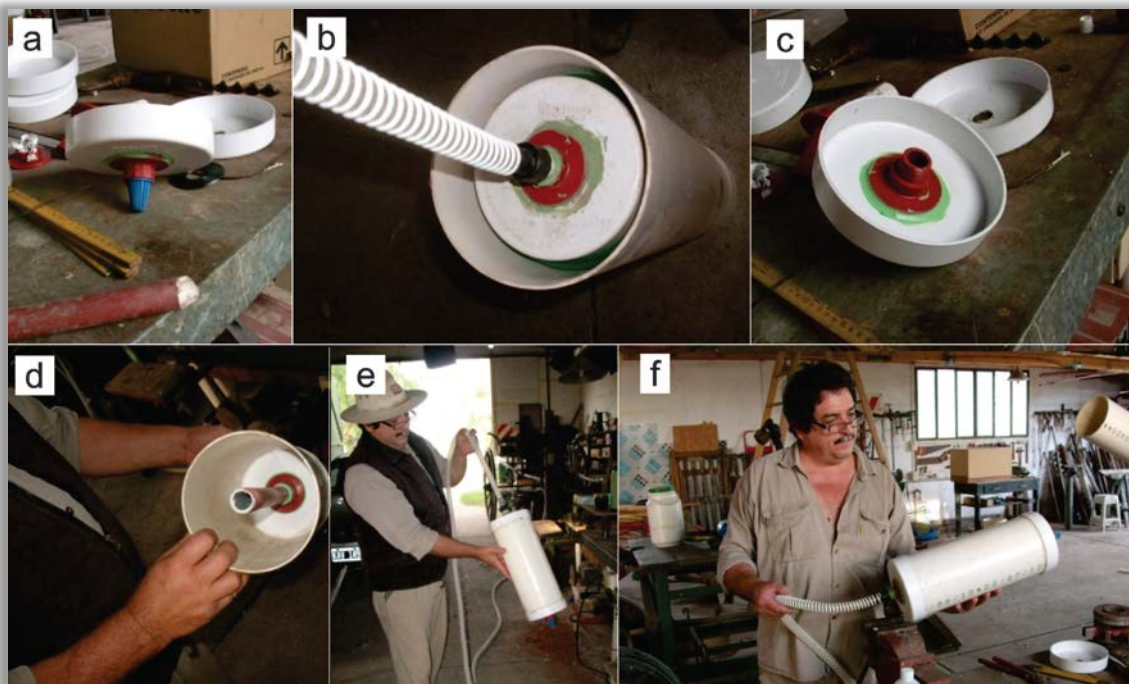


Figura 5. 37 (a –f). Preparación de un modelo de flotante para la aspiración.

Filtros

Abertura y longitud

La longitud está condicionada al espesor saturado y debe ser tal que el ingreso del agua a la perforación no supere los 3 cm/s, por ello en función del diámetro y

sección filtrante se deberá estimar la longitud apropiada. (Esa velocidad garantiza el “no ingreso” de partículas al pozo.) Lo habitual es poner un tramo de 3 m.

La abertura del filtro deberá ser tal que retenga el tamaño de partícula utilizada en el prefiltro de grava (máximo 2 mm) o bien en caso de no utilizar prefiltro deberá ser capaz de retener el tamaño del material del acuífero.

Las ranuras del filtro pueden fabricarse manualmente con una sierra o una amoladora. Se aconseja realizarlas a 45° con respecto a la vertical y dejar espacio suficiente para evitar aplastamiento, para lo cual el tramo ciego (sin ranuras debe ser continuo en la vertical), Debido a razones basadas en la sencillez, suelen realizarse en forma perpendicular a la longitud ver Figura 5.38.



Figura 5. 38. Construcción de un filtro con ranura horizontal.

Granulometría del prefiltro

Se refiere al tamaño de los granos de la grava o gravilla utilizada alrededor del filtro. Esta deberá ser tal que retenga al material del acuífero. Normalmente se utiliza grava o gravilla seleccionada (de 2 a 3 mm).

Si un pozo, luego de realizar su desarrollo, bombea agua con sedimentos se considera mal diseñado o mal construido. Otra alternativa puede deberse a que se halle averiado (roto) o que extraiga un caudal superior al diseñado (velocidad de ingreso al filtro superior a 3 cm/s).

Caudales

Los caudales deberán provocar la menor depresión para evitar la intrusión salina. Por ello los volúmenes requeridos para cada situación determinarán el número de pozos necesarios.

La depresión (d) se determina como la diferencia entre el nivel freático previo al bombeo llamado nivel estático (NE) y cuando se alcanza el equilibrio (*) o nivel dinámico (ND), durante el bombeo a un caudal constante.

(*) alcanzar el equilibrio cuando se bombea significa que se mantiene constante el nivel dentro del pozo y no desciende mas para un determinado caudal constante.

$$d(m) = ND(m) - NE(m)$$

El caudal Q de bombeo, se determina, utilizando un recipiente de volumen conocido (litros) y un cronómetro registrando el tiempo que demora en llenarse (minutos y segundos).

$$Q \text{ caudal } (l/h) = \frac{\text{volumen del recipiente (litros)}}{\text{tiempo de llenado (horas)}}$$

Determinación del caudal específico (q): es aquel que se obtiene dividiendo el caudal total por la depresión inducida por el bombeo en el pozo. Es un parámetro que caracteriza al acuífero y a la perforación, por lo cual es útil para monitorear su funcionamiento, y controlar si la perforación sigue en buenas condiciones o presenta un problema. En caso que disminuya, está perdiendo eficiencia y puede deberse a sequía, sobreexplotación o roturas.

$$q(l/h.m) = \frac{Q(l/h)}{d(m)}$$

Parte III - Sistemas mixtos utilización de aguas superficiales y subterráneas

Sosa, D.; Díaz, E.

Recarga artificial de acuífero

Concepto

Consiste en incorporar el agua que se encuentra en la superficie al interior del acuífero. La llegada del agua a los espesores saturados se facilita utilizando represas, pozos o induciéndola por bombeo.

“La recarga artificial puede definirse como un conjunto de técnicas cuyo objetivo principal es permitir una mejor explotación de los acuíferos por aumento de sus recursos y creación de reservas”. Custodio y Llamas (1976).

Puede favorecerse la recarga preparando terrenos bajos, eliminando los primeros 15 a 20 cm de sedimentos superficiales. También se beneficia la recarga con pozos que inyectan directamente el agua en el acuífero a estos pozos se los llama “pozos de recarga”.

Cuando la recarga se realiza desde la superficie se llama superficial, cuando se utilizan pozos o perforaciones se denomina profunda.

Custodio y Llamas (1976) distinguen entre recarga artificial y recarga inducida. Esta última consiste en crear situaciones favorables a la infiltración natural, sus métodos pueden consistir en preparar superficies de forma adecuada, como creación de terrazas de infiltración, etc. o bien el bombeo controlado de los puntos favorables a la infiltración para lograr una penetración de mayor volumen de agua al acuífero. Es una recarga intencionada. En este último caso es el bombeo el que induce a la recarga. Un ejemplo de la misma puede observarse en la Figura 5.39, donde el agua de la represa se ve forzada a penetrar por efecto de la disminución de presión provocada por el bombeo del molino.

Los acuíferos se recargan naturalmente a partir de las aguas que están en superficie, ya sea provenientes de las lluvias, o de aquellas que circulan en ríos, cañadas o lagunas mediante un proceso que se llama infiltración y otro llamado percolación (penetración del agua dentro del terreno), hasta la zona saturada.

El proceso de la “recarga artificial” permite o favorece el almacenamiento de agua en el acuífero facilitando el camino y disminuyendo el tiempo que el agua emplearía en forma natural.

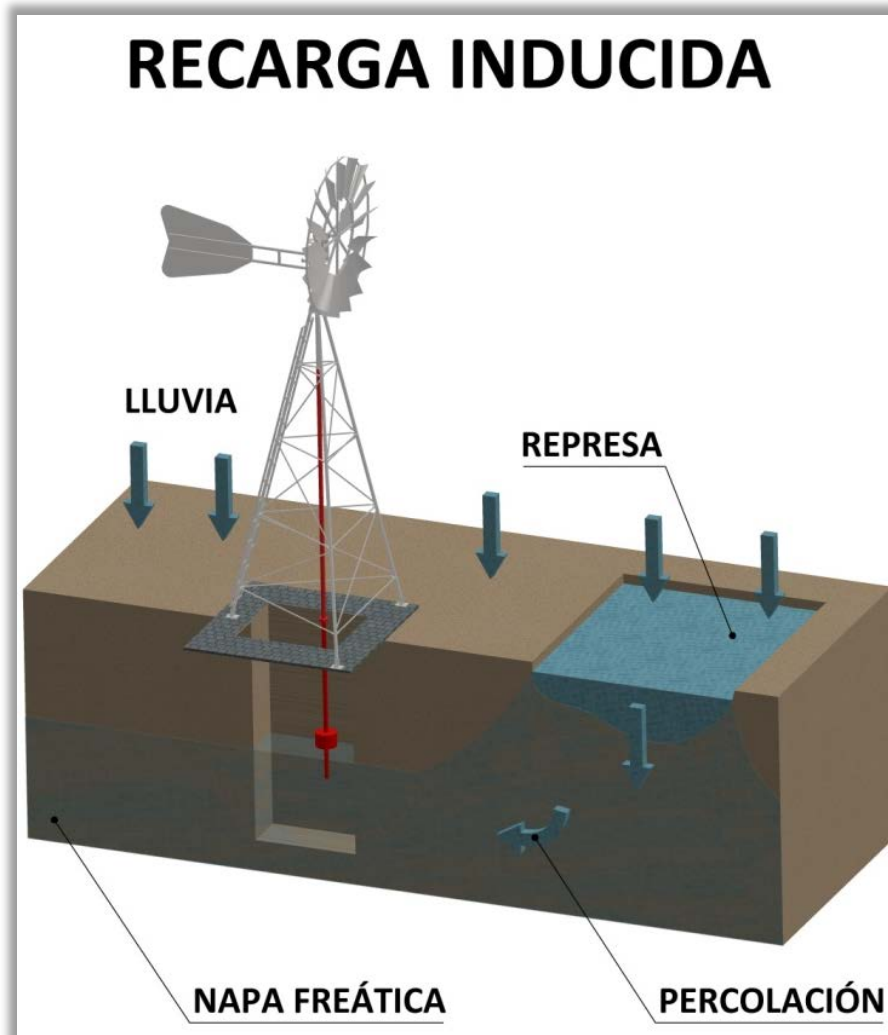


Figura 5. 39. Caso de represa, la recarga es inducida por bombeo del pozo con el molino.

En los BBSS, se han utilizado las represas desde el siglo pasado, cuyo funcionamiento depende de las diferencias entre el nivel de agua en estas y el acuífero. Así cuando el nivel de agua dentro de estas es superior al de la napa, hay infiltración desde la represa al almacenamiento subterráneo, caso contrario ocurre cuando el nivel de agua del acuífero supera al de la represa, generando ingresos desde el acuífero a la represa con la posibilidad de salinizar aún más las aguas de esta.

El Instituto Nacional del Agua (INA-SCRL), desarrolló los pozos de recarga - bombeo para facilitar el movimiento del agua de superficie al acuífero.

La recarga artificial permite una mejor explotación de los acuíferos por el aumento del almacenamiento y la mejora de la aptitud.

Objetivos de la recarga artificial:

- Restaurar un acuífero muy explotado
- Mantener los recursos y regularlos en especial durante las sequías

- Almacenar agua local o traída de otros puntos
- Filtrar el agua
- Diluir aguas del acuífero y ayudar a mantener un balance apropiado de sales
- Mezclar aguas de diferentes calidades
- Disminuir las pérdidas por evaporación

La recarga artificial de acuíferos es una técnica centenaria, aplicada en muchos lugares del mundo; con propósitos diferentes. Comenta Custodio y Llamas (1976) que posiblemente en la antigüedad ya fue practicada en zonas áridas modificando pendientes. Los Romanos efectuaron aterrazamiento en las laderas de los valles y represas en el norte de África (en especial en el actual Túnez). En Europa, desde un punto de vista moderno, se desarrolla en el siglo XIX. En Argentina muy utilizada desde el siglo pasado.

Desde el inicio de la colonización se ha recurrido a la recarga artificial de acuíferos. Los colonos, en gran parte de la provincia de Santa Fe, se encontraron con que el agua subterránea, único recurso hídrico disponible, era muy salino, por lo que lograron mejorarlo introduciendo en pozos cavados aguas pluviales colectadas en techados. Este método se lo sigue utilizando en la actualidad en muchos establecimientos rurales sin tratamiento previo alguno, salvo desechar las primeras aguas. Por otra parte el Ferrocarril, para abastecer a su parque de locomotoras a vapor, recurrieron a todos los sistemas disponibles para el abastecimiento de agua y construyó, a principios del siglo XX, algunas obras de recarga como las de las Estaciones Aerolito, Bandera, Esteban Rams, Fortín Inca, La Cañada y San Cristóbal.

En la misma época, La Forestal, (empresa que explotó el quebracho para obtener el tanino en el norte de la provincia de Santa Fe) recurrió a las aguas de lluvias construyendo grandes represas. Las aguas, eran transportadas en vagones tanques hasta los obrajes, donde se descargaban dentro de pozos cavados de gran diámetro en acuíferos salinos. Aún, hoy los pobladores los llaman “Aljibes de la Forestal”.

Es recién en 1948 cuando la recarga de acuíferos se utilizó en servicios reducidos de abastecimiento de agua. En esa época, Obras Sanitarias de la Nación diseñó y construyó en la Provincia del Chaco (Corzuela, Avia Terai y Campo Largo) plantas de abastecimiento con colectores pluviales que tenía, como uno de sus componentes, pozos de recarga. Más tarde, a principios de la década de 1950, en Tostado se construyó una represa y pozos de gran diámetro con los que se prestó a esa localidad un servicio precario consistente en abastecimiento con camiones tanques a los pobladores cuyos aljibes se agotaban. CFI-INA, (2011).

A finales del 2010, y debido a la gran sequía ocurrida en el Departamento 9 de Julio (que se inició ya desde 2004), se comenzó a aplicar la recarga artificial en pozos para abastecimiento ganadero, según un diseño alternativo realizado por INA-CRL y luego ensayado por INTA Reconquista en la Planta Piloto del Establecimiento ganadero La Güella. Sosa *et al.* (2013). El mismo tiene como función mejorar la aptitud y volumen disponible de agua. Este fue descripto en numerosos artículos publicados por el INA-CRL e INTA (Inta Informa, territorio.com, Sosa (2011), Sosa *et al.* (2011), entre

otros). La Figura 5.40.a. presenta la maqueta del pozo con el filtro horizontal para captar el agua superficial y 5.40.b. el esquema del pozo de recarga.

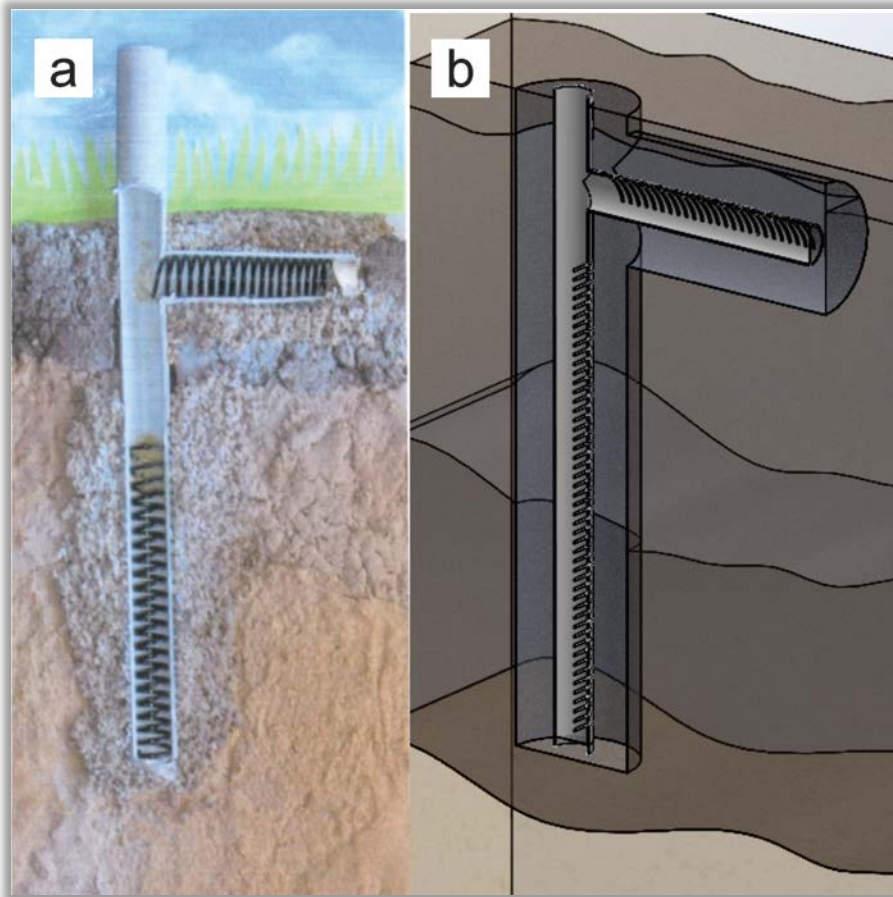


Figura 5.40. a. maqueta y b. esquema. Pozo doble propósito, de Recarga y Bombeo.

Represas de recarga

Las represas de recarga son muy utilizadas en la región, tienen el propósito de dejar filtrar principalmente el agua por los taludes y el fondo. El inconveniente que presentan es, que los sedimentos finos, a pesar de tener normalmente un desarenador previo a la entrada de agua a la represa, colmatan el fondo y pierden eficiencia en la infiltración del agua. Los taludes en cambio al estar alternadamente sometidos a las fluctuaciones de nivel tienen mejor eficiencia en los procesos de infiltración. Es por estas razones que la forma en planta más utilizada en estas represas es el rectángulo con su lado mayor mucho más grande que el menor. Estas pueden estar combinadas con pozos y/o pozos de gran diámetro con drenes horizontales en algunos casos estos se introducen por debajo del fondo de la represa, ver Figuras 5.41 y 5.42.

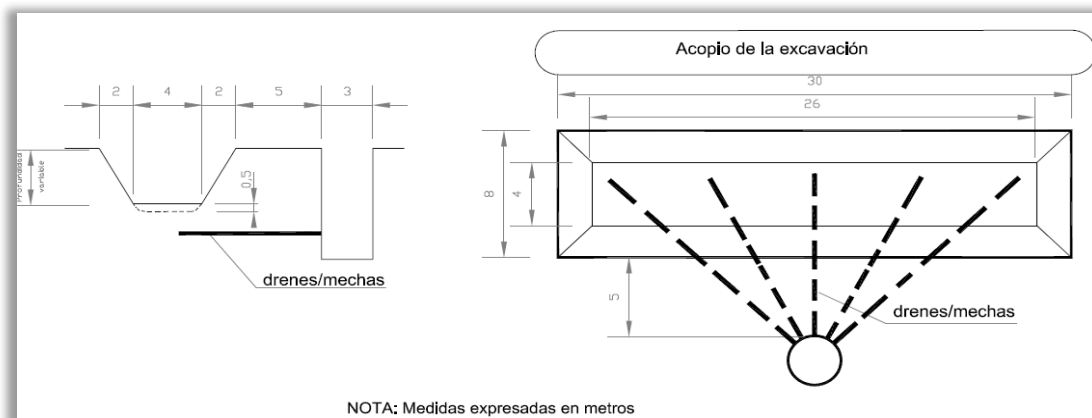


Figura 5.41. Recarga inducida por el bombeo del pozo con drenes radiales. Fuente: Bavera, (2009).

En el caso que la represa tenga como objetivo juntar solo agua de lluvia y no mezclarla con la subterránea, el fondo de la represa y los taludes, a medida que se colmata por los sedimentos finos que ingresan con el agua lo impermeabilizan. Caso contrario si se quiere que la represa alimente el acuífero deben periódicamente extraerse los sedimentos finos que colmatan el fondo. Una buena práctica es ubicar un sedimentador previo a la entrada del agua a la represa CFI-INA (2011).



Figura 5.42. Represa de recarga con pozo y molino.

Pozos de recarga y Bombeo

Custodio y Llamas (1976) aconsejan ejecutar “Plantas Pilotos” para experimentar un cierto tiempo, incluso años las obras de recarga. A tal fin se experimentó una planta de recarga utilizando el modelo de pozo de recarga y bombeo presentado anteriormente ya que hay parámetros locales y culturales que pueden hacer fracasar la misma, donde gravitan su operación y mantenimiento.

En el caso de los pozos de recarga-bombeo la Planta Piloto, se construyó en el establecimiento ganadero La Güeya del Sr. Alejandro Lahitte, y contó con la colaboración de la provincia de Santa Fe, y el monitoreo y supervisión del INTA-Reconquista en todas las etapas del trabajo. Figura 5.43 cartel de la Planta Piloto.



Figura 5.43. Cartel Planta Piloto de Recarga y Bombeo.

Ventajas del pozo de Recarga – Bombeo

- Fácil construcción y mantenimiento
- Auto limpieza de material fino en el filtro ubicado dentro del acuífero debido a su funcionamiento de Bombeo y Recarga que invierte el sentido del flujo facilitando la eliminación de material fino.
- Bajo costo de construcción
- Estabilidad de la temperatura del agua del acuífero.
- Evita las altas tasas de evaporación que se da en los almacenamientos superficiales.
- Mejora la Aptitud del agua.

En la Figura 5.40 se muestra el filtro horizontal de recarga. Este está ubicado por debajo de la zona de almacenamiento de modo que tanto el pozo como el filtro horizontal, quedan dentro del cuenco de recarga. En la Figura 5.44 se presenta el esquema diseñado.

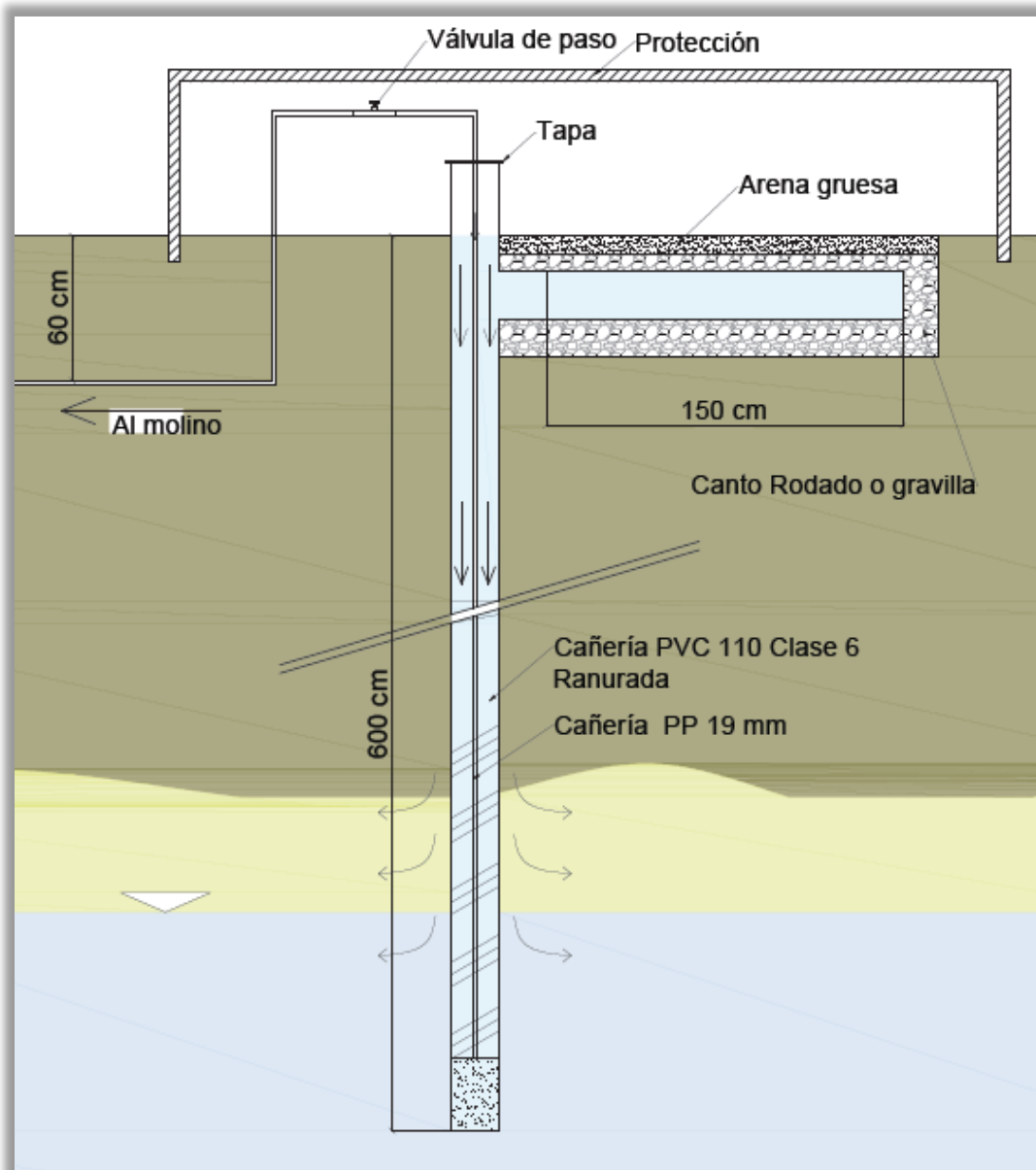


Figura 5.44. Croquis de pozo de recarga y bombeo.

Construcción de una obra con “pozos Recarga –Bombeo”

Características del área de aporte

Para estudiar las posibilidades de la obra dentro de un establecimiento se debe contar con información de imágenes satelitales. Deberán realizarse relevamientos geofísicos y topográficos. Los primeros conducen a detectar posibles paleocauces, ya que contienen fracciones arenosas. Luego se realizarán relevamientos topográficos para diseñar el sector de almacenamiento.

La Figura 5.45 muestra el estudio geoelectrónico para determinar la presencia de zonas aptas a recargar.



Figura 5.45. Estudio geoelectrico.

La Figura 5.46 muestra la preparación del sector de recarga donde se colectará el agua de lluvia.



Figura 5.46. Preparación del sector de almacenamiento.

Dentro de este sector se ubicarán los pozos doble propósito de Bombeo Recarga. A continuación se presentan las Figuras 5.47 a 5.54 con las etapas del proceso constructivo de pozos, encamisado, construcción del brocal y filtro horizontal de recarga.



Figura 5.47. Perforación de los pozos.



Figura 5.48. Encamisado.



Figura 5.49. Cementado del brocal.



Figura 5.50. Zanja para ubicación del Prefiltro y Filtro horizontal.



Figura 5.51. Ubicación del Filtro lateral



Figura 5.52. Armado del Prefiltro de grava.

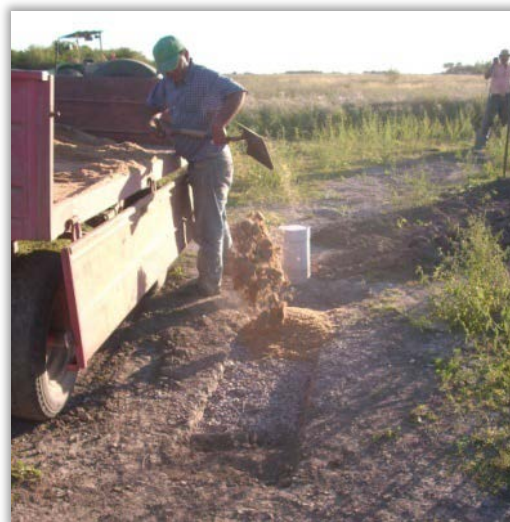


Figura 5.53. Tapado del Filtro y Prefiltro Horizontal.



Figura 5.54. Protector del pozo y filtro horizontal para evitar roturas.

El sistema se completa con un molino conectado a los pozos de Recarga-Bombeo mediante un esquema de “patas de araña”.

Las perforaciones o pozos de recarga – bombeo ubicadas dentro de un pequeño reservorio permiten el ingreso del agua al acuífero.

Estas perforaciones pueden encamisarse con caños de PVC de 4”. El tramo inferior se ranura para formar el filtro. El mismo puede efectuarse con sierra de mano haciendo un corte horizontal o a 45°. A continuación del filtro se coloca, un caño ciego de por lo menos 0,50 m de largo y 4” de diámetro con el fin de coleccionar lodos. Toda la superficie exterior del filtro y caños va recubierto con grava, para eliminar las posibles partículas que puede arrastrar el agua. A este recubrimiento con grava se lo denomina prefiltro.

Las perforaciones son de doble efecto, cuando se acumula el agua de lluvia, pasa por el filtro horizontal e ingresa al acuífero, y luego cuando se requiere, el molino por la misma perforación se extrae el agua.

Además de las ventajas ya explicadas sobre este sistema, se debe mencionar que el agua ingresada al acuífero, se puede almacenar por un largo período, debido a que las velocidades de los flujos subterráneos son muy bajas. Otra ventaja es que el agua que ingresa al ser de lluvia, tiene muy baja salinidad flota y con el bombeo se contribuye a la mezcla con la existente, más salada, obteniéndose un agua de mayor aptitud para ganadería.

Esta Planta Piloto fue monitoreada por INTA, Gobierno de la Provincia de Santa Fe e INA desde 2010, obteniéndose resultados exitosos, las Figuras 5.55 a y b presentan el equipamiento de medición de caudales y registro de medición de niveles freáticos. El sistema sometido a bombeo se controlaba para analizar la evolución en el tiempo de las conductividades y propiedades físico químicas del agua.

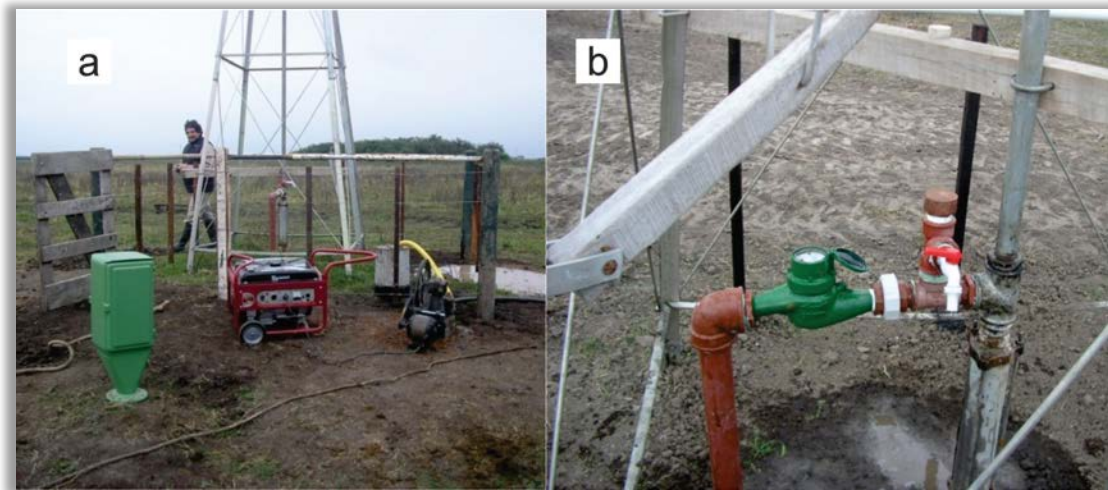


Figura 5.55. a. Mediciones molino, b. Medidor de caudales

En la Figura 5.56 se observa la medición de los niveles estáticos dentro de un pozo de recarga - bombeo.



Figura 5.56. Medición nivel estático.

En las Figuras 5.57 y 5.58 se observa el conjunto del sistema de Recarga – Bombeo, el molino de aspiración, la ubicación de las perforaciones “patas de araña”, el sector de aporte y alambrado perimetral de protección del sistema.



Figura 5.57. Molino y pozos de recarga-bombeo.



Figura 5.58. Obra de recarga en la zona de la depresión central.

Es posible incrementar la superficie de aporta al sector de recarga realizando otras prácticas culturales para incrementar el área de la cuenca. Ver Figura 5.59.



Figura 5.59. Área radial de captación de obra de recarga.

Como complemento a todo lo mostrado sobre la obra de recarga se presenta en el Apéndice 5.I la distribución de agua los potreros correspondiente al establecimiento La Güeya.

Otras obras de recarga

Obras en Depresión Central

Si bien las experiencias más conocidas sobre las obras de recarga se encuentran en el oeste, donde se observan paleocauces y bolsones con mejores características hidrogeológicas que su entorno. Esta técnica se ha implementado también en la zona denominada Depresión Central, Figura 5.58, almacenando el agua en espesores de arenas cuyo techo se profundiza de este a oeste.

Además de la **Planta Piloto experimentada desde 2010** y cuya descripción se realiza en los puntos anteriores, un productor ganadero implementó una obra de recarga similar, en la zona de la Depresión Central utilizada con excelentes resultados hasta la fecha, según el propio productor, aunque sin un monitoreo adecuado para validar la eficacia y eficiencia de la obra.

Sin lugar a dudas, deberían ensayarse la eficiencia de otras obras de recarga en distintas regiones de los BBSS, proponiendo adaptaciones para zonas con acuíferos arenosos muy mineralizados, como ser los de la Depresión Central, e implementar el funcionamiento alternado de recarga y extracción en los pozos, para favorecer el movimiento de flujo y promover el lavado de las sales contenidas en los sedimentos, de modo de facilitar el almacenamiento de agua dulce en acuíferos salinos.

Este tipo de obra disminuye la exposición del agua a la atmósfera, reduciendo la evaporación, y permitiría realizar reservorios de agua dentro del acuífero para ser utilizados en las épocas de escases.

Referencias

- CFI-INA (2011). Comportamiento de las aguas subterráneas en el noroeste de la provincia de Santa Fe. Producción ganadera.
<http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2011/01/49231.pdf>
- Custodio E. y Llamas M. R. (1976). Hidrología Subterránea. Dos tomos. Ediciones OMEGA SA.
- Sosa, D. (2011). Recarga artificial de acuíferos. Revista HYDRIA Nº 38 *Recarga artificial de agua subterránea*. ISSN 1669-5119.
- Sosa, D.; Díaz E.; Castro, S.; Genesio, M. (2011). Sistemas hidrogeológicos no típicos en la llanura chaqueña y las obras de recarga. Publicado en el libro digital ISBN 978-987-27407-0-2 libro del Seminario Hispano Latinoamericano de la hidrología Subterránea, Salta del 18 al 21 de octubre.
- Sosa, D. (2013) "El agua, excesos y déficits, en la producción agrícola de secano y pecuaria dentro de la cuenca inferior del río Salado" Tesis Doctoral XXX paginas La Coruña España <http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/10158>
- Sosa, D.; Díaz, D.; Venencio, M.; Basán Nickisch, M.; Genesio, M. y Vergini, E. (2013). Recarga artificial en Bajos Submeridionales. X Congreso Nacional de hidrogeología de La Plata.
- Sosa, D.; Picatto H; Venencio M.; Genesio M; Díaz E y Basan Nickisch, M. (2014) "Recarga Artificial de acuífero para mejorar aguadas para uso ganadero en Bajos Submeridionales Santafesinos".
- Sosa, D.; Diaz, E.; Castro, S.; Genesio, M.; Basán, M. y Paz González, A. (2015). Una práctica que solucionó el abastecimiento Ganadero en los Bajos Submeridionales santafesino. XXII Jornadas de Investigación de la zona no saturada Estudios en la Zona No Saturada. Vol. XII Pp135-141 Universidad de Alcalá Henares. España. ISBN: 978-84-16133-91-8.

Apéndice 5.I - Descripción del Sistema de distribución de agua a los Potreros del Establecimiento la Güeya

Alejandro Lahitte

Este sistema de distribución, está basado en el aporte de un conjunto de aguadas con tres (3) molinos distantes entre sí, a un solo tanque depósito Central de más de 300.000 litros, desde el cual salen todas las cañerías de distribución a tanques bebederos, con sus respectivas válvulas y flotantes para mantenerse alimentados y llenados en todo momento desde el depósito Central. Todos los molinos tienen distintas concentraciones de sales, que a su vez varían con las precipitaciones. Tienen diferentes sistemas de cosecha de agua: dos están alimentadas por colectoras de zonas más deprimidas y otra por cunetas aledañas a las calles de ingreso al establecimiento.

Ver detalles en <http://www.argeninta.org.ar/pdf/Detalles-y-fotos-nuevo-dise%C3%B1o-de-cosecha-de-agua.pdf>

Es muy importante, contar con el sistema de perforaciones tipo araña, para evitar la salinización y el deterioro definitivo de la aptitud del agua, haciéndola intolerable para los animales. Esta solución utilizada desde el año 1995 permitió salir del esquema tradicional del pozo calzado como única alternativa conocida y probada en la zona.

Estas aguadas cuentan también con las perforaciones doble propósito, con sus filtros de grava y arena que diseñó el INA CRL en este establecimiento y que luego se evaluaron en forma piloto obteniéndose excelentes resultados.

“Como productor e investigador, no dejo de recomendar esta innovación e instalación en toda aguada, sea totalmente nueva o ya existente y en toda la región, por su bajo costo, practicidad constructiva y por la seguridad del impacto en la mejora de aptitud del agua en épocas de descenso de la napa o alejadas de los periodos climáticamente húmedos, momento en que las concentraciones de sales empiezan a limitar los índices productivos ganaderos”.

“Es conocida la eficiencia del pastoreo con altas carga y alta rotación de parcelas o potreros. Para ponerlo en práctica en la región de los bajos, es clave tener tanques bebederos con cañerías de suficiente diámetro, que aseguren la reposición del volumen de agua o tener tanques bebederos grandes con suficiente cantidad de agua para abastecer los altos consumos instantáneos, de forma que la tropa pueda abrevar, sin estar esperando y regresar a la brevedad a la sombra de los arboles a descansar y rumiar durante los insoportables días calurosos de enero”.

“Asegurar en todos los bebederos volumen y calidad de agua a través de un gran depósito que concentre lo extraído de varias obras de recarga, con distintos sistemas de cosecha de agua, múltiples perforaciones en cada uno, permitirá contar con cierta estabilidad química del agua de bebida, donde los animales no perciban cambios bruscos al cambiarlos de lotes o potreros”.

Aprender de experiencias

Generalidades

Como se conoce, en los BBSS alternan periodos de varios años muy húmedos de anegamientos temporarios e inundaciones, con periodos muy secos donde desciende la napa freática y se saliniza. Además se dificulta la extracción de agua en la cantidad deseable por la baja permeabilidad y pendiente tanto en los clásicos pozos calzados o en las perforaciones.

Pero en los dos periodos extremos comentados, hay una constante climática que no se altera y potencia las dificultades. Es su largo periodo anual invernal seco con mínimas o nulas precipitaciones, que se inicia en el mes de mayo y se prolonga hasta octubre, noviembre y en algunos años hasta diciembre.

Esta situación conlleva que aun en los periodos con precipitaciones estivales superiores a la media, durante el invierno, en la mayoría de los establecimientos en todos los bajos naturales queden sin aguas, dejando a los vacunos sin poder seguir abrevando en forma directa, natural y a discreción. En estos momentos se torna indispensable contar con una apropiada infraestructura de aguadas y en condiciones para responder a las exigentes condiciones de la primavera y el verano asociados a altos consumos diario del ganado.

También es recurrente, entre diciembre y enero, la persistencia de muchos días consecutivos muy calurosos que superan los 40 grados y velocidades de viento que no permiten el adecuado funcionamiento de los molinos.

Este conjunto de situaciones adversas vulnera y castiga con severidad la ausencia de planificación y desinversión. La falta de previsión en contar con tanques de almacenamiento de agua con importantes volúmenes de reserva para estas situaciones, pone al límite a muchos productores, teniendo estos que recurrir al uso en emergencia de bombeadores de grandes caudales, terminando de esta forma con las bondades del sistema araña de múltiples perforaciones, provocando así intrusión salina, agotando pozos y arruinando aguadas, en algunos casos para siempre.

Otros optan por hacer enormes cavas muy profundas de más 100 de metros de largo con retroexcavadoras, uniendo capas con aguas subterráneas sin importar la calidad. Esto último, para los periodos muy secos, resulta una verdadera catástrofe irremediable en términos hidrogeológicos, ya que se destruyen paleocauces, perdiendo aptitud las aguas en forma irreversible y generando una pérdida total de la inversión.

CAPITULO 6 - GANADERÍA SUSTENTABLE Y MANEJOS DE PASTIZALES

Sabattini, J. A. y Sabattini, R. A.

Ganadería en Santa Fe

El stock ganadero bovino a nivel nacional alcanzó 53,9 millones de animales en el año 2018, lo que representó una recomposición del 2,7% con respecto al 2017, SENASA, (2019). Haciendo un recorte en los últimos 50 años, la evolución del stock bovino argentino alcanzó un pico máximo en el año 1977 alcanzando las 61,1 millones de cabezas luego de una fase ascendente de casi 20 años de duración. Desde entonces el ciclo ganadero se caracteriza por la alternancia de períodos de aumento del stock -por retención de vientres-, y por períodos de disminución a causa de la liquidación. La última fase de crecimiento importante se produjo entre 2003 y 2008, que si bien no alcanzó los máximos históricos, se posicionó en 57,6 millones de cabezas. Sin embargo, durante el 2008 a 2011 se produce una abrupta caída, de casi 10 millones de cabezas (más del 16% del stock), llegando en 2011 al mínimo de las 48 millones de cabezas, similar a los pisos de los años 1988 y 2002, de 47,1 y 48,5 millones de cabezas, respectivamente.

De acuerdo a la información registrada en el Sistema Integrado de Gestión para la Sanidad Animal (SIGSA), Buenos Aires aportó en el año 2018, 19,2 millones de bovinos con un incremento del 3,44% y otras provincias ganaderas como Santa Fe, Córdoba y La Pampa muestran variaciones positivas del stock de 1,8; 4,0 y 3,8%, respectivamente. El total de vacas representan 23,9 millones de animales, lo cual muestra un incremento de 2,55% respecto del año 2017. Tomando la composición del rodeo, se incrementó un 2,3% en las hembras y 3,88% en los machos. Por otra parte, se observó un aumento significativo del 6% en la cantidad de terneros y terneras, registrando 14,9 millones de animales. Luego de Buenos Aires, las principales provincias con mayor aporte al rodeo nacional son Santa Fe (11,3%), Córdoba (9%), Corrientes (8,5%), Entre Ríos (7,9%) y La Pampa con 6,1%.

En este sentido, las actividades más representativas de la estructura económica de la provincia de Santa Fe se encuentran el sector de la carne bovina, concentrando el 11,3% del stock bovino nacional (Tabla 6.1). La superficie destinada a la actividad ganadera en la provincia representa el 32% del total correspondiente a la Región Pampeana Argentina. El 10,7% de los vientres se concentran en la provincia de Santa Fe, agrupando casi el 31% de los novillos y novillitos del país. Por otra parte, el índice ternero/vaca representa un indicador de eficiencia reproductiva de los rodeos, que en términos nacionales representa 0,61, mientras que en Santa Fe levemente inferior (0,58) siendo una de las provincias con mejores recursos forrajeros, sin embargo, gran parte de su actividad de cría se desarrolla sobre ambientes marginales del centro-norte.

Tabla 6. 1. Existencias bovinas por categoría en la República Argentina y la provincia de Santa Fe en el año 2018. Fuente de información: Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales - Dirección Nacional de Sanidad Animal – SENASA.

Categorías bovinas	Argentina	Santa Fe	Participación
Vacas	23.761.521	2.544.792	10,7%
Vaquillonas	7.550.894	892.839	11,8%
Novillos	2.691.780	403.909	15,0%
Novillitos	3.980.113	632.560	15,9%
Terneros	7.149.035	711.937	10,0%
Ternereras	7.468.772	759.552	10,2%
Toros	1.078.377	101.749	9,4%
Toritos	238.471	21.776	9,1%
Total	53.929.119	6.069.441	11,3%

El stock bovino está concentrado principalmente en la zona centro-norte de la provincia de Santa Fe, prácticamente en todas sus categorías y esta zona representa el 86% del total del stock (Tabla 6.2). Su participación se destaca en todas las categorías, concentrando entre el 80% y el 90% de los stocks. Los departamentos San Cristóbal y Vera concentran el 18 y 11%, respectivamente del stock provincial de bovinos. En vacas, vaquillonas y toros es superado por el departamento 9 de Julio, pero mantiene su predominio en terneros y ternereras. En cuanto a la participación en el stock de novillos y novillitos es similar para ambos departamentos.

Tabla 6. 2. Participación porcentual de las categorías bovinas (Año 2017) por regiones en la provincia de Santa Fe. Aclaración: Zona Norte (Dptos. 9 de Julio, Vera, General Obligado y San Javier), Centro (Dptos. La Capital, Garay, San Justo, San Jerónimo, Las Colonias, San Cristóbal, San Martín y Castellanos, y Zona Sur (Dptos. Belgrano, Caseros, Constitución, General López, Iriondo, Rosario y San Lorenzo). Fuente de información: Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales - Dirección Nacional de Sanidad Animal – SENASA.

Categorías bovinas	Norte	Centro	Sur
Vacas	41%	47%	12%
Vaquillonas	29%	56%	15%
Novillos	44%	49%	7%
Novillitos	36%	49%	16%
Terneros	31%	50%	19%
Ternereras	33%	46%	21%
Toros	48%	40%	12%
Toritos	29%	61%	10%
Total Bovinos	37%	49%	14%

De las 13.300.000 hectáreas que conforman al territorio provincial, un 26% son de neta capacidad de uso agrícola, el 32,4% posee aptitud ganadero-agrícola, el 31,5% exclusivamente ganadera y un 10% se considera superficie subutilizable desde la visión agrícola-ganadera INTA (2011).

La información del stock ganadero, permite concluir que la región Norte de la provincia tiene como actividad básica la ganadería de cría en áreas de campo natural y en segundo

orden de importancia la recría e invernada. La agricultura en esta región es limitante y marginal, realizando cultivos extensivos como por ejemplo algodón y girasol.

Recursos forrajeros

La provincia de Santa Fe posee cerca de 3 millones de ha con BBSS correspondientes a los departamentos 9 de Julio y Vera. Sumando otras áreas con problemas de salinidad asociadas a cursos de agua como el Río Salado, entre el 30-40% de la superficie provincial (4-5 millones de ha) se encuentra afectada por salinidad y/o sodicidad en diferentes grados, Hein y Panigatti (1985). La principal actividad productiva de la región y de los ambientes salinos en general, es la ganadería, la que se realiza en forma extensiva basada en el uso de los pastizales naturales adaptados a estas condiciones. Las limitantes ambientales que condicionan la producción de forraje son la salinidad de sus suelos y la intensa variabilidad climática al transitar períodos intensos de inundaciones y sequías. En este sentido, y al igual que otros investigadores, la ganadería en estos pastizales naturales debe ser sostenible, de tal modo que la utilización de componentes de la diversidad biológica no ocasione la disminución a largo plazo de sus atributos, manteniendo las posibilidades de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras.

En la actualidad se dispone de modernas tecnologías que contribuyen a conocer cuáles son las potencialidades de las diferentes regiones para realizar un manejo eficiente, como por ejemplo los sistemas de información geográfica, Keating y Mott (1987). Esta tecnología permite generar esquemas de manejo que permitan garantizar los criterios de sustentabilidad del pastoreo, que implica períodos de utilización y de descansos. Conocer la superficie del lote y la distribución de los ambientes, permitiría diseñar el trazado de alambrados fijo o suspendidos (Deregibus, 1987; Nichols *et al.*, 2014), elemento clave al momento de seleccionar el tiempo de descanso o pastoreo.

Los pastizales naturales correctamente manejados aseguran la oferta forrajera producto de numerosas especies nativas valiosas, particularmente gramíneas que han evolucionado durante miles de años y se encuentran perfectamente adaptadas a la región. Esto último explica la capacidad adaptativa de sus especies y comunidades, ya que estos pastizales son capaces de soportar sequías, inundaciones, incendios y el mal manejo, Pensiero y Zabala (2017). La vegetación de los Bajos Submeridionales corresponde a las comunidades serales de la provincia fitogeográfica Chaqueña (Cabrera, 1976) caracterizada por la escasez de elementos arbóreos y la dominancia de pajonales o espartillares de *Spartina spartinae*, ocupando más de las tres cuartas partes de su superficie, Lewis y Pire (1981) hoy denominada *Sporbolus spartinus* (P.M. Peterson & Saarela). Ver Figuras 6.1 a y b.

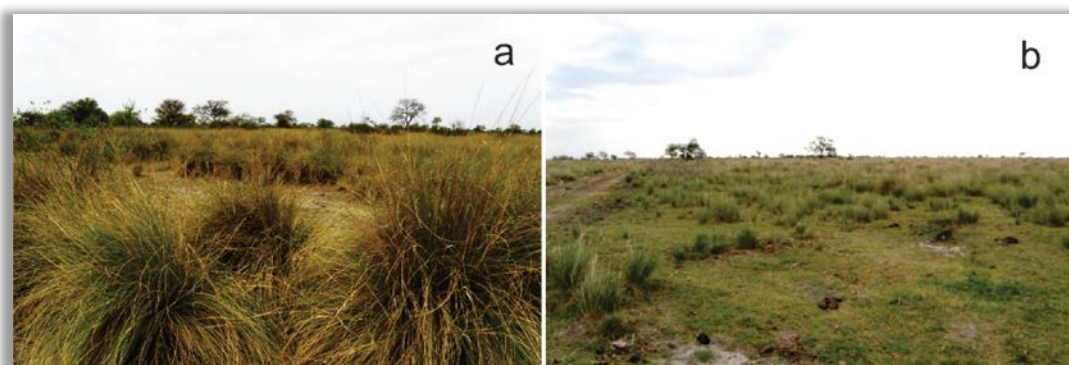


Figura 6.1. a y b. Pajonales de *Spartina spartinae* en la localidad de San Bernardo (9 de Julio). Fotografía: Rafael Sabattini.

Esta especie es una gramínea que en etapas juveniles sus hojas pueden ser aprovechadas como forraje, sin embargo, cuando transcurre el tiempo y avanza su ciclo de vida, su estructura se torna menos palatable, rígida, inclusive presenta en su extremo una terminación punzante que dificulta la aproximación de los animales a la mata. El primer relevamiento en la región se realizó en el año 1979 (Bissio, 1979) concentrándose luego los estudios en los pajonales de *Spartina spartinae*, analizándose su productividad y calidad forrajera (Bissio y Luisoni, 1989), las modificaciones causadas por el efecto de la retención del agua superficial (Bissio *et al.*, 1990) además de proponerse distintas técnicas para su manejo (Bissio, 2014). Salvo la información generada para los pajonales de *Spartina spartinae*, son escasos o nulos los estudios sobre los otros tipos de pastizales de la región y se desconoce en general, el valor forrajero potencial de muchas de las especies presentes.

Recientes trabajos de revisión científica sobre las principales especies forrajeras nativas y naturalizadas que crecen en la región, demuestran que la diversidad florística es elevada, como así también, la excelente adaptación a las condiciones ambientales, Pensiero y Zabala, (2017). Cada tipo de vegetación de los Bajos Submeridionales ocupa una parte en el relieve asociado a las condiciones de suelo. Es por ello que en sectores más elevados se encuentran los aibales o pastizales de pasto amargo de *Elionurus muticus*, en sectores intermedios los pajachuzales o pajonales de *Spartina spartinae*, mientras que en sectores más bajos los canutillares de *Paspalidium paludivagum*, *Paspalum lividum*, *Eleocharis macrostachya*, entre otras, Bissio (1979). La composición florística de esta vegetación es altamente modificada por la acción antrópica como por ejemplo rutas, caminos, cortafuegos, modificando las condiciones ambientales características del lugar, Bissio y Batista, (1984), como también a raíz de un manejo deficitario del pastoreo.

Aproximadamente el 70% de los Bajos Submeridionales, está cubierta por pajonales de *Spartina spartinae*, superficie que no es utilizada en su totalidad dado que una importante área aún se encuentra sin alambrar y es utilizada para la producción pecuaria. Esta situación demuestra que una parte de los Bajos Submeridionales se encuentra subutilizado por cuestiones de infraestructura y/o mejoras fundiarias de los establecimientos. La dominancia de pajonales que reducen la presencia de especies acompañantes pueden clasificarse en dos tipos: aquellos con plantas más grandes y en menor densidad, y los menos vigorosos que permiten el ingreso de luz para la producción forrajera intermata. También se los puede clasificar teniendo en cuenta las especies acompañantes, Lewis y Pire, (1981) o su posición en el relieve, Bissio y Batista (1984), lo que a su vez afecta las especies acompañantes. Desde el punto de vista ganadero, el uso del pajonal se basa en el aprovechamiento del rebrote tierno luego de una intervención antrópica. La producción forrajera de *Spartina* puede variar entre los 2,3 y los 28,2 KgMS/ha/día, la proteína bruta entre 5,3 y 11,9% y la digestibilidad entre 31 y 65%, Bissio y Luisoni (1989). Basándose en los estudios realizados se estimó que la productividad anual de la vegetación natural de esta zona, utilizando un modelo lineal en función de las precipitaciones, se encontraba entre los 1.000 y 5.000 KgMS/ha/día, sin embargo, gran parte del forraje se encuentra disponible con baja calidad nutricional.

Tradicionalmente, la técnica de manejo más utilizada en la región es la “quema en manchoneado”, que consiste en quemar el forraje necesario cuando las condiciones lo permitan. El fuego recorre algunos metros hasta detenerse en algún cortafuego o manchón quemado anteriormente, delimitando de esta manera el nuevo manchón. Sin embargo, otras técnicas también pueden ser utilizadas para el mejoramiento de la productividad primaria del pastizal natural de calidad en la región.

Teniendo en cuenta lo mencionado, la ganadería bovina extensiva en estos ambientes presenta limitaciones respecto a la oferta forrajera. Otras limitantes son la fuente de agua como bebida de animales, el nivel de apotreramiento, la accesibilidad por caminos y la infraestructura fundiaria para realizar las tareas culturales en ganadería (corrales de trabajo). La escasa oferta forrajera en cantidad y calidad se traduce en una disminución de los indicadores productivos como porcentaje de preñez, destete, edad y peso al destete. La carga animal promedio de esta región oscila entre 0,15 a 0,20 (Equivalente Vaca/hectárea) EV/ha, lo cual implica requerir cerca de 5 ha para mantener una vaca de cría de 400 Kg PV (Peso Vivo) que gesta y cría un ternero de destete hasta los 6 meses con 160 Kg PV incluido el forraje del ternero. Las unidades de vegetación dominante de los bajos submeridionales santafesinos presentan una alta producción de biomasa, pero no solo tienen una baja eficiencia de utilización (menores al 30%), sino que también tienen regular a mala calidad nutritiva. La producción de materia seca de un pajonal de *Paspalum intermedium* 'paja boba' y *Sorghastrum agrostoides* 'paja amarilla' oscila en promedio los 8.000 Kg/ha/año con una productividad secundaria cercana a los 30 Kg de carne/ha/año. Considerando que se requieren aproximadamente 20 Kg MS para obtener 1 Kg de carne, para los 30 Kg de carne/ha/año implicarían 600 Kg/ha/año, lo cual indica que el porcentaje aprovechable representa un 8% de la biomasa producida. Esto demuestra una enorme ineficiencia en el uso del espacio, de los nutrientes y del agua disponible. Como consecuencia de este proceso ineficiente hay una enorme proporción de materia seca remanente que se convierte en el combustible para la quema sistemática en la que el productor se ha familiarizado cada año o cada 2 años debido a la practicidad, o bien al desconocimiento de otras opciones de manejo.

En la Figura 6.2 a y b se muestra el rodeo de cría en ambientes bajos de mayor productividad secundaria.



Figura 6.2. a y b. Rodeo de cría en ambientes bajos de mayor productividad secundaria. Fotografía: Rafael Sabattini.

Características de los pajonales del Norte Santafesino desde la producción ganadera

- Elevada producción de biomasa del pajonal con bajo valor forrajero visto desde su tasa de consumo, como de su digestibilidad. Aumento de la cobertura de especies no forrajeras impidiendo el crecimiento de aquellas acompañantes de mediano a buena calidad forrajera.

- Presencia de tacurúes de hormigas que dificulta el manejo con la maquinaria agrícola, lo cual lleva a introducir el fuego como práctica rutinaria para bajar la cobertura del pajonal sobre el tacurú. Eleva los costos de producción, siendo muy alta la relación costo-beneficio de las técnicas de manejo.
- Baja superficie útil de pastoreo dado que el bovino consume las especies entre las matas o las acompañantes, pero eventualmente consume el rebrote tierno de la paja luego de un manejo adecuado.
- Pastoreo continuo, generando condiciones para que las especies de rápido crecimiento amplíen su cobertura y competencia sobre las especies deseables.
- Producción de carne actual por debajo del potencial esperado. Asimismo incorporar tecnología por parte de las empresas ganaderas implica realizar un fino balance entre la inversión y la fragilidad del sistema, por los ciclos de sequías e inundaciones.
- Bajo valor de la tierra (entre 200 a 500 u\$s/ha) en comparación con otras regiones ganaderas, lo que resulta tentativo al momento de inversión y análisis de la rentabilidad.

Técnicas utilizadas para el manejo del pajonal

En los últimos años se produjo a nivel país un traslado de la ganadería a ambientes más vulnerables y menos productivos. Esto derivó en una intensificación de la ganadería en estos ecosistemas, presentándose los sistemas de producción con excesos de carga animal y manejos inadecuados del pastoreo. Sin dudas, lleva a problemas de eficiencia productiva, degradación de los pastizales y en definitiva a cuestionar la sustentabilidad del sistema productivo. En este sentido, se considera que el problema no es la intensificación de la ganadería en ambientes menos productivos, en todo caso esto es una oportunidad, sino tener una mayor carga animal con el mismo manejo extensivo que se venía realizando. Este escenario se observó en los Bajos Submeridionales del Norte Santafesino, que por su escaso valor de la tierra se traduce en una oportunidad para inversores de otros lugares de la Argentina, permitiendo ser un pulmón para la cría bovina dejando liberada otras zonas para otro tipo de actividad productiva con mayores requerimientos.

Sin embargo, para mejorar los indicadores productivos de la región es necesario incorporar alternativas tecnológicas de mejoramiento que tiendan a aumentar la eficiencia de aprovechamiento o utilización del pajonal a partir de la selección de un sistema de pastoreo, ajuste de la carga y apotramiento adecuado. Por otro lado, lograr aumento de la estructura y calidad de estos pajonales implica la selección de técnicas sustentables como el corte, desmalezado, rolado, resiembra de especies vegetales, entre otras. Sin embargo, una de las técnicas más utilizada en la región es el empleo de fuego en el pajonal. Es importante mencionar que no se basa en principios elementales sustentables dado que, en primera medida, contribuye a la liberación de gases de efecto invernadero, entre otras consecuencias.

Manejo del Fuego

El fuego como elemento de manejo en el pajonal de *Spartina* spp fue estudiado por Oefinger y Scifres (1976) y McAtte *et al.* (1979). Estos observaron que luego de la quema no

Manual de buenas prácticas para el uso del agua para ganadería en BBSS Santafesinos

solo aumentó la utilización, sino que también aumentó la producción, aunque esto dependió de la época de quema. De acuerdo a Oefinger y Scifres (1979), luego de la quema aumentó la utilización relativa de esta gramínea durante el invierno y a principios de primavera, para disminuir en plena primavera, cuando otras especies de mayor preferencia comienzan a producir tejidos nuevos. La preferencia de las especies es relativa, por lo tanto la utilización de una especie depende de las acompañantes, de la relación de superficie de sitios de un mismo potrero, de la carga animal, de la presión de pastoreo, etc.

Esta técnica, puede afectar la condición del pastizal tanto en forma positiva como negativa a través de sus efectos sobre la/s especie/s dominante/s, y según el valor de las especies colonizadoras desde el punto de vista forrajero o de la conservación de la biodiversidad. La contribución relativa de las especies colonizadoras a la biomasa de pastizales quemados es sumamente variable, tanto entre distintos tipos de pastizales como dentro de un mismo tipo de pastizal. La dominancia de las gramíneas formadoras de matas depende de su capacidad para crecer en altura, reducir la disponibilidad lumínica, inhibir la frecuencia e intensidad de defoliación por los herbívoros y ‘cicatrizan’ rápidamente los disturbios de las hojas. Por ello, la influencia del fuego sobre la composición florística de los pajonales depende de su capacidad para alterar la eficacia de tales mecanismos.

Esta técnica presenta como ventaja su bajo costo y simplicidad. Cuando no hay estricto control sobre la superficie quemada, es común observar en los campos superficies quemadas no aprovechadas, mientras que otros sectores, zonas quemadas con sobre pastoreo seguido del avance de la salinización en superficie. El empleo de un sistema de quema controlado implica la construcción de cortafuegos dado que se puede estimar la producción de forraje adicional y adecuarla a los requerimientos de forraje. Para ello es necesario conocer, no solamente la producción de *Spartina spartinae*, sino también los factores que inciden sobre la misma. Los resultados del uso del fuego del pajonal no son óptimos si el manejo del pastoreo es inadecuado.

Estudios realizados con quemas en Fortín Chilcas (Santa Fe) indican modificaciones en el sistema de producción, mejorando el manejo del pajonal, Bissio (1989). La biomasa producida, su digestibilidad y contenido proteico presentaron variaciones significativas posteriores a la quema, que dependieron principalmente de la temperatura, altura de quema y frecuencia e intensidad de corte. La altura del rebrote es una guía para conocer la calidad, cantidad y eficiencia de la utilización del forraje. Con alturas de aproximadamente 10 cm la producción es baja y el tamaño del bocado es chico, aunque el forraje es de buena calidad. Sin embargo, alturas mayores de 25 a 30 cm maximiza la producción, pero la calidad se encuentra reducida porque al lignificarse pierde palatabilidad y digestibilidad. Por otra parte, excesos de agua por encima de niveles críticos, reducen la producción de forraje del pajonal. Esto se debería tener en cuenta al momento de analizar, ya que deben preverse cuáles serán las condiciones climáticas que podrían tener luego de una quema.

Técnicas mecánicas: cortes, rolados o laboreos.

La técnica de corte presenta ventajas importantes respecto a la eliminación del pajonal con fuego. Sin dudas, otorga sustentabilidad al ecosistema dado que se mantienen los componentes estructurales, fisonómicos y florísticos, evitando la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera producto de la quema. Además, presenta una clara ventaja sobre el suelo, dado que no elimina la materia orgánica permitiendo luego de su descomposición, la rápida mineralización en los estratos superiores. El grado de respuesta del pastizal es alto

lo cual permitiría acoplar la carga animal, como también permitir la implantación de especies forrajeras por intersiembra. Por otra parte, es una técnica que podría ser ajustable a las condiciones económicas del establecimiento, dependiendo de la infraestructura y parque de maquinarias disponible. Puede utilizarse en épocas climáticas secas o inundables obteniendo una buena respuesta. Cuando el número de “tacurús” (hormigueros) es alto será necesario sacarlos, lo cual constituye el principal problema a resolver en la mayoría de los campos de la región. Para ello se emplea maquinaria pesada para el movimiento de los suelos, que consiste en romper solo la estructura aérea de los nidos.

El solo hecho del corte libera material forrajero de la clausura que ejerce el pajonal, dado su porte invasivo, quedando disponible mayor superficie de pastoreo. Poco tiempo después, días o semanas, según la época del año, se produce el rebrote y el material forrajero disponible aumenta considerablemente. Estudios realizados en Reconquista indican que la implementación del corte mecánico con manejo de pastoreo rotativo aumenta 2,8 veces la producción de carne de novillitos en una condición de sequía respecto a un pajonal testigo, mientras que en plena inundación se incrementa 5,8 veces la producción. Con las sucesivas intervenciones de corte, el pajonal modifica su estructura generando matas más pequeñas que permiten mejores tasas de crecimiento del estrato inferior, también llamado intermata. En primer lugar se produce un aumento de la producción del forraje de la intermata y luego mejora la composición florística. Al cabo de varios años de manejo, el pajonal mejorado puede presentar más del 90% de su superficie, con forraje disponible para el consumo animal. Estudios de la región demuestran que la digestibilidad supera el 45% cuando la altura de rebrote es inferior a 20 cm, obteniendo una disponibilidad menor a 3500 KgMS/ha/año. Otros estudios han demostrado que la productividad anual sujeto a cortes periódicos de 45 días, oscila los 5.000 kg MS/ha/año, De León y Giménez (2007).

La Figura 6.3 muestra Pajonal mejorado con utilización de sucesivas tareas de movimiento de tierra (derecha) y chacra agrícola con destino a la producción de reservas forrajeras



Figura 6.3. Pajonal mejorado con utilización de sucesivas tareas de movimiento de tierra (derecha) y chacra agrícola con destino a la producción de reservas forrajeras. Fotografía: Rafael Sabattini.

Otros métodos de control de la paja como el arado y el desencontrado, son utilizados para mejorar pajonales y otros tipos de vegetación de especies poco deseables. Se logra el control de la paja y muchas veces el espacio es ocupado por especies de mejor valor forrajero. La duración de este cambio es variable y depende principalmente del ambiente,

comportamiento del agua superficial y manejo de los animales. Al momento en que se abandona la práctica, estudios demostraron que luego de tres años, rápidamente se recompone la cobertura de paja con su consecuente pérdida de forraje.

Mejoramiento de los pastizales naturales: siembra de especies

Tal como mencionan, Pensiero y Zabala (2017), el esquema de mejoramiento de los pastizales en los Bajos Submeridionales incluye la incorporación de especies adaptadas a la intersembrado en los pastizales, como la adopción de sistemas con alta proporción de especies perennes. Eventualmente, y en caso de soportar las características productivas, la incorporación de leguminosas forrajeras permite incrementar la calidad de la dieta animal mejorando su potencial productivo y además fijar nitrógeno atmosférico al suelo mejorando su fertilidad. Las especies a implantar deben seleccionarse por la posición topográfica del lote o establecimiento, por un lado aquellas adaptadas a lomadas o media loma con menor riesgo de inundación y por otro, a los ambientes bajos.

En las lomadas se cultivan 'grama rhodes' (*Chloris gayana*) y 'melilotus' (*Melilotus albus*) y en menor medida *Panicum máximum*. Para grama rhodes existen varios cultivares disponibles en el mercado, mientras que la semilla que se comercializa de melilotus es en su mayor parte sin identificación varietal. Ambas especies son utilizadas principalmente en esquemas de monocultivo, siendo el principal problema de ambas especies su sensibilidad a la inundación. También se pueden utilizar variedades de agropiro criollo (*Elymus scabrifolius*) de comportamiento perenne y producción otoño-invierno-primaveral. Sin embargo, cuando la implantación es solo con gramíneas, se sugiere la incorporación de especies leguminosas para mejorar la calidad del forraje, con especies del género *Macroptilium* o *Desmanthus* que ha demostrado buena implantación en pastizales del Norte Santafesino, Pensiero y Zabala (2017).

Estudios realizados en Cañada Ombú, indican que un lote de vaquillonas de recría con grama rhodes 'cultivar Tolga' aumentaron en promedio 176 g PV/día, mientras que en el testigo 112 g PV/día. Los análisis registraron en primavera 6,8% de proteína bruta, que coincidieron con el período de mejor ganancia diaria (447 g PV/día).

Otros estudios demostraron que al incorporar un 25 % de pastura del total de la superficie ganadera, se logran aumentos en la oferta forrajera del orden del 83 %, esto posibilita aumentar la carga en un 33 %, pasando de 0,24 EV/ha en un sistema sólo con pastizal natural a 0,32 EV/ha. Este aumento en la oferta y por lo tanto en la carga posee sus efectos a nivel productivo, lográndose incrementos en la producción de carne por hectárea que rondan el 60 %, de 42 a 67 kg carne/ha/año. Sin embargo, cuando la cadena forrajera está compuesta 100% de grama rhodes permite duplicar el número de vacas de cría (0,24 EV/ha testigo, vs 0,58 EV/ha mejorado con pasturas), aumentando los porcentajes de parición y destetes. El aumento en la biomasa forrajera permitió aumentar la producción de carne 2,85 veces (120 kg carne/ha/año) respecto al testigo, Bonsignor (2014).

En las Figuras 6.4 (a, b, c, d) se observa la utilización de pasturas y verdes en los Bajos Submeridionales de Santa Fe.



Figura 6.4. a, b, c, d. Utilización de pasturas y verdeos en los BBSS de Santa Fe. Fotografía: Rafael Sabattini.

Para los ambientes bajos se ha recomendado el cultivo de especies forrajeras subtropicales africanas como pasto pangola (*Digitaria eriantha*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pasto clavel (*Hemarthria altissima*), pastonilo (*Acroceras macrum*) y pastosiam (*Brachiaria mutica*), entre otras, Pensiero y Zabala (2017). El inconveniente que presentan estas especies es que su implantación se debe realizar a través de rizomas oestolones. Por otro lado, *Aeschynomene* spp. y *Lotus tenuis* puede ser una alternativa para estos sectores dado que toleran salinidad y encharcamiento, pero deben ser correctamente implantadas Pensiero y Zabala (2017).

Otra especie megatérmica prometedor para estos ambientes es el *Panicum coloratum var makarikariensis* "pasto makarikari", tolera la salinidad y sodicidad, incluso más que la grama rhodes. Asimismo, sobrevive a anegamientos frecuentes, como también tolera muy bien las sequías transitorias debido a su profundo sistema radical. En el centro de Santa Fe la productividad osciló entre los 1.000 a 5.000 KgMS/ha/año según suelos y años, en algunos casos superó las 8.000 KgMS/ha/año. Las condiciones de fertilización y manejo de la defoliación determinan importantes variaciones en la acumulación de forraje. Es una especie cuya producción del verano puede ser diferida hacia el invierno aportando un forraje de una calidad regular pero muy importante para una época de muy pobre producción de forraje, Avila *et al.* (2014).

Manejo animal

La interacción planta-animal, comúnmente llamado manejo del pastoreo animal, se define como el conjunto de interacciones dinámicas que ocurren entre plantas y animales en una situación de pastoreo. En otras palabras, es el efecto del animal en pastoreo sobre el

pastizal y al mismo tiempo el efecto del pastizal sobre el animal. Al implementar un sistema de pastoreo, se busca controlar el principal efecto sobre el pastizal que es la defoliación. Este se atenúa seleccionando en forma correcta el manejo de la frecuencia, intensidad (altura de pastoreo) y momento del pastoreo. El principal efecto sobre el animal será la ganancia de peso por el consumo de forraje depende de las características del pastizal o pastura, (la cantidad de pasto disponible y su calidad nutricional).

El manejo del pastoreo es el factor de mayor importancia que incide en el estado de las pasturas naturales. Se debe enfatizar que un adecuado manejo debe buscar un equilibrio dinámico entre las especies que contribuyen a la pastura a través de la eficiencia de supervivencia de las mejores plantas forrajeras (estabilidad) y la constancia de rendimientos especialmente en las épocas críticas (productividad). El buen manejo de los pastizales naturales depende en primer término de la posibilidad de reducir la superficie de los potreros. En la medida que un sistema agropecuario se va intensificando, aumenta el grado de subdivisión ya que se hace necesario un mínimo de potreros para apartar categorías animales, dividir lotes de una misma categoría si son muy numerosos, y separar áreas de suelo de diferente potencial productivo. La situación de potreros demasiado grandes de la región, lleva a pastoreos des-uniformes constatándose áreas sobre pastoreadas como subpastoreadas.

Ver Figura 6.5 (a, b, c, d), se observa sistemas de pastoreo continuo (izquierda) y pastoreo rotativo (derecha).

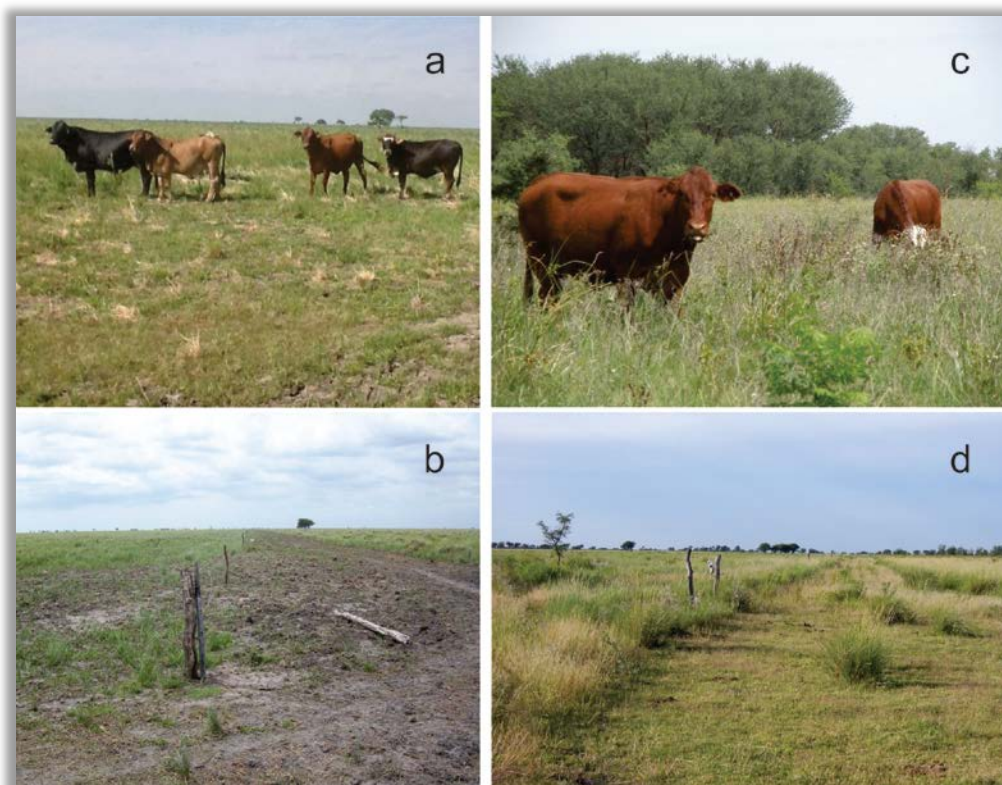


Figura 6.5. a, b, c, d. Sistemas de pastoreo continuo (izquierda) y pastoreo rotativo (derecha). Fotografías: Rafael Sabattini.

El sistema de pastoreo continuo consiste en la permanencia de animales todo el año o parte de él, de modo que en este caso, el intervalo entre un pastoreo y otro es cero. Esto significa que todas las plantas no estén siendo pastoreadas continuamente. En efecto, la

frecuencia en que una planta es pastoreada en un pastoreo continuo depende de la dotación que determina la presión de pastoreo, las características de la planta y del tipo de categoría animal utilizada. El comportamiento selectivo de los animales perjudica las especies más palatables afectando su sobrevivencia, por la frecuencia e intensidad de las defoliaciones y las ventajas competitivas de las menos consumidas.

Por tal motivo, se propone la utilización de pastoreo rotativo, donde el ingreso de animales se efectúan en diversos potreros mediante turnos de rotación, los que se prolongan de acuerdo a la cantidad de forraje disponible, siendo la frecuencia de los turnos variable. La principal finalidad del pastoreo rotativo es utilizar la pastura en el momento en que esta alcanza un equilibrio adecuado entre el alto rendimiento de materia seca por hectárea y un máximo valor nutritivo. El primer objetivo generalmente se logra con pastoreos poco frecuentes cuando las plantas presentan un estado avanzado de madurez y el segundo con pastoreos frecuentes cuando las plantas se encuentran en etapas tempranas del crecimiento. Un pastoreo rotativo exitoso consiste en evitar condiciones extremas de crecimiento y defoliación.

La utilización de un pastoreo rotativo consiste, en dividir por ejemplo en cuatro potreros o franjas realizadas con alambrado eléctrico. Durante la época de crecimiento (primavera-verano-otoño) se realizan rotaciones cortas, es decir períodos de pastoreo de 8-10 días y descanso de 24-30 días. Durante la época invernal se recomienda el uso del pajonal con una carga animal baja o moderada, de acuerdo a la disponibilidad de pasto. En caso de siembra de especies invernales o estivales de buen comportamiento invernal (algunos *Paspalum* y otras), puede convertirse en un buen recurso invernal. El beneficio de esta última es permitir una carga animal mayor (20-30%) respecto del pajonal.

Potencial Ganadero en los Bajos Submeridionales

La ganadería actual de los Bajos Submeridionales presenta un esquema de manejo tradicional, utilizando bajas cargas ganaderas de forma continua todo el año. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, gran parte del stock ganadero de Santa Fe se encuentra en estas regiones consideradas de bajo potencial. Sin embargo, se espera la maximización de indicadores productivos y económicos en sistemas donde la capacidad de uso está limitada por factores físicos y climáticos.

Un aspecto importante para mencionar es el escaso valor de la tierra respecto al resto de las áreas ganaderas de la región. Si bien son ambientes donde la receptividad es muy baja (menor a 0,2 EV/ha/año), la inversión en tierra por vaca y en ternero destetado son menores respecto a otros ambientes de la provincia, como también de la región (Tabla 6.3).

Por otra parte, el empleo sistemático del fuego ha provocado un elevado grado de deterioro, permitiendo el avance desmedido del área de pajonales debido al manejo inadecuado de la carga que generan nichos espaciales y temporales para aumentar nuevamente su cobertura o bien luego del abandono, se produce la invasión de arbustivas o malezas. Desde el punto de vista de la sustentabilidad, no es una práctica que asegure los principios ambientales, económicos y sociales del ecosistema. Luego de estas prácticas, normalmente se realiza una transformación del ecosistema pajonal, siendo la agricultura como actividad principal con alto riesgo por la inestabilidad de los eventos climáticos extremos (sequías e inundaciones). Por tal causa, los mismos pueden transformarse en sistemas mixtos, en donde la actividad agrícola sea destinada a la producción de forraje de

calidad para aumentar la carga animal, o bien, en algunos casos se abandonan, provocando un avance y posterior invasión del arbustivo (Figura 6.6).

Tabla 6.3. Análisis económico-productivo de las zonas de cría más relevantes de Argentina. Tomado y adaptado de Revista CREA, 2015. Valores tomados de Compañía Argentina de Tierras SA (Abril 2014).

Provincias	Localidades, partidos o departamentos	Precio u\$s/ha	Receptividad		Destete %	Ha/terneros destetados	u\$s/vaca	u\$s/ternero destetado
			vaca/ha	ha/vaca				
BUENOS AIRES	Ayacucho, Mar Chiquita, Madariaga	3300	0,85	1,18	87	1,35	3882	4462
	Olavarría, Juárez, Laprida	2800	0,75	1,33	82	1,63	3733	4553
	Pilar, Dolores, Gral. Guido	2500	0,65	1,54	80	1,92	3846	4808
SANTA FE	Ceres, Tostado	850	0,45	2,22	75	2,96	1889	2519
	San Cristóbal, San Javier, Reconquista	800	0,40	2,50	65	3,85	2000	3077
	Vera y 9 de Julio	220	0,20	5,00	55	9,09	1100	2000
CORRIENTES	Curuzú Cuatiá, Sauce, Monte caseros	2200	0,65	1,54	75	2,05	3385	4513
	Mercedes, Paso de los Libres	1600	0,60	1,67	70	2,38	2667	3810
	Concepción, Saladas, Ituzaingó	1000	0,40	2,50	65	3,84	2500	3846
ENTRE RIOS	Concordia, San Jaime, Chajarí	2400	0,70	1,43	75	1,90	3429	4571
	Villaguay, Sauce de Luna, La Paz	2200	0,60	1,67	72	2,31	3667	5093
	Federal, Feliciano	2000	0,55	1,82	70	2,60	3636	5195

El esquema de producción ganadera actual puede ser mejorado a través de prácticas sustentables como el corte o rolado ajustando un sistema de pastoreo rotativo intensivo (Figura 6.6). De esta manera es posible generar mejores condiciones ambientales, como el suelo y la diversidad florística, que permitan obtener un pajonal mejorado con una receptividad potencial entre 0,3 a 0,4 EV/ha/año). La implantación de forrajeras puede triplicar la receptividad al incrementar la oferta vegetal, pero fundamentalmente la eficiencia de utilización de la región. Otros ambientes naturales presentes en la provincia como ser la región de la Cuña Boscosa y la región Centro poseen suelos con heterogeneidad en su capacidad de uso. Estos valores de productividad del pastizal natural, se ven marcadamente afectados por el grado de uso, que es la proporción de la materia seca de forraje acumulado que puede ser pastoreada sin afectar a la planta y se considera que puede variar entre un 50 y 60%. En el caso de ambientes con salinidad excesiva se recomienda la utilización de grama rhodes, y de otras especies que han demostrado un excelente comportamiento en suelos con excesos de sales, duplicando la producción forrajera de los

campos naturales. Si bien se modifica la estructura del ecosistema natural por un cambio sustancial en la diversidad de las especies, se obtendría una mejora en la calidad de la dieta, obteniendo lo que denominamos un ‘pastizal naturalizado con pajonal’.

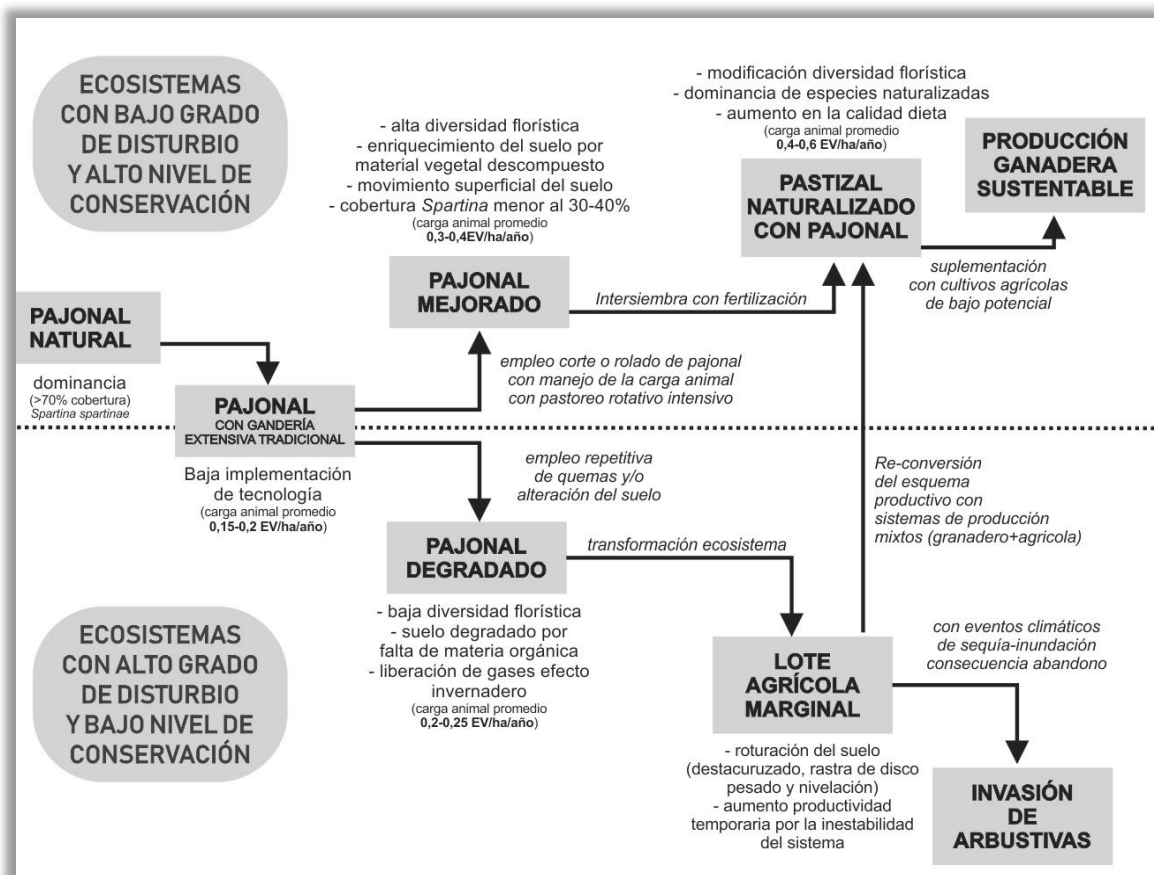


Figura 6.6. Nivel de conservación y grado de disturbio de los ambientes productivos para la actividad de cría bovina actual y potencial en los Bajos Submeridionales en la provincia de Santa Fe.

Ver en Figuras 6.7 chacra destinada a la producción agrícola (izquierda) y lote degradado por arbustivas del género *Baccharis spp* luego del abandono de un cultivo (derecha).



Figura 6.7. Chacra destinada a la producción agrícola (izquierda) y lote degradado por arbustivas del género *Baccharis spp* luego del abandono de un cultivo (derecha). Fotografías: Rafael Sabattini.

La combinación de técnicas de bajo impacto ambiental como el rolado o corte/desmalezado seguido de una intersembrado de especies exóticas o naturalizadas, permitirán el incremento en la receptividad de los suelos con limitantes. Esto ha demostrado en numerosas investigaciones de los Bajos Submeridionales santafesinos, que los indicadores productivos, económicos y ambientales se maximizan, permitiendo mejorar entre un 40 a 100% la receptividad ganadera.

Otras alternativas para aumentar la oferta de forraje y estabilizar su distribución en el tiempo es el uso de verdeos, ya sea en pastoreo directo o como reservas de henos o silajes. Dentro de las especies a utilizar, el sorgo -en todas sus variantes, granífero, forrajero o silero- es un cultivo rustico que se adapta a una gran diversidad de suelos, tolerante a la falta de agua y la salinidad. Ensayos a campo por parte de INTA Rafaela y Reconquista, evaluaron diferentes materiales de sorgo obteniendo producciones por encima de 10.000 KgMS/año/ha. La suplementación proteica del rodeo (entre 0,4 y 0,5 % PV) es otro componente importante a fin de equilibrar la dieta y obtener una mayor performance reproductiva y de ganancia de peso.

Conclusiones

La importancia que tienen los Bajos Submeridionales en las economías y la calidad de vida de los pobladores locales y las singulares características de destacada biodiversidad de los ambientes involucrados, señalan a la región como una excelente oportunidad para demostrar que es posible lograr un desarrollo socio-económico en armonía con la biodiversidad y la protección de los servicios ambientales brindados por el sistema con humedales de los cuales depende el hombre y sus actividades productivas.

Incentivar el cambio tecnológico a través del conocimiento de los ecosistemas que conforman los Bajos Submeridionales, debe tomarse como prioridad para impulsar mejoras en la actividad ganadera local, de tal forma que sea más rentable y eficiente, y al mismo tiempo más amigable con el ambiente como punto central en el desarrollo del sistema ganadero del Norte Santafesino.

Un gran desafío es la implementación de esquemas de certificación para la producción de una carne diferenciada basada en alternativas de manejo y gestión del agua, como de los pastizales que no alteren el funcionamiento natural del sistema con humedales, y que al mismo tiempo generen un mayor valor agregado para la producción local.

Referencias

- Avila R, Barbera P, Blanco L, Burghi V, de Battista J, Frasineli C, Frigerio K, Gándara L, Goldfarb C, Griffa S, Grunberg K, Leal K, Kunst C, Lacorte M. (2014). Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. Ediciones INTA. 72 pp.
- Bissio JC, Luisoni L, Batista W. (1990). Relaciones entre el agua superficial y los principales tipos de vegetación de los bajos submembrionales de Santa Fe. INTA EEA Reconquista, Publicación Técnica N°5, EEA Reconquista, 24 pp.
- Bissio, J.C. y Luisoni, L. (1989). Producción y calidad de forraje de un Pajonal de *Spartina argentinensis* (Trim.) Parodi, Luego de la Quema, INTA, EEA Reconquista, Publicación Técnica N°3, 20 pp.

- Bissio, J.C. (1979). Clasificación de los Pastizales Naturales de los Bajos Submeridionales Santafesinos (Primera Aproximación. Fundación José María Aragón, Publicación N°12
- Bissio, J.C. (2014). Los ambientes de pajonales de norte de Santa Fe: técnicas utilizadas para el manejo. INTA, EEA Reconquista, Voces y Ecos 32: 31-38.
- Bonsignor, M.J. (2014). Determinación del impacto productivo y económico de la implantación de grama Rhodes en sistemas ganaderos del norte de Santa Fe. Trabajo Final Especialización en alimentos de Bovinos. UNC. 45 pp.
- Cabrera, A.L. (1976). Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2da Edición. Tomo II, Fascículo 1. Editorial Acme. Buenos Aires. 85 pp.
- Deregibus, V.A. (1987). Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: situación presente y futura. V Simposio Argentino de Producción Animal. Sección: Producción y Utilización de Pasturas; Paraná. Entre Ríos, AR. 18 al 20 de junio de 1987
- Hein, N.E.; Panigatti, J.I. (1985). Aptitud de los suelos de lo provincia de Santa Fe. 1 NTA EEA Rafaela. Publ. Miscelánea N°32, 27 pp.
- Lewis, J.P.; Piere, E.F. (1981). Reseña sobre la vegetación del Chaco santafesino. INTA, Serie Fitogeográfica N° 18, 42 pp.
- McAtee, J.W.; Scifres, C.J.; Drawe, D.L. (1979). Digestible Energy and Protein Content of Gulf Cordgrass Following Burning or Shreding. Journal of Range Management 32:376-378.
- Nichols, P.G.; Yates, R.J.; Loo, C.; Wintle, B.J.; Stevens, J.C.; Titterington, J.W.; Moore, G.A.; Dixon, K.W.; Barrett-Lennard, E.G. (2014). Direct seeding of chenopodshrubs for saltland and rangeland environments. Future Farm Industries CRC, Technical Report 10, 73 pp.
- Oefinger, R.D.; Scifres, C.J. (1977). Gulf Cordgrass Production, Utilization and Nutritional Value, Folowing Burning. Texas Agricultural Experimental Station Bulletin, 19 pp.
- Pensiero, J.F.; Zabala, J.M. (2017). Recursos fitogenéticos forrajeros nativos y naturalizados para los Bajos Submeridionales: prospección y priorización de especies para planes de inducción a cultivo. Revista FAVE, 16(1):67-98.

CAPÍTULO 7 - EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Walker, F.

Aptitud Ganadera

Introducción

Desde el enfoque de la **producción pecuaria**, y teniendo presente que la provincia de Santa Fe posee una gran actividad ganadera del tipo extensiva, es fundamental conocer las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y subterráneas para agua de bebida, de las distintas fuentes, para poder clasificarlas por su **aptitud**.

La alimentación del ganado incluye proteínas, hidratos de carbono, grasas, fibras, vitaminas, minerales y **agua**. La proporción promedio de consumo de Materia Seca (MS) por Peso Vivo (PV), es de aproximadamente 3%PV, mientras que del agua es de 12%PV en dietas pastoriles, aumentando al 15%PV o más en dietas secas. Los **minerales** consumidos se encuentran en los forrajes y en el agua de bebida como sales o como elementos químicos. Un adecuado balance de minerales en la dieta favorecerá a los resultados productivos y reproductivos, por el contrario, la **carencia** significativa o **exceso**, de cualquiera de estas sustancias, conducirá a la enfermedad y en consecuencia a la disminución de la producción.

El agua de bebida es un alimento imprescindible para la vida y posee funciones irremplazables. Se debe conocer y evaluar la aptitud fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo animal, dado que el consumo de agua y la producción animal disminuyen proporcionalmente con la caída de la aptitud del agua.

La tolerancia de un animal a la concentración salina del agua, como límite máximo de sales totales, es la concentración máxima que puede presentar el agua de bebida sin afectar el consumo de alimento y el nivel productivo.

La calidad y cantidad de sales presentes en el agua de bebida hacen variar su consumo por el ganado, pudiendo actuar como estimulantes o como limitantes de la ingestión hídrica (Bavera, 2009).

El agua subterránea es la más utilizada por el sector rural, debido a su disponibilidad práctica. Esta provee el 85 % del consumo del ser humano y los animales. La problemática de las aguas saladas y/o amargas es una de las más serias que deben soportar grandes áreas del país, de alta potencialidad económica, pero

limitadas para una eficiente producción ganadera (Bavera, 2011); como es el caso de los BBSS.

En esta región el agua superficial como fuente de agua de bebida es de gran importancia, ya sea en forma directa de cursos o reservas superficiales, como de represas, tajamares o jagüeles. La composición fisicoquímica de las aguas superficiales es inferior en cuanto al aporte de minerales, mientras que las subterráneas, presentan altos contenidos de minerales y sales, sobre todo sulfatos, cloruros y arsénico. Las concentraciones de sales en aguas subterráneas, aumentan hacia el N de los BBSS y en profundidad, mostrando valores superiores al del agua marina. En épocas de excesos hídricos los niveles freáticos se elevan hasta superficie y en sequías se profundizan alcanzando aproximadamente 10 metros bajo el nivel del terreno con aumento de la concentración de sales disueltas (Sosa, 2013).

Las aguas subterráneas de alta salinidad impactan negativamente en la eficiencia productiva por la merma significativa de consumo por parte de los animales, hasta el rechazo por completo del agua de bebida, causando incluso la muerte de los mismos. Cuando el agua de bebida superficial se agota, es común el abandono de los sistemas productivos con las consecuentes pérdidas económicas y socioculturales de la región. El sistema se vuelve vulnerable y requiere de tecnologías para el manejo del agua superficial, estas pueden ser simples y eficaces, actuando de forma directa o mediante la construcción de pequeñas presas con destino a abrevado directo o inyección/recarga del acuífero (Ver Capítulo 5).

El Agua como constituyente del organismo animal

Es el principal componente del cuerpo animal y es imprescindible en los procesos fisiológicos vitales de los órganos y tejidos. En la vida de los organismos los procesos vitales internos siempre se cumplen en medio acuoso.

A modo de ejemplos, el agua constituye más del 65% del cuerpo de los mamíferos, 85% del cerebro, 79% la sangre y 85% de la leche.

Aptitud de Agua de Bebida

El agua es el compuesto químico más abundante en la superficie de la tierra. Esta contiene diversas sustancias en solución y suspensión que, de acuerdo a cuáles de ellas y en qué cantidades se presentan, forman mezclas que dan origen a las diferentes características o tipos de aguas.

La información de la aptitud de aguas para bebida de bovinos, en cuanto a aportes de minerales a la dieta es escasa, sobre todo en sistemas extensivos. Es habitual, en los estudios de balance de minerales en nutrición animal, analizar el aporte de estos por los forrajes consumidos, pastizales, suplementos y en la mayoría de los casos se subestima o descarta el aporte del agua de bebida.

Las concentraciones de los compuestos químicos que contiene el agua, en general sales y minerales, son los que le confieren las distintas aptitudes para agua de bebida según se consideren las características de los animales, ya que la tolerancia de

estos varía con la especie, raza, edad, estado fisiológico, dieta alimenticia y el ambiente donde viven.

La tolerancia a la concentración de sales es mayor para rumiantes que para monogástricos. Dentro de los primeros, los de cría soportan mayor concentración que los de invernada y éstos que los de feedlot y tambo.

El consumo de agua y la producción animal disminuyen proporcionalmente con la disminución de su aptitud, por lo que ella debe reunir ciertas características químicas y biológicas. Puede deprimir la ganancia diaria de peso, la tasa de conversión del forraje, el número de terneros por año o afectar la salud de los animales. Pero las grandes pérdidas que puede ocasionar al productor suelen pasar inadvertidas, mezcladas con otras interferencias del sistema productivo. La aptitud del agua de bebida puede ocasionar pérdidas ocultas y significativas de rentabilidad para los sistemas (Walker, 2002).

Relación Suelo-Agua

Origen de los solutos en agua

Es sabido que las aguas de lluvia que caen en la superficie de la tierra se infiltran en los terrenos hasta llegar a las capas impermeables, o bien corren por la superficie. En ambos casos, se utilizan para riego y consumo, ya sea por captaciones superficiales o subterráneas. Ver Tabla 7.1., donde se presenta la concentración promedio de algunos elementos en aguas de distintos orígenes

Tabla 7. 1. Órdenes de magnitud de las concentraciones medias de elementos contenidos en el agua de mar, de lluvia y destilada por energía solar. Fuente: Bavera (2009, adaptado de Mello Garcias y Rocha Freitas, 2000).

Elemento	Unidad	Agua de mar	Agua de lluvia	Agua destilada
Calcio	mg/l	272.23	2.21	1.73
Magnesio	mg/l	1044.86	0.83	0.54
Potasio	mg/l	352.97	0.36	0.39
Sodio	mg/l	8347.31	2.46	2.17
Cloruro	mg/l	11712.13	4.40	0.93
Bromuro	mg/l	26.73	2.70	0.00
Fluoruro	mg/l	0.85	0.00	0.00
Dureza	mg/l CO ₃ Ca	4982.53	8.36	4.50
Alcalinidad	mg/l CO ₃ Ca	65.33	5.00	5.33
Salinidad	mg/l	25150.67	40.93	35.48
Oxígeno disuelto	mg/l	5.53	8.47	5.86
pH	--	6.60	5.00	5.33
Temperatura	°C	24.43	19.85	33.67

Como consecuencia la composición del agua dependerá de la geología del lugar y del tiempo de contacto entre el agua y la matriz del suelo. Así en un terreno granítico el agua de lluvia no disolverá casi ningún elemento; en cambio, en una formación calcárea, el agua será dura, porque el ácido carbónico provocará la disolución del carbonato de calcio y magnesio, que se incorporarán como bicarbonatos.

En los BBSS encontramos Sistemas Hidrológicos No Típicos (SHNT), descritos en el Capítulo 2. En esta como en toda cuenca de llanura, son difíciles definir sus límites, las aguas superficiales presentan baja energía cinética y tendencia al almacenamiento en depresiones del terreno, característica de la escasa pendiente topográfica. También se observan condiciones hidrogeológicas particulares con un fuerte predominio de movimientos de flujos verticales sobre los horizontales; tendencia al almacenamiento y grandes variaciones hidroquímicas en cortas distancias, donde en un mismo espesor conviven aguas de diferentes densidades (Sosa *et al.*, 2011).

Los movimientos de flujo subterráneo en sentido vertical superan a los horizontales, dificultando las mezclas de agua. Las mismas tienen una conductividad eléctrica que puede variar de 1000 a 15000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a veces aún más de 40000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En los últimos 20 años, se han observado precipitaciones de hasta una tercera parte, respecto de años muy húmedos (Ver Capítulo 1), lo que repercutió en el agua disponible para la producción ganadera. Una de las posibles soluciones, ya verificadas, es la recarga artificial de acuífero. La que incluye obras con pozos poco profundos de inyección hasta los niveles permeables (Ver Capítulo 5).

Salas y Minerales en el agua de bebida

En el agua de bebida los minerales se presentan como iones o formando sales, y se los dividen en aniones y cationes:

- Aniones: Cloruros (Cl^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Carbonatos (CO_3^{2-}), Bicarbonatos (CO_3H^-) y Nitratos (NO_3^-).
- Cationes: Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}) y Sodio (Na^+), son rápidamente intercambiables. El Potasio (K^+) y el Amonio (NH_4^+) pueden quedar retenidos en las partículas de suelo, de modo que se intercambian con gran dificultad.
- Los iones confieren al agua la mayor parte de la salinidad.
- En cantidades menores se encuentran Hierro (Fe), Sílice (Si), Flúor (F) y Arsénico (As), entre otros.

Los minerales se dividen en Macro y Micro Minerales. Los macrominerales son: Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Cloro (Cl), Azufre (S). Son los requeridos en mayor cantidad por los animales para cumplir con las funciones metabólicas. Los microminerales u oligoelementos son el Zinc (Zn), Cobre (Cu), Selenio (Se), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co), Manganeso (Mn), Hierro (Fe) e Iodo (I). Los mismos son requeridos en menor cantidad. Tanto los macro como microminerales poseen acciones específicas e irremplazables en el metabolismo de los animales y su falta o exceso tienen implicancias productivas. Ver Tabla 7.2.

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Los macrominerales forman parte de las estructuras de los tejidos (órganos y huesos) y los microminerales están presentes en pequeñas cantidades actuando como “catalizadores” en los sistemas enzimáticos. Su papel varía desde un simple efecto iónico hasta una asociación específica en las metaloenzimas.

El déficit en microminerales provoca el bloqueo o la disminución de la eficacia de las distintas vías metabólicas. Si los bloqueos son suficientemente importantes, se evidencian síntomas clínicos. Por el contrario, las carencias subclínicas se traducen en una disminución de los rendimientos zootécnicos y económicos.

Tabla 7. 2. Micronutrientes y su función en el organismo animal

MINERAL	FUNCIONES EN EL ORGANISMO ANIMAL
Ca	Constitución del esqueleto, transmisión del impulso nervioso, permeabilidad celular, contracción muscular.
P	Constitución del esqueleto, metabolismo energético, constituyente de membrana celular, reproducción.
Na	Equilibrio ácido-base celular, regulación de presión osmótica, regulación hídrica, metabolismo energético.
K	Catión principal del líquido intracelular, movimiento muscular
Mg	Constitución del esqueleto, sistema nervioso, metabolismo energético.
S	Componente esencial de gran número de aminoácidos, síntesis de proteínas.
Fe	Constitución de glóbulos rojos, transporte de oxígeno, respiración celular, constituyente de enzimas.
Cu	Hematopoyesis, sistema enzimático, sistema inmune, reproducción, formación de huesos, sistema sanguíneo, pigmentación, oxidación celular.
Co	Síntesis de hemoglobina, multiplicación de glóbulos rojos, síntesis de vitamina B ₁₂ , acción enzimática CoA.
Mn	Activaciones enzimáticas, formación de cartílagos y tejidos, reproducción.
I	Síntesis de hormonas tiroideas, reproducción.
Zn	Sistemas enzimáticos, sistema inmune, reproducción, piel.

Las lesiones bioquímicas son relativamente reversibles después de un tratamiento adecuado. Un exceso de Calcio (Ca) provoca una disminución en la digestibilidad del Cobalto (Co), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn). El Azufre de los Sulfatos (SO₄²⁻) interfiere en la digestibilidad del Cobre (Cu), Cobalto (Co), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) y Manganeseo (Mn), siendo éstas las sales de mayor impacto metabólico (Walker, 2002). Debe recordarse los altos contenidos de Sulfatos en las aguas subterráneas de los BBSS (Capítulo 3).

Funciones del Agua

El agua, principal componente del cuerpo animal, es imprescindible en los procesos fisiológicos vitales de los órganos y tejidos. Es el compuesto químico que más funciones posee. Dada su gran capacidad solvente, químicamente neutra es considerada disolvente universal.

Desde el punto de vista nutricional sus propiedades son múltiples. Se comporta como:

- **Solvente** favoreciendo el ablandamiento y fermentación de los alimentos;
- **Transportador** favoreciendo la asimilación de nutrientes;
- **Constituyente de los tejidos** formando parte de más de la mitad del peso del animal.
- **Componente de la saliva y jugos digestivos.**
- **Medio de excreción de deshechos** (heces y orina).
- **Componente de la leche materna**, fundamental para la secreción de la misma, se requieren grandes cantidades ya que contiene entre el 85 y 88% de agua.
- **Termorregulador corporal**, manteniendo la temperatura constante entre 37° y 39°C, favoreciendo la fermentación ruminal y digestión.

Fuentes de agua

Las fuentes de agua que utiliza el animal para su nutrición y necesidades son:

- Agua libre
- Agua ligada
- Agua metabólica

El **agua libre** es el agua de bebida. Es la de mayor contribución nutricional. Por lo tanto es la que requiere mayor interés en su estudio en general y es en la que se enfoca este Manual de Buenas Prácticas.

El **agua ligada** es la contenida en los alimentos, además de la que se deposita sobre ellos por efectos climáticos. Su contenido es variable:

- En forrajes frescos oscilan hasta el 80 a 90% de humedad.
- En silajes entre el 50 y 70% en materia húmeda.
- En granos, cereales secos y heno entre el 5% y 18% de humedad.
- En brotes tiernos del 75 al 85% de humedad en el pasto (primavera u otoño).
- En forrajes diferidos secos, 20% de humedad (invierno).

El agua ligada, de composición de los alimentos, tiene gran importancia en la regulación de la necesidad de agua de bebida y de la calidad nutricional y digestibilidad del forraje. Es importante en sistemas productivos de media a alta intensidad, ya que afecta la tasa de consumo de agua y de Materia Seca (MS) de forma inversa; es decir, a mayor humedad de los alimentos menor consumo de agua de bebida y de forraje.

El **agua metabólica**, se produce en el proceso de asimilación de los alimentos, en reacciones de síntesis, oxidación y catabolismo de los tejidos. Es importante en la función de los procesos que requieren su participación. Algunas de las funciones son respiración, oxidación, síntesis, eliminación de desechos, detoxificación de nitrógeno no proteico (NNP), ventilación pulmonar y termorregulación.

El **agua de bebida** o agua libre es imprescindible e irremplazable en los sistemas productivos. El agua proporcionada por los alimentos, agua ligada, es inferior al mínimo que demanda el sistema fisiológico. Éste la requiere en la regulación del tono de los líquidos (intra y extra celulares) y el riñón para excretar los productos del metabolismo mediante la orina, etc. (Bavera, 2009).

Tipos de aguas para bebida animal

Aguas de lluvia, superficiales y subterráneas

Agua de lluvia

Es la más pura de las aguas naturales. Por su composición química se considera de baja alcalinidad y dureza; alto contenido de dióxido de carbono (CO₂) y gases disueltos de la atmósfera, baja turbiedad y en algunos casos puede contener microorganismos.

El agua de lluvia se emplea como fuente directa de suministro para bebida. Es extremadamente pobre en cuanto al aporte de minerales y tiene gran acción disolvente.

Agua superficial

Generalmente es turbia y contiene materia orgánica. Las aguas de escorrentías transportan materia orgánica e inorgánica en suspensión o solución. La cantidad y composición de los sólidos disueltos dependen de la naturaleza y del tiempo de contacto con el suelo, que les otorga sus características.

Agua subterránea

Interacciona con el suelo, integrando un sistema multifase donde intervienen factores físicos, geológicos y biológicos, dando las características mineralógicas y los sólidos disueltos al agua. También inciden las fluctuaciones de los niveles freáticos y la velocidad de percolación a través del suelo.

Consumo de Agua

Se estima que un bovino adulto consume 50 litros de agua por día, en condiciones de pastoreo. Cuando se alimentan animales en pastoreo con

suplementación, el consumo de agua se eleva a los 65 l/día aproximadamente, pudiendo alcanzar los 80 l/día en condiciones de temperaturas elevadas. Las vacas lecheras en producción, pueden llegar a superar los 150 l/día en verano.

Para estimar el consumo de agua en bovinos en diferentes situaciones existen numerosas tablas y fórmulas complejas de diferentes autores y organismos, éstas son de utilidad sólo para su aproximación (Etcheverry, 2000) ya que depende de múltiples factores que interactúan. (Bavera, 2009).

Factores que afectan el consumo de agua

Dadas las características de las aguas y el objetivo de este Manual se analizarán, con mayor detenimiento, los **factores de la dieta**. Sobre ellos se puede intervenir o controlar generando impacto positivo en la producción sobre un mismo factor biológico (raza).

Factores de la Dieta

- Interacción Salinidad del Agua- Calidad del Alimento
- Sales en el Agua
- Materia Seca consumida
- Tipo de alimento
- Temperatura del Agua

Factores Biológicos

- Raza
- Estado fisiológico
- Tasa metabólica y Edad

Factores Ambientales

- Temperatura ambiente
- Humedad ambiente

Factores de la Dieta

- Interacción Salinidad del Agua- Calidad del Alimento

Cuanto mayor es el contenido de sales en el agua de bebida, menor es la fracción de agua libre de sales y mayor deberá ser el consumo para satisfacer los requerimientos fisiológicos. Cuando la salinidad sobrepasa cierto límite, el animal es incapaz de consumir el volumen requerido, y a partir de ese punto, reducirá el consumo de alimento para disminuir la cantidad de solutos a excretar por orina y, por ende, sus requerimientos de agua libre de sales. Es decir, disminuirá su productividad.

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

A modo de ejemplo se presenta la Tabla 7.3., este comportamiento es extrapolable a otras regiones.

Tabla 7. 3. Relación salinidad del agua y calidad del forraje - EEA INTA San Luis (Sager, 2000)

Calidad del agua de bebida	Forraje de baja calidad		Forraje de alta calidad	
	Consumo de MS Kg MS/día	Consumo de agua l/día	Consumo de MS Kg MS/día	Consumo de agua l/día
Baja salinidad 1,5g ST/l	2,00	6,73	3,78	17,29
Alta salinidad 5,9g ST/l	2,20	7,40	3,53	14,85

- Sales en el agua

El tipo y concentración de sales presentes en el agua de bebida hacen variar su consumo por los animales, pudiendo actuar como estimulantes o como limitantes de la ingestión de agua (Bavera, 2009). La tolerancia máxima de un animal a la concentración de sales totales, es la que no afecta el consumo de alimento y la productividad. En la Tabla 7.4. se puede observar la relación de sales totales respecto al consumo de agua por peso vivo ajustado, o peso vivo metabólico, comúnmente utilizado en nutrición animal. El mismo se define como el peso vivo elevado a una potencia de 0,75.

Tabla 7. 4. Relación sales totales consumo de agua (Sager, 2000)

	Salinidad del agua en g/l de Sales Totales				
	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5
Consumo de agua (l/Kg ^{0,75})	0,443	0,549	0,558	0,582	0,536
Consumo de MS (Kg/Kg ^{0,75})	0,105	0,134	0,130	0,122	0,114

- Cantidad de Materia Seca (MS) consumida

A medida que aumenta el consumo de MS también aumenta el consumo de agua de bebida, aunque el consumo de agua total (agua de alimentos más agua de bebida) disminuye, dado que existe agua ligada en los forrajes.

Si existe restricción de consumo de agua de bebida se reduce drásticamente el de materia seca, independientemente de la calidad del forraje o alimento disponible. Esto se evidencia cuando los animales que consumen forrajes de muy buena calidad producen menos carne o leche que lo esperado.

- Tipo de alimento

La composición nutritiva es un factor importante a tener en cuenta. Cuando los bovinos consumen un alimento de alto tenor proteico aumenta el consumo de agua debido a la necesidad de eliminar mayor cantidad de urea por riñón. En pastoreo de

baja/ media calidad, la administración de suplementos minerales y/o nitrogenados pueden provocar un aumento en el consumo de agua.

Alimentos suculentos, como las pasturas verdes y los silajes, contienen alto porcentaje de agua ligada. Pastoreando forrajes tiernos los bovinos pueden ingerir más de 100 litros de agua diaria a través de la ingesta de ellos. Los alimentos suculentos disminuyen el consumo de agua de bebida. En verdes invernales tiernos los animales consumen 3-4 litros de agua de bebida/día ya que el resto lo aporta el alimento como agua ligada.

Alimentos altamente energéticos producen gran cantidad de agua metabólica mientras que alimentos bajos en energía producen poca. En general todos los alimentos concentrados demandan un consumo de agua mayor que los forrajes verdes.

Los granos secos de bajo porcentaje de humedad suponen un aporte aproximado de 2,5 litros de agua por día, mientras que con raciones húmedas pueden alcanzar los 20 litros.

- Temperatura del agua de bebida

En general, la temperatura del agua de bebida más aceptada en bovinos se encuentra en un rango comprendido entre 17 y 28 °C, con un consumo promedio de 50 l/día (Bavera, 2011; Cseh, 2003), estimó para temperaturas de 4 y 32 °C un consumo promedio de 28 y 66 l/día, respectivamente en bovinos de carne.

En zonas de aguas salinas, la exposición del agua al sol aumenta la concentración de sales por evaporación, con disminución del consumo de agua y de la producción.

El agua fresca tiene menor anhídrido carbónico, por lo que es menos alcalina, siendo preferida por ello por el animal.

En resumen, el efecto del agua fresca, dentro del rango señalado, en épocas calurosas genera:

- Disminución de la tasa de respiración.
- Disminución de la temperatura ruminal.
- Disminución de la temperatura corporal.
- Mayor consumo de alimento y mayor producción.

Factores Biológicos

La raza y su adaptabilidad al medio es el factor biológico de mayor importancia en la producción. Por ejemplo, el ganado Cebú es más eficiente en el uso del agua que razas británicas o sus cruza. *Bos indicus* requiere alrededor de 10% menos de agua que *Bos taurus*; en el verano la diferencia se amplía hasta en un 30%.

De acuerdo con el estado fisiológico o intensidad productiva, se determina que cuando esta es mayor, aumenta el consumo de agua para producción y eliminación de

desechos. Un metabolismo alto requiere mayor cantidad de agua por transferencia de nutrientes y refrigeración.

Factores Ambientales

- Temperatura ambiente

Experiencias de productores de feedlot en BBSS manifestaron que, en épocas de verano, colocar sombras en las aguadas aumenta el consumo de agua y la producción de carne. Como los mecanismos de disipación del calor insumen agua, el consumo de este elemento aumenta considerablemente con los incrementos de temperaturas. Se puede observar que en días calurosos y teniendo el ganado la posibilidad de acceder a dos aguadas en un mismo potrero, una con agua fresca y bebedero con sombra, y la otra sin reparo de los rayos solares, eligen la primera.

- Humedad ambiente

Al aumentar la humedad en el ambiente, se incrementa la disponibilidad de agua en el follaje disminuyendo el consumo de agua de bebida.

Clasificación de aguas para consumo de bovinos

Un método rápido y sencillo para estimar la aptitud de las muestras de agua es la conductividad eléctrica (CE), que es función de la concentración y naturaleza de las sales disueltas y de la temperatura. Su equivalente químico es la salinidad, que es la forma de expresar por las sales disueltas totales (SDT). Las características químicas quedan determinadas por el tipo y concentración de sales solubles presentes.

Clasificación por Salinidad- Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. Su empleo como medida aproximada de la salinidad de un agua se ha incrementado debido a la existencia de conductímetros portátiles que facilitan su determinación en campo. La unidad de medida de la conductividad eléctrica -CE- puede expresarse en: dS/m (deciSiemens/metro), mS/cm (miliSiemens/centímetro), $\mu\text{S/cm}$ (microSiemens/centímetro) o mmho/cm (milimhos/centímetro) y $\mu\text{mhos/cm}$ (micro mhos/centímetro) y sus equivalencias se muestran en la Tabla 7.5.

A los fines prácticos, la lectura en unidades del Sistema Internacional (SI) de microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$) se toma equivalente a los micromhos por centímetro ($\mu\text{mhos/cm}$) (Boyd, 2015).

Tabla 7. 5. Unidades de equivalencias de CE

1 dS/m	1 mS/cm
1 $\mu\text{S/cm}$	1 $\mu\text{mhos/cm}$
1 mS/cm	1000 $\mu\text{S/cm}$

La CE está íntimamente relacionada a la suma de cationes y aniones determinados químicamente, y por ello se correlaciona con el valor de sólidos totales

disueltos, SDT. Es decir, que indica aproximadamente la cantidad de sales existentes en el agua. Se pueden observar valores de CE típicos para aguas de diferentes orígenes en la Tabla 7.6.

Tabla 7. 6. Comparación de CE de diferentes tipos de agua. Fuentes: a) Boyd (2015) b) mediciones INA.

TIPO DE AGUA	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Agua destilada ^a	< 2
Agua de lluvia ^a	< 50
Agua potable ^a	50 - 1500
Agua Río Paraná ^b	150 - 500
Agua Río salado ^b	1500 - 6000
Agua lagunas BBSS ^b	1200 - 20000
Agua subterránea BBSS ^b	1370 - 41800
Agua mar ^a	50000

La conductividad aumenta con la temperatura, por lo tanto se toma una temperatura de referencia que suele ser 18° o 25 °C. Aumenta aproximadamente un 2% cada 1°C. A una misma temperatura, en la conductividad de un agua influye no sólo la concentración iónica, sino el tipo de iones, carga eléctrica, estado de disociación, movilidad, etc.

La mayoría de los conductímetro reportan la CE a 25°C.

Clasificación por Sales y Minerales

Residuo seco (RS)

El RS es el peso de materiales resultantes de evaporar un litro de agua. Se expresa en mg/l o su equivalente en ppm o g/l. Varía con la temperatura de secado y es conveniente fijarla, por ejemplo, en 105-110 °C o 180 °C. A 105-110 °C pueden existir algunos bicarbonatos, algo de agua de hidratación y algunas materias orgánicas. A 180 °C no quedan bicarbonatos pues pasan a carbonatos, se quema o volatiliza la mayoría de la materia orgánica y se desprende toda el agua de hidratación.

La determinación del Residuo Seco es gravimétrica, pero en caso de no contar con esta determinación se lo puede estimar a través de la Conductividad Eléctrica, con un error entre 1 a 5%. Normalmente varía entre 50 y 1500 mg/l en aguas continentales, pudiendo llegar a 35000 ppm (mg/l) en agua de mar.

Sólidos disueltos totales (SDT)

Es una medida de la cantidad de materiales disueltos, como el magnesio, calcio, sulfato y demás minerales. Está relacionada con la Conductividad Eléctrica. Los criterios de interpretación son semejantes.

Aguas con valores de SDT de 2 a 4 g/l (2000 a 4000 mg/l) pueden provocar incremento del consumo de alimento y por ende aumentar la productividad de los animales que la beben. Estas son las denominadas “Aguas Engordadoras”, en

sistemas pastoriles extensivos (Sager, 2000). En sistemas intensivos o semi intensivos estos SDT deben ser considerados en la totalidad de la dieta para evitar excesos o sobredosis. Los que deben ser en su mayor composición sales de Cloro, Sodio y Calcio en contraposición con las de Sulfatos y Magnesio.

Aguas con niveles de SDT por debajo de 1500 mg/l son consideradas "Aguas Pobres" o de bajo contenido salino, que no contribuyen con minerales a la dieta animal en sistemas extensivos o semi intensivos, pudiendo presentar síntomas de "pica" y/o "hambre de sal". Es favorable en sistemas intensivos ya que permite la suplementación mineral sin riesgo de generar limitaciones por excesos o toxicidad.

Aguas Engordadoras

Aguas con niveles de SDT mayores a 2500 mg/l requieren que se evalúe, además de su CE, la composición mineral para determinar las características fisicoquímicas de las mismas.

El carbonato de calcio determina la dureza del agua.

Cuando el contenido de SDT supera los 3000 mg/l y su procedencia se debe a la presencia mayoritaria de sulfatos y magnesio, el ganado puede sufrir diarreas o rechazar el agua de bebida, lo cual evidencia lo insuficiente que resulta únicamente valorar la aptitud del agua de bebida solo por la CE, RS o SDT.

El exceso de Na^+ , Mg^{2+} y SO_4^{2-} tiene un efecto laxante y provoca un aumento en el consumo de agua.

Sabores y olores anómalos pueden deberse a la presencia de hierro o de sulfuros. Un exceso de fosfato y/o nitratos puede indicar contaminación del agua por colectores fecales.

El Magnesio (Mg^{2+}) es un elemento, que cuando se encuentra en altas concentraciones en el agua le confiere a ésta un sabor característico y desagradable, además provoca pérdidas de peso por diarreas intensas. Los rumiantes necesitan un frecuente aporte de Magnesio (Mg^{2+}) para mantener los niveles de este elemento en sangre. Las reservas corporales son pequeñas y de lenta movilización, especialmente en rumiantes adultos.

En raras ocasiones, cuando las concentraciones de Cobre (Cu^{2+}) superan los 0.5 mg/l, pueden encontrarse intoxicaciones.

Los Bicarbonatos (CO_3H^-) no presentan efectos nocivos, pero pueden causar algunos disturbios en la digestión ruminal. Además de obstruir cañerías de distribución por precipitación de los mismos, comúnmente denominado sarro.

El exceso de Calcio y/o de Azufre, provocan disminución en la digestibilidad de Cobalto (Co), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn) (Walker, 2002).

Sales en el agua de bebida y producción

El acostumbramiento a determinada concentración salina en el agua, por parte del animal, es muy importante. Animales adaptados a tomar agua clasificada como

muy buena, con 1-2 g/l de sales totales, trasladados a zonas con aguas de 4-5 g/l restringen significativamente su ingesta inicial, disminuyendo el consumo de materia seca (CMS) y su condición corporal (CC), hasta que se acostumbran a la misma (Bavera, 2009).

En los BBSS se magnifica esta situación en los momentos en que, al agotarse las aguas superficiales provenientes de precipitaciones, deben consumir aguas subterráneas. Es por eso que resulta fundamental el control de la aptitud del agua en los bebederos, mezclando aguas superficiales y subterráneas, evitando cambios bruscos en la concentración.

Aguas cloruradas

Una de las sales de mayor frecuencia en BBSS es el Cloruro de Sodio (NaCl) o sal común, que confiere gusto salado al agua. Es la combinación de cloruros más beneficiosa como nutriente ya que estimula el consumo y favorece la digestión de alimentos, aunque en exceso limita el consumo de agua. El Cloruro de Calcio (CaCl_2) es levemente purgante. El Cloruro de Magnesio (MgCl_2) confiere un sabor amargo al agua y es de acción purgante, de mayor incidencia que el anterior. Los Cloruros son siempre menos nocivos que los Sulfatos en concentraciones semejantes.

Aguas sulfatadas

Las aguas que contienen Sulfatos (SO_4^{2-}) son las de mayor incidencia negativa sobre la aptitud del agua de bebida, cuando se encuentran en altos tenores. Los animales reducen el consumo de agua y en casos extremos producen disturbios por toxicidad. Los Sulfatos se encuentran en todas las aguas de bebida como Sulfato de Calcio (CaSO_4), Sulfato de Magnesio (MgSO_4) y Sulfato de Sodio (Na_2SO_4), estos dos últimos son los que presentan mayor impacto negativo en el metabolismo animal, y dentro de estos, el de Magnesio es el de mayor incidencia.

En niveles menores a los 300 mg/l, cumplen funciones fundamentales e irremplazables en la síntesis de aminoácidos azufrados y en la digestión de la celulosa, componente de la pared celular de los vegetales. Niveles mayores a 450 mg/l generan interferencias en la absorción de Cobre (Cu^{2+}), Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Fósforo (P^{3+} , P^{5+}) y Molibdeno (Mo^{6+}). Los Sulfatos (SO_4^{2-}) si se encuentran entre 1000 - 2000 mg/l producen un impacto metabólico negativo. Cuando los niveles son superiores a 1000 mg/l se considera un agua de regular a mala aptitud.

El Sulfato de Calcio (SO_4Ca) puede ser consumido por los animales acostumbrados, no apreciándose efectos tóxicos, superados los 2000mg/l esta sal precipita, por lo que el riesgo de mayores efectos tóxicos disminuye marcadamente (Bavera, 2011).

Según Sager (2000) en animales adaptados, el valor máximo tolerable de sulfatos es de 4000 mg/l. En el caso del Sulfato de Sodio (Na_2SO_4) se ha reportado que los niveles de hasta 1000 mg/l favorecen la digestión de celulosa y el consumo de alimentos.

Los microorganismos del rumen requieren de una cantidad de sulfatos para su crecimiento, la deficiencia trae aparejada una reducción de los mismos,

predominando una población que no emplea los lactatos, esto genera un incremento de lactatos en rumen, sangre y orina, similar a la acidosis producida por ácido láctico (Bavera, 2011).

El Azufre del Sulfato es relativamente no tóxico en este estado de oxidación. Sin embargo, se reduce rápidamente en el rumen a compuestos altamente tóxicos, conocidos genéricamente como Sulfuros, e incluyen el Sulfuro de Hidrógeno, que en altas concentraciones en el rumen se asocian con la poliencefalomalacia, enfermedad neurológica del ganado (el animal eructa e inspira, provocando un efecto tóxico). Cuando ocurren casos clínicos seguramente hay escondidas grandes pérdidas de eficiencia en el sistema, bloqueo de disponibilidad de Cobre y Molibdeno (Walker, 2002).

Concentraciones de Sulfatos en la bebida, que se traducen en un consumo excesivo de Azufre, pueden afectar la ingesta de agua, de forraje, disminuir la ganancia de peso y desmejorar la conversión alimenticia (Walker, 2002).

Aguas magnésicas

El Magnesio (Mg) es un mineral esencial en nutrición animal por las múltiples funciones en el metabolismo. Favorece la producción, aunque en exceso es muy perjudicial por su efecto laxante. Los límites máximos son de 250 mg/l para vacas lecheras, 400 mg/l en terneros destetados y 500 mg/l en bovinos adultos (Sager, 2000).

El exceso de Magnesio combinado con Sulfatos, formando la sal de Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$), es perjudicial por conferir un gusto amargo característico, generar diarreas con disminución de consumo de agua y llegar hasta el rechazo, aún en animales adaptados a la región.

Relación Calcio/Magnesio ($Ca^{2+}:Mg^{2+}$)

Cuando se analiza el Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}) y la relación Ca/Mg (mg/l – mg/l), debe tenerse en cuenta que el parámetro más significativo para evaluar la aptitud de las aguas para consumo de rumiantes, es la relación entre ambos. Siendo la óptima 2 a 1, para no provocar disturbios nutricionales. El análisis de cada ión en forma individual se debe realizar para evaluar el aporte del nutriente desde el agua de bebida (Walker, 2002).

En los BBSS más del 80% de las aguas estudiadas presentan una relación inadecuada entre Calcio y Magnesio. Ver Figura 7.1., Gráfico de Torta, y Tabla 7.12.

Concentración de hidrogeniones, pH

El pH es el $-\log [H^+]$, para el agua pura a 25 °C el pH es de 7. El pH crece el 8 %/°C al aumentar la temperatura, por lo tanto se debe referirlo a la temperatura de medición.

Se determina con un peachímetro, cuya precisión se recomienda sea de por lo menos 0,1.

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Niveles elevados de pH indican mayor presencia de Carbonatos y Bicarbonatos en solución, con incidencia directa en la nutrición animal y en la incrustación de las cañerías de distribución.

En la Tabla 7.7. se indican valores de referencia de distintos elementos químicos en agua y su correspondiente clasificación. Esta tabla elaborada en la década de los 80 puede considerarse como un antecedente de este tema, pero para las aguas de los BBSS no representa una referencia guía.

Tabla 7. 7. Calidad de agua para bebida de bovinos. Fuente: Bonel et al. (1981)

COMPONENTE	APTITUD DEL AGUA				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Límites
Cloruros (mg/l)	1000	1000	1000/2000	2000	
Sulfatos (mg/l)	< 300	< 600	0/2000	> 2000	
Calcio (mg/l)	> 60	> 60	< 120	> 30	
Magnesio (mg/l)	< 30	< 30	< 90	> 60	
Relación Ca/Mg	> 2	> 2	1/2	< 2	
Sólidos totales disueltos(mg/l)	2/3000	< 3000	< 4000	> 4000	
Nitratos (mg/l)	<100	<100	100-200	>200	
Nitritos (ppm)	<10	<10	<10	>10	
Arsénico (mg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,15	> 0,15	
Carbonatos (mg/l)					Hasta 500
Bicarbonatos (mg/l)					Hasta 3000
Cobre (mg/l)					Hasta 0.50
pH	Rango normal 6.5 – 8.4				

En la Tabla 7.8. se pueden observar valores guía de distintas especies disueltas en agua con una clasificación de las aguas de bebida para bovinos según Bavera (2011).

Tabla 7. 8. Valores guía para agua de bebida para bovinos. Fuente: Bavera (2011).

Para Cría	Para Inverne-Tambo		Sales Totales	Cloruros de Sodio	Sulfatos	Magnesio
Deficiente	Deficiente	Menos de	1 g/l	-	-	-
Muy Buena	Muy buena	Mas de	1 g/l	0,6 g/l	0,5 g/l	0,2 g/l
Muy Buena	Buena	Hasta aprox.	2 g/l	1,2 g/l	1 g/l	0,25 g/l
Buena	Aceptable	Hasta aprox.	4 g/l	2,4 g/l	1,5 g/l	0,3 g/l
Aceptable	Mala	Hasta aprox.	7 g/l	4,2 g/l	2,5 g/l	0,4 g/l
Mala		Hasta aprox.	11 g/l	6,6 g/l	4 g/l	0,5 g/l
Condicionada		Hasta	13 g/l	10 g/l	7 g/l	0,6 g/l

Las variaciones importantes en las composiciones fisicoquímicas de las aguas no permiten establecer una normativa rígida de aptitud de agua de bebida.

Directrices sobre la aptitud de agua en los BBSS

La aptitud de las aguas de bebida en los BBSS requiere consideraciones especiales en la determinación de sus parámetros. Los valores indicados en las tablas de directrices son orientativos y originados a partir de los resultados productivos en los BBSS en rodeos de cría, recrias y feedlot, recolectados en los últimos 15 años, de acuerdo al criterio profesional del autor del presente capítulo.

Se debe considerar, además de los requerimientos nutricionales conocidos, la adaptabilidad de los animales al medio. La incorporación de genética, en la búsqueda de la superación de la calidad de los rodeos, a partir de reproductores o inseminación artificial, ha generado el ingreso de genes, transmisibles y heredables, no adaptados a las aguas subterráneas de esta región particular.

De acuerdo a la adaptabilidad de los animales al medio, el requerimiento nutricional varía, generando la adaptación a las nuevas condiciones y se deben plantear directrices adaptadas a este entorno específico, no siendo extrapolables a otras zonas con aguas de distintos contenidos salinos y características ambientales.

Las características de adaptabilidad a las condiciones ambientales particulares, son heredables y se fijan a través de las generaciones. La heredabilidad o herencia genética, es un proceso de reconstrucción del desarrollo que vinculan ancestros y descendientes que conducen a similitud entre ellos (Jablonka *et al.*, 2007).

La **epigenética** es la rama de la genética que estudia los cambios en la función de los genes que no afectan la secuencia de ADN. Se ha determinado que las modificaciones epigenéticas son mucho más frecuentes que aquellas que la modifican, constituyendo uno de los fundamentos de diversidad biológica, mostrando la manera en que el ambiente (alimento, clima, agua, etc.) puede modular la expresión genética y contribuir así al fenotipo. Estas redefiniciones permiten comprender posibilidades evolutivas que, hasta la fecha, habían sido negadas por la teoría moderna de la evolución (Azaña Pellerino, Martín; octubre 2018, comunicación personal).

La herencia epigenética brinda nuevas e inquietantes implicancias en el estudio de la adaptabilidad transgeneracional. El hecho de que el comportamiento de un individuo puede afectar a las siguientes generaciones es raramente considerado y tiene gran impacto sobre los individuos descendientes, sus poblaciones y la evolución - adaptabilidad de la especie (Handel *et al.*, 2010).

Esto explica la necesidad de considerar nuevas “Directrices de Aptitud” adaptadas a este ambiente en particular. Por ello, animales adaptados por generaciones a los BBSS producen con mayor eficiencia con aguas de menor aptitud, respecto a los animales que se incorporan de otras regiones. Igual situación se observa con animales que beben aguas superficiales en los BBSS sin haber sido sometidos a las aguas subterráneas.

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Los valores guía propuestos en este manual se pueden observar en las Tablas 7.9. y 7.10., para sistemas de cría y extensivos, y para sistemas semiintensivos y feedlot, respectivamente.

Tabla 7.9. Directrices para Cría y sistemas extensivos en BBSS – Adaptabilidad, raza, mejora genética, epigenética. Fuente: revisión Walker (2002).

Componente	Calidad de Agua					Observaciones
	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Límites	
Sólido totales disueltos (ppm)	< 2000	< 4000	< 7000	< 10000	< 1000 o > 11000	< 1000 Suplementar con Sal Mineral
Conductividad Eléctrica (μ S/cm)	< 2850	< 5700	10000	< 14000	<1500 o >15700	
Cloruros (ppm)	< 600	< 1000	1000-2000	> 2000	Determinar Origen de Cl (Na, Ca o Mg)	Agua engordadora 800 ppm Cl (NaCl)
Sulfatos (ppm)	< 300	< 600	600/1000	> 2000	< 4000	En animales adaptados
Calcio (ppm)	< 200	> 250	<300	800		
Magnesio (ppm)	< 100	< 150	> 200	> 500		En animales adaptados
Relación Ca:Mg	2	2	1 a 2	< 1.5 o > 2.5		
Nitratos (ppm)	< 100	< 100	100/200	> 200	> 300	
Nitritos (ppm)	< 10	< 10	< 10	> 10		
Arsénico(ppm)	< 0,10	< 0,10	> 0,10	> 0,15		
Carbonatos(mg/l)					Hasta 500	
Bicarbonatos(mg/l)					Hasta 3000	
Cobre(ppm)					Hasta 0,50	
pH	7,5 (+/- 1,0)				< 6,5 o > 8,5	

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Tabla 7.10. Directrices para Feedlot y sistemas semi intensivos en BBSS – Adaptabilidad, raza, mejora genética, epigenética. Fuente: revisión Walker (2002).

Componente	Calidad de Agua					Observaciones
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Límites	
Sólido Totales Disueltos (ppm)	< 1000	1000 a 2500	< 4500	< 7000	<1000 o >1100	< 1000 el agua es pobre y requiere suplemento extra > a 2500
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	< 1250	1250 a 3500	< 6500	< 10000	<1500 o >15700	
Cloruros (ppm)	< 300	< 500	1000/2000	> 2000		Agua engordadora-800 Cl (NaCl)
Sulfatos (ppm)	< 250	< 450	< 1000	> 2000	< 4000	
Calcio (ppm)	> 60	> 60	< 120	> 30		
Magnesio (ppm)	< 30	< 30	< 100	> 60		
Relación Ca:Mg	2	2	1 a 2	< 1,5 o > 2,5		
Nitratos (ppm)	< 50	< 100	100/200	> 200	> 300	
Nitritos (ppm)	< 10	<10	< 10	> 10	> 10	
Arsénico (ppm)	< 0,05	< 0,05	> 0,10	> 0,15		
Carbonatos (mg/l)					Hasta 500	
Bicarbonatos (mg/l)					Hasta 3000	
Cobre (ppm)					Hasta 0,50	
pH	7 (+/-0,5)				< 6,5 o > 8,5	

La clasificación de la aptitud del agua para ganadería es de carácter orientativo, dado que no considera factores con los cuales interactúa el animal (alimento, temperatura ambiente, condiciones de almacenaje, etc.) y características tales como condición física y sanitaria o categoría productiva.

Gallo Mendoza (2014) expresó que las Directrices tienden a diferenciarse según el objetivo de la actividad productiva, siendo este un dato de ajuste primario, luego se deben contemplar los restantes factores. Además, es necesario considerar que las directrices tienden a evaluar el comportamiento de animales criados en una zona climática determinada lo que dificulta que las mismas sean extrapoladas fácilmente.

Bavera (2009), realizó directrices para climas templados y razas británicas que han sido ampliamente difundidas. Por su parte Carrazzoni (1982) las desarrolló para clima subtropical argentino y razas índicas.

Minerales potencialmente tóxicos en el agua de bebida

Algunos iones en disolución en el agua se consideran tóxicos cuando superan los valores guías de las directrices. Los que pueden afectar el sabor del agua, acumularse en el organismo animal, hasta el punto de hacer que sus productos no sean aptos para el consumo humano.

Arsénico (As) y Flúor (F)

El **Arsénico (As)** es un elemento de alta toxicidad para los seres vivos a través de intoxicaciones crónicas presentando mayor riesgo para la salud las formas inorgánicas – As³⁺ y As⁵⁺ (EPA, 1980). Su máxima tolerancia se encuentra en bajas concentraciones.

La concentración de As en los seres vivos es variable y depende principalmente del nivel de contaminación local y del tipo de organismo, ya que algunos pueden bioacumular Arsénico en determinados tejidos, por ejemplo, pelo y uñas. Las formas inorgánicas de As son cancerígenas. La presencia de elevados niveles de As en agua subterránea, en extensas regiones de nuestro país, tiene su origen en la actividad volcánica. La región afectada, es una de las más extensas del mundo, abarca aproximadamente 1×10^6 km² y comprende las provincias de Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Salta y Tucumán (Nicolli *et al.*, 1985, 1989 y 1997; Pinedo y Zigarán, 1998; Cabrera *et al.*, 2001; Smedley y Kinniburgh, 2002; Farías *et al.*, 2003; González *et al.*, 2003; Pérez Carrera y Fernández Cirelli, 2004). En animales de producción, los casos de toxicidad crónica producidos por la ingesta de As son raros. La dosis letal de ácido arsenílico para vacas es del orden de los 40 mg/Kg de peso corporal (Pérez Carrera, 2006). Los signos de intoxicación crónica con As son disminución del crecimiento y consumo de alimento, además del desmejoramiento de la conversión alimenticia. Puede, en algunos casos, generar convulsiones, incoordinación de movimientos y disminución en la síntesis de hemoglobina. Los signos relacionados con la disminución de la ingesta posiblemente estén vinculados con la irritación intestinal, con posible presencia de diarreas con sangre, por el As presente en alimento o agua (Pérez Carrera, 2006).

Para el agua de consumo humano los niveles de As, que se establecen como límite máximo aceptable, se hallan en constante revisión. La Organización Mundial de la Salud (OMS) planteó reducir el valor límite de 50 a 10 µg/l con un criterio de disminuir los riesgos que representa el As en la salud humana (cáncer; efectos cardiovasculares, pulmonares, inmunológicos, neurológicos, endocrinológicos; etc.). Ver Tabla 7.11.

La presencia de **Flúor (F)** se relaciona con la existencia de un tipo de ceniza volcánica con altos niveles de este mineral; tanto su deficiencia como su exceso producen trastornos óseos muy importantes en humanos y animales; los niveles peligrosos oscilan alrededor de 1.5 mg/l, la intoxicación se manifiesta por manchado, desgaste prematuro y desaparejo de los dientes (Sager, 2000).

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Tabla 7.11. Nivel máximo de As ($\mu\text{g/l}$) recomendado para agua de consumo humano. Fuentes: * Código Alimentario Argentino; ** Comunidad Económica Europea (Directiva 98/83); *** Organización Mundial de la Salud

País	Límite Recomendado ($\mu\text{g/l}$)	País	Límite Recomendado ($\mu\text{g/l}$)
Argentina*	50 ir a 10	Siria	50
Cuba	50	Bolivia	50
México	50	Egipto	50
Canadá	25	Indonesia	50
Estados Unidos	10	India	50
Francia	50	China	50
Alemania	10	Taiwán	50
Bangladesh	50	Arabia Saudita	50
Chile	50	Sri Lanka	50
Nepal	50	Perú	100
Japón	10	Vietnam	50
Australia	7	Jordania	10
CEE**	10	OMS***	10

Agua y Producción

Experiencias a Campo en BBSS

El agua en la actividad agropecuaria es un recurso limitante e indispensable.

El agua de las reservas superficiales, mezclada convenientemente (Ver Capítulo 8, Parte I Mezcla de aguas), con las subterráneas permite lograr la estabilidad de los sistemas productivos, minimizando riesgos. Esta estabilidad se logra por palatabilidad del agua de bebida y digestibilidad de nutrientes.

En experiencias a campo se ha podido comprobar que, corrigiendo las dietas de los animales con sales minerales, tomando sólo como parámetro el aporte mineral del pastizal, se mejoran significativamente los índices productivos y reproductivos de los sistemas. En muchos otros casos las respuestas son diferentes a los resultados esperados o hasta inexplicables. Se evaluó la posible correlación entre el tipo de suelo con probables deficiencias minerales en los animales y esta no fue concluyente.

Estos casos pueden explicarse cuando se tiene en cuenta la aptitud del agua de bebida y por lo tanto el aporte de minerales que la misma realiza. Este aporte, en algunos casos puede ser muy bajo y en otros excesivo, en ambos extremos actúa como factor limitante para el funcionamiento óptimo de los procesos metabólicos, afectando la productividad de los sistemas ganaderos (Walker, 2002).

Se deben considerar los aportes de minerales de pastizales y del agua de bebida para realizar el balance nutricional de minerales totales que consume el animal. Para eliminar o disminuir las trabas metabólicas causadas por la fracción mineral, que actúa como factor limitante, se requiere diseñar adecuadamente el corrector mineral (sal mineral o pre mezcla correctora) de acuerdo a las características de cada caso, con el fin de lograr un uso eficiente de los recursos, suplementando con lo que realmente se necesita en composición y en cantidad.

En BBSS, las aguas subterráneas presentan generalmente en su composición mineralógica valores extremadamente altos, que en muchos casos inhabilitan el consumo por parte de los animales. Tales aguas requieren de mezcla para su dilución con aguas de origen superficial, de menor tenor salino, a los efectos de obtener un mejor aprovechamiento de los recursos. Estas mezclas deberán ser conocidas previamente para proceder al estudio nutricional.

Es aconsejable determinar niveles de cada una de las especies para caracterizar la composición mineralógica del agua que se dispone para abrevado de los animales, y sobre cuál/es de ellas se deberá tener mayor atención sobre el efecto en los animales. Una vez conocido el análisis fisicoquímico, es necesario realizar un monitoreo periódico y sus mezclas, midiendo la CE o SDT, como parámetros representativos de la salinidad. Ante variaciones significativas ($\pm 10\%$ de CE o SDT), se recomienda repetir los análisis completos y ajustar las mezclas.

Enfermedades por excesos o déficits de minerales

Carencia de Cobre (Cu) causadas por excesos de Sulfatos

El cobre es un micromineral, esencial en el organismo y que se encuentra presente sobre todo en enzimas con funciones oxidativas. También posee acción antiinfecciosa inhibiendo la acción bacteriana en sangre y tejidos. Este mineral además actúa activando la absorción intestinal de las proteínas alimenticias. Es necesario también un nivel adecuado de Cu para que el hierro (Fe) se incorpore normalmente a la hemoglobina.

La carencia del cobre puede ser "primaria" cuando el ingreso dietético de este mineral es insuficiente; o "secundaria" o "condicionada" cuando la cantidad ingerida es suficiente, pero por la acción de factores condicionantes no se lo puede utilizar. La forma primaria de la enfermedad no tiene gran difusión en nuestro país y son más sensibles a la misma los animales jóvenes.

Las aguas subterráneas poseen mayor cantidad de sulfatos que las superficiales, por lo que es probable que se produzcan enfermedades por Carencias Secundarias de Cobre. Una de las principales causas del consumo de aguas con este tipo de sales de Sulfatos (SO_4^{2-}) junto con el Molibdeno (Mo^{6+}) es una **carencia secundaria de Cobre (Cu^{2+})** en bovinos, caprinos y ovinos jóvenes (Blood *et al.*, 1992). **La absorción del Cobre en el organismo depende del Mo^{6+} y los SO_4^{2-} que actúan como factores condicionantes. Es la carencia de mayor difusión en el mundo, en Argentina y especialmente en los BBSS, por la presencia de sulfatos.**

La morbilidad en las zonas mencionadas es alta a través de algunos síndromes, disminuyendo la productividad.

La mortalidad depende de la forma en que se presenta, ya que va a ser alta en la *ataxia enzoótica* y el *mal caduco*, y baja en el resto de las formas clínicas detalladas más adelante.

La absorción del cobre en el organismo depende de varios factores condicionantes. El Molibdeno y los Sulfatos forman sales insolubles con el Cobre disminuyendo su absorción (Sulfuro de Cobre, Molibdato de Cobre, Tiomolibdato de Cobre) y son los de mayor importancia. El Molibdeno en niveles superiores a 10 mg/l es peligroso.

El esquema de interacción en el “rumen” entre Cu-Mo-SO₄ es el siguiente:

- Los sulfatos son reducidos a sulfitos.
- Los sulfitos reaccionan con el Mo para formar tiomolibdato.
- Los tiomolibdatos reaccionan con el cobre, formando tiomolibdato de Cobre (CuMoSO₄) insoluble.

Los tiomolibdatos impiden la utilización del Cu²⁺ en el hígado. Además, disminuyen la absorción del Calcio (Ca) en el Rumen.

La distribución del Molibdato en el organismo corresponde a la del Fósforo (P). Al haber exceso de Molibdato en el organismo, además de disminuir el Cu hepático, se incrementa la eliminación intestinal del P, pero los valores séricos de Ca y P permanecen dentro de lo normal.

Principales enfermedades por carencia de Cobre

- **Ataxia enzoótica:** es la incoordinación de los miembros posteriores, si progresa la enfermedad la incoordinación se hace más manifiesta y afecta a los miembros anteriores, no pudiendo el animal abandonar el decúbito, hasta producirse la muerte por inanición.
- **Mal Caduco o fibrosis del Miocardio:** se presenta solamente en bovinos adultos. Se caracteriza por muerte súbita sin signos premonitorios. Sucede esporádicamente en casos de extrema deficiencia. Posiblemente se deba a un agotamiento en los sistemas enzimáticos que contienen Cobre y que la especie bovina tenga una sensibilidad especial a este agotamiento, con bloqueo cardíaco, fibrilación ventricular y muerte.
- **Diarreas persistentes:** se presentan básicamente en bovinos por carencia secundaria por altos niveles de Molibdeno (Molibdenosis) y Sulfatos. La morbilidad puede llegar al 80%. Se deben principalmente a trastornos oxidativos y también por atrofia de las vellosidades intestinales en casos intensos. Equinos y porcinos en condiciones semejantes, no enferman.
- **Alteraciones reproductivas:** aparecen en hembras, anestros prolongados y fallas en la concepción por falta de maduración de óvulos. En machos hay descenso de la libido y falta de maduración de los espermatozoides.

- **Deficiencia en feto:** el Cobre tiene gran habilidad para su pasaje a través de la placenta por lo tanto su deficiencia en la “hembra gestante” se traduce en una deficiencia en el feto, y consecuentemente en el recién nacido, de modo tal que pueden nacer animales carentes o enfermarse a los pocos días.
- **Acromotriquia:** la despigmentación del pelo y la lana es la alteración más precoz y sensible de la deficiencia de Cobre en bovinos y ovinos. La decoloración comienza primero alrededor de los ojos (anteojeras), y más tarde sigue por el resto del cuerpo. Los pelos negros se tornan color óxido (amarronados) a gris (arratonados), los pelos colorados pasan a amarillo-paja (abayados), los pelos blancos se vuelven plateados o incoloros. De estos, los pelos negros son más sensibles a la acromotriquia que los colorados.
- **Anemia:** se manifiesta con palidez de mucosas y mal estado general. Un cierto grado de anemia constituye una manifestación constante de la deficiencia de cobre en todas las especies, siendo más precoz su aparición en cerdos. Dicha anemia es más frecuente en las carencias primarias y no en las secundarias, en las que aparece en la etapa terminal, debido probablemente a un agotamiento de las reservas de cobre hepático.
- **Queratización insuficiente de la lana:** la deficiencia de Cobre en ovejas produce un descenso de la calidad y cantidad de la lana. A medida que se van agotando las reservas de Cu en los animales, va desapareciendo el rizado característico de la lana, disminuyendo la resistencia a la tracción y elasticidad.

Excepto la ataxia enzoótica y la fibrosis de miocardio, el resto de los síndromes de la carencia de Cu son de pronóstico benigno, ya que los mismos responden al tratamiento. Si bien pueden ser revertidos, ya se produjo el perjuicio productivo y, por lo tanto, económico de la empresa, debido a que desde que comienza la deficiencia hasta que se presentan los signos clínicos transcurre un lapso de tiempo importante. De aquí la importancia de conocer la aptitud de las aguas para bebida.

Aptitud del Agua de Bebida en BBSS

Interpretación de Resultados

Se analizaron diferentes fuentes de aguas para bebida de animales en diferentes zonas geográficas de los BBSS correspondiente exclusivamente a la provincia de Santa Fe. Fueron tomadas por relevancia regional y sistemas productivos. En total se trataron 61 muestras de aguas analizadas que incluyen 41 subterráneas, 8 superficiales y 12 mezclas de las anteriores (Ver más en Apéndice A.7).

En la evaluación de aptitud como agua de bebida se analizaron los indicadores o variables fisicoquímicas de mayor relevancia nutricional como Conductividad Eléctrica, pH, Alcalinidad, SO_4 , Cl, Na, Ca, Mg y la relación entre Ca y Mg.

Se analiza la aptitud del agua de bebida, de acuerdo con las directrices planteadas para los BBSS en sistema productivos de Cría (Tabla 7.9) y Feedlot (Tabla 7.10), de bovinos con un total de las 61 muestras. Figura 7.1.

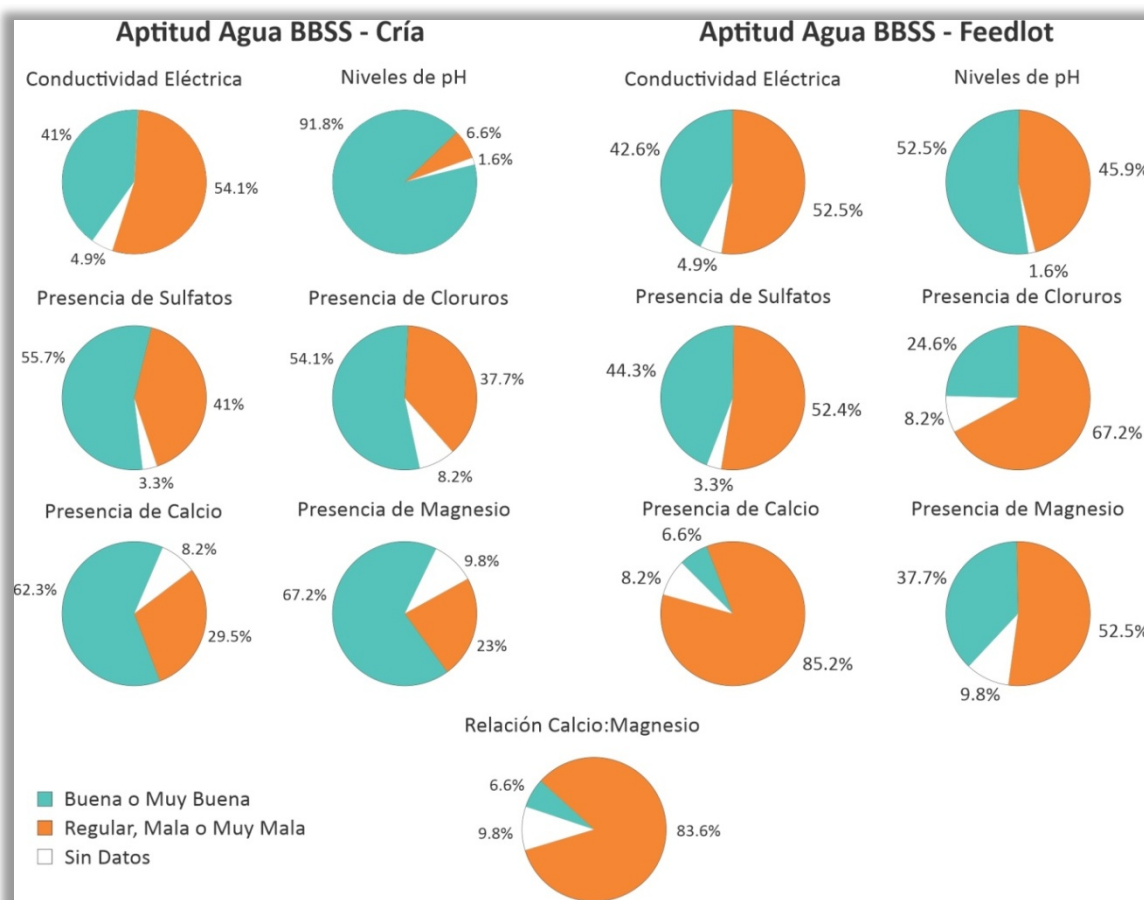


Figura 7. 1. Aptitud de las muestras de agua de BBSS según las directrices propuestas.

En color celeste se representa el porcentaje de muestras con aptitud Buena y Muy Buena; mientras que en color anaranjado, al de aptitud Regular, Mala y Muy Mala, de acuerdo con el sistema de producción correspondiente.

En las 61 muestras se puede observar que la CE es muy buen indicador de diagnóstico inicial para conocer la aptitud del agua disponible para bebida. De todas formas, un valor aceptable de CE no garantiza que otros parámetros químicos se encuentren dentro de los rangos adecuados. Es por ello que se remarca la necesidad de realizar un análisis físico químico completo del agua y luego realizar controles de CE como parámetro principal.

Las directrices son más exigentes en sistemas de producción más intensivo, es por ello que ante las mismas muestras de aguas las aptitudes se modifican entre ellos. Si bien se consideraron directrices para producción intensiva, como feedlot, ésta práctica es difícil de implementar de manera sostenible en los BBSS, por el volumen de agua requerido con la aptitud necesaria. Además la escasa pendiente de los BBSS favorece al encharcamiento y formación de barro presentando un problema adicional. Se recomienda siempre realizar estudios previos a la adopción de las diferentes prácticas.

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Al observar este comportamiento de las variaciones de los indicadores analizados en la evaluación de aptitud son agrupados por tipo de fuente de agua, en subterráneas, superficiales y mezcla, para caracterizarlas respecto al total de muestras. Se reportan los valores promedios, máximos, mínimos y desvíos. Tabla 7.12.

Además se analizan los extremos, es decir, los indicadores de referencia en aguas superficiales y subterráneas. Se representan gráficamente (gráficos de Box) ampliando la interpretación de los datos.

Tabla 7.12. Análisis en Aguas de Bebida BBSS santafesinos

	CE	pH	Alc.	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	Ca	Mg	Ca:Mg
Total de muestras, n=61										
Promedio	7571	8	490	570	1361	1826	1437	232	130	3.8
Mín	150	6	98	120	2	7	46	4.9	1	0.2
Máx	41800	9	941	1149	11800	12300	10150.3	1155	752	16.2
Desvío	8888	1	206	290	2055	2718	2001	259	195	3.6
Aguas Superficiales, n=8										
Promedio	2838	8.1	258	227	422	504	492	84	24	4.6
Mín	1204	7.2	98	120	168	209	202	26	3	1.5
Máx	3910	8.5	313	331	592	821	818	172	45	11.1
Desvío	1088	0.5	80	82	174	259	242	53	14	3.5
Aguas Subterráneas, n=41										
Promedio	10736	7.4	549	681	1920	2606	1916	325	190	3.8
Mín	1369	6.7	275	275	76	35	265	5	3	0.2
Máx	41800	8.6	941	1149	11800	12300	10150	1155	752	13.5
Desvío	9874	0.4	185	250	2294	3067	2265	274	220	4
Aguas Mezcla, n=12										
Promedio	1025	7.6	439	503	44	191	211	35	15	3.3
Mín	150	6.0	100	122	2	7	46	5	1	0.9
Máx	2300	9.0	646	789	98	639	329	90	44	16.2
Desvío	708	0.9	250	281	36	239	126	33	14	4.2

Se evidencia que, en todas las fuentes de agua, superficial, subterránea y mezclas se presentan variaciones en sus indicadores. En el caso de las aguas subterráneas, estas variaciones pueden ser de gran magnitud dentro de un mismo indicador. Ver Figura 7.2.

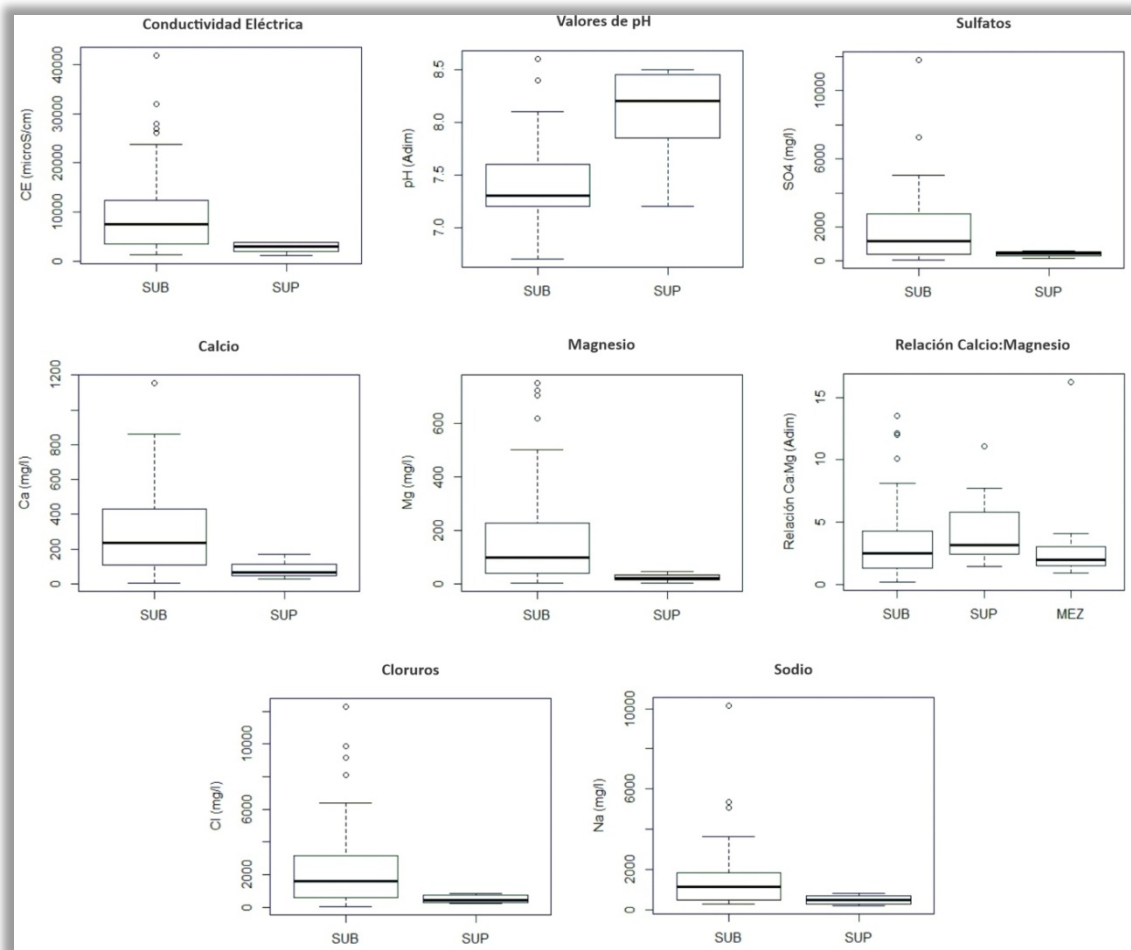


Figura 7. 2. Variabilidad de parámetros para aguas subterráneas y superficiales en BBSS santafesinos. SUB: subterráneas, SUP: superficiales.

En los gráficos de caja, Figura 7.2., se observa claramente que las aguas subterráneas presentan valores con gran amplitud de rango, y mayores en valores absolutos, respecto a las aguas superficiales. En las primeras, los valores promedios superan a los de las directrices de aptitud buena a muy buena, indicando nuevamente que son las aguas subterráneas las que requieren un estudio de su aptitud.

Las aguas superficiales arrojan variaciones de menor magnitud y con valores absolutos menores a las directrices para aptitud buena a muy buena. Su aptitud es muy buena, aunque limitada ya que se agota por abrevado y evaporación o accesibilidad, provocando inestabilidad en los sistemas productivos. **Son indicadas para realizar mezclas con fuentes subterráneas de mayor salinidad -agua mezcla-mejorando la aptitud de estas últimas para bebida de animales y la sostenibilidad en el tiempo de los sistemas ganaderos.**

Referencias

- Bavera, G. (2009). Manual de Aguas y Aguadas para el Ganado. 3ra Edición. Guillermo Bavera
- Bavera, G. (2011). Manual de Aguas y Aguadas para el Ganado. 4ta Edición. Guillermo Bavera
- Blood, D.C. y Radostits, O.M. (1992). Medicina Veterinaria, Tomo I. VII Edición. Editorial Mc Graw- Hill Interamericana. Méjico. pp1550.
- Bonel, A.J y Gazi Ayub, E. (1981). Método para determinar la calidad de agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero. EEA INTA Marcos Juárez. 4 p.
- Cabrera, A.; Blarasin, M. y Villalba, G. (2001). Groundwater contaminated with arsenic and fluoride in the Argentine pampean plain. *Journal of Environmental Hydrology*, 9: 6-12
- Código Alimentario Argentino-CAA (2007). Artículo 982, Agua Potable. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada, Actualizado 2007.
- www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
- Carrazzoni, J.A. (1982) Ganadería Subtropical argentina, experiencias con vacunos. 1ra reimpresión Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina pp 231.
- Cseh, S.B. (2003) El agua y su importancia para los bóvidos. [en línea] Sitio Argentino de Producción animal. <http://www.produccion-animal.com.ar> (consulta 7/10/2019)
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (1976). Hidrología Subterránea, Editorial Omega. Barcelona, España. 1157 p.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (1983). Hidrología Subterránea, Tomo I. Editorial Omega. Barcelona, España. 2 Vol.
- EPA (United States Environmental Protection Agency) (1980) Ambient water quality criteria for arsenic. <http://nepis.epa.gov>
- Etcheverry, F. (2000). Efecto de la calidad y concentración mineral del agua de bebida de vacas lecheras sobre la producción y composición química de la leche. Tesis de Grado Fac. Agronomía, UBA. pp. 9-15.
- Farías SS, Casa V, Vázquez C, Ferpozzi L, Pucci G & Cohen I. 2003. Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. *The Science of the Total Environment*, 309: 187-199
- Gallo Mendoza, L. (2014). Calidad de agua de bebida en sistemas extensivos de producción bovina en el norte de la provincia de Santa Fe. Tesis de maestría en Ciencias Ambientales. FCEN. UBA. Buenos Aires. Argentina. 153 p.
- González, D.; Ferrúa, N.; Cid, J.; Sansone, G. y Jiménez, I. (2003). Arsénico en aguas de San Luis (Argentina). Uso de un equipo alternativo Al De Gutzeit modificado. *Acta Toxicológica Argentina*, 11 (1): 3-6
- Handel, A.E.; Ebers, G.C.; Ramagopalan, S.V. (2010). Epigenetics: Molecular Mechanisms and Implications for Disease. *Trends Mol Med*. 2010;16(1):7–16.

- Jablonka E. y Lamb M. J. (2007). Bridging the gap: the developmental aspects of evolution. *Behavioral and Brain Sciences* 30: 378–392
- Nicolli, H.B.; O'Connor, T.E.; Suriano, J. M.; Koukharsky, M. M. L.; Gómez Peral, M.A.; Bertini, L.M.; Cohen, I.M.; Corradi, L.I.; Balean, O.A.; y Abril, E.G. (1985). Geoquímica del arsénico y de otros oligoelementos en aguas subterráneas de la Llanura sudoriental de la provincia de Córdoba. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires, 112 pp.
- Nicolli, H.; Suriano, J.; Gomez Peral, M.; Ferpozzi, L. & Baleani, O. (1989). Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. *Environmental Geology Water Science*, 14 (1): 3-16
- Nicolli, H.; Smedley, P. y Tulio, J. (1997). Aguas subterráneas con altos contenidos de F, As, Se y otros oligoelementos en el norte de la provincia de La Pampa. *Actas Congreso Internacional de Aguas*, Buenos Aires, Argentina, III: 40
- OMS (2001). *Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water*. UN, Geneva: 390 p.
- Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli, A. (2004). Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera. Bell Ville, Pcia. de Córdoba. *Revista Investigación Veterinaria*, 6: 51-59
- Perez Carrera, A. (2006) Arsénico en agua de bebida animal y alimentos de origen bovino. Experiencias en el sudeste de Córdoba, Argentina. *Jornadas Iberoamericanas sobre el Impacto del Arsénico sobre la Salud de Poblaciones Iberoamericanas: Herramientas para la Evaluación y Manejo de Riesgos*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Pinedo M y Zigarán A. (1998). Hidroarsenicismo en la Provincia de Córdoba, Actualización del mapa de Riesgo e Incidencia. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Lima, Perú. www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/peru/argsam024.pdf
- Sager, R. L. (2000). Agua para bebida de bovinos. INTA E.E.A San Luis. Reedición de la Serie Técnica Nº 126
- Smedley, P. y Kinniburgh, D. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17: 517-568
- Sosa, D.; Díaz E., Castro, S. y Genesisio (2011). Sistemas hidrogeológicos no típicos en la llanura chaqueña y las obras de recarga. Seminario hispano americano de aguas subterráneas, Salta, Argentina.
- Sosa, D. C. (2013). El agua, excesos y déficits, en la producción agrícola de secano y pecuaria dentro de la cuenca inferior del río Salado. Tesis doctoral Universidad de la Coruña. La Coruña. España. 225 p. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=38284>
- Comunidad Económica Europea (1998). Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. DO L 330 de 5.12.1998. p. 32.
- Walker, F. (2002) Evaluación de la aptitud del agua para riego y consumo animal de los principales cursos interiores de la Provincia de Entre Ríos. TFG FCA-UNER 79 pag. Inédito.

Apéndice 7.1

A continuación se presentan una serie de gráficos Figuras A.7.1 a A.7.6 (cría) y A.7.7 a A.7.12 (feedlot) que ilustran datos químicos de aguas de diferentes fuentes (superficiales, subterráneas y aguas mezcla) de los BBSS, en los que se indican los límites de las directrices según la aptitud.

Cabe aclarar que en estos gráficos no se distinguen entre las diferentes fuentes de agua, estación del año, ni tampoco entre años secos o húmedos. La composición de las aguas está condicionada por su origen y las variaciones climáticas.

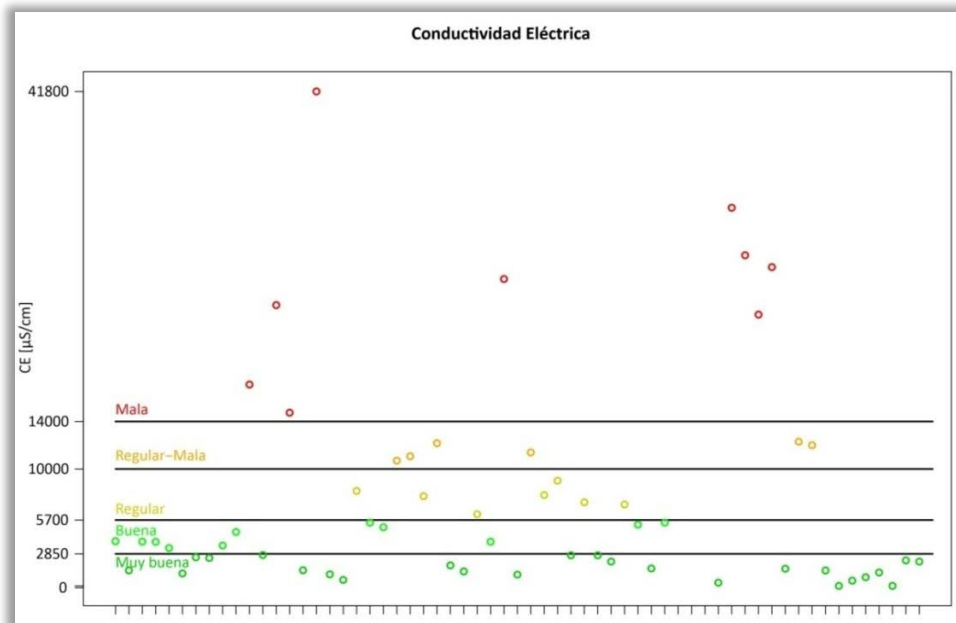


Figura A.7. 1. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para Cría en BBSS santafesinos, Conductividad Eléctrica [$\mu\text{S}/\text{cm}$]

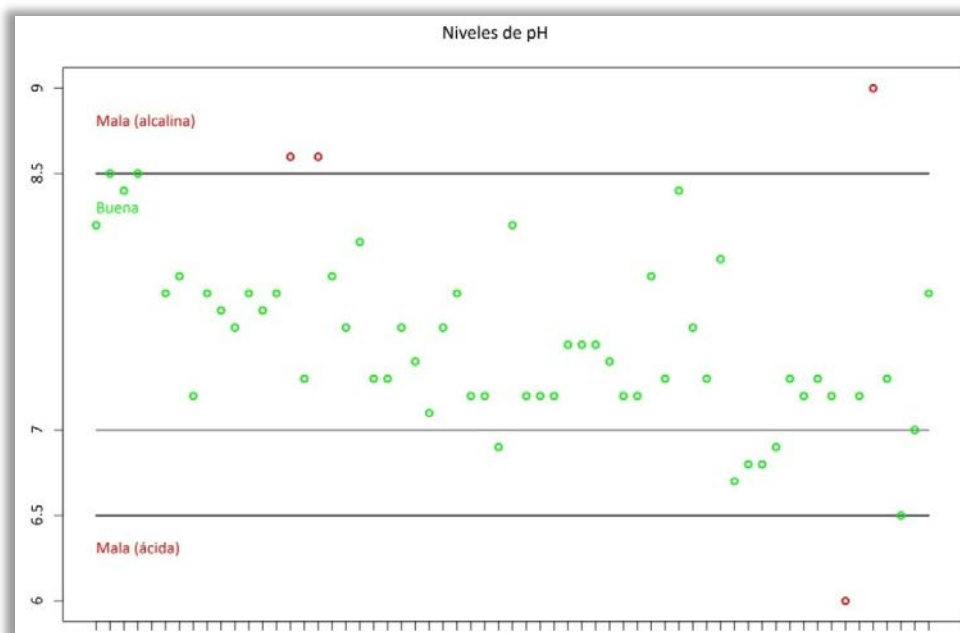


Figura A.7.2. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para Cría en BBSS santafesinos, pH.

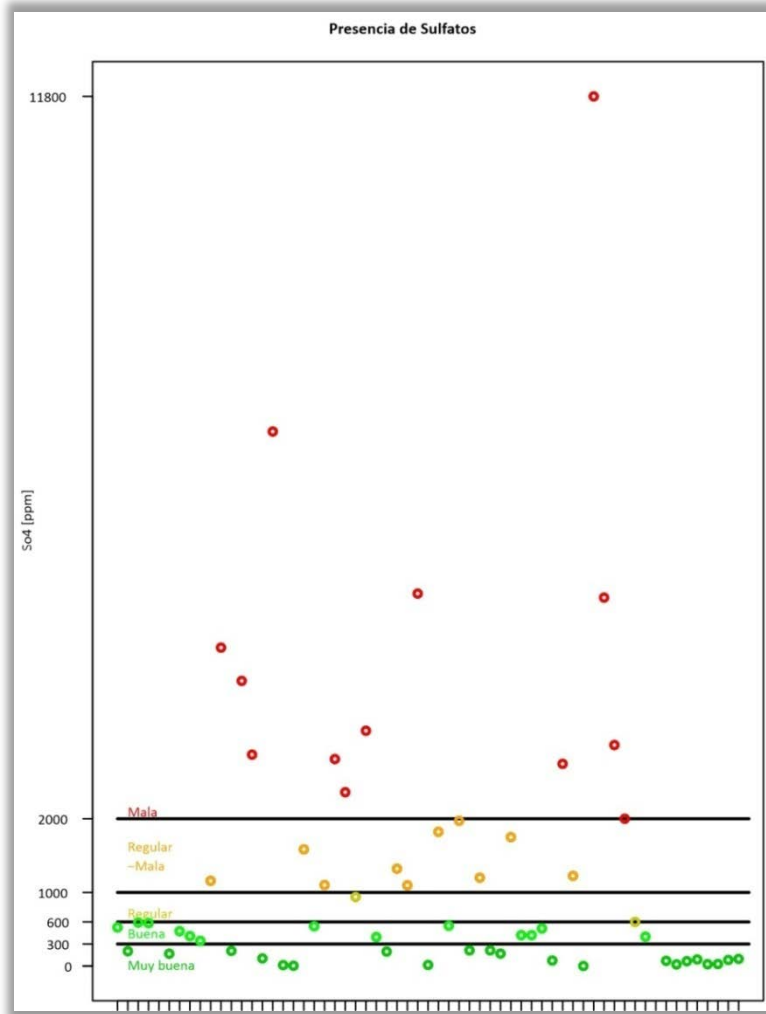


Figura A.7.3. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para Cría en BBSS santafesinos, Presencia de Sulfato [ppm].

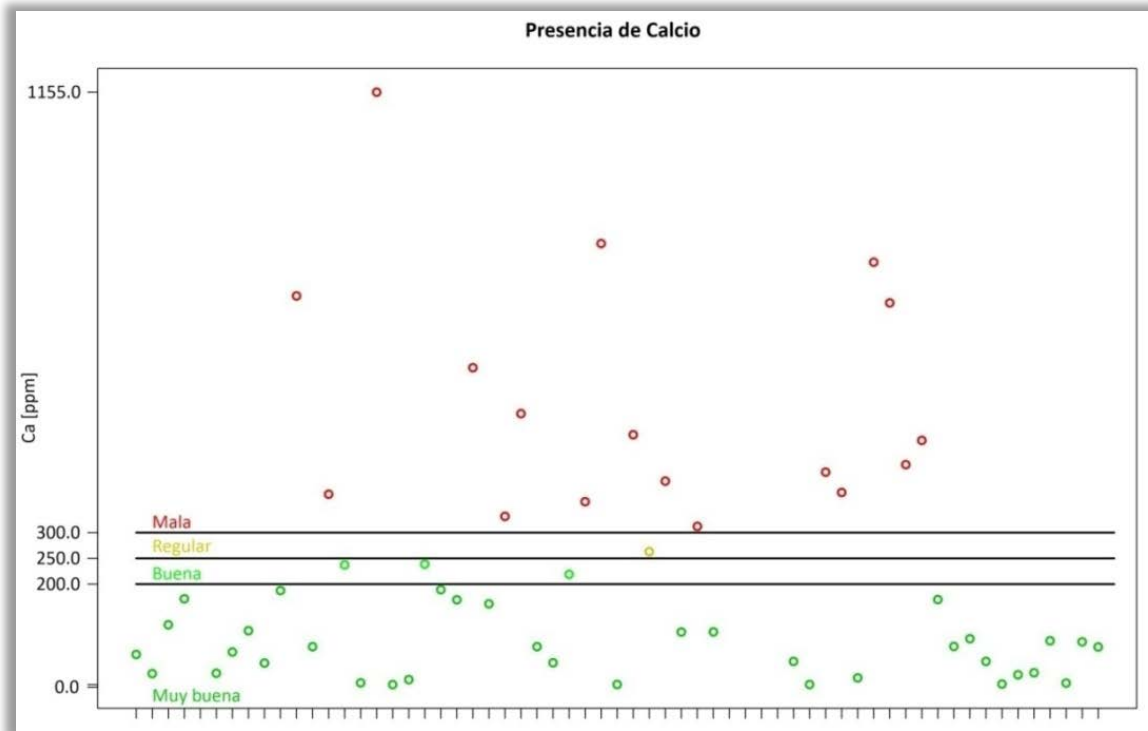


Figura A.7.4. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para Cría en BBSS santafesinos, Presencia de Calcio [ppm].

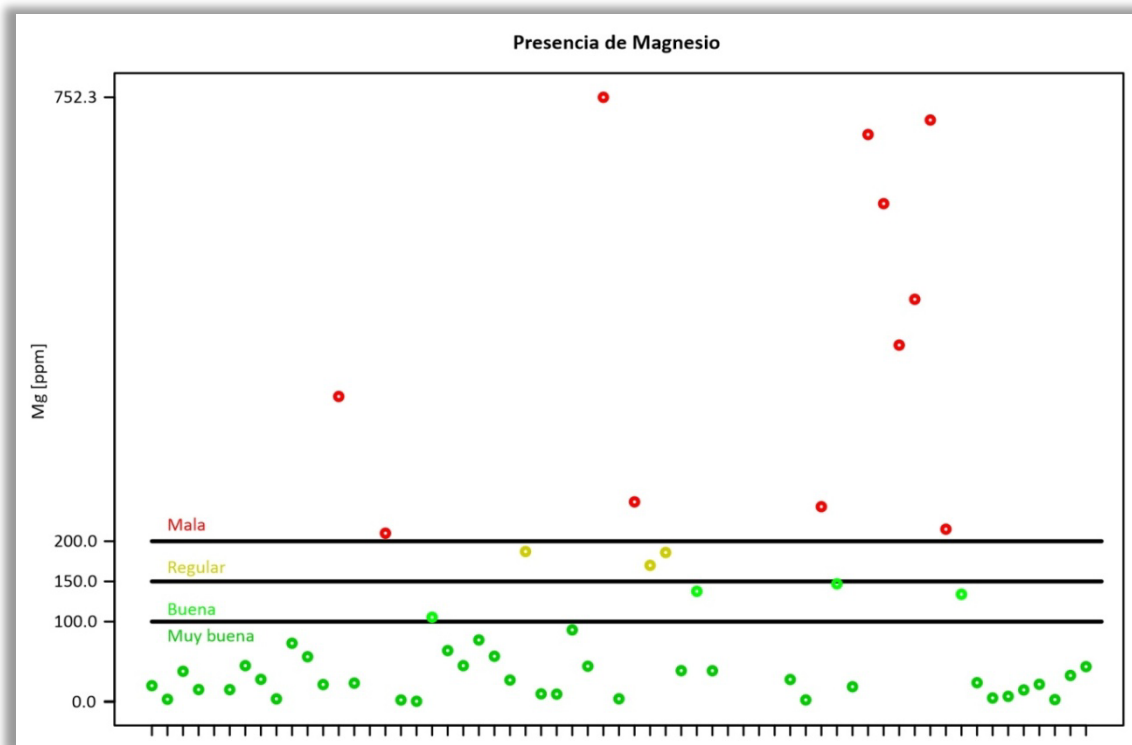


Figura A.7.5. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para Cría en BBSS santafesinos, Presencia de Magnesio [ppm].

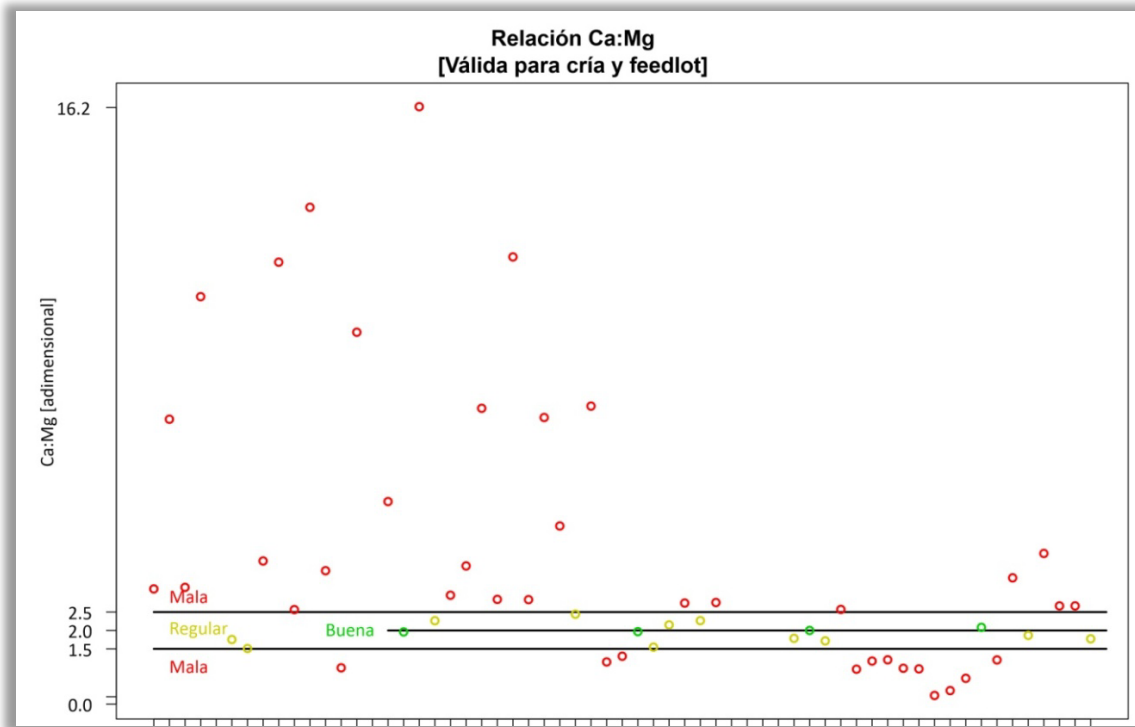


Figura A.7.6. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para Cría en BBSS santafesinos, Relación Ca:Mg.

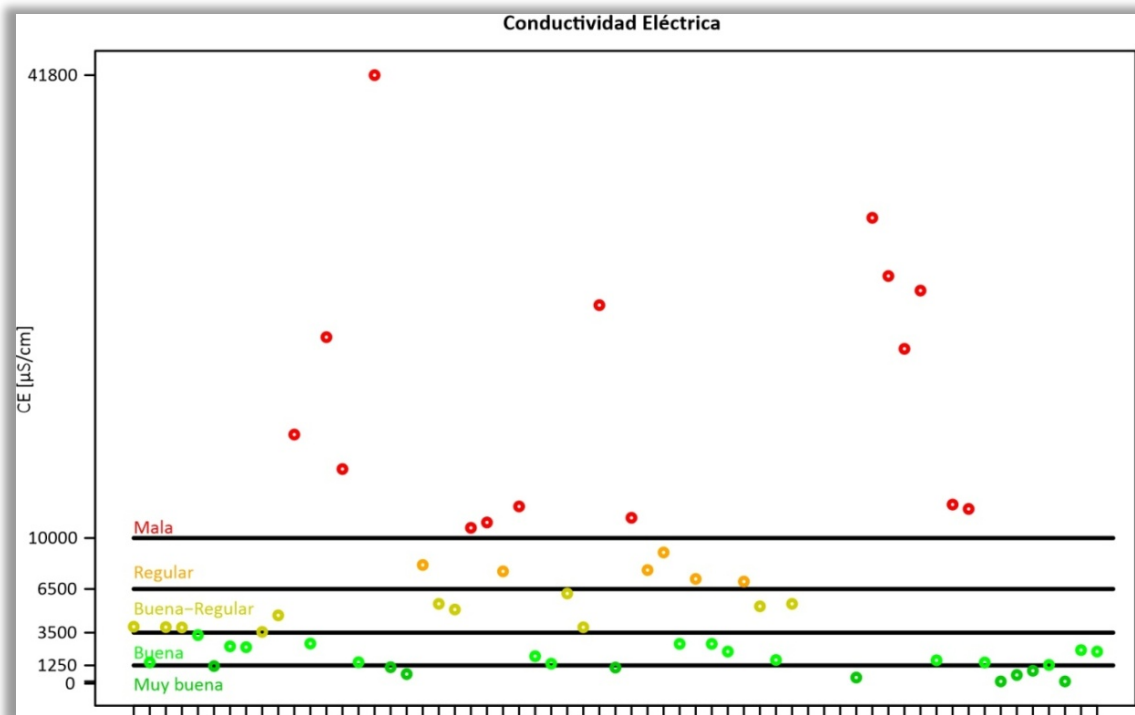


Figura A.7.7. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para producción intensiva en BBSS santafesinos, Conductividad Eléctrica [µS/cm].

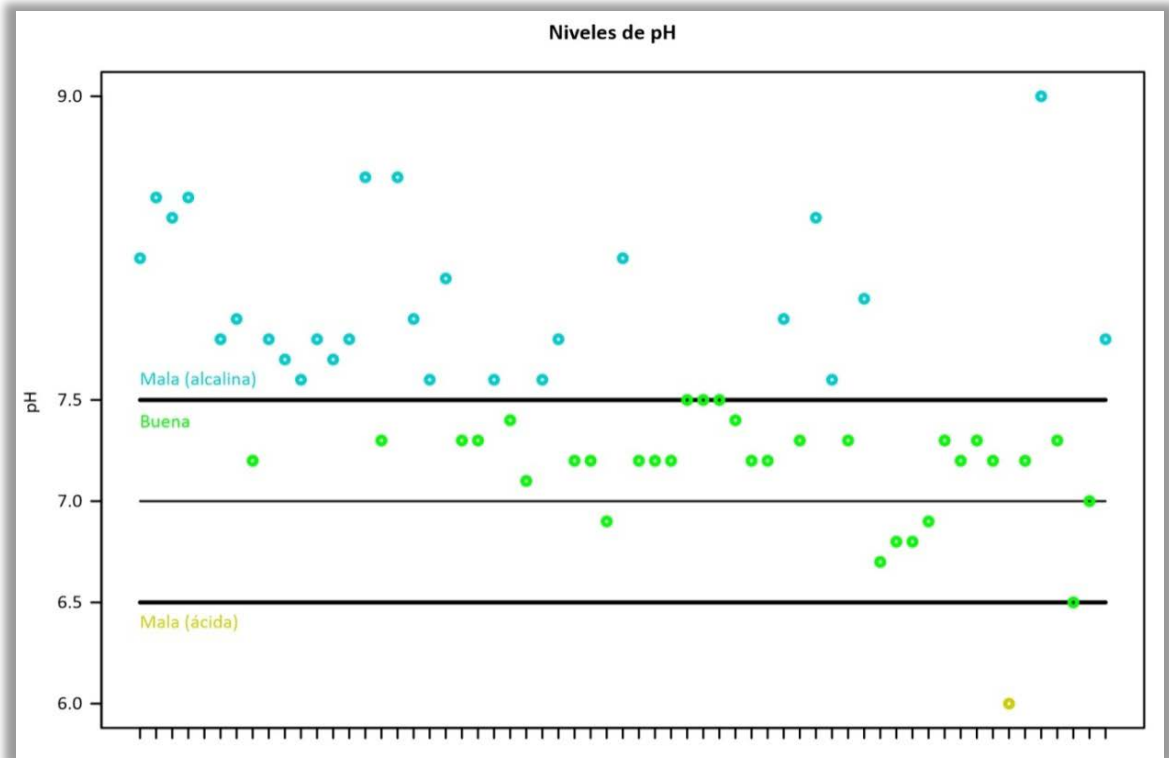


Figura A.7.8. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para producción intensiva en BBSS santafesinos, pH.

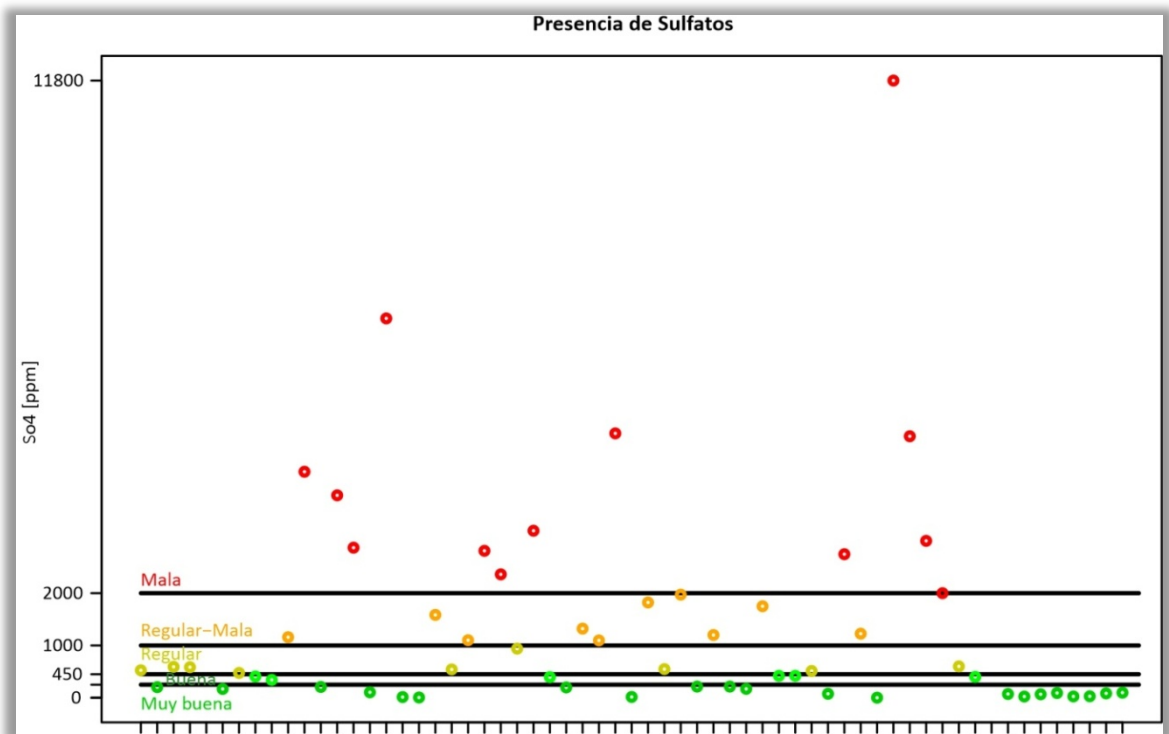


Figura A.7.9. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para producción intensiva en BBSS santafesinos, Presencia de Sulfato [ppm].

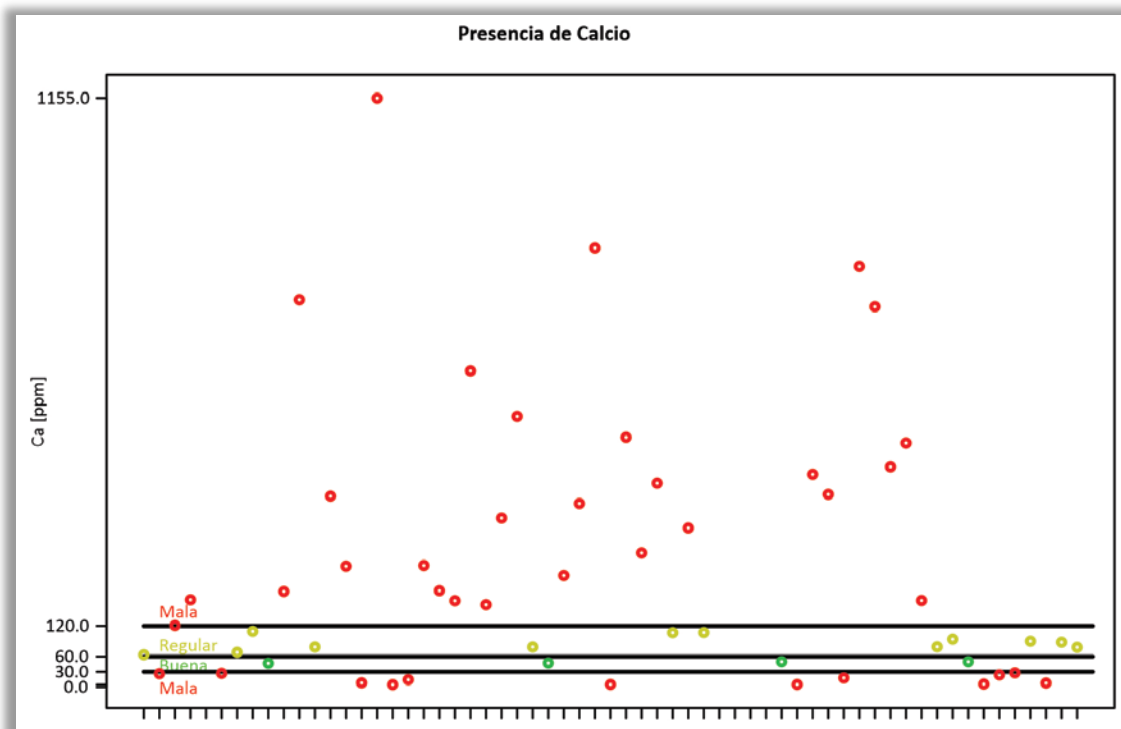


Figura A.7.10. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para producción intensiva en BBSS santafesinos, Presencia de Calcio [ppm].

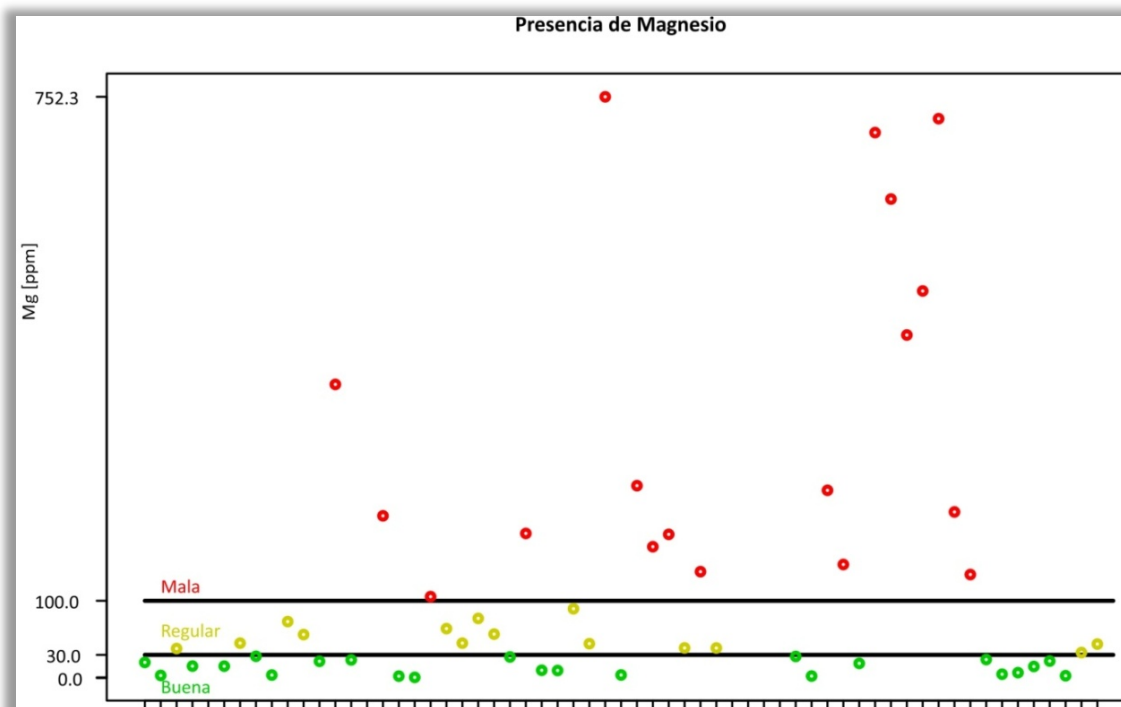


Figura A.7.11. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para producción intensiva en BBSS santafesinos, Presencia de Magnesio [ppm].

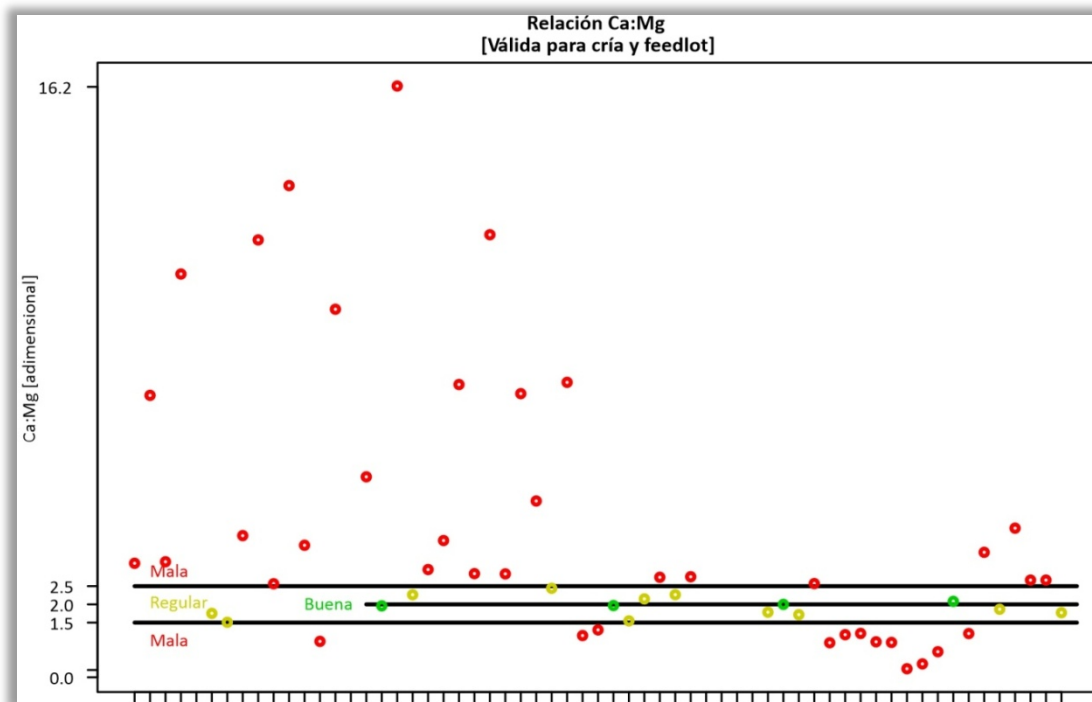


Figura A.7.12. Aptitud de las aguas de acuerdo a directrices para producción intensiva en BBSS santafesinos, Relación Ca:Mg

CAPITULO 8 – MEZCLAS DE AGUAS PARA CONSUMO ANIMAL Y PROTOCOLO DE MUESTREO

Parte I - Mezcla de Aguas

Castro, S.

Manejo de agua de bebida animal

Dentro de la zona de BBSS, uno de los métodos más recomendados para aprovechar una fuente de agua subterránea con mala o escasa aptitud de agua para la bebida animal, consiste en realizar mezcla con aguas de mejor aptitud, las que generalmente provienen de represas, obras de cosecha de agua o paleocauces.

La proporción de cada una de las aguas dependerá de cuáles son las concentraciones de sal o sales que se encuentran por encima de los valores recomendados, de la disponibilidad que haya y de la concentración buscada.

En todos los casos, especialmente en caso que se vaya de menor a mayor contenido salino, se recomienda que el aumento sea progresivo para lograr mayor receptividad del ganado.

Para proceder al cálculo de las proporciones de agua a mezclar, se debe contar con un análisis fisicoquímico de las fuentes de aguas disponibles (molino, perforación, represa, etc.). Los parámetros a analizar y la frecuencia depende de las características de la fuente, en el Capítulo 7 ver Tablas 7.9 y 7.10.

En la zona de los BBSS es necesario diluir aguas de mayores concentraciones de sales con aguas de menor concentración de sales. El valor o valores objetivos estarán en función de los valores límites o valores recomendados de acuerdo al tipo de ganado.

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro que varía con la temperatura, por lo cual se recomienda tener en cuenta el valor corregido llevado a 25 °C, como generalmente se reporta en los análisis de laboratorio, y también suele ser una opción dentro de los instrumentos de medición. Este parámetro se puede controlar fácil y rápidamente con un conductivímetro, y sirve como indicador de cambio de las características hidroquímicas de las distintas fuentes de agua. Cabe aclarar que esta determinación no reemplaza la información que se obtiene de un análisis de laboratorio, donde se puede distinguir la concentración de cada tipo de especie de interés.

Respecto al cálculo de las partes de cada fuente de agua a mezclar, existen diferentes métodos. A continuación se proponen dos formas.

Método I

Bavera (2011) propuso utilizar el cuadrado de Pearson, Figura 8.1. Para esto se necesitan conocer las concentraciones de partida y la concentración objetivo del parámetro que resulte más crítico.

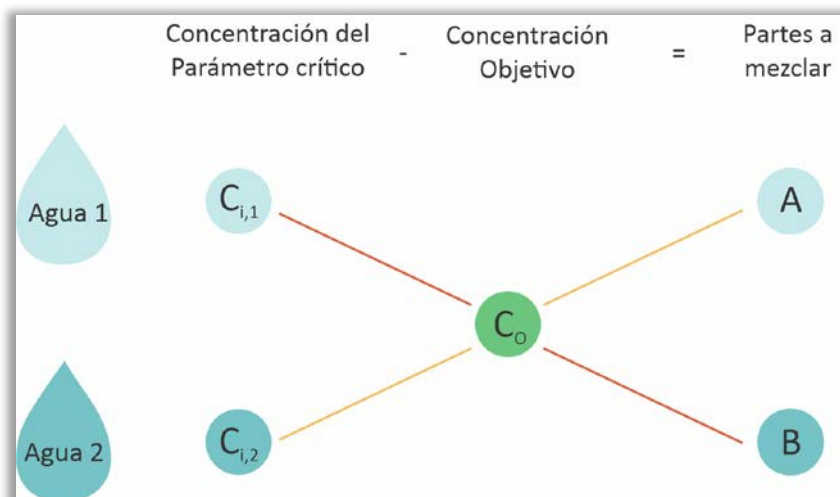


Figura 8.1. Cuadrado de Pearson. Fuente: Modificado de Bavera (2011).

Partes a mezclar:

$$\frac{C_{i,2} - C_o}{C_{i,1} - C_o} = \frac{A}{B} \quad \text{[Ecuación 8.1]}$$

Donde:

- $C_{i,1}$: concentración del parámetro crítico en Agua 1
- $C_{i,2}$: concentración del parámetro crítico en Agua 2
- C_o : concentración objetivo del parámetro crítico, según recomendaciones
- A: partes de la fuente de agua 1 a mezclar
- B: partes de la fuente de agua 2 a mezclar

- los valores de A y de B se toman en valor absoluto, para realizar este cálculo no importa el signo. Se resta la concentración objetivo de cada una de las concentraciones presentes en cada una de las fuentes de agua a mezclar.
- las concentraciones tanto del parámetro crítico medido, como el de referencia deben estar en las mismas unidades.

Como resultado se obtienen las partes de “Agua 1” y las partes de “Agua 2, si se realiza la división (A/B), se obtendrá la proporción de cantidades de agua de la fuente I por cada unidad de la fuente II.

Si se quisiera saber la proporción de cada una de las fuentes respecto al volumen total se debería hacer el siguiente cálculo:

- Proporción de la fuente de agua 1, porcentaje respecto del total:

$$\frac{A}{A+B} \cdot 100 \quad \text{[Ecuación 8.2]}$$

- Proporción de la fuente de agua 2, porcentaje respecto del total:

$$\frac{B}{A+B} \cdot 100 \quad \text{[Ecuación 8.3]}$$

Método II

Otro método consiste en plantear el balance de masa de la mezcla, para obtener las proporciones a mezclar respecto al volumen total. Teniendo en cuenta las concentraciones del parámetro a modificar de ambas fuentes de agua, ec. 8.4:

$$V_1 \cdot C_{i,1} + V_2 \cdot C_{i,2} = V_T \cdot C_o \quad \text{[Ecuación 8.4]}$$

Donde:

V_T : volumen Total = $V_1 + V_2$

V_1 : Volumen en la mezcla de Agua 1

V_2 : Volumen en la mezcla de Agua 2

$C_{i,1}$: concentración másica del soluto de interés en Agua 1 (mg/L, g/L, etc.)

$C_{i,2}$: concentración másica del soluto de interés en Agua 2 (mg/L, g/L, etc.)

C_o : concentración objetivo (según valores guía)

Reemplazamos V_2 por la diferencia entre el Volumen Total y el V_1 , Ec.8.5.

$$V_1 \cdot C_{i,1} + (V_T - V_1) \cdot C_{i,2} = V_T \cdot C_o \quad \text{[Ecuación 8.5]}$$

$$V_1 \cdot C_{i,1} + V_T \cdot C_{i,2} - V_1 \cdot C_{i,2} = V_T \cdot C_o$$

$$V_1 \cdot (C_{i,1} - C_{i,2}) = V_T \cdot (C_o - C_{i,2})$$

$$\frac{C_o - C_{i,2}}{C_{i,1} - C_{i,2}} = \frac{V_1}{V_T} \quad \text{[Ecuación 8.6]}$$

Es decir, la división entre la diferencia de concentraciones entre el valor objetivo con aquella del agua de menor contenido salino, y la diferencia de concentraciones entre ambas fuentes de agua, arroja como resultado la proporción de "Agua 1" respecto al volumen total de la mezcla.

En caso de conocer el Volumen del tanque o aguada a utilizar para realizar la mezcla, se puede obtener el valor de Ec. 8.6. En caso de desconocer el volumen del tanque de mezcla se cuenta con la proporción.

Para tanques cilíndricos se puede adoptar la misma proporción para la altura, utilizando la ecuación Ec. 8.6. y multiplicando la profundidad por esta proporción para obtener la altura del tanque que se debe llenar con el tipo de Agua 2 y el resto corresponderá al tipo de Agua 1.

Agregar una escala puesta en el tanque, para facilitar el proceso de mezcla.

En producciones que requieren suplementación es importante verificar la composición fisicoquímica resultante de la mezcla. Con el objetivo de revalorarla nutricionalmente, y a partir de esta nueva composición realizar los estudios nutricionales.

Ejemplos de mezclas de aguas – Casos Reales

Ejemplo 1

Mezcla de agua de perforación con alto contenido de sales totales y sulfatos, y agua de represa con valores más bajos, para ganadería de Cría.

Los resultados de los análisis químicos de las fuentes de agua disponibles, fueron los siguientes:

Agua de Pozo:

- pH: 7,3
- Conductividad Eléctrica: 8214 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Sólidos Totales: 5750 mg/L
- Magnesio: 147 mg/L
- Calcio: 378 mg/L > **300: mala**
- Sodio: 770,16 mg/L
- Cloruros: 365 mg/L
- Sulfatos: 1225 mg/L > **1000: de regular a mala**
- Bicarbonatos: 427 mg/L

Agua de Represa (cosecha de agua de lluvia):

- pH: 7,2
- Conductividad Eléctrica: 2503 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Sólidos Totales: 1752 mg/L
- Magnesio: 28,2 mg/L
- Calcio: 109,6 mg/L
- Sodio: 263 mg/L
- Cloruros: 369 mg/L
- Sulfatos: 407,5 mg/L
- Bicarbonatos: 122 mg/L

Según la tabla de Directrices para agua de bebida en BBSS para ganado de cría Tabla 7.14, el contenido de sulfatos y de calcio en el agua de pozo superan los valores recomendados. De ambos, según lo explicado anteriormente, los sulfatos, representan en este caso, el parámetro más crítico. Respecto al agua de represa, se puede observar que la relación calcio:magnesio corresponde a una mala aptitud (> 2,5).

Tomando como parámetro crítico el sulfato, para lograr una aptitud buena del agua, se adopta un valor objetivo de 500 ppm o 500 mg/L de sulfatos.

Se procede por los dos métodos planteados:

Método I

Partes a mezclar:

$$\frac{C_{rep} - C_o}{C_{pozo} - C_o} = \frac{A}{B}$$

$$\frac{C_{rep} - C_o}{C_{pozo} - C_o} = \frac{407,5 \frac{mg}{L} - 500 \frac{mg}{L}}{1225 \frac{mg}{L} - 500 \frac{mg}{L}} = \frac{|-92,5|}{725} \cong \frac{0,13 \text{ partes de agua de pozo}}{1 \text{ parte de agua de represa}}$$

Es decir, que se deberían mezclar 0.13 partes del agua de pozo por cada parte de agua de represa.

Ahora calculamos la proporción de agua de pozo respecto al total de la mezcla.

$$\frac{A}{A + B} = \frac{92,5}{(92,5 + 725)} \cdot 100 \cong 11\%$$

Si se cuenta con un tanque australiano de 1,4 m de altura efectiva (es decir, hasta donde se puede llenar sin desbordar) se puede adoptar la misma proporción para la altura.

Cálculo de la altura del tanque de mezcla que corresponde al agua de pozo:

$$1,4 \text{ m altura total del tanque} \cdot 11\% = 0,15 \text{ m de agua de pozo}$$

$$1,4 \text{ m altura del tanque} - 0,15 = 1,25 \text{ m de agua de represa}$$

Método II

$$\text{Fracción de agua de pozo respecto al volumen total} = \frac{C_o - C_{rep}}{C_{pozo} - C_{rep}}$$

$$\frac{500 \frac{mg}{L} - 407,5 \frac{mg}{L}}{1225 \frac{mg}{L} - 407,5 \frac{mg}{L}} = \frac{92,5}{817,5} \cong 0,11$$

Cálculo de la altura del tanque de mezcla que corresponde al agua de pozo. Se supone una altura de 1,4 m del Tanque de mezcla:

$$1,4 \text{ m altura total del tanque} \cdot 11\% = 0,15 \text{ m de agua de pozo}$$

Cálculo de la altura a llenar con agua de la represa:

$$1,4 \text{ m altura del tanque} - 0,15 \text{ m} = 1,25 \text{ m de agua de represa}$$

Es decir, aplicando el Método II se obtiene directamente la proporción respecto al volumen total, que en caso de un tanque/bebedero de sección constante, coincide con la proporción de la altura del mismo.

Independientemente del método que se elija para realizar los cálculos de mezcla, se pueden verificar los valores de los demás parámetros que se habían identificado como correspondientes a agua de mala aptitud. En este caso se había detectado que, además de

los sulfatos, el calcio se encontraba por encima de 300 mg/l o 300 ppm en el agua de pozo. Mientras que la relación calcio:magnesio era mayor a 2,5 en el agua de la represa.

Así, en la mezcla final propuesta:

$$C_{i,m} = \frac{V_{\text{pozo}}}{V_{\text{total}}} C_{i,\text{pozo}} + \frac{V_{\text{rep}}}{V_{\text{total}}} C_{i,\text{rep}}$$

Donde:

$C_{i,m}$: Concentración del parámetro "i" de la mezcla, desconocido.

$C_{i,\text{pozo}}$: concentración del parámetro "i" en el agua de pozo, conocido.

$C_{i,\text{rep}}$: concentración del parámetro "i" en el agua de represa, conocido

$V_{\text{pozo}}/V_{\text{total}}$: relación entre volumen de agua de pozo y volumen total de la mezcla, obtenido previamente

$V_{\text{rep}}/V_{\text{total}}$: relación entre volumen de agua de represa y volumen total de la mezcla, obtenido anteriormente.

Para el caso del Calcio:

$$C_{\text{Ca},m} = \frac{V_{\text{pozo}}}{V_{\text{total}}} C_{\text{Ca},\text{pozo}} + \frac{V_{\text{rep}}}{V_{\text{total}}} C_{\text{Ca},\text{rep}}$$

$$C_{\text{Ca},m} = 0,11 C_{\text{Ca},\text{pozo}} + (1 - 0,11) C_{\text{Ca},\text{rep}}$$

$$C_{\text{Ca},m} = 0,11 \cdot 378 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + (1 - 0,11) \cdot 109,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$C_{\text{Ca},m} = 0,11 \cdot 378 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + (1 - 0,11) \cdot 109,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$C_{\text{Ca},m} = 139,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

El valor de calcio se encontraría por debajo de 200 mg/L, correspondiente a un agua de muy buena aptitud.

En el caso del Magnesio:

$$C_{\text{Mg},m} = \frac{V_{\text{pozo}}}{V_{\text{total}}} C_{\text{Mg},\text{pozo}} + \frac{V_{\text{rep}}}{V_{\text{total}}} C_{\text{Mg},\text{rep}}$$

$$C_{\text{Mg},m} = 0,11 C_{\text{Mg},\text{pozo}} + (1 - 0,11) C_{\text{Mg},\text{rep}}$$

$$C_{\text{Mg},m} = 0,11 \cdot 147 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + (1 - 0,11) \cdot 28,2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$C_{\text{Mg},m} = 41,3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Así podemos verificar la relación Calcio:Magnesio resultante en la mezcla.

$$\frac{C_{\text{Ca},m}}{C_{\text{Mg},m}} = \frac{139,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{41,3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 3,3$$

Como vemos esta relación corresponde a una mala calidad ($>2,5$), por lo cual se requerirá una complementación nutricional para salvar este desbalance.

A raíz de los resultados de las proporciones de las mezclas de agua, en donde se requiere un volumen importante de aguas de menor tenor salino para diluir la de mayor concentración, surgen distintas opciones como son:

- Cambiar la fuente subterránea a otra con menor concentración salina para utilizar más agua subterránea.
- Diluir la variable más crítica teniendo en cuenta que esto no asegura que las demás variables se corrijan, sino que se disminuye el impacto desfavorable de ese indicador.

Para el cálculo estimado de volúmenes de agua para bebida del ganado vacuno, se considera un Consumo en caso de Ganadería de cría de 45-60 l/día y en caso de feedlot de 80-100 l/día dependiendo del peso del animal y composición de la dieta.

Es además fundamental controlar la concentración de sales que se producen por evaporación de las aguas en tanques, represas y bebederos en general. Tal situación hace necesario el lavado periódico de tanques y bebederos para evitar que el ganado deteriore su salud o la rechace comprometiendo la producción. Para comprender desde un punto de vista teórico este proceso se realiza una estimación sobre evaporación y concentración de sales.

Estimación de la evaporación y concentración salina en represas y tanques australianos

A continuación se realiza un ejercicio teórico para ejemplificar lo que sucede dentro de un tanque o una represa expuesta a la evaporación y que no renueva el agua.

Se debe tener en cuenta que cuando se evapora el agua a la atmósfera, la sal contenida en el agua se concentra; si se supone un agua de 5 g/l de sales totales en 3750 litros se encuentra disuelta 18,75 Kg de sal.

En una represa hipotética de 6 m de ancho por 8 metros de largo donde se considere una evaporación promedio de 5 mm/día (tasa baja para los BBSS) se estima que, por evaporación, pasan a la atmósfera 240 litros por día, lo que representa lo abrevado por 5 vacas aproximadamente.

Suponiendo un tanque australiano de 6 m de diámetro y 1 m de profundidad de aproximadamente 30000 litros con una concentración salina de 5 g/l y realizando el cálculo con la misma tasa de evaporación (5 mm/día), se observa en la Figura 8.2 el progreso de la evaporación y la salinización en un período de 150 días, considerando que no hay aportes nuevos de agua ya sea de lluvias como de otras fuentes. Siguiendo la concentración de sal un comportamiento exponencial, a los 100 días duplica la concentración en g/l, así un agua que tiene valores salinos cercanos al límite de su aptitud para el consumo ganadero, pasa paulatinamente a no ser apta para consumo.

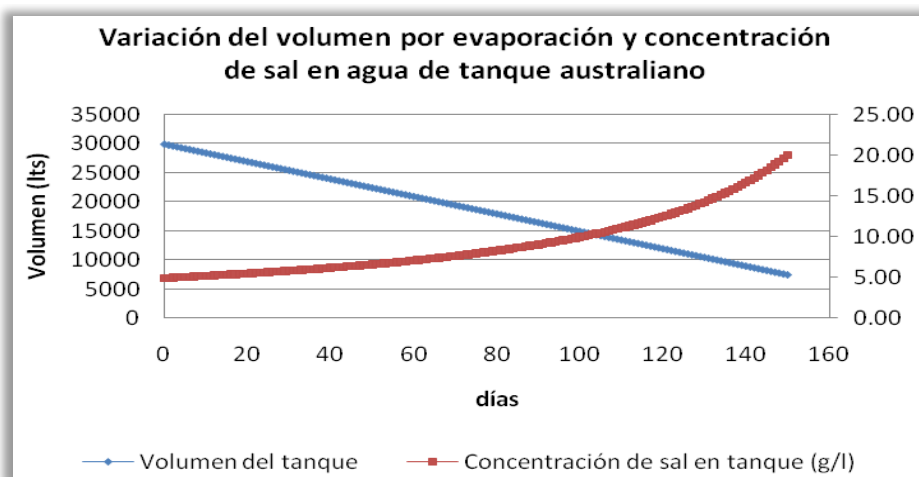


Figura 8.2. Estimación sobre la evolución de la salinidad. Fuente: Sosa y Veizaga (2009).

En el caso del ejemplo, todos los días la atmósfera consume el volumen correspondiente al abrevado de 3 raciones de 50 litros, pero lo que se va a la atmósfera es agua sin sal.

En la práctica esta condición se cumple plenamente en represas y tanques. En estos últimos la magnitud de la concentración dependerá del agua que se agrega periódicamente, del volumen del tanque y de su profundidad. También la forma y profundidad de la represa inciden en la Evaporación.

De acuerdo a los datos de evaporación de tanque tipo A, medidos en el Establecimiento Guanagán, Dpto. Vera Ubicado a 28° 36' 43.69" Lat. S 60° 50' 9.52" Long. O, durante tres años consecutivos (1986, 1987, 1988), la evaporación máxima registrada para los meses de verano rondaron los 20 mm/día, con una evaporación máxima absoluta de 20,14 mm/día para el mes de febrero de 1987 (INA –Provincia de Santa Fe-CFI, 2011). El resto del año, exceptuando los meses de verano, la evaporación máxima diaria es pareja y cercana a los 10 mm/día. Ver valores máximos diarios de Guanagán en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Evaporación máxima diaria en cada mes en mm/día.

Máximos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1986	19,39	10,18	19,33	9,56	9,47	9,55	9,44	9,83	9,85	10,62	10,08	19,59
1987	19,94	20,14	10,32	9,63	9,66	9,63	10,17	9,51	9,85	10,39	9,93	10,28
1988	19,12	9,9	10,78	10,34	10,05	9,84	9,84	19,01	10,05	10,19	20,2	13,89

Los valores medios mensuales de evaporación de tanque tipo A en Guanagán, comparados a los valores de la EE INTA Rafaela, resultaron superiores en los meses de primavera y verano. INA-Provincia de Santa Fe-CFI (2011).

Para pasar el valor de evaporación de tanque Tipo A a uno real, se multiplica por un factor de corrección, que en este caso es de 0,7. Es decir, que un valor de 10 mm/día en tanque tipo A, equivaldría a una evaporación real de 7 mm/día. En caso de la máxima de 20 mm/día, equivaldría a 15 mm/día, aproximadamente. Por lo tanto la utilización de un valor de 0,5 mm/día del ejemplo anterior esta subestimado para los meses de mayor consumo, con lo cual la curva de concentración de sal resultaría con mayor pendiente que la que se muestra en la Figura 8.2.

Referencias

Bavera, G. (2011). Manual de Aguas y Aguadas para el Ganado. 4ta Edición. Guillermo Bavera

INA–Provincia de Santa Fe-CFI (2011). Informe Final: Comportamiento de las aguas subterráneas en el noroeste de la provincia de Santa Fe. Producción ganadera. Sosa, D.; Picatto H; Genesio, M.; Pratto, M.; Vergini, E.; Mergiola, P.; Bernal, G.; Ferttonani, E.; Cammissi, N.; Morín, J.; Kruse, E.; Vicino, H.; Pérez, M.

Sosa, D. y Veizaga, E. (2009) – Informe inédito.

Parte II - Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua

Basán Nickisch, M. y colaboradores, INTA EEA Reconquista

Introducción

Es fundamental cuando se planifica un muestreo precisar claramente cuál es el objetivo del mismo (análisis físico-químico y/o microbiológico para consumo humano, para abrevado animal, para riego, otro), ya que éste define los elementos requeridos y las condiciones en que se realizará (envase, procedimiento y cuidados para la toma de la muestra, condiciones de traslado y conservación, etc.) que se deberá consensuar previamente con el Laboratorio con el cual se planifica realizar el análisis.

El muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, por lo que la persona que recoge una muestra y la lleva al laboratorio es corresponsable de la validez de los resultados. En este sentido debe asegurarse que la muestra sea representativa de la fuente cuya calidad se desea evaluar, y que no se deteriore, ni se contamine antes de llegar al laboratorio, ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo. Por esto se recalca que la toma de la muestra debe realizarse con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen, y que antes de iniciar el muestreo se debe consultar al laboratorio sobre las condiciones en que éste debe desarrollarse y la información mínima requerida.

Se debe aclarar que de nada vale un excelente análisis con equipos sofisticados si la muestra no es representativa.

Material de campo

Indispensable: Envases para el muestreo (rotulados o bien envases y elementos para rotular más cinta o etiqueta autoadhesiva y fibra indeleble), planillas de registro, cuaderno y lápiz.

Opcionales: Conservadora con hielo o refrigerantes, gotero o elementos para incorporar soluciones conservantes a las muestras que lo requieran, jabalina o dispositivo necesario para la toma de la muestra, GPS, peachímetro y conductímetro portátiles, termómetro, agua destilada para la limpieza de los electrodos y sondas.

Envases

Según los análisis que vayan a realizarse se definirá el tipo de envase a utilizar. El mismo estará en función de la cantidad de muestra a tomar y de la necesidad de dejar (en análisis microbiológicos) o no (en la mayoría de los análisis) una cámara de aire, o un espacio para mezclas o para el agregado de algún reactivo que permita la conservación de la muestra.

En el caso de que las muestras deban ser transportadas, debe dejarse un espacio del 1% de la capacidad del envase para permitir la variación de volumen debida a diferencia térmica.

Para análisis físico-químico se utilizarán envases de plástico o vidrio, con buen cierre, nuevos. Si se va a reutilizar un envase, deben desestimarse envases que hayan contenido aguas contaminadas, combustibles, soluciones concentradas, etc., únicamente podrían reutilizarse envases de agua mineral o envases de gaseosa muy bien lavados, especialmente aquellos en base a Cola (por el ácido fosfórico).

En todos los casos debe asegurarse que el envase se encuentre limpio, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes, hipoclorito de sodio (lavandina) u otros reactivos: el envase sólo puede ser enjuagado con agua.

Sea un envase nuevo o reutilizado, previo a la toma de la muestra, deberá enjuagarse por lo menos dos a tres veces con el agua a muestrear.

La cantidad de muestra necesaria para un análisis físico-químico es de aproximadamente 1000 ml (1 litro) como mínimo. Si fuera necesario muestrear para algún análisis que requiriera del agregado de un reactivo específico para la conservación de la muestra, deberá preverse la toma en envases adicionales de menor capacidad.

Para el caso particular del análisis de arsénico se deberá consultar con el Laboratorio con el cual se hará dicho análisis si es necesario acidificar, con que ácido realizar eso y que dosis aplicar.

Para análisis microbiológico se utilizarán frascos con capacidad de 250 a 300 ml, de plástico o vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha. También pueden utilizarse bolsas especiales de polietileno estériles (fabricadas a tal fin), considerando que este tipo de envase es muy cómodo para la recolección y cerrado. Se debe tener presente al seleccionar los envases que este tipo de muestras debe mantenerse refrigerada (sí o sí) hasta su llegada al laboratorio y procesamiento. Normalmente se suelen utilizar envases esterilizados que se pueden adquirir en farmacias a muy bajo costo con una capacidad menor a la recomendada (consultar con el Laboratorio si es válido y alcanza para hacer los cultivos)

Procedimiento

Identificación del sitio de la toma de muestra

Debe hacerse de manera unívoca. Si se dispone de GPS posicionar satelitalmente la ubicación, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

Información requerida: Al momento de muestreo es necesario recabar, como mínimo, la siguiente información: Identificación unívoca de la muestra (nombre, código, etc.), identificación del sitio de muestreo (georreferenciación: latitud, longitud), tipo de fuente y características de la misma (pozo calzado, perforación, canal, río, represa, aljibe, profundidad del nivel estático y total si fuera pozo o perforación, diámetro de la perforación o pozo, cercanía a pozos negros o industrias, existencia de pozos abandonados, etc.), destino (consumo humano, consumo animal, riego, etc.), información acerca del Establecimiento y nombre del Propietario o Encargado (con datos de dirección, e-mail y/o TE) donde se ha muestreado e información adicional acerca de problemas que detecta el personal que puede atribuirse al agua, volumen diario que se extrae normalmente o algún dato indirecto que permita el cálculo (cantidad de personas, cantidad y tipo de animales que abreven, superficie de riego), condiciones de muestreo (fecha y hora), nombre de quien realizó el

muestreo, tipo de análisis a efectuar (físico-químico y/o microbiológico), reactivo empleado para su preservación en caso de ser utilizado, cualquier otra observación que se considere de importancia. Y de ser posible: pH, conductividad eléctrica, temperatura del agua al momento de la toma.

Toda esta información se registrará en una planilla o cuaderno previstos al efecto, los que deberán completarse en el momento del muestreo.

Rotulado de las muestras

Es conveniente rotular los envases antes de iniciar el muestreo, ya que se cuenta con mejores condiciones de higiene. Es fundamental asegurarse que el rótulo sea seguro (que no se borre, se pierda o se destruya durante el traslado de la muestra), y que la identificación sea unívoca, para que no se confundan o se pierda la trazabilidad de las muestras, y que sea lo más sencilla posible.

Toma de muestra para análisis físico-químico

Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen.

Las muestras de agua pueden provenir de fuentes superficiales (ríos, arroyos, canales, represas, lagos, aljibes) o subterráneas (pozos calzados o de balde, perforaciones) y este aspecto definirá las condiciones de muestreo.

En función de la fuente que se vaya a muestrear, y para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones: cualquiera sea la fuente de agua, previo a la toma de la muestra, se enjuagará el envase por lo menos 2 a 3 veces con el agua a muestrear.

Agua de red

Para la toma de una muestra de agua de red se abrirá el grifo o canilla y se dejará que el agua corra el tiempo suficiente de manera de tener purgada toda la cañería que llega desde el tanque. El ramal donde se encuentre el grifo debe ser el principal, proveniente de la red, y no debe estar conectado en el trayecto con otras cañerías, filtros, ablandadores u otros artefactos que puedan alterar la calidad del agua del ramal principal. También se debe tomar la precaución de retirar del grifo o boca de salida las mangueras u otros accesorios, y de limpiarlo tratando de eliminar sustancias acumuladas en el orificio interno de salida del agua y en el reborde externo, dejando correr agua libremente para arrastrar cualquier residuo.

Agua de Perforaciones o Pozos Calzados

La muestra se debe tomar de la cañería inmediata al pozo y es conveniente que, antes de proceder a la toma de la muestra, la impulsión se mantenga en marcha el tiempo suficiente que contemple la profundidad del o de los acuíferos, hasta que el agua emerja clara (sin sedimentos ni restos vegetales) y que sea del acuífero.

Se debe prestar especial atención a esto si el pozo estuviera en desuso. En pozos calzados o pozos de balde es importante extraer el agua hasta que se esté seguro que el agua es el del acuífero y no mezclada con la superficial y sin impurezas vegetales o de animales (estas cosas invalidan totalmente el análisis posterior). No se debe permitir el

traslado ni recepción de muestras con olor, producto de materia orgánica en descomposición. Estas muestras no son representativas y se descartarán automáticamente.

Si el pozo fuera nuevo se debe bombear el tiempo suficiente hasta que salga limpia, de manera de muestrear el agua del acuífero y en lo posible bombear con caudal de diseño, es decir, el caudal máximo que la perforación o pozo puede brindar con nivel dinámico estable.

Es muy importante tener en cuenta a que profundidad se encuentra el chupón del mecanismo de bombeo y comparar con la conductividad eléctrica del agua superficial de ese pozo, perforación o represa *in situ*, ya que es muy común en acuíferos, especialmente los libres en algunas zonas, tener una gran variación de la salinidad (estratificación vertical de sales). Esto incluso puede llegar a ser motivo de cambio de estrategia de la altura a que se debe extraer el agua.

Lo que nunca debe suceder es que se cambie la altura de extracción de la muestra en una fuente de agua en un mismo punto (por ejemplo si no hay viento y el mecanismo de bombeo es un molino, entonces tomar con un recipiente de superficie del pozo o represa) ya que los valores hidroquímicos pueden ser muy distintos y el asesoramiento al Productor va a ser incorrecto.

Agua superficial proveniente de un curso de agua en movimiento (río, arroyo, canal, etc.)

Debe ponerse especial atención en buscar puntos estratégicos de muestreo (puentes, alcantarillas, botes, muelles), ya que se debe muestrear de sitios donde el agua se encuentre en circulación. Nunca es recomendable muestrear desde donde se encuentra estancada. Si se tratara de muestreos periódicos o de control debe tratar de extraerse la muestra siempre en el mismo lugar. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

Agua superficial proveniente de un espejo de agua (represa, lago, etc.)

En estos casos se puede proyectar una jabalina a unos 2 metros de la orilla, para no muestrear del borde, evitando tomar la muestra de la capa superficial o del fondo. Sumergir el frasco en el agua (incorporando un peso) con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, destapar y girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado. Retirar el frasco después que no se observe ascenso de burbujas.

Tanque de almacenamiento, cisterna, aljibe, calicanto, etc.

Tomar la muestra bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis físico-químico

- 1) Si el envase está rotulado verificar que sea el correcto.
- 2) Que el envase tenga una capacidad de por lo menos 1 litro.

3) Enjuagar 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear, desechando el agua de enjuague.

4) Recoger la muestra sin dejar cámara de aire. Se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas. Si se le va a agregar algún conservante contemplar el volumen necesario para el mismo.

5) Cerrar el envase asegurando su cierre hermético.

6) Si no estaba rotulada la botella roturarla con tinta indeleble. Siempre tener papel y cinta adhesiva para emergencias o muestras no planificadas.

7) Guardar la muestra en lugar fresco (interior de un vehículo) o en conservadora si fuera necesario y llevarla al Laboratorio en el menor tiempo posible (se recomienda como tiempo máximo de entrega a Laboratorio de 4 días).

Toma de muestra para análisis microbiológico

Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen.

Agua de perforación, pozo calzado o de red

Donde el material lo permita, se debe calentar el grifo, canilla o caño que viene directamente del mecanismo de bombeo o del depósito principal durante el tiempo necesario para que el agua provenga directamente de la fuente (deseable) o del depósito principal.

Para el calentamiento se puede utilizar un mechero o un hisopo con algodón bien embebido en alcohol. Cuando el agua a muestrear se encuentre clorinada, no debe olvidarse el agregado de Tiosulfato de Sodio, o utilizar envases que lo contengan en pastilla, con la finalidad de neutralizar los restos de cloro (consultar al Laboratorio).

Agua que proviene de un recurso superficial o de un depósito

En el caso particular de aguas superficiales o de depósitos de almacenamiento (río, canal, aljibe, cisterna, etc.) es conveniente lavarse previamente las manos con jabón para manipular los recipientes esterilizados y tomar la muestra.

Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis microbiológico

1) El envase a utilizarse deberá estar esterilizado y durante la toma debe prestarse atención a mantener una adecuada asepsia para evitar la contaminación accidental de la muestra.

2) Rotular el envase o verificar que el rótulo sea el correcto.

3) Si el grifo, canilla o caño es metálico quemar con un mechero donde sale el agua (si el material es plástico realizar el mismo procedimiento pero un menor tiempo para que no se deteriore el material plástico), luego abrir el grifo, canilla o activar el mecanismo de bombeo y dejar salir el agua el tiempo suficiente hasta que se esté seguro que es agua de la fuente de agua o depósito, de manera que el chorro no sea intenso.

4) Abrir el recipiente estéril, evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior del mismo y sosteniendo la tapa de manera que ésta mire para abajo.

5) Llenar el frasco dejando una cámara de aire. Durante el llenado es conveniente tener la precaución de mantener el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas.

6) Tapar inmediatamente asegurando un cierre perfecto.

7) La muestra debe ser guardada en una conservadora oscura y con hielo bien limpia y que no contenga otros elementos propios del muestreo, o en la parte de abajo de una heladera. Nunca poner la muestra en la hielera o en un freezer. En cualquier caso también el mecanismo de conservación (conservadora, heladera) debe tener la mayor higiene posible y en el caso de la conservadora es indispensable no guardar otros elementos allí (comidas, bebidas, etc.)

8) Trasladarla lo más pronto posible a Laboratorio (tiempo máximo 2 días y correctamente refrigerada en lugar oscuro, coordinando con el Laboratorio). Ideal es llegar al Laboratorio en unas pocas horas y de lunes a miércoles.

Acondicionado y transporte de la muestra

Para análisis físico-químicos

El acondicionamiento de las muestras dependerá del objetivo del muestreo. En general, puede ser necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, nitritos y en menor medida los sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando enviarlas lo más rápido posible al laboratorio. Una buena opción, si no se dispone de conservadora con hielo, es tener las muestras en el interior de los vehículos con aire acondicionado hasta que se las lleva al Laboratorio o a algún medio de refrigeración adecuado (heladera). Si no se refrigera puede haber variación del pH por alteración de CO_3^{2-} y CO_3H^- . No es significativa si hay poca materia orgánica.

Es importante medir pH *in situ*. Recordar que un pH mayor o igual a 8,3 indica presencia de CO_3^{2-} . Los demás no tienen problemas.

El arsénico (As) puede tener un proceso de metilación por acción bacteriana y tener un valor ligeramente menor en el resultado del análisis si se analiza con un método colorimétrico, pero no tiene este inconveniente si se analiza por horno de grafito. En todos los casos conviene acidificar la muestra con un pH muy bajo para evitar esos inconvenientes. Si se transporta en un vehículo, con aire acondicionado no hay problemas si no pasa más de un día, salvo que sea una muestra muy cargada de bacterias y materia orgánica (pero esto nunca es conveniente que suceda en ningún caso).

Para análisis microbiológico

Es indispensable que la muestra se mantenga refrigerada hasta su arribo al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6°C como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad.

Siempre es conveniente tomar la muestra y transportarla los primeros días de la semana (hasta el miércoles en lo posible, sino consensuar previamente con el Personal del Laboratorio), previendo feriados o días no laborables, ya que, si se requiriera análisis microbiológico, una vez en el Laboratorio son necesarias por los menos 48 hs. para realizar

los cultivos. En caso de demorarse el envío, se guarda en la heladera en la parte de abajo, y no es conveniente que pase más de dos (2) días.

En cualquier caso debe evitarse el congelamiento de la muestra (el lugar correcto para conservar las muestras que no se hayan podido entregar al laboratorio es en la parte inferior de una heladera común).

En resumen, tres (3) cosas afectan a los organismos vivos en una muestra para análisis microbiológico: Las temperaturas por arriba de los 6°C, la luminosidad y las temperaturas de congelamiento.

Las dos primeras cosas hacen que esos organismos se multipliquen y la muestra no sea válida y de resultados que no reflejen la realidad. La tercera hace que se puedan morir y de un resultado de no contaminación cuando sí puede haberla.

Las muestras para análisis microbiológico se deberán efectuar de manera separada a las destinadas para análisis físico-químico, tanto en el tipo de recipiente, como en su conservación y en el tiempo de envío a Laboratorio. Hay que guardar las muestras para análisis microbiológico en un ambiente lo más limpio posible. La limpieza de los vehículos es importante para evitar problemas de contaminación.

Nunca hay que exponer las muestras al sol, guardarlas en lugar fresco y trasladarlas sin demoras al Laboratorio, si es posible el mismo día del muestreo asegurando la correcta identificación de las muestras.

Momento de las tomas de las muestras en acuíferos y cursos de agua superficiales

Se realizan las mismas en función de la naturaleza y del objetivo del estudio. Por ejemplo, para estudiar la incidencia de la recarga de los acuíferos anualmente que se produce de manera natural es conveniente tomar una muestra trimestral del agua de los acuíferos (especialmente en acuíferos libres).

Es importante que cuando se identifiquen los cambios que se buscan se hagan los análisis, sea el proceso debido a eventos naturales o a acción antrópica. Debemos adaptarnos a la naturaleza y no pretender que la naturaleza se adapte a nuestros muestreos.

Para los muestreos se deberá estar muy atento a los años hidrológicos secos y húmedos, y al manejo hídrico que hace el hombre de los cursos superficiales y subterráneos.

Si el objetivo es de mediano y largo plazo todos los años se deben tomar las muestras en las mismas fechas (desfasajes menores a una quincena). Preferentemente deberán estar en torno a una semana (previa o posterior).

Si en las muestras sucesivas se mantienen las proporciones de las especies químicas presentes de cationes y aniones, respecto a la Conductividad Eléctrica (CE); se podría realizar sólo la medición *in situ* de la CE y de pH de los puntos muestreados de interés, ya que eso significaría ahorro de tiempo y dinero.

En los cursos de agua superficiales será necesario tomar una muestra de agua mensual, dependiendo de la dinámica de la cantidad y calidad del recurso, donde se evaluará si es necesario esta cantidad de muestreos o es suficiente con un monitoreo de CE y de pH.

Datos básicos para solicitar en un análisis físico-químico

Corresponderán según el objetivo de utilización de la fuente de agua de muestreo, de la región donde se realiza el muestreo, del instrumental disponible en el Laboratorio y del monto disponible para estos análisis (para ello consultar con Especialistas del Laboratorio y/o con Coordinadores de Proyectos a los cuales se vinculan los estudios).

Como ejemplo se pueden solicitar datos básicos requeridos en un análisis físico-químico: Conductividad eléctrica, Residuo Seco a 105 °C, pH, Dureza Total, Alcalinidad Total, Cationes (Ca, Mg, K, Na) y Aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), Nitratos, Nitritos, Arsénico, Flúor y todo elemento que, de acuerdo a la región y al objetivo, se consideren convenientes de evaluar (boro, metales pesados, DBO, DQO, OD, etc.).

Como ejemplo se pueden solicitar datos básicos requeridos en un análisis microbiológico: Coliformes totales, Escherichia coli o Bacterias termorresistentes, Streptococos fecales, Salmonella.

Referencias

Basán Nickisch, M.; Gallo Mendoza, L.; Zamar, S.; Rosas, D. (2012). Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/protocolo-de-muestreo-transporte-y-conservacion-de-muestras-de-agua-con-fines-multiples>

CAPITULO 9 - EXTREMOS HÍDRICOS

Parte I - Variabilidad y cambio climático - su relación con el agua subterránea

Venencio, María del Valle

Introducción

El presente capítulo trata sobre la importancia de la manifestación de eventos climáticos y sus impactos en el marco integral del funcionamiento hidrológico de los BBSS.

El clima y los recursos hídricos se interrelacionan, ya que éstos forman parte del ciclo hidrológico, el cual es en sí mismo parte del sistema climático. La principal característica de la región es la alternancia de fluctuaciones climáticas que pueden ocasionar graves inundaciones o sequías que repercuten en forma negativa sobre la economía local. El lapso de tiempo de un período de exceso hídrico a uno de escasez, y viceversa, puede ser muy corto, pero excepto que haya acumulaciones hídricas en superficie (inundaciones), los déficits en las precipitaciones son las situaciones que más comprometen a la economía regional. El aumento generalizado en los montos de la precipitación anual, desde los años '50, parece haber aventado el riesgo de las sequías, pero la modificación del régimen intra-anual de la precipitación ha generado riesgos estacionales que afectan seriamente a la producción. Los escenarios de déficits, presentan mayor variabilidad y dificultad de pronóstico en todas las escalas, tanto temporales como espaciales -en particular en procesos de largo período- asociados con extremos climáticos.

En este contexto es menester poner de manifiesto que han ocurrido años secos no coincidentes con los años La Niña, años con excesos de precipitación en períodos neutros, y hasta sequías en año El Niño. Es así, que el abordaje con la visión sistémica, involucra la escala temporal del tiempo atmosférico y de la variabilidad climática, por lo que se considera apropiado hacer una ampliación aclaratoria acerca de algunas definiciones y términos meteorológicos, que por ser ampliamente usados no son siempre coincidentes.

Por ello es dable comenzar con las definiciones para evitar la confusión y asegurar la uniformidad aceptadas por la Organización Meteorológica Mundial:

El **Tiempo** está asociado con el estado completo de la atmósfera en un instante particular y con la evolución de ese estado a través de la generación, crecimiento y decaimiento de las perturbaciones individuales.

El **Clima** es la síntesis del **Tiempo** en la totalidad de un período, básicamente bastante largo, para establecer un conjunto de propiedades estadísticas (media aritmética, varianza, probabilidades de eventos extremos, etc.) y es ampliamente independiente de cualquier estado instantáneo.

La **Variabilidad** se entiende como la variación entre un número de estados climáticos del mismo tipo, (por ejemplo, variabilidad mensual, estacional, anual o decádica) y de los estados climáticos individuales (Global Atmospheric Research Programme-GARP, 1975).

Fluctuación Climática es una inconsistencia climática que consiste en cualquier forma de cambio sistemático, sea regular o irregular. No se tienen en cuenta las tendencias y discontinuidades.

Variabilidad Climática incluye los extremos y las diferencias de valores mensuales, estacionales y anuales, con el valor climatológicamente esperado (media temporal). Las diferencias son normalmente llamadas anomalías.

Cambio climático, abarca todas las formas de inconsistencia climática. Señala un cambio a otro estado medio climático caracterizado por diferentes promedios de las variables atmosféricas. Es decir, se manifiesta por una tendencia en las variables climáticas durante un período prolongado de tiempo (décadas a centenas de años).

En el Anexo B, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) lo define como importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos.

El Niño, Oscilación del Sur (*ENOS* por su acrónimo en inglés ENSO) es la interacción de un fenómeno oceánico-atmosférico, que ocurre en la región del océano Pacífico tropical, cuyo elemento central está relacionado a la **variabilidad climática de corto plazo**. Mientras que el enfriamiento anormal de las aguas del océano Pacífico ecuatorial, se denomina **La Niña**.

Las definiciones enunciadas se consideran inicialmente como criterios de significación estadística e implica, de forma más amplia, que el clima se ve como un proceso que no es estacionario en una escala larga de tiempo, pero puede ser aproximado por un proceso estacionario en una escala más corta de tiempo (de unas pocas décadas). Dentro de esta escala de tiempo más corta, se considera apropiado hablar de "Climas Normales" representando las tendencias centrales alrededor de las cuales el clima fluctúa. Estas fluctuaciones son las que constituyen la variabilidad climática.

Es así, que la importancia del conocimiento del agua subterránea en los BBSS, asociada a la variabilidad meteorológica, permite asumir que los datos de niveles

freáticos representan datos climáticos filtrados. Por ello, la ocurrencia de eventos climáticos extremos puede afectar a la producción a través de excesos o déficits en las precipitaciones.

Agua Subterránea

El sistema subterráneo reacciona ante diferentes acciones ya sean naturales o antrópicas. La natural, está representada por la recarga, que en su expresión general, es el agua que percola a través de la zona no saturada, llega al acuífero y produce ascensos medibles del nivel, Sophocleous (1991). Esta recarga puede provenir de diversas fuentes naturales como de las lluvias, de la vinculación entre acuíferos (ascendente, descendente o lateral), y/o por la conexión de un curso superficial con el medio subterráneo. Asimismo, pueden ocurrir combinaciones más o menos complejas debido a los dos casos anteriores. La variabilidad de la recarga se produce a diferentes escalas espaciales y temporales, manifestando distintas respuestas por varios factores o a la conjunción de ellos, por la posición geográfica, por la distancia de la zona de recarga al punto de observación, al clima y a las características geológicas e hidrogeológicas entre las más importantes. Como así también para un mismo sitio, la recarga puede manifestarse como una fuente local, regional o ambas. Sumado todo ello a la intensidad, duración de lluvia y al estado de humedad de la zona no saturada al momento de producirse los eventos de precipitación, Venencio y Varni (2003). También es de conocimiento, que en la región el clima muestra correlaciones significativas con lo que ocurre en el Océano Pacífico Tropical y otras regiones oceánicas del planeta. Por ejemplo el fenómeno de El Niño Oscilación Sur (ENOS), con la alternancia de *fluctuaciones climáticas* que pueden ocasionar graves inundaciones o sequías (ausencia de recarga), donde el tiempo de paso de un período de exceso hídrico a uno de escasez y viceversa, puede ser muy corto. Estos eventos de macro escala (El Niño–La Niña) que forman parte de la variabilidad climática ejercen un impacto, cuya magnitud dependerá de la intensidad del fenómeno.

Por ello, es de suma importancia considerar la asociación entre la respuesta del nivel freático con la variabilidad de la precipitación, ya que vulnera a superficies destinadas a determinadas actividades productivas.

Tendencia en la precipitación

Se analizó la variabilidad interanual de la precipitación con datos de las **estaciones del SMN Aero de Reconquista** para el periodo 1950/2019 y de **Ceres** en el periodo 1928/2019, Figura 9.1 (a y b) respectivamente.

El cambio de tendencia más significativo del siglo XX, detectado por el Test de Mann, Sneyers (1975), es aproximadamente coincidente con un salto en la media en 1970, García y Vargas, (1998), que permite demostrar que aproximadamente en ese año hubo un importante quiebre climático, definiendo al inicio de ese periodo como hiperhúmedo. Estos autores mostraron la siguiente variabilidad climática: un periodo semihúmedo en 1918/20, otro periodo húmedo se extiende desde 1918/20 hasta 1943/44 y finalmente uno seco hasta 1970/71. Estos resultados pueden considerarse un rasgo climático temporal.

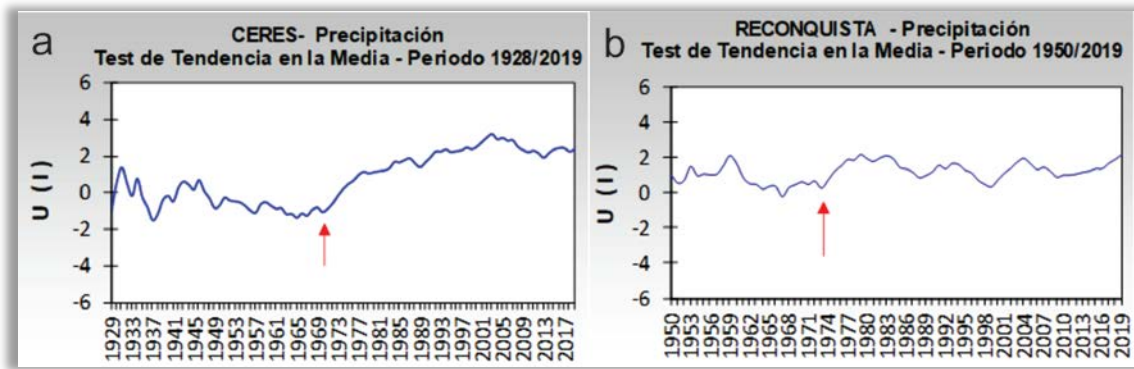


Figura 9.1. a y b. Tendencia en la precipitación.

Por otra parte la intensidad, duración y magnitud de los eventos extremos se determinaron para ambas estaciones con la construcción de índices estandarizados de precipitación (Standard Precipitation Index, SPI por su sigla en inglés). El SPI se determina normalizando la precipitación mediante una función de densidad de probabilidad descrita por McKee *et al.* (1993, 1995), Edwards y McKee (1997) y Guttman (1998). Los valores de SPI positivos indican una precipitación mayor que la media, donde se pasa a un extremo húmedo a partir de un valor 1 a un rango >2 que corresponde a extremadamente húmedo. Mientras que para los valores negativos (menores a la precipitación media) se interpreta como una sequía, que comienza cuando el valor del SPI es igual o inferior a -1 acentuándose para el rango < -2 equivalente a una sequía extrema. El rango de -1 a 1 se considera normal. Este índice se calcula para escalas temporales comprendidas entre los 3 a 36 meses, donde en este trabajo se muestra la escala de 12 meses para representar a los eventos extremos, Figuras 9.2 y 9.3. Obsérvese en estas Figuras un mayor número de eventos extremos húmedos a partir de 1970/72 que secos. Se mencionarán los resultados sólo para el rango equivalente a una sequía extrema.

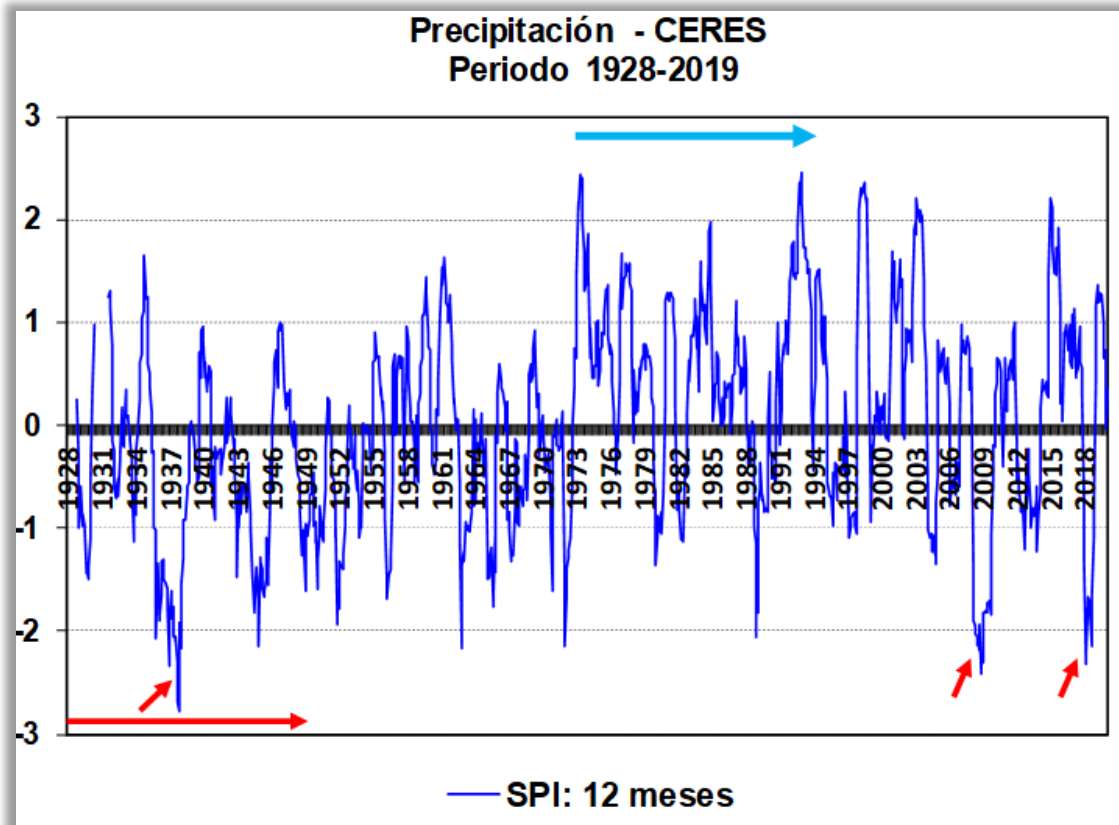


Figura 9.2. Índice SPI. Ceres

Los resultados indican siete eventos de sequías extremas entre 1935 al 2019, donde el de mayor duración (señalados con flecha de color rojo) de 36 meses fue entre 1935 y 1938; la de 21 meses de duración entre junio 2008 y el 2010 y una de 10 meses de duración desde marzo de 2018 a enero de 2019, Figura 9.2. Mientras que en Reconquista, Figura 9.3, se identifican cuatro eventos extremos (indicados con flechas color rojo) donde el de mayor duración de 22 meses se señala entre 1956 y 1958; y de 14 meses entre octubre 2008 al 2009, durante un evento La Niña moderada.

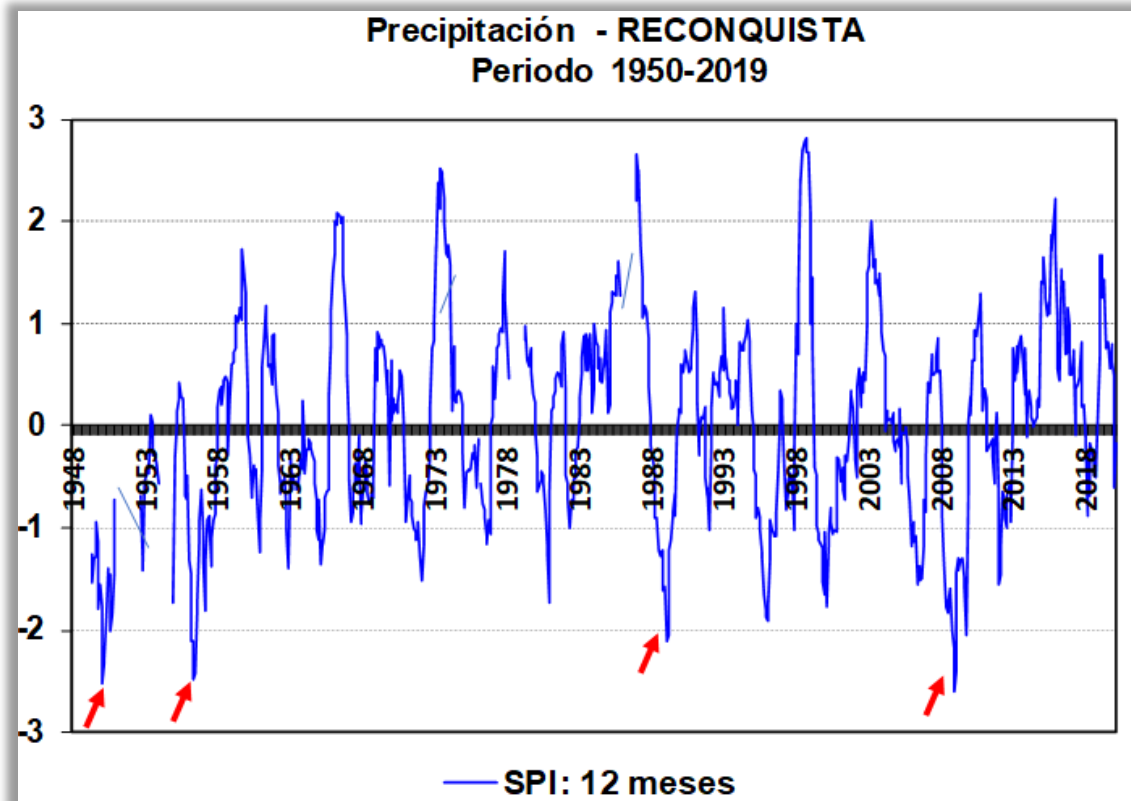


Figura 9.3. Índice SPI. Reconquista

Estos periodos se los puede asociar a eventos de El Niño y La Niña en el siglo XX, por ejemplo, La Niña fuerte en (1938/1939 y 1998/1999) y El Niño fuerte en 1939/1941; y El Niño muy intenso en 1982/1983 y 1997/1998. Mientras que para el siglo XXI, sólo se mencionan los eventos tales como La Niña fuerte entre agosto 2010 y mayo 2011, El Niño muy intenso entre mayo 2014 y junio 2016 y La Niña leve entre octubre 2017 a marzo 2018. En la variabilidad interanual también se detectaron la presencia de ciclos de entre 2 y 6 años vinculados con los eventos de El Niño para excesos, y La Niña para déficits, Venencio y García (1998), aunque hay que tener claro, que también los excesos pueden producirse en periodos La Niña.

Vinculación de Precipitación con el acuífero libre

Investigaciones sobre acuíferos, en la Provincia de Santa Fe, permitieron observar la afectación por fluctuaciones climáticas significativas que se manifestaron en el acuífero libre. Como ejemplo, y por contar con datos de precipitación y nivel freático para un periodo simultáneo 1970/2000, se muestra el resultado de un análisis para un extremo -de déficit de agua precipitada- en las localidades de Reconquista y Villa Minetti.

Para ello, cabe realizar una aclaración conceptual, por cuanto el uso de la palabra sequía solo tendrá connotaciones meteorológicas y se referirá únicamente a períodos con déficit de precipitación desde el punto de vista estadístico. La detección de años con déficit de agua, o de aquellos años en que pudieron haberse producido sequías estacionales se realizó mediante la aplicación del criterio “decílico”, ordenando las series de precipitación por año hidrológico e intervalos de clases o “deciles” sobre el

registro completo de las lluvias que ocurrieron en cada estación pluviométrica durante el Siglo XX. Si la precipitación se encuadra dentro de los tres primeros “deciles” se considera que el año o la estación corresponde a un período seco, considerando los períodos secos que se encuadren dentro del primer decil como “fuertes”, en el segundo decil como “moderados” y los que correspondan al tercer decil como “débiles”.

Esta aclaración de concepto, es importante ya que el déficit en la disponibilidad de agua, no siempre está vinculado a las sequías y eventos La Niña, dado que en los procesos hidrometeorológicos es más razonable aceptar que estos fenómenos de gran escala, que generalmente tienen frecuencias bajas, modulen la intensidad de los fenómenos de menor escala, que generalmente tienen frecuencias altas. En este marco se muestra como ejemplo un antecedente donde se determinaron los años de sequías anuales con diferente grado de intensidad y los años La Niña, para el período 1969-2001; (Tabla 9.1 y 9.2), y las sequías estacionales (Tabla 9.3).

En la Tabla 9.1 se corrobora que no todos los años La Niña son secos y viceversa. Desde el punto de vista estacional los períodos con déficit de agua fueron mucho más frecuentes que a nivel anual, en este sentido se observa una mayor frecuencia de períodos secos invernales y estaciones de transición. Estas sequías -en términos relativos- fueron más severas en invierno y estaciones intermedias, y menos frecuentes y severas en verano. Ello es debido a las características convectivas de las precipitaciones estivales.

Tabla 9. 1. Sequías anuales y años La Niña. 1969/2000. [Fuertes (rojo), Moderadas (verde), Débiles (azúl)]

Años LA NIÑA	Reconquista	Villa Minetti
	1969	1969
1970		1970
1973		
		1974
1975	1975	
	1981	1981
	1987	
1988		1988
	1993	
	1994	
1995		1995
1998	1998	
1999	1999	

Tabla 9. 2. Sequías estacionales 1969/2000 [Fuertes (rojo), Moderadas (verde), Débiles (azúl)]; (SON: Setiembre, Octubre, Noviembre; DEF: Diciembre, Enero, Febrero; MAM: Marzo, Abril, Mayo; JJA: Junio, Julio, Agosto)

Año	Reconquista				Villa Minetti			
	SON	DEF	MAM	JJA	SON	DEF	MAM	JJA
1969	X				X	X		
1970				X	X			X
1971	X	X				X		
1973	X			X				
1974	X					X		
1975	X			X				X
1976	X				X			
1977							X	
1978							X	
1979		X		X				
1980								
1981		X	X				X	
1982							X	
1983			X					X
1985		X				X		
1986								
1987	X			X	X			X
1988	X	X			X	X		
1991					X			
1992				X				X
1993		X	X	X				
1994	X		X	X	X			X
1995	X			X	X		X	X
1996			X				X	X
1998	X		X				X	
1999	X	X		X	X			X

Respuesta del acuífero libre

El análisis de precipitación de los años secos y La Niña para el periodo 1969-2001 se relacionaron con la respuesta del nivel freático. El déficit se manifiesta en el acuífero libre, tanto en los años de sequías, Figura 9.4, como para los años La Niña, Figura 9.5, donde se observa, sin excepción, una profundización en el tiempo en forma gradual del nivel freático.

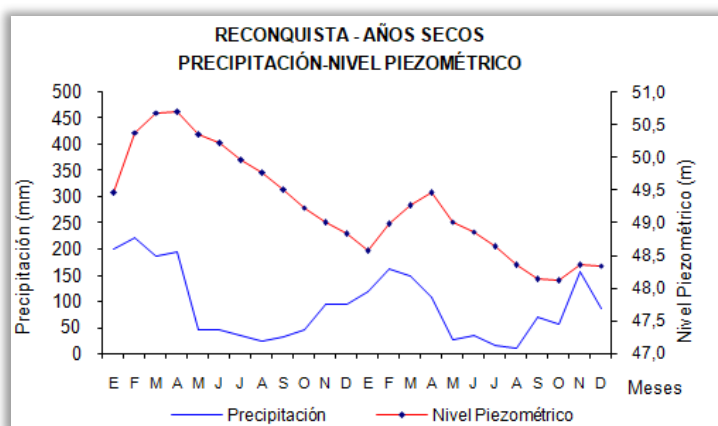


Figura 9. 4. Precipitación-Nivel freático en años de sequías

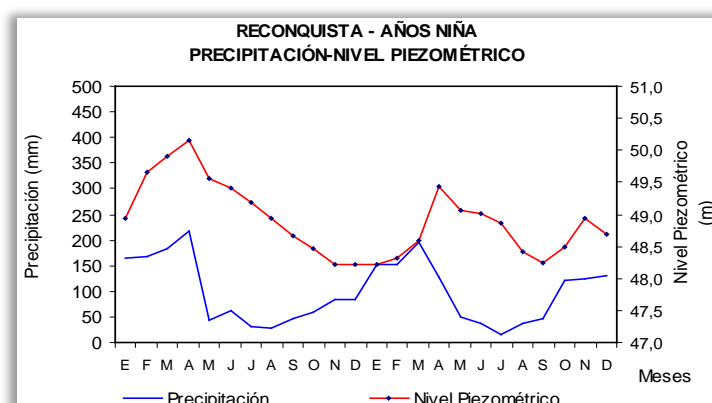


Figura 9. 5. Precipitación-Nivel freático en años La Niña

Se observa que el comportamiento del nivel freático en los años La Niña no presenta la misma uniformidad que en los años secos.

Con la Tabla 9.3 se sintetiza lo expresado precedentemente para el periodo de análisis, en función de los montos medios de precipitación (P) y la fluctuación del nivel freático (ΔNF). Se presentan magnitudes mayores en la variación de los niveles en los años secos que en los años La Niña. Ello se debe a que los montos de agua precipitada durante los años La Niña fueron mayores a los de los años secos como ya se puntualizó.

Tabla 9. 3.Comparación entre años secos y años La Niña

Localidad	Años Secos		Años LA NIÑA	
	P (mm)	ΔNF (m)	P (mm)	ΔNF (m)
Reconquista	837	2.54	1043	1.96
Villa Minetti	625	3.49	-	-

Proyecciones climáticas futuras

Según Camillioni (2018) las proyecciones de cambio de la temperatura media anual y precipitación para Argentina para un horizonte temporal cercano (2021-2040) respecto del período 1986-2005 se muestran en la Figura 9.6. Estas proyecciones fueron elaboradas considerando las simulaciones provistas por un conjunto de 42 modelos climáticos globales correspondientes a la Fase 5 del Programa de

Intercomparación de Modelos Climáticos (CMIP5) para el escenario de emisiones intermedio RCP4.5 que implica una concentración de CO₂ de algo más de 550 ppm para fin de este siglo.

Para el futuro cercano se espera que el calentamiento pudiera incrementarse entre 0.5 °C y 1°C en la mayor parte del país superando estos valores en el extremo NO. Con respecto a las proyecciones de cambios en la precipitación, en el futuro cercano habría un aumento en el centro-este del país de aproximadamente 90 mm/año. En la Figura 9.6, se indica con un recuadro negro la región de interés.

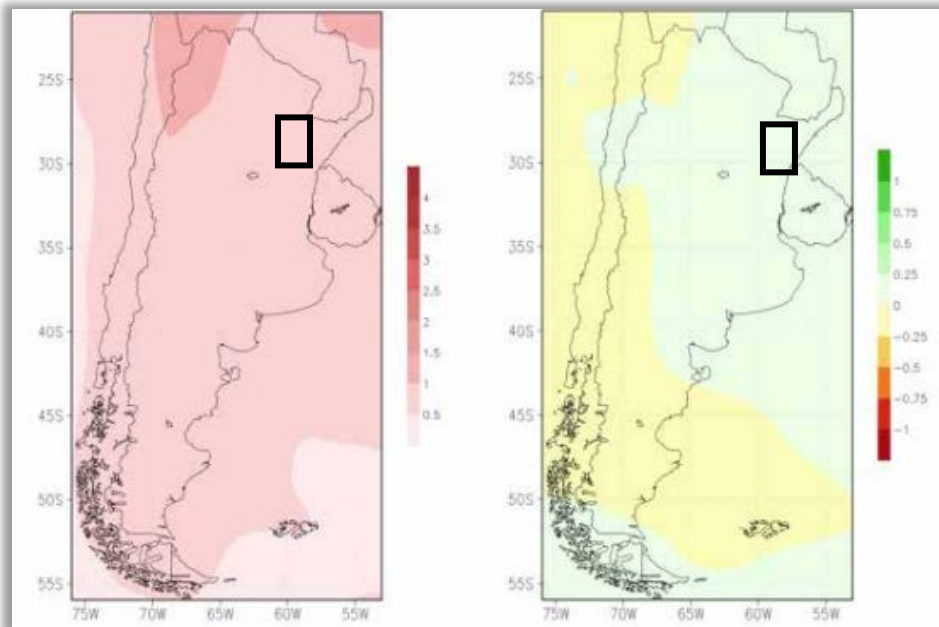


Figura 9.6. Cambios proyectados para la temperatura media anual (°C) y la precipitación (mm/día) -para el período 2021- 2040 según el escenario RCP4.5. (Tomado de Camillioni I., 2018).

Habiendo analizado la relación entre la entrada climática (mediante la precipitación) y el comportamiento del acuífero libre (mediante los niveles freáticos), se infiere que un aumento promedio regional de la temperatura y de la precipitación ya señalado, modificará la disponibilidad de agua subterránea, Venencio y García (2006).

Conclusiones

De lo expuesto se concluye:

- Los resultados son indicativos de la vulnerabilidad del medio subterráneo a los eventos climáticos, y en consecuencia se destaca la importancia de vincular la acción del ciclo hidrológico a la producción, que repercuta sobre las economías locales y regionales.
- El lapso de tiempo entre un período de exceso hídrico a uno de escasez y viceversa, puede ser muy corto, pero excepto que haya acumulaciones hídricas en superficie (inundaciones), los déficits en las precipitaciones son las situaciones que más comprometen a la economía regional.
- No todos los años La Niña, son secos y viceversa.

- El déficit se manifiesta claramente en la respuesta del acuífero libre, tanto en los años de sequías como para los años La Niña, donde, sin excepción, se verifica una profundización gradual del nivel freático en el tiempo.

Con respecto al Cambio Climático estimado para el periodo 2021/2040 se infiere que un aumento promedio regional de la temperatura y de la precipitación, modificará la disponibilidad del sistema subterráneo. Este impacto se producirá, como consecuencia del acople espacio-temporal del sistema atmósfera-acuífero.

El sistema subterráneo ha sido analizado asumiendo la entrada natural de la precipitación desde el punto de vista estadístico, pero los ascensos/descensos del nivel freático son la respuesta a esa entrada y a un sistema antropizado.

Referencias

- Camilloni, I. (2018). Argentina y el cambio climático. <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/11/1-Camilloni-cei68-5-2.pdf>
- García, N.O. and Vargas, W.M., (1998). The Temporal Climatic Variability in the Rio de la Plata Basin Displayed by the River Discharges. *Climatic Change*, 38, pp. 359-379.
- Edwards, D. C. and T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- GARP (1974). Publications Series, 16. The Physical basis of climate and climate modelling: report of the International Study Conference in Stockholm, 29 July - 10 August 1974, organised by WMO and ICSU and supported by UNEP
- Guttman, N.B., 1998: Comparing the Palmer drought index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1):113–121
- McKee, T.B.; Doesken, N. J. y Kliest, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society. Boston, MA. pp: 179-184
- Sneyers, R. (1975). Sur l'analyse statistique des series d'observations. Technical Note No 143, WOM, Geneva, Switzerland.
- Sophocleous, M. (1991). Combining the soil-water balance and water-level fluctuation methods to estimate natural groundwater recharge: practical aspects. *J Hydrol* 124: pp: 229-241
- Venencio, M. y Garcia, N.O (1998). Predictability of Water Table Level from The El Niño-South Oscillation (ENSO) Phenomenon in The Pampa Humeda (Argentine). 14th Conference On Hydrology. 10-15. Dallas-Texas. pp. 363-366.
- Venencio, M.V. y García, N.O., (2000). Spectral Relationships Between Precipitation and the Unconfined Aquifer. Preprints of AGU Fall Meeting 2000, American Geophysical Union, San Francisco, USA.

- Venencio, M. V., (2000). Climate Variability and Water Resources. Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. 3-7 April 2000. Santiago, Chile. pp. 308-311 de abril 2000.
- Venencio, M.V. y García, N.O., (2002). Interacción entre El Niño y el Acuífero Libre. Taller EL NIÑO: SUS IMPACTOS EN EL PLATA Y EN LA REGIÓN PAMPEANA. La Plata, 13 de Junio, 2002. pp 15-18.
- Venencio, María, (2002). “Análisis de la variabilidad del clima y su impacto en el acuífero libre con fines de riego en la Provincia de Santa Fe”. Convenio INA-FICH. Proyecto de investigación. Informe Final: pp. 60. Diciembre 2002.
- Venencio, M.V. y Varni M., (2003). DE LOS MÉTODOS ESPECÍFICOS PARA CUANTIFICAR LA RECARGA. VI Congreso Argentino de Hidrogeología IV Seminario Hispano-Latinoamericano de Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Santa Rosa, La Pampa (Argentina). 24 al 28 de Agosto. pp. 43-52. ISBN: 978-987-1082-39-1
- Venencio, M.V. & García, N.O.; (2005): “Impacto de las sequías en la recarga natural al acuífero libre”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volumen 10, No.1, pp: 1-12. ISBN: 1414-381
- Venencio, M.V. y García, N.O., (2006). EL COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN Y EL ACUÍFERO LIBRE EN LA REGIÓN SANTAFESINA Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO. VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. 25 al 29 de Septiembre, 2006 – Asunción, Paraguay
- Venencio, M.V., (2007). La Recarga Natural al Acuífero Libre y su Vinculación con la Variabilidad Climática Regional”. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 254 p.
- Venencio, M.V. & García, N.O. (2011). INTERANNUAL VARIABILITY AND PREDICTABILITY OF THE WATER TABLE LEVEL AT SANTA FE PROVINCE (ARGENTINA) WITHIN THE CLIMATIC CHANGE CONTEXT. Elsevier Editorial. Journal of Hydrology. Vol 429 (2011) 62–70. ISSN: 0022-1694
- Venencio, M.V. y Sosa, D. C.,(2014). Asociación del agua subterránea con las actividades productivas en la Provincia de Santa Fe (Parte 2). 2do. Congreso Internacional de Hidrología de llanuras. Santa Fe, Argentina. Setiembre 23 al 26.
- Venencio, M.V.; Sosa, D. C.; Diaz, E. L. (2016). Aporte a la valoración de las fuentes de agua subterráneas con destino a riego complementario. IX Congreso Argentino de Hidrogeología. Catamarca. 20 al 23 de Setiembre 2016.E. 1º edición ed. Científica universitaria. Secretaria de Ciencia y Tecnología Universidad de Catamarca ISBN 978-987-661-224-1. Hidrogeología Regional.

Parte II - Manejo ganadero en situaciones de emergencia hídrica en los BBSS

Rosatti, G.

Introducción

La ganadería, principalmente de cría, que se realiza en los Bajos Submeridionales en condiciones extensivas se encuentra en ocasiones condicionada a situaciones de emergencia hídrica dado por sequías o por inundaciones de menor o mayor intensidad. Estas situaciones podrían provocar pérdidas productivas y económicas significativas si no se toman medidas adecuadas de manejo.

Las sequías y las inundaciones son fenómenos contrapuestos, sin embargo, ambos afectan principalmente al forraje y a la salud de los animales y, consecuentemente, a la producción. La gravedad del efecto dependerá de la estación climática del año en que se produce el evento y de la duración de este; La finalización de sequía o inundación durante el otoño o invierno afectará más a las pasturas (naturales o implantadas) dado que posteriormente la recuperación de estas será mínima o nula comparada con la finalización en primavera o verano. Por otro lado, los períodos largos de duración de las crisis afectarán más al forraje disponible y a la capacidad de este para recuperarse que cuando se producen por períodos cortos de tiempo.

La presentación de las sequías es más prolongada y por lo tanto, la urgencia es menor que en las inundaciones. Asimismo, durante las sequías los animales podrán seguir utilizando los potreros y no se presentarán problemas para el traslado de animales y/o alimentos dentro o fuera del campo. Sin embargo, en la cuenca de los Bajos Submeridionales es común la falta de agua de calidad para el abrevado de los animales en años normales, lo que se intensifica en períodos de seca por lo que la situación tendrá que ser atendida urgentemente. Un evento con estas características, sucedió en el 2008 y 2009, en ese entonces murieron miles de animales y los productores solo pudieron paliar parcialmente la situación mediante el ingreso de agua de bebida a los campo por medio de camiones provistos de tanques.

Por otro lado, durante las inundaciones, los animales tendrán que salir necesariamente de los potreros anegados para dormir en un lugar alto y seco y aunque el retiro del agua se produzca rápidamente, los potreros quedarán inutilizados para evitar el pisoteo y la destrucción del forraje disponible. En algunos casos, existen dificultades para sacar animales o ingresar alimentos al campo dependiendo del estado de los caminos.

Cada situación merece un estudio en particular, no obstante y considerando lo anterior se puede describir pautas generales que permitirían paliar la emergencia hídrica y disminuir las pérdidas frente a una inacción.

Dado que la sequía o inundación afecta por igual al recurso forrajero disponible se podría pensar en trasladar los animales a otra zona con disponibilidad forrajera o ingresar alimento al campo, ambas estrategias implicaría altos costos de fletes y alimentos. Sin embargo, se podrían plantear medidas de manejo que tiendan a adecuar la carga y a favorecer la alimentación y la salud de los animales.

Pautas generales de manejo

En una emergencia hídrica, las acciones planificadas en la producción ganadera se verán comprometidas, por lo que será necesario una nueva planificación para los próximos meses teniendo en cuenta los efectos que se produjeron, la estación del año y los pronósticos climatológicos. Por lo tanto, el primer paso a realizar es un diagnóstico general de la situación forrajera de cada lote, de las aguadas principalmente en sequías durante primavera-verano e instalaciones, dormideros y caminos para el caso de inundaciones. Además, será importante tener una idea sobre la condición corporal y el estado sanitario de los animales para evaluar posibles traslados y determinar el manejo nutricional, reproductivo y sanitario.

Sin embargo, será esencial dada su importancia para la vida de los animales, evaluar de forma permanente la cantidad y calidad del agua de bebida en situaciones de sequías. La calidad del agua depende del contenido salino, para lo que se recomienda evaluar la conductividad eléctrica, por medio de un conductímetro, y tomar muestras para un análisis químico. Mientras que, en las inundaciones habrá que relevar rápidamente la disponibilidad de potreros y de dormideros en los mismos. Cada animal deberá disponer, por lo menos, de 3 m² de altura con suelo seco o al menos sin agua para dormidero. En el caso de potreros anegados sin suelo seco, se tendrá que utilizar parte de algún potrero cercano que cuente con una loma.

Ajuste de la carga animal

Después de realizar un diagnóstico general de la situación se recomienda adecuar la carga animal para esto hay relevar el tipo y cantidad de reservas forrajeras (rollos, fardos, silajes, granos y subproductos de la industria) y la cantidad y calidad de forraje disponible en los potreros.

Para estimar la cantidad de forraje se podría utilizar la relación entre altura y cantidad de pasto (en Kg de materia seca/ha), según se trate de pastos cortos (pasto horqueta, gramilla, etc.) o pastos altos -espartillo, paja amarilla, etc.- (Tabla 9.4). Mientras que, para estimar la calidad del forraje se podría realizar un inventario del tipo y estado fenológico de las pasturas. De esta manera, se logra estimar la oferta forrajera.

Asimismo será necesario una reducción de la carga animal con relación a la que normalmente se tiene en el establecimiento, una falta de decisión o una decisión tardía en este sentido se pagará con mortandades y baja productividad en el mediano plazo debido a un deterioro variable de la condición corporal según la categoría y estado fisiológico y sanitario de los animales. Frente a una situación de riesgo es preferible vender hasta llegar a una carga que se pueda manejar con seguridad. Por lo que se recomienda evaluar distintas alternativas para el traslado (pastajes,

capitalizaciones, etc.) y/o venta de las categorías menos priorizadas desde el punto de vista productivo.

Tabla 9.4. Estimación de materia seca (MS) disponible por hectárea (ha) según la altura de pastos cortos y largos.

Altura (cm)	Pastos cortos: pasto horqueta, gramilla, etc. (Kg MS/ha)	Pastos largos: espartillo, paja amarilla, etc. (Kg MS/ha)
10	1000-1200	800-1000
20	1800-2400	1800-2400
30	2700-3200	3300-3700
> 30		4500-5000

Un criterio general para un rodeo de cría es mantener vaquillas y vacas que tengan mayores posibilidades de mantenerse y volver a la producción en el menor tiempo posible. Se priorizará mantener en el campo vaquillas y vacas preñadas que no sean viejas y en buen estado de salud. Para el diagnóstico de preñez, idealmente se aconseja la utilización del tacto o la ecografía transrectal, siempre y cuando se pueda utilizar una manga y un cepo. En el caso contrario, se recomienda por lo menos realizar una clasificación a campo de las vaquillas y vacas, con la misma finalidad que el tacto rectal, en vientres con preñez «revelada» o visible para el personal con experiencia y vientres vacíos o con preñez no visible.

En un establecimiento dedicado exclusivamente al engorde, se mantendrán aquellos animales que en el corto plazo podrán finalizar la etapa de engorde.

A continuación se lista recomendaciones acerca de la priorización de traslado y/o venta y de la modalidad a la que se podrían adaptar algunas categorías:

- Terneros destete: debe salir urgentemente del campo. Esta categoría quizás sea la más fácil de vender y al mejor precio y se podría adaptar a pastaje, capitalización o recría a corral.
- Novillitos y novillos: ya sea para internada o para faena. Evaluar la posibilidad de pastaje. Se venden con facilidad. Los novillos próximos a terminar el proceso de engorde puede retenerse para su terminación a corral.
- Vacas vacías o con preñez no visible gordas: se deben vender urgente. Aún las vacas conserva buena, pueden entrar en esta categoría.
- Vacas de primer parto vacías: probablemente la causa de estar vacía es nutricional por lo que, según su cantidad, se pueden seleccionar las mejores en cuanto a fenotipo y calidad carnicera así como en edad para continuar como vientres, y el remanente vender para internada. Esta categoría, en caso de necesidad, puede ser íntegramente vendida. Pero las mejores vacas vacías deberían tener prioridad de retención (en caso de optar) sobre aquellas vaquillas que sean entorables ya que su productividad será mayor en el corto plazo y el mantenimiento del estado corporal es más fácil.

- Vaquillas de reposición: clasificarlas según tipo, estado, condición corporal y peso, en entorables y no entorables y decidir en consecuencia. Se deben vender parcial (no entorables) o totalmente según las posibilidades del campo. Es una categoría en la cual es muy justificable pagar pastajes de corto plazo o en las cuales se puede utilizar suplementación estratégica para sortear la crisis invernal, si se estima que la recuperación del campo será rápida.
- Terneras destete: realizar la clasificación para realizar el traslado y/o venta de aquellas que fueron descartadas. Esta categoría acompaña al destete de terneros macho en cuanto a opciones de venta y capitalización o recría a corral.
- Vacas preñadas y con cría: se debería destetar de forma urgente y permanecer en el campo.
- Toros y toritos: clasificar y vender aquellos animales no aptos o que no serán necesarios para la nueva situación en cuanto a vientres que permanecerán en el campo.
- Equinos: proceder también a evaluar la situación en cuanto a montados y manadas. Se debe adecuar su número a las necesidades reales.
- Recomendación: para vender parcialmente alguna categoría de hacienda, seleccionar para quedarse con las mejores y no vender al corte.

Otra posibilidad para ajustar la carga es comprar alimentos (rollos, fardos, granos y subproductos de la industria) para cubrir los requerimientos de los animales que se mantendrán en el campo en el caso que la cantidad de forraje disponible no sea suficiente o para el caso que la situación se agrave más de lo previsto. De tener que recurrir a la compra de alimentos, se recomienda el asesoramiento para que la formulación de la ración (tipo y cantidades) sea lo más ajustada posible para el mantenimiento del peso vivo de cada una de las categorías, lo que implica una clasificación y separación de los animales de acuerdo a las necesidades nutricionales.

Por otro lado, se tendrá que tener en cuenta algunos aspectos generales cuando se suministran granos o subproductos industriales:

- Disponer de comederos suficientes para evitar pérdidas que se ocasionarían si son suministrados en el suelo.
- El suministro debe realizarse al menos una vez al día.
- En los primeros 10 a 20 días del inicio de la suplementación, se sugiere aumentar gradualmente cada 3 ó 5 días la cantidad alimento hasta lograr la ración total recomendada para adaptar el rumen a la nueva dieta y evitar disturbios ruminales que podrían terminar con la vida de los animales.

Manejo del pastoreo

Si las condiciones lo permiten se recomienda dividir con boyero eléctrico en franja aquellos potreros que serán pastoreados para un uso más racional del forraje,

permitiendo la rotación entre franjas durante una inundación o controlar la cantidad de forraje a consumir por día (o por horas) durante una sequía.

El pastoreo durante una sequía finaliza indefectiblemente cuando se termina el forraje. Mientras que en inundaciones se podrá rotar entre potreros o franjas con disponibilidad forrajera y de esta manera se evitará sobrepastoreos y se permitirá el rebrote de las plantas. Sin embargo, en potreros anegados con pasturas cultivadas, se recomienda evitar el pastoreo para proteger la longevidad de las mismas, pero con pastizales naturales, monte o gramillares de cañada se puede pastorear sin perder de vista la sobrecarga animal.

Otro aspecto a tener en cuenta es la presencia de plantas tóxicas, en los lotes, alambrados o corrales, dado que los animales pueden consumirlas en casos extremo de hambre por encierres prolongados o por falta de forraje. La ingestión de plantas tóxicas podría provocar enfermedad o muerte de los animales.

Manejo del rodeo

Manejo reproductivo

Cuando se realiza el diagnóstico de preñez se aconseja estimar los días de gestación y evaluar la condición corporal de vacas y vaquillas preñadas con el propósito de categorizarlas y darle prioridad alimenticia a los animales con gestaciones avanzadas y condiciones corporales bajas. Por otro lado, a las vacas que permanecieron en el campo con cría al pie, se sugiere destetarlas cuanto antes mediante las técnicas de destete hiperprecoz, precoz o anticipado de acuerdo a la edad de los terneros para disminuir considerablemente los requerimientos nutricionales de la vaca y para evitar la muerte de terneros en caso de inundaciones.

Respecto de las vaquillas de reposición, si éstas aun no sido entoradas se debe retrasar o suspender el entore hasta que cambien las condiciones limitantes o hasta la primavera-verano. Si la emergencia se presenta en primavera-verano y el establecimiento realiza servicio estacionado analizar el inicio, retraso o finalización del entore.

Manejo sanitario

Los animales en una emergencia hídrica sufrirán un deterioro del estado corporal por la falta de alimento y stress (en inundaciones); de esta forma aumentará la susceptibilidad a las enfermedades infecciosas, por lo tanto una de las primeras y principales medidas es la observación permanente de los animales por posible presentación de signos clínicos, si esto sucediera realizar la consulta veterinaria correspondiente. A la vez se podría implementar un plan sanitario de contingencia de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes para prevenir potenciales enfermedades. Para el caso exclusivo de las inundaciones podrían aparecer problemas podales y en primavera-verano ectoparásitos (tábanos, mosca brava, mosquito y garrapata) lo que requerirá atención veterinaria urgente.

Encierres a corral

Es posible utilizar encierres temporarios para paliar la situación, principalmente durante sequías, dado que no hay limitaciones de caminos para el ingreso de alimento al establecimiento y de piso en los corrales. En el caso de inundaciones también es posible realizar encierres temporarios, pero según el tamaño de los animales se debe prever entre 5 y 8 m² de corral por animal, y asegurar entre 3 y 5 m² de corral seco por animal para dormidero. La falta de piso en los corrales es la principal causa de la baja ganancia diaria de peso vivo.

El plan nutricional y sanitario que se aplicará estará ideado de acuerdo a la categoría que se encierre y al objetivo que se persiga en cuanto al mantenimiento o ganancia de peso vivo de los animales.

Como se mencionó anteriormente el destete hiperprecoz, precoz y anticipado son herramientas de gran importancia para aplicar en una emergencia hídrica. Los terneros y terneras destetadas se podrían enviar a zonas no afectadas o permanecer en el campo siempre y cuando sean encerrados de forma segura en uno o más corrales localizados en un lugar seco provisto de agua en cantidad suficiente y de buena calidad y sombra, principalmente en primavera-verano. Además, se deberá alimentar y realizar un manejo sanitario estricto de acuerdo a las recomendaciones técnicas vigentes para ganar peso dado que estos animales no pueden ser restringidos alimentariamente. Los productores que no han implementado la técnica deberán consultar a un asesor para evitar mortandades de terneros.

Instalaciones

Otros de los aspectos a tener en cuenta es la infraestructura en los establecimientos que son anegados, las instalaciones y las aguadas (fuente de abastecimiento, depósitos y bebederos) podrían sufrir roturas a causa del agua, esta situación obligará a realizar las reparaciones correspondientes cuando las condiciones climáticas y el estado de anegamiento de los campos lo permitan. Hay que tener presente que las instalaciones son indispensable para tratamientos de emergencia, vacunaciones y traslados, como también para la realización de los tactos y separación de los animales. Respecto de las instalaciones en sequías, no se presenta problemas, pero dada las características regionales se recomienda la inversión de instalaciones para un manejo eficiente del agua de lluvia complementada con la de otras fuentes (superficial y/o subterránea) que aseguren disponibilidad de agua en cantidad y calidad en épocas de crisis. De lo contrario, el único abastecimiento posible es ingresar agua a los campos mediante camiones con tanques.

Las recomendaciones propuestas tienen por finalidad disponer de información para actuar en emergencias hídricas. Es evidente que en muchos casos no se podrá llevar a cabo, principalmente durante las inundaciones por falta de acceso a los establecimientos, piso y/o condiciones de las instalaciones. Pero a los efectos de minimizar las pérdidas, es necesario actuar lo más decidida y rápidamente posible de acuerdo a los lineamientos propuestos.

Referencias

Carrillo (1997). Manejo de un Rodeo de Cría (2° Edición), Cap. XVII: Manejo del rodeo de cría en situaciones de emergencia. Editorial Centro Regional Buenos Aires Sur, INTA, pp. 359-376.

Centro Regional Santa Fe, INTA (2016). Propuestas técnicas para disminuir el impacto de inundaciones en la provincia de Santa Fe, Cap.: Algunas recomendaciones para el manejo reproductivo del rodeo de cría ante situaciones de crisis (Rosatti). Ediciones INTA, pp. 27-28. Libro digital PDF.

Documento Institucional / Centro Regional Santa Fe, INTA (2003). Propuestas técnicas para disminuir el impacto de las inundaciones en la provincia de Santa Fe, Cap.: Cría e invernada (Bissio y Luisoni). Ediciones INTA, pp. 35-48

Estación Experimental Agropecuaria Reconquista, INTA (2015). Análisis de la situación climática y recomendaciones de manejo ante los excesos hídricos ocurridos en el norte de Santa Fe, Cap.: Ganadería (Rosatti y col.). pp. 10-13. Informe digital PDF.

Manual de Buenas Prácticas para el Uso del Agua para Ganadería

BAJOS SUBMERIDIONALES SANTAFESINOS

