

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Tesis para optar al título de Doctora en Ciencias Agrarias

-con mención en Economía Ambiental-

**ECONOMÍA AMBIENTAL DEL USO DEL AGUA EN EL
SECTOR AGROINDUSTRIAL LÁCTEO DEL CENTRO
OESTE DE SANTA FE (ARGENTINA).**

ALUMNA: Jennerich Luciana, Belén.

Directora: Dra. Cecilia Panigatti.

Co-Director: Dr. Pablo Ghiberto.

-MARZO 2024-

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar, a mi familia, mis maestros de vida. A mis papás y mi hermana Flor que me acompañaron y contuvieron desde el momento cero, fundamentalmente cuando todo se ponía difícil, pero, además, a la familia que elijo todos los días. Mis amigas, que sin importar cuántas veces haya dudado que podía, nunca dejaron de alentarme y confiar en mi mucho más de lo que yo lo hice en mí misma.

En segundo lugar, quiero agradecer a mis maestros académicos, Cecilia mi “mami”, mi directora de tesis y Alejandro, director de la carrera de grado en la cual me formé, hoy, mi compañero de cátedra y un gran amigo. A Cecilia, agradecerle por su apoyo constante, por ser mi inspiración y mi faro, por contenerme cada vez que pensé que no lo lograría y haberme transmitido tanta fuerza no sólo con palabras, sino con la vida. A Alejandro, le debo una profunda admiración y respeto, por sus 10 años de entera confianza, predisposición y humildad con la que se refirió a mi persona, haciendo y deseando cada año lo mejor por y para mí.

En tercer lugar, a quienes fueron un sostén clave para mi camino de aprendizaje. Por un lado, mis compañeros de equipo del Laboratorio de Química, y, por otro, mis referentes en el área específica de investigación dispersos por el país. A los primeros, mi querido Grupo GEM, agradecerles por el apoyo, la **GENEROSIDAD Y COMPAÑERISMO PERMANENTE** durante estos 6 años de formación, con una mención especial a mi Celestita, que se convirtió en una nueva gran amiga y me sostuvo la mano en los últimos meses. A mis referentes, los pertenecientes a la Red Argentina de Ciclo de Vida y mis compañeros del área de investigación; Bárbara, Paula, Roxana, Fernando, Emilia, Lucas, Ma. Paz, Justina, Ana, Emiliano, Verónica, personas a las que le agradezco enormemente por la ayuda, el cariño y la dedicación con la que conté en cada oportunidad que necesité de ellos.

Por último y no menos importante, quiero agradecer a dos figuras claves en esta tesis. Por un lado, a las universidades, tanto UTN que es mi casa y quien apostó en mí para mi formación mediante la beca doctoral, como también a UNL que me recibió y mediante mi Codirector, Pablo, me acompañaron en este desafío. Y, por otro lado, a todos los productores, tamberos, administrativos y encargados de las industrias que, sin ellos, nada de esto hubiera sido posible; Franco, Juan Manual, Juan, Diego, Ezequiel, Darío, Adrián, Claudia, Fabián, Maxi, Emanuel, Marcos, Vale, José y Hernán.

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. RESUMEN	20
2. ABSTRACT	21
3. INTRODUCCIÓN	22
4. MARCO TEÓRICO	25
5. HIPÓTESIS	43
6. OBJETIVOS	44
7. CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DE CASOS EN ESTUDIO	45
8. CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEAS Y AGUAS RESIDUALES GENERADAS	108
9. CAPÍTULO III: HUELLA HÍDRICA (HH) EN SISTEMAS PRIMARIOS LECHEROS BOVINOS.	132
10. CAPÍTULO IV: HUELLA HÍDRICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE QUESOS DE PASTA SEMIDURA DE ORIGEN BOVINO.	210
11. CAPÍTULO V: HUELLA DE AGUA (HA) EN SISTEMAS PRIMARIOS LECHEROS BOVINOS.	243
12. CAPÍTULO VI: HUELLA DE AGUA (HA) EN SISTEMAS SECUNDARIOS (INDUSTRIAS LÁCTEAS)	293
13. CAPÍTULO VII: VALORACIÓN MONETARIA DEL USO DEL AGUA EN SISTEMAS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS LECHEROS BOVINOS	309
14. DISCUSIÓN GENERAL	350
15. CONCLUSIONES	361
16. BIBLIOGRAFÍA	367
17. ANEXOS	390

ÍNDICE DE FIGURAS

Introducción		Página
Figura 1	División administrativa de la provincia de Santa Fe y su capital.	26
Figura 2	Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola en Departamentos Castellanos (izquierda) y Las Colonias (derecha).	28
Capítulo I		Página
Figura I.	Diagrama de proceso productivo de leche cruda.	47
Figura I.1	Distribución geográfica de los casos en estudio de nivel primario.	47
Figura I.2	Imagen satelital campo- Caso 1.	48
Figura I.3	Imagen satelital campo- Caso 2.	49
Figura I.4	Imagen satelital campo- Caso 3.	50
Figura I.5	Imagen satelital campo- Caso 4.	51
Figura I.6	Imagen satelital campo- Caso 5.	52
Figura I.7	Sistema de ordeño- Caso 1.	58
Figura I.8	Instalaciones del tambo- Caso 1.	59
Figura I.9	Sistema de limpieza y tratamiento de efluentes- Caso 1.	60
Figura I.10	Equipamiento de ordeño disponible- Caso 2.	61
Figura I.11	Sistema de ordeño y almacenamiento de agua- Caso 2.	61
Figura I.12	Sistema de limpieza de pisos- Caso 2.	62

Figura I.13	Sistema de tratamiento de aguas residuales- Caso 2.	62
Figura I.14	Sistema de ordeño- Caso 3.	63
Figura I.15	Almacenamiento de agua- Caso 3.	64
Figura I.16	Fuentes de desperdicio- Caso 3.	64
Figura I.17	Características de corrales, limpieza de pisos- Caso 3.	65
Figura I.18	Manejo de efluentes generados- Caso 3.	65
Figura I.19	Equipamiento disponible- Caso 4.	66
Figura I.20	Almacenamiento de agua- Caso 4.	67
Figura I.21	Herramientas del sistema de ordeño- Caso 4.	68
Figura I.22	Corrales y sistema de tratamiento de aguas residuales- Caso 4.	69
Figura I.23	Instalaciones del tambo- Caso 5.	70
Figura I.24	Contenedores de agua- Caso 5.	70
Figura I.25	Limpieza en la sala de ordeño- Caso 5.	71
Figura I.26	Corral de espera- Caso 5.	72
Figura I.27	Manejo de efluentes- Caso 5.	72
Figura I.28	Diagrama de proceso de producción de queso pasta semidura.	75
Figura I.29	Ubicación geográfica de los casos en estudio de nivel secundario.	76
Figura I.30	Industria láctea, CASO A.	76
Figura I.31	Industria láctea, CASO B.	77

Figura I.32	Exterior planta quesera CASO B.	81
Figura I.33	Tanques de leche cruda traídos del tambo- CASO A.	82
Figura I.34	Equipamiento para pre-acondicionamiento de la leche- CASO A.	82
Figura I.35	Leche cruda cargando a las tinas- CASO A.	83
Figura I.36	Proceso de pasteurización- CASO A.	83
Figura I.37	Agregado de aditivos- CASO A.	84
Figura I.38	Formado de masa- CASO A.	84
Figura I.39	Control de temperatura- CASO A.	85
Figura I.40	Extracción de masa mediante elevador- CASO A.	86
Figura I.41	Herramientas para descarga de masa y prensado- CASO A.	87
Figura I.42	Uso de lienzos y telas suizas- CASO A.	88
Figura I.43	Fraccionamiento- CASO A.	88
Figura I.44	Prensado- CASO A.	89
Figura I.45	Sala de salmuera- CASO A.	90
Figura I.46	Cámara de frío para productos semiterminados- CASO A.	90
Figura I.47	Etapas de terminación- CASO A.	91
Figura I.48	Cámara secundaria o de depósito (visión interna)- CASO A.	91
Figura I.49	Descarga de leche de camiones- CASO B.	92
Figura I.50	Pasteurizador de leche- CASO B.	92

Figura I.51	Sector tinas- CASO B.	93
Figura I.52	Descarga de masa- CASO B.	94
Figura I.53	Sector máquina distribuidora de masa- CASO B	94
Figura I.54	Traslado de moldes a etapa prensado- CASO B.	95
Figura I.55	Sector prensado- CASO B.	95
Figura I.56	Sector desmoldado- CASO B.	96
Figura I.57	Despacho hacia sala de salmuera- CASO B.	96
Figura I.58	Tratamiento en salmuera- CASO B.	97
Figura I.59	Etapas de terminación- CASO B.	97
Figura I.60	Maduración- CASO B.	98
Figura I.61	Acondicionamiento final- CASO B.	98
Figura I.62	Diagrama de proceso de elaboración de queso pasta semidura- CASO B.	99
Figura I.63	Sector externo de la fábrica- CASO A.	100
Figura I.64	Sistema de limpieza de tinas- CASO A.	101
Figura I.65	Higiene herramientas para fraccionamiento- CASO A.	101
Figura I.66	Canal de desagüe y salida hacia el exterior- CASO A.	102
Figura I.67	Lavados varios- CASO A.	102
Figura I.68	Estacionamiento de elementos lavados- CASO A.	103
Figura I.69	Máquina moldeadora- CASO B.	104

Figura I.70	Sector descarga de masa- CASO B.	104
Figura I.71	Lavado máquina distribuidora y sus elementos- CASO B.	105
Figura I.72	Lavado de prensas- CASO B.	105
Figura I.73	Lavado sector desmoldado- CASO B.	106
Figura I.74	Lavadora de moldes desmoldado- CASO B.	106
Figura I.75	Lavado máquina de pintado- CASO B.	107
Figura I.76	Equipo de ultrafiltrado de suero- CASO B.	107

Capítulo II

Página

Figura II.1.	Vista satelital de la planta de tratamiento de la Industria B.	116
--------------	--	-----

Capítulo III

Página

Figura III	Descripción de metodologías a aplicar para cálculo de HH en tambos.	133
Figura III.1	Limpieza de pezones y suciedades al pie del animal.	137
Figura III.2	Placa de refrescado o intercambiador de calor.	138
Figura III.3	Tanque recuperador de calor.	138
Figura III.4	Tanque de almacenamiento de leche previo al lavado (vista superior).	139
Figura III.5	Tanque de almacenamiento de leche previo al lavado (vista frontal).	139
Figura III.6	Máquina de ordeño.	140
Figura III.7	Corral de espera.	140

Figura III.8	Corral de espera lavado.	141
Figura III.9	Limpieza pisos internos (sala de ordeño).	141
Figura III.10	Horómetro o cuentahoras.	143
Figura III.11	Horómetro en funcionamiento en un tambo de los encuestados.	144
Figura III.13	Consumos de agua anuales (TAMBOS).	161
Figura III.14	Consumo de agua en sistema de ordeño a partir de estimaciones y mediciones realizadas in situ.	162
Figura III.15	Consumo de agua por unidad de producto (según días anotados por el tambero)- Caso 1.	167
Figura III.16	Consumo de agua por unidad de producto según totalidad de días evaluados- Caso 1.	167
Figura III.17	Número de vacas en ordeño disponibles por día- Caso 1.	168
Figura III.18	Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 1	169
Figura III.19	Producción total diaria de leche- Caso 1	169
Figura III.20	Tiempo de uso diario de la bomba sumergible- Caso 1	170
Figura III.21	Consumo de agua por unidad de producto según totalidad de días evaluados- Caso 2.	172
Figura III.22	Producción total de leche por ordeño- Caso 2.	172
Figura III.23	Producción diaria de leche por vaca- Caso 2.	173
Figura III.24	Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 2.	174
Figura III.25	Tiempo de uso de la bomba sumergible- Caso 2.	175

Figura III.26	Número de vacas en ordeño por día- Caso 2.	175
Figura III.27	Consumo de agua por unidad de producto (según totalidad de días evaluados)- Caso 3.	177
Figura III.28	Consumo de agua por unidad de producto (sólo días que el tambero registró)- Caso 3.	177
Figura III.29	Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 3.	178
Figura III.30	Tiempo de uso de la bomba sumergible- Caso 3.	178
Figura III.31	Producción de leche por ordeño- Caso 3.	180
Figura III.32	Número de vacas en ordeño- Caso 3.	180
Figura III.33	Consumo de agua por unidad de producto (según la totalidad de días evaluados)- Caso 4.	181
Figura III.34	Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 4.	182
Figura III.35	Tiempo de uso de la bomba sumergible- Caso 4.	183
Figura III.36	Número de vacas en ordeño por día- Caso 4.	184
Figura III.37	Producción diaria de leche- Caso 4.	185
Figura III.38	Consumo de agua por unidad de producto- Caso 5.	186
Figura III.39	Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 5.	187
Figura III.40	Número de vacas en ordeño por día- Caso 5.	187
Figura III.41	Producción diaria de leche- Caso 5.	188
Figura III.42	Tiempo de uso diario de la bomba sumergible- Caso 5.	189
Figura III.43	HHa total (bebida animal y consumo en ordeño).	193

Figura III.44	Resultados totales de HH de las ofertas forrajeras de cada caso estudiado	199
Figura III.45	Resultados de HHg de efluentes más altos según parámetros analizados y de acuerdo a diferentes muestras.	201
Figura III.46	Resultado final de HH total para establecimientos tamberos estudiados.	204
Capítulo IV		Página
Figura IV.1	Descripción de metodologías a aplicar para cálculo de HH en industrias.	212
Figura IV.2	Horómetro o cuentahoras	213
Figura IV.3	Caudalímetro	213
Figura IV.4	Representación gráfica de distribución de usos de agua en diferentes mediciones Caso A.	222
Figura IV.5	Clasificación de consumo de agua por etapas en diferentes mediciones Caso B.	225
Figura IV.6a	Registro horómetro CASO A (2022)	227
Figura IV.6b	Registro horómetro CASO A (2023).	227
Figura IV.7	Comparativa de HHa correspondientes al CASO A.	230
Figura IV.8	Comparativa de HHa correspondientes al CASO B.	231
Figura IV.9	Comparación de resultados de casos en HHa en L por kilo de pategrás por día.	232
Figura IV.10	Resultado de HHg según los diferentes parámetros analizados en las muestras.	236
Figura IV.11	Resultados de HHg- CASO A, considerando con y sin agua de enfriado	237
Figura IV.12	HHg por kg de queso para los parámetros que mayores valores presentaron.	238
Capítulo V		Página
Figura V.1	Balance hídrico de un proceso (Suppen, 2018).	246

Figura V.2	Diagrama de flujo representativo de los sistemas primarios evaluados (elaboración propia).	246
Figura V.3	Estructura empleada para elaboración de inventario de leche cruda.	250
Figura V.4	WSI de establecimientos tamberos analizados.	268
Figura V.5	AWARE de establecimientos tamberos analizados.	274
Figura V.6	Resultados de impacto degradativo de tambos mediante la categoría acidificación terrestre.	279
Figura V.7	Resultados de impacto degradativo de tambos mediante la categoría eutrofización acuática.	284
Figura V.8	Resultados de impacto por escasez de agua de tambos mediante el indicador WIIX.	285
Figura V.9	Perfil de HA de CASO 1.	287
Figura V.10	Perfil de HA de CASO 2.	288
Figura V.11	Perfil de HA de CASO 3.	288
Figura V.12	Perfil de HA de CASO 4.	289
Figura V.13	Perfil de HA de CASO 5.	289

Capítulo VI Página

Figura VI.1	Diagrama de flujo representativo de sistemas secundarios evaluados (elaboración propia)	296
Figura VI.2	Estructura empleada para elaboración de inventario de queso pategrás.	299

Capítulo VII Página

Figura VII.1a	Descripción de metodologías a aplicar en tambos.	310
Figura VII.1b	Descripción de metodologías a aplicar en industrias.	310
Figura VII.2	Ejemplo de sistema de tratamiento	315
Figura VII.3	Comparativa entre metodologías de valoración económica del uso del agua.	327
Figura VII.4	CCV de establecimientos tamberos analizados.	335
Figura VII.5	Representación del CCV según las fases analizadas.	338
Figura VII.6	Costos ambientales (\$/kg LCGP)	340
Figura VII.7	Clasificación de costos de ciclo de vida por fases- CASO A.	348

Discusión Final		Página
Figura D.1	Comparación de métodos de impacto por escasez de agua (BWS, AWARE y WSI) en sistemas lecheros primarios.	352
Figura D.2	Comparación de métodos de impacto por escasez (BWS, AWARE y WSI) en industrias evaluadas.	354

ÍNDICE DE TABLAS

Introducción		Página
Tabla 1	Indicadores generales para la provincia de Santa Fe y los departamentos Castellanos y Las Colonias según si la actividad tambera se desarrolla en forma exclusiva o combinada con otras actividades.	26
Capítulo I		Página
Tabla I.1	Características generales de suelos correspondientes a los establecimientos tamberos relevados.	54
Tabla I.2	Caracterización físico-productiva obtenida a partir de las encuestas.	56
Tabla I.3	Descripción de casos según las condiciones de la sala de ordeño y tipo de equipamiento.	73
Tabla I.4	Características generales de las empresas lácteas relevadas.	80
Capítulo II		Página
Tabla II.1	Criterios de calidad de agua para consumo animal bovino.	117
Tabla II.2	Resultados de análisis fisicoquímico y bacteriológico de agua para los 5 Casos de estudio	118
Tabla II.3	Resultados de análisis fisicoquímico de efluentes en predios lecheros.	124
Tabla II.4	Resultados de Análisis Fisicoquímico de Agua en Industrias estudiadas.	127
Tabla II.5	Resultados de análisis fisicoquímico de efluentes líquidos en las industrias estudiadas.	130

Capítulo III		Página
Tabla III.1	Resultados de HH azul derivada del consumo de agua del rodeo (bebida).	152
Tabla III.2	Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 1.	155
Tabla III.3	Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 2.	156
Tabla III.4	Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 3.	156
Tabla III.5	Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 4.	157
Tabla III.6	Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 5.	157
Tabla III.7	Consumos de agua en mediciones puntuales CASO 1.	158
Tabla III.8	Consumos de agua en mediciones puntuales CASO 2.	159
Tabla III.9	Consumos de agua en mediciones puntuales CASO 3.	159
Tabla III.10	Consumos de agua en mediciones puntuales CASO 4.	160
Tabla III.11	Consumos de agua en mediciones puntuales CASO 5	160
Tabla III.12	Cuadro resumen con consumos asociados a kg LCGP.	164
Tabla III.13	Resumen comparativo sobre resultados extraídos a partir del uso de horómetros.	190
Tabla III.14	Estimaciones de Evapotranspiración potencial del cultivo en condiciones estándar (ETc), Evapotranspiración real del cultivo (ETa) y sus respectivos valores de HH.	195
Tabla III.15	Estimaciones de HHg derivadas del uso de fertilizantes en producción de cultivos (alimento).	198
Tabla III.16	HHg derivada de aguas residuales generadas.	200

Tabla III.17	HH totales de los sistemas primarios lecheros analizados.	205
Tabla III.18	Homogeneización productiva de sistemas primarios lecheros estudiados.	207
Capítulo IV		Página
Tabla IV.1	Cuantificación de agua y HHa en la elaboración de queso pategrás- CASO A	221
Tabla IV.2	Cuantificación de agua y HHa en la elaboración de queso pategrás- CASO B	224
Tabla IV.3	Horómetros (valores promedios) Caso A.	226
Tabla IV.4	Caudalímetros (valores promedios) Caso B.	228
Tabla IV.5	Resultados de HHg- CASO A.	235
Tabla IV.6	Resultados de HHg- CASO B.	238
Tabla IV.7	Comparación de HH totales de industrias analizadas.	240
Capítulo V		Página
Tabla V.1	Inventario de ciclo de vida CASO 1 (resultados anuales)	258
Tabla V.2	Inventario de ciclo de vida CASO 2 (resultados anuales)	259
Tabla V.3	Inventario de ciclo de vida CASO 3 (resultados anuales)	260
Tabla V.4	Inventario de ciclo de vida CASO 4 (resultados anuales)	261
Tabla V.5	Inventario de ciclo de vida CASO 5 (resultados anuales)	262
Tabla V.6	Resultados de categorías de impactos en sistemas productivos primarios evaluados.	263
Tabla V.7	Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI para el Caso 1.	265

Tabla V.8	Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI para el Caso 2.	266
Tabla V.9	Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI para el Caso 3.	266
Tabla V.10	Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI para el Caso 4.	267
Tabla V.11	Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI para el Caso 5.	268
Tabla V.12	Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 1.	270
Tabla V.13	Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 2.	271
Tabla V.14	Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 3.	271
Tabla V.15	Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 4.	272
Tabla V.16	Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 5.	273
Tabla V.17	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 1.	275
Tabla V.18	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 2.	276
Tabla V.19	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 3.	277
Tabla V.20	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 4.	277

Tabla V.21	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 5.	278
Tabla V.22	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 1.	280
Tabla V.23	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 2.	281
Tabla V.24	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 3.	282
Tabla V.25	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 4.	282
Tabla V.26	Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 5.	283

Capítulo VI

Página

Tabla VI.1	Inventario de ciclo de vida CASO A (resultados anuales)	302
Tabla VI.2	Inventario de ciclo de vida CASO B (resultados anuales)	303
Tabla VI.3	Resultados de categorías de impactos en sistemas productivos secundarios evaluados	304

Capítulo VII

Página

Tabla VII.1	Estimación anual de costos de reemplazo.	323
Tabla VII.2	CET del agua según su costo de extracción.	324
Tabla VII.3	Costo Económico Total (CET) del uso de agua subterránea en sistemas primarios.	326
Tabla VII.4	Determinación de costos de preservación para reducir la HHa.	329

Tabla VII.5	Costo-beneficio de la ampliación del sistema de acopio de agua subterránea.	330
Tabla VII.6	Resultado de costos asociados a la modelización de sistemas de tratamiento (TAMBOS).	331
Tabla VII.7	CCV en sistemas primarios lecheros bovinos (\$ anuales/proceso productivo).	334
Tabla VII.8	CCV de 1 kg LCGP en sistemas lecheros bovinos del Departamento Castellanos y Las Colonias.	339
Tabla VII.9	Estimación anual de costos de reemplazo.	340
Tabla VII.10	CET del agua según su costo de extracción.	342
Tabla VII.11	Comparación de resultados de valoración económica del agua subterránea con trabajo citado.	344
Tabla VII.12	Resultado de costos asociados a la modelización de sistemas de tratamiento (INDUSTRIA).	346
Tabla VII.13	CCV en industria láctea de pequeña escala (CASO A).	347

DISCUSION GENERAL

Página

Tabla D.1	HHa totales de los sistemas primarios lecheros analizados.	351
Tabla D.2	HHa totales de los sistemas secundarios lecheros analizados y cálculo de BWS.	353
Tabla D.3	Resumen de resultados finales en sistemas primarios.	356
Tabla D.4	Resultados de categorías de impactos en sistemas productivos secundarios evaluados.	356

1- RESUMEN

En las últimas décadas, la intensificación de los sistemas productivos primarios ha reducido los espacios disponibles y aumentado tanto el número de animales como su producción individual. Paralelamente, las industrias lácteas han incrementado sus escalas y la complejidad de sus procesos, lo que ha elevado el uso de agua y la generación de efluentes, aumentando también el impacto en la calidad del agua subterránea y la presión para cumplir con normativas ambientales. Este estudio evaluó desde un punto de vista técnico-ambiental y económico la utilización del recurso hídrico en la etapa primaria y secundaria de la producción lechera bovina del centro-oeste de la provincia de Santa Fe. La recopilación de datos se realizó a través de encuestas y visitas a sistemas de producción e industrias con diferente escala. Los indicadores biofísicos empleados fueron la Huella Hídrica (HH) y el Perfil de Huella de Agua (HA), seguido del análisis de Costos de Ciclo de Vida (CCV) y la asignación de costos ambientales asociados a medidas correctivas o preventivas. Las unidades funcionales fueron litros de agua por kilogramo de leche corregida por grasa y proteína (LCGP) y por kilogramo de queso pategrás. Los resultados muestran que, pese a la exclusión de algunos inputs, el estudio identificó las principales contribuciones al consumo hídrico en ambos sistemas. En los casos donde presentaron menor eficiencia hídrica, pueden mejorar mediante la adopción de nuevas prácticas e infraestructura optimizada sin recurrir en grandes inversiones. Los costos fueron claves para las medidas de ecoeficiencia, y se estimaron los valores de producción por unidad funcional. Factores como el tiempo, la ubicación y la confidencialidad fueron decisivos en la calidad de los datos y la valoración económica de los impactos ambientales.

Palabras claves: *leche bovina, huella hídrica, huella de agua, valoración económica, costo de ciclo de vida.*

2- ABSTRACT

In recent decades, the intensification of primary production systems has reduced the available spaces and increased both the number of animals and their individual production. At the same time, dairy industries have increased their scale and the complexity of their processes, which has increased water use and generation. As a result, the impact on groundwater quality and pressure on companies to comply with environmental regulations has increased. This study evaluated from a technical-environmental and economic approach the use of water resources in the primary and secondary stages of bovine dairy production in the central-west of the province of Santa Fe. Data collection was carried out through surveys and visits to production systems and industries with different scales. The biophysical indicators used were the Water Footprint (HH) and the Water Footprint Profile (HA), followed by the analysis of Life Cycle Costs (LCC) and the allocation of environmental costs associated with corrective or preventive measures. The functional units were liters of water per kilogram of milk corrected for fat and protein (LCGP) and per kilogram of pategras cheese. The results show that, despite the exclusion of some inputs, the study identified the main contributions to water consumption in both systems. In cases where they had lower water efficiency, they can improve by adopting new practices and optimized infrastructure without resorting to large investments. Costs were key to the eco-efficiency measures, and production values per functional unit were estimated. Factors such as time, location and confidentiality were decisive in the quality of the data and the economic valuation of environmental impacts.

Keywords: bovine milk, water footprint, water footprint profile, economic valuation, life cycle cost.

3- INTRODUCCIÓN

Argentina es un país caracterizado por la amplia diversidad de actividades productoras de alimentos a partir del uso y consumo de sus recursos naturales dispuestos de un extremo al otro de su extensión. Tal es así, que las preocupaciones por los impactos que dichas actividades generan sobre el ambiente y la disponibilidad y sostenibilidad de los recursos existentes en su territorio actualmente demandan gran atención. La actividad ganadera en general y la lechera en particular, se encuentra representada principalmente por la zona centro del país, conformada por un valorable número de pequeños y medianos productores familiares. Si bien el desarrollo tecnológico y las herramientas de gestión estratégica hicieron su aporte, el sector primario, carece aún de prácticas con elevado nivel de tecnicismo y rigurosidad en su desempeño, al mismo tiempo que, de legislaciones que lo controlen o sistematicen su mecanismo de trabajo.

Sin embargo, paralelamente, ese mismo desarrollo tecnológico acompañado de un aumento constante de la población y del consumo de productos y servicios por un gran porcentaje de la sociedad, ha generado un proceso de intensificación de las actividades productivas. Tal intensificación, específicamente en la producción de leche traducido a un aumento en la producción por vaca, el tamaño de los rodeos y sus respectivas dietas generó una problemática puntual como lo es, el aumento en la cantidad de agua consumida y de efluentes generados en las instalaciones de ordeño. Lo mismo ocurrió con las industrias lácteas que han aumentado exponencialmente su escala productiva por lo que, la presión sobre estas para ajustarse a las normativas ambientales locales también. En este sentido, dicha intensificación exige al sector un manejo sostenible del agua lo cual implica un aumento en la eficiencia de uso de los recursos y una reducción de la contaminación de los cursos de agua y de las napas que es causada por altas cargas de materia orgánica, agroquímicos, productos ácidos y alcalinos, entre otros.

Por tales motivos, son muchas las inquietudes y aportes de profesionales que destacan la importancia de su estudio. Por otro lado, la necesidad de generar información específica del país que posibilite la transferencia de dichas investigaciones al sector. Y, por último, la aplicación de nuevas metodologías de

evaluación que puedan ser validadas por expertos, incorporadas complementariamente a las ya existentes y replicadas en otro estudio.

En el transcurso de este trabajo, se utilizarán diversas metodologías de medida de apropiación del recurso hídrico, evaluación del impacto ambiental del sector lácteo sobre el mismo y su respectiva valoración económica. Generalmente, los estudios ambientales aplicados a una empresa se realizan sobre parámetros físicos e indicadores técnicos de evaluación de impacto al medioambiente sin tener en cuenta la rentabilidad de la misma; incluso, sin estimar una aproximación de cuánto representaría económicamente el daño que la propia empresa causó sobre los recursos naturales empleados y cómo ello repercute sobre los resultados de su actividad.

La Huella Hídrica (HH) tiene como concepto, la determinación del volumen y procedencias de usos y consumos de agua dulce a lo largo de un proceso, producto o servicio determinado. La característica que la destaca es que permite conceptualizar y magnificar la medida de impacto que una actividad genera sobre el recurso hídrico, expresado en volumen de cantidad de agua consumida, no así a nivel de impacto ambiental.

El análisis de ciclo de vida (ACV), es otra de las metodologías empleadas. A partir de ésta, se evalúan los impactos ambientales que un proceso genera sobre el ambiente a lo largo de todo su ciclo de desarrollo, identificando todas las entradas al sistema y todas las salidas o emisiones al medio ambiente, producto de sus transformaciones. La principal diferencia del estudio del ACV, respecto de HH es que su análisis no consiste en la evaluación de un solo recurso en forma aislada, sino que, evalúa en forma integral los impactos y grado de deterioro de todos aquellos recursos que estuvieran involucrados al mismo tiempo en ese producto o proceso analizado.

Existen también otros enfoques o principios para la evaluación de impacto ambiental de una actividad productiva como son los introducidos por la economía ambiental, la cual propone otras alternativas de valoración del uso de los recursos naturales y esta valoración refiere a un costo económico y no ambiental.

El valor económico total (VET) posee una primera subdivisión en Valor de uso y Valor de no Uso, siendo el primero el más empleado. Éste se divide a su vez en Valor de Uso DIRECTO, Valor de Uso

INDIRECTO y Valor de Opción. Para cada uno de ellos existen diferentes técnicas de valoración económica del uso y mitigación de impactos generados sobre recursos naturales. Entre ellas, la técnica de cambio en la productividad mediante la función de dosis-respuesta, costos evitados o inducidos, costos de oportunidad, valoración contingente. La elección de estas y la validez en su cálculo, dependerá de la información disponible, el grado de precisión que se desee en el estudio y quién le otorga el valor.

En resumen, en muchos países productores de leche, ocurre que la fase agrícola constituye el principal punto crítico en el ciclo de vida de la leche cruda y, en el sector manufacturero, las industrias más pequeñas son las de mayor impacto ambiental.

Por lo tanto, este trabajo surge de la relevancia existente en la disponibilidad de estudios que dieran cuenta el nivel de demanda y deterioro que generan los sistemas productivos lecheros actuales sobre los recursos hídricos, la necesidad de disponer de datos reales y, por todo lo descrito anteriormente.

4- MARCO TEÓRICO

Descripción del área de estudio y problemática de interés.

Información general sobre la actividad agropecuaria y lechera.

Según el Ministerio de Economía de la provincia de Santa Fe (2013), la actividad ganadera era en ese año uno de los grandes puntales de la economía santafesina, dentro del cual predominaba el ganado vacuno, con una participación del 12% en el total nacional. A la actividad de cría y de engorde, se suma la producción de carne y leche, siendo Santa Fe la principal provincia productora de leche. De acuerdo al informe de la Bolsa de comercio de Rosario (Rodríguez Zurro y Terré, 2021) en el 2020 el stock ganadero bovino alcanzó los 6,6 millones de cabezas, lo cual representaba un 13% del total nacional y esto significó que la provincia de Santa Fe se mantuvo hasta la fecha como una de las tres jurisdicciones de mayor importancia en la producción ganadera.

En particular, con respecto a las unidades productivas tambeiras (UPs), la Provincia contaba en el 2011 con 4055 unidades aproximadamente, lo que representaba el 35% del total del país (Bonfatti, 2012). Actualmente, según el último Censo Nacional que posee resultados definitivos (2018), la provincia cuenta con 2123 UPs desempeñadas en lechería bovina, existiendo un total a nivel país de 7031; unas 1900 correspondientes a Córdoba y 1469 a Buenos Aires, por lo que Santa Fe estaría representando la mayor proporción entre la totalidad de las provincias (30,2% del total).

Para este trabajo se define como área de estudio la cuenca lechera del centro oeste de la provincia de Santa Fe que, si bien existen muchas otras zonas del país donde se desarrolla la actividad lechera bovina, esta provincia dispone de la mayor proporción y la región centro-oeste de la misma, específicamente el Departamento Castellanos, como lo define Gigena (2021), es la más importante (Figura 1).

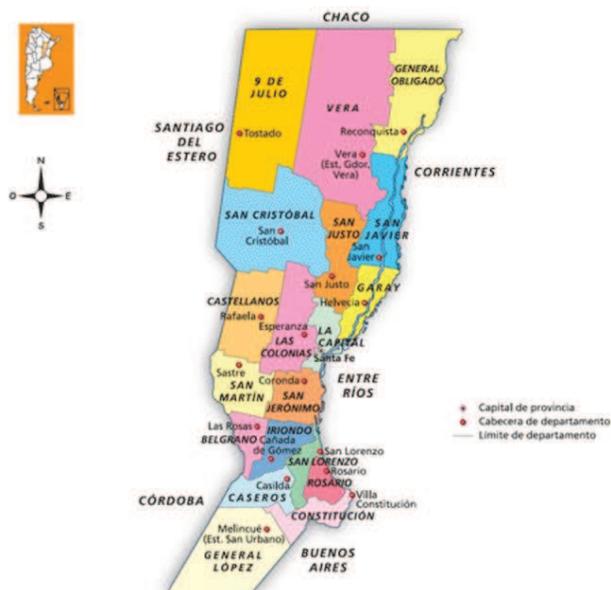


Figura 1: División administrativa de la provincia de Santa Fe y su capital.

En la Tabla I, se presentan los indicadores generales relacionados con aspectos estructurales de la actividad en el 2008. De acuerdo con el *número de vacas por unidad estadística de relevamiento y al total de cabezas disponibles en todo el establecimiento*, el Departamento Castellanos en promedio es el que presentaba mayor disponibilidad de vacas y se encontraba más cerca del promedio provincial para la modalidad tambo mixto mientras que, para la modalidad de tambo exclusivo, el Departamento Las Colonias.

Tabla I: Indicadores generales para la provincia de Santa Fe y los departamentos Castellanos y Las Colonias según si la actividad tambera se desarrolla en forma exclusiva o combinada con otras actividades.

Indicadores generales		Total Provincial		Castellanos		Las Colonias	
		T. Exclusivo	T. Mixto	T. Exclusivo	T. Mixto	T. Exclusivo	T. Mixto
Sup. Promedio	ha	261	371	181	342	220	290
Sup. propia	%	66	61	50	55	55	58
Cabezas EAPs ¹	cab.	230	438	205	452	222	338
Vacas EAPs ¹	vaca	126	171	120	171	121	135
Persona ocupada EAPs ¹	persona	0,48	1,12	0,40	1,15	0,33	0,84
Cabezas Persona ocupada ¹	cabezas	480	392	514	394	679	403
Residencia en campo	%	52	52	30	39	54	62
Tractor EAP ¹	tractor	1,62	0,26	1,49	1,05	1,56	0,83
Potencia ha ¹	CV ha ¹	0,60	0,84	0,79	0,93	0,79	0,96

Se entiende por EAP (unidad estadística de relevamiento) "a toda explotación agropecuaria que es una unidad de organización de la producción, y se encuentra dentro de los límites de una sola provincia; produce bienes agrícolas, pecuarios o forestales destinados al mercado..."

Fuente: Reelaboración y adaptación propia, según información de Castignani *et al.* (2008).

Comparativamente, poco más tarde (según IPEC, 2015), los departamentos que más vacas en UPs tamberas poseen son los departamentos Castellanos, Las Colonias y San Cristóbal, los cuales reúnen, entre los tres, el 71,5% del total de vacas en tambos de la provincia y el 72,2% de los establecimientos tamberos. Al primer semestre de 2015, el departamento Castellanos, con 177.096 vacas, concentra el 30,2% de las vacas en tambos; Las Colonias, con 128,321, tiene el 21,9% de las vacas en UPs tamberas; y San Cristóbal el 19,4%, con 114.075 vacas.

Según el Censo Nacional (2018), del total de EAP relevadas que declararon desarrollar actividad de tambo (5995), el 65% aproximadamente declararon dedicarse exclusivamente a esa actividad; el resto corresponde a combinaciones con otras orientaciones productivas bovinas, considerado tambo mixto. De ese 65% que realiza exclusivamente tambo, Santa Fe, posee el 25% (961 EAPs) y el número de cabezas totales por cada unidad productiva de relevamiento, es 483. Mientras, para las EAPs mixtas, fueron declaradas 517, de las cuales el total de cabezas por unidad de relevamiento analizada arrojó un valor de 689 aproximadamente.

Evolución de la actividad lechera y cambios de uso del suelo.

En los departamentos en estudio, es habitual encontrar productores que realizan actividades mixtas, ya sea engorde o cría de bovinos bajo sistemas pastoriles, como así también producción de cereales para grano y oleaginosas (Castignani ,2008). Esto se debe a las aptitudes de las tierras (Figura 2), a las alternativas existentes de diversificación productiva y las rentabilidades de los cultivos agrícolas (especialmente la soja) (Castignani *et al.*, 2008).

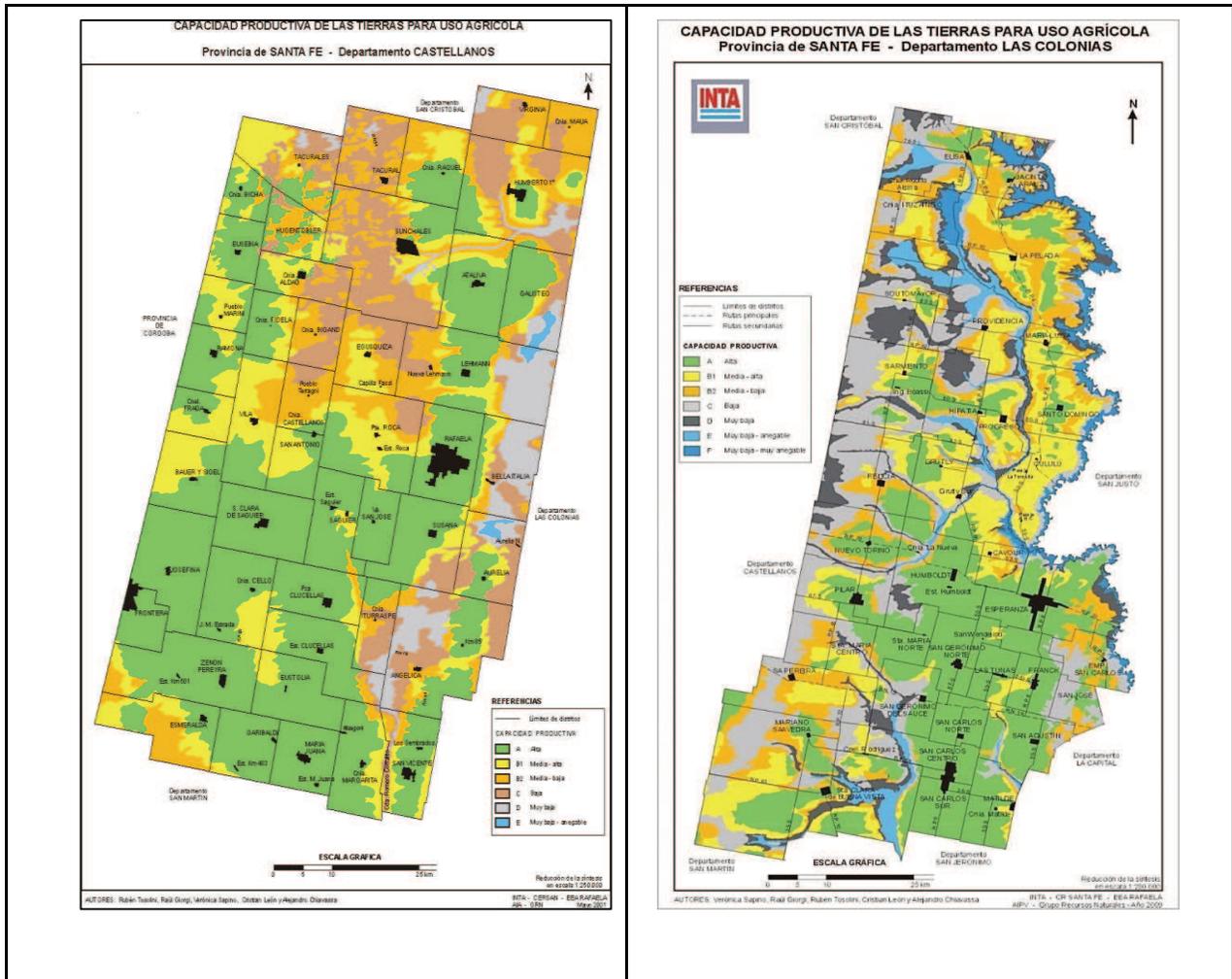


Figura 2: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola de los Departamentos Castellanos (izquierda) y Las Colonias (derecha) (Tosolini *et al.*, 2009).

El límite con las zonas agrícolas se ubica en el Sur de los departamentos Castellanos y Las Colonias. Sin embargo, ha ocurrido un desplazamiento notable hacia el Norte en las últimas décadas, pero, actualmente, la penetración de la agricultura dentro de la zona tambera típica aparentemente es más lenta (Castignani, 2011). En este sentido, la concentración productiva y gerencial es un síntoma central que lleva al uso de nuevas tecnologías (de insumos y procesos) y a la intensificación de las actividades agrícola-ganadera modificando la esfera tecnológico-productiva e impactando sobre los servicios ambientales y la esfera socio-poblacional (CEPAL, 2005).

La Bolsa de Comercio de Rosario estableció una comparación entre el censo de 2018 y el de 2002. En su análisis, explicita que Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires presentaron una intensificación relativa en la

siembra de cereales, mejorando el ratio cereal/oleaginosas de manera notable. La de Santa Fe fue la variación más intensa, creciendo este indicador un 17,8 por ciento respecto al censo anterior (Treboux J. 2019).

Específicamente, en los sistemas de producción de leche, el proceso de concentración e intensificación que enfrentan estuvo evidenciado en un aumento de la producción por vaca en ordeño y del tamaño de los rodeos (Lazzarini *et al.*, 2019). Hace unos años, tal intensificación, específicamente en la producción de leche, generó una problemática puntual como lo es, la creciente demanda de agua y el aumento en la cantidad de efluentes producidos en las instalaciones de ordeño.

Procesos productivos lecheros primarios y secundarios y su relación con el uso del agua.

Actualmente, dos tercios de la población mundial se enfrentan a dificultades para obtener agua dulce (Mekonnen y Hoekstra, 2016). La relación entre el consumo de agua y el sector agropecuario dentro de toda su cadena productiva se encuentra envuelta en un entramado socioeconómico muy fuerte. La producción agropecuaria y particularmente la lechería, utilizan grandes volúmenes de agua tanto en forma directa como indirecta.

Las aguas subterráneas representan aproximadamente el 99% de toda el agua dulce líquida de la Tierra y están distribuidas por todo el planeta, aunque de forma desigual. Alrededor del 70 % de las extracciones de agua subterránea a nivel mundial, y aún más en las regiones áridas y semiáridas, se utilizan en la producción agrícola de alimentos, fibras, ganado y cultivos industriales (UNESCO, 2022).

En el proceso de producción de leche se utiliza gran cantidad de agua, tanto para producir el alimento para los animales como para la bebida de los mismos (Mekonnen y Hoekstra, 2011). En cuanto al tipo de alimento, Fernández Mayer (2017), define que todos los forrajes secos y/o concentrados demandan mayor cantidad de agua que los forrajes verdes y mayor cantidad demandan los ensilados de planta entera o grano húmedo por la acidez que ellos tienen.

Respecto a la relación alimento:bebida, Murphy *et al.* (1983) sostienen que a medida que se incrementa el porcentaje de materia seca de la dieta, el consumo de agua de bebida aumenta, pero el consumo total (agua

de bebida + agua del alimento) disminuye. Por último, la calidad del agua de bebida animal es otro factor importante, en la cual el cloruro de sodio (sal común) no debería superar los 8 g/L, ya que provoca efectos negativos sobre el consumo, la producción y reproducción (vacas de cría), aún con animales adaptados. Los sulfatos, especialmente de magnesio o sodio, producen efectos negativos sobre la producción de carne o leche, provocan diarreas y tienen sabor amargo que restringen el consumo (Fernández Mayer, 2017).

Además de dichos consumos, debe sumarse el uso del agua para la limpieza de equipos e infraestructura de los predios lecheros al momento del ordeño lo cual da como resultado un agua residual compuesta por diluciones con restos de orina y excrementos, cuyo efluente en sistemas lecheros se lo denomina purines. El manejo inadecuado de los mismos, sumados a excretas acumuladas en los corrales, resultan una de las principales fuentes de contaminación del agua subterránea como así también, de aguas superficiales (Panigatti *et al.*, 2010).

Por otra parte, en la cadena de valor láctea también se encuentran las industrias que procesan leche cruda y fabrican diferentes productos por medio de procesos, tales como la pasteurización, coagulación, filtración, centrifugación, refrigeración, etc. (Rivas *et al.*, 2010), consumiendo también, grandes caudales de agua y produciendo grandes cantidades de efluentes altamente contaminantes. Las características de los efluentes lácteos pueden variar significativamente, dependiendo del producto y los métodos de operación utilizados en la instalación.

Estas aguas residuales se componen principalmente por diferentes diluciones de leche (o de productos transformados), y aguas de lavado conteniendo productos químicos ácidos y alcalinos provenientes de la limpieza de tanques y equipos de proceso. Actualmente se están estudiando mejoras en los tratamientos de efluentes tanto de predios lecheros como de la industria láctea, con diferentes objetivos como: cumplimiento de la normativa local, minimización de la contaminación, reutilización del recurso agua, (ya sea como limpieza o como riego), obtención de biogás como fuente de energía alternativa, etc. (Schierano *et al.*, 2016; Panigatti *et al.*, 2017).

Medidas de evaluación de la intervención sobre el recurso hídrico.

En los últimos años se han desarrollado diversos indicadores para ilustrar la sustentabilidad de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de las sociedades. Entre ellos, han tomado impulso los conceptos asociados a las huellas como herramienta para cuantificar el nivel de apropiación de los recursos naturales por parte de la humanidad. Es así que surgieron los conceptos de Huella Ambientales, como ser Huella Ecológica, Huella de Carbono y Huella Hídrica (HH), seguido de estudios de impactos ambientales mediante análisis de ciclos de vida completo de bienes y servicios, permitiendo reflejar no sólo el uso extractivo de los recursos naturales (en este caso el agua), sino también el uso degradativo de los mismos lo que impacta sobre las funciones ecosistémicas (Civit, 2021).

Es necesaria una perspectiva más integral de los sistemas (como en el caso de la cadena productiva láctea) con enfoque en el impacto ambiental de productos agroalimentarios y criterio de eco-eficiencia. Esta última es definida como la capacidad de un sistema en cumplir plenamente su función, minimizando su impacto total sobre el ambiente (CEPAL, 2005). A su vez, dichos estudios ambientales muchas veces son meramente técnicos sin considerar la rentabilidad de un sistema productivo. Otras veces, no es considerada la evaluación del impacto económico asociado al uso de recursos naturales que se encuentran deteriorados por el paso del tiempo o los beneficios por la incorporación de prácticas preventivas y correctivas sobre el medio natural que se interviene. Este aspecto tiene gran relación con el concepto que aporta la economía ambiental.

La economía ambiental se desarrolla desde la teoría neoclásica y el paradigma del mercado como la institución que optimiza las asignaciones de recursos de la sociedad. Sin embargo, reconoce el problema de las fallas del mercado que llevan a asignaciones o usos incorrectos de los mismos (Riera *et al.*, 2008).

La valoración económica tiene la ventaja de permitir comparaciones, y clasificar las medidas de políticas y los proyectos desde los más a los menos deseables desde la perspectiva de los individuos que constituyen la sociedad (CEPAL, 2009).

No obstante, los atributos específicos de los bienes y servicios ecosistémicos que implican la ausencia de derechos de propiedad bien definidos (no excluyentes, no rivales), externalidades e información

imperfecta, generan que los precios actuales (cuando existen) emitan señales erróneas, dando lugar a las fallas de mercado: las actividades económicas no computan los verdaderos costos sociales-ambientales reduciendo la capacidad del ecosistema de cumplir sus funciones y esto puede obstaculizar en definitiva el crecimiento económico de largo plazo (Riera *et al.*, 2008).

Introducción a las corrientes metodológicas.

Enfoque de Huella hídrica

El indicador de HH, es un enfoque que ha sido desarrollado por la “Water Footprint Network (WFN)” para conceptualizar y cuantificar la presión de la producción y consumo de una sociedad sobre los recursos hídricos (Anschau *et al.*, 2015). Esta línea de trabajo, correspondiente al campo de la gestión, administración y eficiencia de los recursos hídricos, está vinculada de manera exclusiva con la dimensión hídrica de los productos y procesos económicos. El concepto HH propuesto por Hoekstra (2003) hace referencia a un indicador temporal y espacial que cuantifica, de manera integral, el consumo de agua dulce de un producto, permitiendo conocer la cantidad de agua empleada a lo largo de toda su cadena de producción.

Uno de los principales aportes que brinda este concepto es que distingue entre tres tipos de huella que dependen del origen que cada una tiene. La HH verde es una medida del agua que se incorpora al producto proveniente de las precipitaciones mientras que la HH azul, representa el agua consumida que proviene de fuentes superficiales y subterráneas (Hoekstra *et al.*, 2011). Por último, la HH gris, es un indicador del volumen de agua necesaria para asimilar los contaminantes involucrados hasta alcanzar los niveles permitidos de concentración en agua (Franke *et al.*, 2013), de modo de cumplir los estándares de calidad establecidos.

El concepto de HH, apunta a un cambio de paradigma en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y en las políticas hídricas, agropecuarias y comerciales en todo el mundo. Su estudio ayuda a identificar cómo y dónde, el consumo en un lugar, puede impactar los recursos hídricos de otro lugar. El foco de

análisis es la sustentabilidad, eficiencia y equidad de la distribución y uso del agua en productos o patrones de consumo; tanto en contextos locales o globales, como en regiones geográficas específicas (zonas de producción lechera) (Anschau *et al.*, 2015).

Los estudios realizados de HH contribuyen a estimar los impactos ambientales, económicos y sociales de diferentes actividades, considerando las especificidades locales de la demanda y oferta de recursos hídricos (sistemas productivos, tecnologías y ambientes diversos y sus combinaciones). Existen vastos inventarios de HH de productos agropecuarios vegetales y animales (incluido la leche fluida bovina), para muchos países del mundo o estimación de promedios internacionales (Hoekstra, 2003; Mekonnen y Hoekstra 2010; Mekonnen y Hoekstra 2011), como algunos estudios realizados en Argentina y países limítrofes (Manazza, 2012; Manazza e Iglesias, 2012; Manazza y Diaz, 2013; Charlón *et al.*, 2014; Giménez *et al.*, 2017; Palhares *et al.*, 2020, Perez, 2020).

Mekonnen y Hoekstra (2010) estimaron que la producción animal mundial requiere de 2.422 Gm³ de agua al año (87,2% verde, 6,2% azul y 6,6% de aguas grises). Mekonnen y Hoekstra (2011), encontraron que la mayor parte del volumen total del agua utilizada se refiere a la HH del alimento para los animales y el 1,1% al agua de bebida. La media global de HH para la producción de leche es de 790 a 1.087 L/kg de leche para la HHv y de 49 a 82 L/kg de leche para la HHa. Mekonnen y Hoekstra (2012) establecen que también puede depender de factores intrínsecos del producto obtenido como el contenido de grasa en la leche.

Camargo *et al.*, (2017) realizaron un estudio de caso a través de un análisis descriptivo y cuantitativo de 28 sistemas de producción bovina en Colombia. La estructura de las fincas muestreadas se basa en minifundios o pequeñas unidades productivas, cuyas áreas van de 1 a 10 ha (con una media de 4 ha). La HH estimada fue de 2.007,8 L/kg de leche, que se encuentra por encima de la media global (790 a 1.087 L/kg leche); con alto impacto de la HHv (99,3 % de la HH total), representada en el uso de forraje como alimento básico y en el alto índice de presión hídrica en la zona. La HHa (7,0 L/kg leche) no tiene impacto significativo. Aunque la HHg (6,7 L/kg leche) representa un porcentaje mínimo del total, tiene gran impacto, ya que produce contaminación del recurso hídrico. Los autores mencionan que en la zona existe

un alto índice de presión hídrica a los ecosistemas, por lo que estos estarían aportando a la demanda de agua verde y compitiendo así por este recurso necesario para la provisión de servicios ecosistémicos. Del valor de la HHv, la correspondiente a la directa tiene un promedio de 1.943,2 L/kg leche, siendo el mayor porcentaje de la HH total; esto se sustenta en el tipo de sistema productivo, el uso del suelo, el forraje como alimento base y la baja eficiencia productiva.

Estudios realizados por Charlón *et al.*, (2016) en nuestro país, concluyeron que la HHv proveniente de los alimentos producidos en el mismo predio representó un 54,3% para Córdoba Villa María; 59,0% Córdoba Noreste; 69,6% Buenos Aires; 79,7% Santa Fe centro; 82,7% San Luis y 86,3% Entre Ríos. El valor de consumo de HHa promedio fue de 5,04 L/kg leche o litro de leche corregido por grasa y proteína, con un mínimo de 3,83 (Buenos Aires) y un máximo de 6,98 (San Luis, con riego). Los valores obtenidos de consumo de agua, independientemente de la cuenca lechera analizada, muestran la importancia del consumo de agua de bebida, como el componente de mayor impacto al uso extractivo directo de fuentes subterráneas, seguido por el agua usada en el proceso, donde se destaca la gran variabilidad entre las cuencas. El agua consumida en el proceso de ordeño (higiene de equipamiento de ordeño y rutina de limpieza) para Entre Ríos fue mayor (45%) y la menor se obtuvo en Buenos Aires (13%).

En una investigación realizada a partir de establecimientos tamberos de la provincia de Buenos Aires, la HHT alcanzó valores promedio de 858 ± 406 L/kg de leche (corregido por energía- grasa y proteína). Este valor fue similar a los valores más bajos informados por diferentes autores a nivel internacional para diferentes países, que van desde 813 a 1804 L/kg de leche corregida y resultó similar a otros estudios realizados en tambos en diferentes cuencas de la Argentina, con diferente grado de intensificación y base pastoril (Moyano *et al.*, 2015). En este mismo trabajo, la HHa resultó en promedio $13,7 \pm 3,4$ L/kg (corregido por energía- grasa y proteína-), donde el componente HH consumida de las instalaciones de ordeño representó un 58% y el correspondiente al uso para bebida animal un 42%. Además, la HHv representó en promedio un 98% del HHT (844 ± 405 L agua/ kg de leche corregida), representando la HHVi (HH verde interna- alimentos producidos en el predio) el 77,8% y la HHVe (HH verde externa-alimentos ingresados al predio) el 22,2%. En este estudio todos los tambos correspondían a sistemas de base pastoril,

en los cuales la alimentación se compone principalmente de forraje para pastoreo y silaje producido en el predio (Moyano *et al.*, 2015).

Enfoque de ISO 14040- Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Por otro lado, se ha planeado una visión de cadena productiva, donde las evaluaciones de impacto ambiental de productos agroalimentarios contemplen todos los eslabones productivos que constituyen las distintas fases del ciclo de vida de los productos. Para ello se ha desarrollado una metodología que se denomina Análisis de Ciclo de Vida (ACV) o Life Cycle Assessment (LCA), validada por la familia de las normas ISO 14040:2006 (ISO, 2006).

Entre las metodologías de evaluación de impacto ambiental, el ACV, es la más comúnmente utilizada (Mattsson y Sonesson, 2003). Fue desarrollada para determinar cuánto afecta al ambiente un producto o servicio determinado, involucrando la consideración de la multiplicidad de impactos y recursos naturales utilizados (Manazza, 2012).

Se la define como “un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o una actividad, que se efectúa identificando los materiales, la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural” (SETAC, 1993). La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, el diseño y la fabricación, el packaging y distribución, el uso (y reuso) y mantenimiento, el reciclado de materiales y componentes, la disposición final (incineración y/o relleno) con una posible porción como recuperado (Civit, 2021).

Un estudio de ACV completo, obtenido del análisis de la producción y procesamiento de leche de la industria láctea de Noruega encontró que la fase agrícola constituye el principal punto crítico en el ciclo de vida de la leche y que las plantas más pequeñas son las de mayor impacto ambiental (Eide, 2002). Cuando se trata de estudios con enfoque de ciclo de vida, puede observarse que los escenarios resultantes brindan un panorama más completo y/o diversificados en cuanto a tipo de afectación de recursos (el agotamiento de estos, pero además su deterioro).

Un estudio realizado en la región de Lombardía, Norte de Italia (Famiglietti *et al.*, 2019), analizó el ciclo de vida completo de leche pasteurizada en el que se incluyeron 16 categorías de impactos: cambio climático, agotamiento de ozono, toxicidad humana, partículas en suspensión, radiación ionizante para la salud humana, radiación ionizante para ecosistemas, formación de ozono fotoquímico, acidificación, eutrofización terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina, ecotoxicidad en agua dulce, uso de la tierra, agotamiento de los recursos hídricos y agotamiento de recursos abióticos y recursos renovables. Como resultado, obtuvieron que la principal contribución a todas las categorías estuvo relacionada con la producción de leche cruda (sistema lechero primario) y osciló entre el 99,0% para el factor de eutrofización y el 56,3% para agotamiento de recursos abióticos, excepto el agotamiento del ozono. Este último, jugó el papel más importante (49,2%) para la segunda etapa (industria) debido principalmente al uso ineficiente de refrigerante (31,4% de la contribución) y al consumo de energía en términos de electricidad y quema de metano para la producción de calor que representaron respectivamente.

Enfoque de ISO 14046- Huella de agua o perfil de huella de agua.

ISO, mediante su norma 14046, proporciona principios, requisitos y directrices para la determinación de un perfil de huella de agua de productos y organizaciones con enfoque de “ciclo de vida” (ISO, 2015). Según dicha norma internacional un Perfil de Huella de Agua considera una serie de impactos relacionados con el agua, y está compuesto por los resultados obtenidos en varias categorías de impacto (eutrofización acuática, acidificación acuática, ecotoxicidad acuática, contaminación térmica, entre otras), que reflejan no sólo el volumen extraído en una cuenca sino el impacto potencial sobre la disponibilidad, la escasez y la contaminación que esa extracción y subsecuente uso ocasiona sobre los recursos, la salud humana y la calidad de los ecosistemas (Civit, 2021).

Entre los indicadores de medida de impacto ambiental sobre la escasez de agua, se encuentra el denominado Water Impact Index (WIIX) o índice de impacto hídrico. Este es un balance hídrico, en donde los caudales de entrada y salida están ponderados por factores de calidad y estrés hídrico, lo que entrega

un resultado de consumo equivalente de agua (ej. m^3 eq. WIIX), debido a la caracterización de calidad y estrés que tiene asociado el indicador (Bayart *et al.*, 2014). Para el factor de estrés hídrico se emplea el WSI (water stress index). Éste evalúa el nivel de escasez hídrica de una zona determinada. Este modelo se construye tomando en cuenta las extracciones y la disponibilidad de agua para una determinada cuenca (Pfister *et al.*, 2009).

Otro indicador empleado para la evaluación de impacto sobre la disponibilidad de agua en un área geográfica es el factor de caracterización AWARE (available water remaining o agua disponible remanente). Este fue validado mediante consenso a través de un proyecto (definido Water Use in Life Cycle Assessment- WULCA o Uso de Agua en Evaluación de Ciclo de Vida) que involucra a miembros de diferentes países de América del Norte, Europa y Australia con la iniciativa de ciclo de vida en la evaluación del uso y agotamiento de recursos hídricos. El indicador expresa la cantidad relativa de agua disponible remanente por área en una cuenca, respecto del promedio mundial, lo que permite la comparación de los metros cúbicos consumidos en diferentes regiones del mundo convirtiéndolos en metros cúbicos equivalentes mundial (m^3 world eq.) (Boulay *et al.*, 2018).

Referido a impactos asociados a la degradación del recurso, se encuentra el indicador de impacto por acidificación y eutrofización de agua dulce. Ambas categorías de impacto es posible determinarlas mediante diferentes métodos siendo ReCiPe (2013), uno de los más utilizados. El impacto por acidificación se expresa en $kg\ SO_2$ -eq y consiste en la deposición de ácidos resultantes de la liberación de óxidos de nitrógeno (NO_x) y azufre (SO_x) a la atmósfera. Se refiere al proceso que incrementa la acidez en los sistemas acuáticos lo que puede traer aparejado la disminución o la desaparición de la población de peces (Panigatti, 2021).

Por su lado la categoría de impacto por eutrofización de agua dulce se expresa $kg\ P$ -eq y evalúa el impacto en biodiversidad acuática causado por el incremento de nutrientes debido a emisiones en el aire, agua y suelo usando el fósforo (P) como sustancia de referencia (CADIS, 2016). Dicho incremento de nutrientes se traduce al crecimiento de biomasa (algas) provocando un desequilibrio en el ecosistema que al

descomponerse, produce la disminución del oxígeno disuelto conduciendo a la mortandad de peces y desaparición de la fauna (Panigatti, 2021).

Tanto en el concepto de ACV como en el de HH se contabiliza el impacto que es consecuencia del uso del agua sobre la disponibilidad del recurso y sobre la calidad o deterioro del mismo. Sin embargo, los dos enfoques difieren en el método de cálculo y en el tipo de información que puede surgir a partir de la evaluación de sus resultados, siendo un estudio de la sostenibilidad de la HH para un caso, y un estudio de impactos ambientales para el otro (Civit, 2021).

Para el ACV se han desarrollado diferentes metodologías, dependiendo de si se cuantifica el coste ambiental del proceso de producción que se conoce como ACV propiamente dicho, o el costo económico, cuyo análisis se desarrolla a través del Costo del Ciclo de Vida (CCV).

Concretamente en lo que refiere a aplicación del enfoque de ciclo de vida para evaluación de impacto sólo del consumo de agua, existe un caso de estudio a la producción de leche en el sureste de Australia (Ridoutt y Hodges, 2017). En él, se calcularon las huellas de escasez de agua para la producción de leche en 75 tambos. Se aplicaron tres indicadores: AWARE, $WSI_{word-eq.}$ y $WSI_{HH-eq.}$, con bases conceptuales y estructura de modelos diferentes. Los distintos resultados de los indicadores estuvieron altamente correlacionados y las etapas y procesos del ciclo de vida identificados como importantes fueron los mismos. A su vez, los tres indicadores se consideraron adecuados para informar la acción estratégica interna, no obstante, produjeron resultados que difirieron mucho en valor absoluto, en algunos casos por un factor mayor a 300, debiéndose entre otras cuestiones, a la amplitud de la escala productiva. Por tal motivo sugieren que a la hora de comparar huellas de escasez se especifique qué indicador se utilizó. No obstante, independientemente del indicador, los 3 coincidieron en que la mayor contribución a la huella de agua por escasez estuvo presente en la producción de alimentos (ya sea en el establecimiento o comprado) representando entre un 50 y 60%, en segundo lugar el suministro de agua para bebida animal (potable) con un 35 a 40%. La etapa de ordeño y la producción de otros insumos agrícolas no alimentarios fueron procesos relativamente poco importantes.

Costo del Ciclo de Vida (CCV)

El CCV se aleja del concepto de interpretación del inventario de aportaciones y pérdidas de los distintos elementos del sistema, dirigiendo su interés hacia un análisis coste-beneficio en el contexto de la eficiencia energética y del rendimiento medioambiental del proyecto a lo largo de la vida del activo.

El análisis del CCV es utilizado para demostrar que se pueden lograr ahorros sustanciales en los procesos de definición de inversiones, suficientes de por sí para justificar mejores opciones, aunque el valor de compra sea mayor, además de permitir elegir entre múltiples opciones la mejor, en cuanto a la relación costo-beneficio o costo-efectividad. El análisis del CCV no sólo tiene en cuenta la fase de costos de adquisición; por el contrario, plantea otras fases tales como: costos de preadquisición, costos de mantenimiento, costos de operación, costos de instalación, costos ambientales y gastos de eliminación, además de costos imprevistos (Pérez Jaramillo, 2009).

Si bien los métodos hasta el momento mencionados son los que actualmente tienen mayor margen de confiabilidad, y son herramientas que están en constante evaluación y validación, existen otras técnicas de valoración económica que pueden emplearse en forma complementaria.

Herramientas adicionales de valoración económica de bienes públicos:

Los cambios en la calidad ambiental y cantidad de recursos generan cambios en los costos de producción y en la productividad lo cual a su vez conduce a los cambios en los niveles de precios y de consumo de los recursos que se encuentran en el mercado (Hufschmidt *et al.*, 1983) y afecta a los ingresos. El valor neto de la producción perdida se convierte en una medida del valor de los recursos de los ecosistemas (de Alba y Reyes, 1998).

Los bienes y servicios ambientales pueden poseer un valor desigual dependiendo del individuo o grupo de personas. La agregación de los distintos valores marginales por debajo de algún tipo de umbral mínimo es el Valor Económico Total (VET). Este enfoque metodológico incluye diferentes categorías de aplicación del VET. La primera subdivisión es Valor de uso y Valor de no Uso, siendo el primero, el valor de los servicios del ecosistema que son empleados por el hombre con fines de consumo y de producción. El valor de no uso, corresponde al disfrute que experimentan las personas simplemente por saber que un servicio ambiental existe; también conocido como Valor de Existencia o Valor de Conservación (Cristeche y Penna, 2008).

El Valor de uso directo hace referencia a los bienes y a los servicios del ecosistema que son utilizados de manera directa por los seres humanos, tales como: la producción de alimentos. El Valor de uso indirecto, corresponde a servicios ambientales derivados de las funciones de soporte de los ecosistemas y que pueden considerarse como insumos intermedios para la producción de bienes y servicios finales. Un ejemplo de ello es la filtración natural de agua que beneficia a las comunidades aguas abajo o el secuestro de carbono que beneficia a la comunidad entera mitigando el cambio climático (Cristeche y Penna, 2008).

Existen diversos métodos o técnicas que sirven a la hora de calcular el VET de los bienes y servicios del ecosistema. El análisis por Cambio de Productividad es una de ellas, la cual emplea precios del mercado para la valoración de la afectación del ambiente y sus componentes (Dixon *et al.*, 1994). Es una herramienta para medir económicamente el impacto o daño ya generado sobre un recurso (pasivo ambiental).

Para poder poner en práctica la técnica mencionada anteriormente, el abordaje de este tipo de problemática precisa de lo que se denominan “funciones de dosis-respuesta”. La gran mayoría de los desarrollos de funciones de dosis-respuesta están asociados a los impactos de cambios en la calidad ambiental sobre: la salud, los materiales y los cultivos agrícolas. Estos son los impactos que pueden cuantificarse con un mayor nivel de confianza. Las funciones dosis-respuesta constituyen una primera aproximación a la valoración económica de la alteración de algún bien o servicio ambiental (Cristeche y Penna, 2008). Estas funciones miden la relación entre la presión sobre el ambiente como causa y resultados específicos de la misma como efectos. Se establece una relación matemática que determina cómo un determinado nivel de contaminación y/o degradación repercute en la producción (SEEA, 2003). En el caso agrícola, la aplicación tradicional del método consiste en multiplicar la variación en los rendimientos de los cultivos que se estima a través de estas funciones, por los precios prevalecientes en el momento del análisis (Cristeche y Penna, 2008).

Como alternativas a la función de dosis-respuesta empleada para la Técnica de Cambio de Productividad, muchos autores mencionan la determinación de “Costos de reemplazo” o “costos evitados”, “Costos de mitigación”, “Costos de oportunidad” y “Proyecto sombra” o “Costos de relocalización” como otros caminos posibles para el área de investigación, utilizados en prácticamente la totalidad de situaciones donde lo que se desea es evitar que se aumente el deterioro o subsanar el daño ya emitido (CEPAL, 2005; FAO, 2011).

El método de costos evitados o inducidos sirve para estimar el Valor de Uso Directo, e Indirecto. Este método corresponde al típico caso en que el bien o servicio ambiental bajo análisis no se comercia en el mercado, pero está relacionado con un bien que sí lo es, o sea, que posee un precio; y que el vínculo entre ambos radica en ser sustitutos en el marco de una determinada función de producción (Cristeche y Penna, 2008). También denominado costos de reemplazo, este descansa en el hecho de que si las personas están dispuestas a incurrir en este tipo de costos para evitar los perjuicios causados por la pérdida de algún servicio ambiental o para reemplazar ciertos servicios del ecosistema, entonces, estos servicios deben valer, por lo menos, el monto que la gente paga para ello (Ecosystem Valuation, 2006).

La técnica de costos de mitigación permite obtener el valor de un daño ambiental a través de los gastos realizados efectivamente por los agentes económicos, sociales o miembros de las comunidades para prevenir efectos ambientales indeseables. Los costos en que se incurre voluntariamente para aliviar el daño ambiental indican la valoración mínima de los agentes económicos para mitigarlo (Moreno, 1992). Cuanto mayor cantidad de costos evitados se identifiquen mayores son los beneficios sociales generados por la inversión en prevención y en mitigación (Burneo, 2003).

Por otro lado, como métodos para la cuantificación económica de esos impactos, algunos de ellos son “Precios Hedónicos” y “Valoración Contingente”. Precios Hedónicos es un método que analiza el impacto de los atributos sobre el precio o valor del bien (valor propiedad o tierra) (Cepal, 2009). Valoración Contingente es un método basado en preguntas hipotéticas a los agentes económicos -consumidores, productores, empresas- ampliamente usado para medir beneficios de los recursos y procesos ecológicos de los ecosistemas sin precios en el mercado o el costo por sus pérdidas. Básicamente ante la presencia de los recursos y procesos ecológicos de los ecosistemas a valor o cambios de su calidad o cantidad, se le pregunta directamente al entrevistado si ellos estarían dispuestos a pagar por el beneficio o qué cantidad de dinero estarían dispuestos a recibir por vía de compensación para tolerar sus costos de acuerdo con la situación que esté presente (FAO, 2011).

5- HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

“Las variaciones en el uso del recurso hídrico entre los diferentes modelos de producción primaria y secundaria de la cadena láctea del centro-oeste de la provincia de Santa Fe generan impactos diferenciados en el medio natural y en sus resultados económicos, siendo posible identificar prácticas de optimización en su manejo que reduzcan los mismos manteniendo la sostenibilidad económica de los sistemas”

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- "La cuantificación del consumo de agua a través de la Huella Hídrica en establecimientos tamberos e industrias lácteas del centro-oeste de la provincia de Santa Fe permite identificar sus impactos sobre el ciclo del agua, observando que, mayor es la intensificación de dichos procesos, mayor es el consumo de agua por unidad de producto ".
- “La evaluación del consumo de agua en establecimientos tamberos e industrias lácteas del centro-oeste de la provincia de Santa Fe a través de la HA, provee información acerca del grado de impacto que estos ejercen sobre la calidad del recurso, siendo menor en aquellos sistemas que disponen de sistemas de tratamiento de efluentes y un menor uso de insumos”.
- “La valoración económica del consumo de agua azul y el estudio de costos del ciclo de vida en sistemas lecheros primarios y secundarios son herramientas secundarias fundamentales, ya que permiten visualizar en forma indirecta (en términos económicos) la ineficiencia de uso del recurso. Estos indicadores proporcionan al empresario mayor conciencia sobre la conservación del ambiente contribuyendo así a la sostenibilidad económica y productiva de sus sistemas productivos”.

6- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar desde un punto de vista técnico-ambiental y económico la utilización del recurso hídrico en la etapa primaria y secundaria de la producción lechera bovina del centro-oeste de la provincia de Santa Fe.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el consumo de agua y eficiencia de uso de esta, a través de la huella hídrica en establecimientos tamberos e industrias lácteas productoras de queso de pasta semidura del centro-oeste de la Provincia de Santa Fe.
- Realizar un análisis de Huella de Agua en ambos sistemas y analizar el impacto proveniente del manejo de efluentes y posibles estrategias de mitigación que permitan reducir la contribución negativa al ambiente.
- Determinar la costo-eficiencia hídrica de los sistemas de provisión de agua subterránea en tambos e industrias lácteas, utilizando técnicas de valoración económica y análisis de costos del ciclo de vida. Esto permitirá determinar cómo el posible uso inadecuado y la contaminación del agua afectan los resultados económicos de ambos sistemas.

7- CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE CASOS EN ESTUDIO

I.I) SISTEMAS PRIMARIOS (Tambos)

I.I.1) MATERIALES Y MÉTODOS

I.I.1.A) Justificación y consideraciones de los sistemas lecheros primarios escogidos.

I.I.1.B) Descripción de los casos de estudio

I.I.1.C) Recopilación de información a través de encuestas y visitas.

I.I.2) RESULTADOS

I.II.2.A) Datos relevados de suelos correspondientes a los establecimientos tamberos relevados.

I.II.2.B) Resultados de encuesta: Datos físico-productivos de los sistemas tamberos relevados.

I.II.2.C) Resultados de encuesta y visitas: Sistema de ordeño

I.II) SISTEMAS SECUNDARIOS (Industrias queseras)

I.II.1) MATERIALES Y MÉTODOS

I.II.1.A) Justificación y principales consideraciones de los sistemas secundarios seleccionados.

I.II.1.B) Descripción de los casos de estudio

I.II.1.C) Recopilación de información a través de encuestas y visitas.

I.II.2) RESULTADOS

I.II.2.A) Resultados de encuestas a dueños: Características generales.

I.II.2.B) Resultados de visitas (observación de operarios): Enfoque técnico y productivo

I.II.2.C) Resultados de visitas (observación de operarios): Sistema de limpieza y gestión del uso del agua.

I.I) SISTEMAS PRIMARIOS (TAMBOS).

I.I.1) MATERIALES Y MÉTODOS

I.I.1.A.a) Justificación y consideraciones de los sistemas lecheros primarios escogidos.

Se seleccionaron establecimientos tamberos diversos, cuyas unidades productivas fueran los más representativos de la zona estudiada, en cuanto a escalas productivas o sistemas de producción, tendiente a responder a la hipótesis general, basada en la existencia de un gradiente en el nivel de impacto ambiental significativamente diferente y la capacidad disponible para optimizar su eficiencia hídrica.

Comerón (2007), en un estudio basado en la eficiencia productiva de sistemas lecheros en zonas templadas, define que Entre esos extremos existe un gradiente de situaciones definido básicamente por la relación forraje-concentrado (calidad de la dieta) y el tiempo afectado bajo condiciones de pastoreo y/o confinamiento. En Argentina, los sistemas lecheros predominantes se definen como de “base pastoril con suplementación estratégica mediante el uso de concentrados y forrajes conservados”, generalizando últimamente el encierre parcial a corral durante el invierno y el verano. Se tomaron como referencia dichos parámetros del autor y se definieron tres grandes categorías en función de los casos seleccionados:

- Modelo totalmente pastoril/ - Modelo Mixto/ - Modelo con parcial o mayor grado de confinamiento.

I.I.1.A.b) Diagrama de procesos de los sistemas primarios lecheros estudiados.

A continuación, se presenta en forma generalizada, las etapas y procedimientos indispensables para la producción de leche cruda en establecimientos tamberos seleccionados (Figura I).

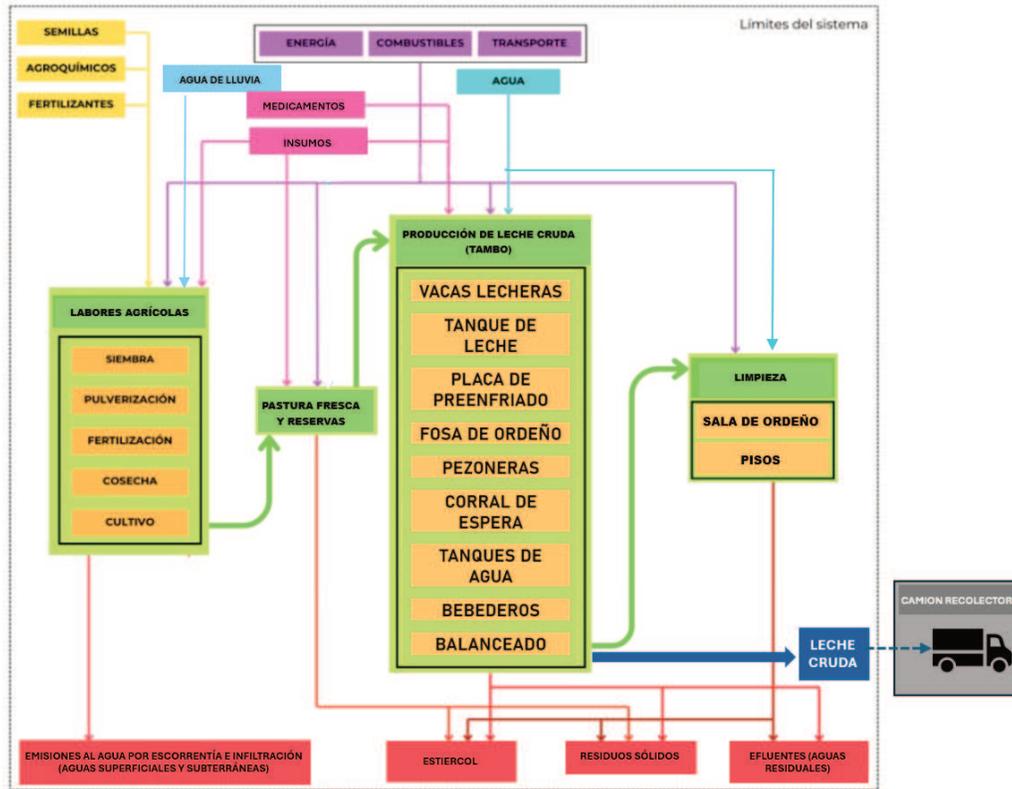


Figura I: Diagrama de proceso productivo de leche cruda.

I.1.1.B) Descripción de los casos de estudio

Como se mencionó anteriormente, el área de interés de esta investigación estuvo centrada en el departamento Castellanos y Las Colonias, ubicado en la zona centro-oeste de la provincia de Santa Fe. En la Figura I.1 se presenta la ubicación de los establecimientos seleccionados.

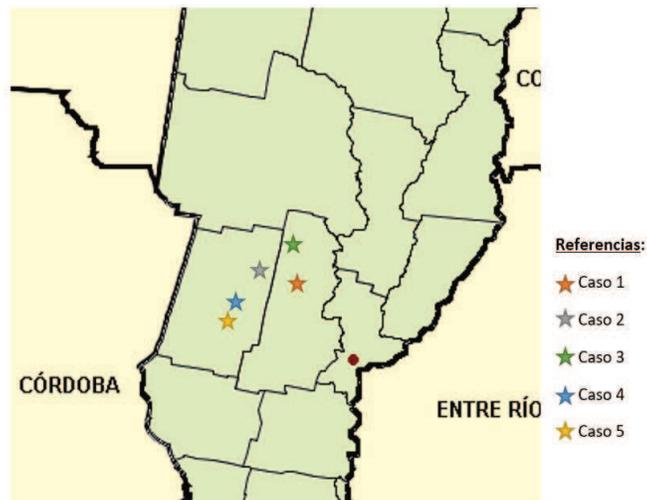


Figura I.1: Distribución geográfica de los casos en estudio de nivel primario.

Lugar del experimento, suelo y clima

Conforme a lo establecido en informes técnicos y cartas de suelos de INTA, se realiza una introducción de las características generales de suelo y promedios en cuanto a datos climáticos, correspondiente a la región geográfica donde se encuentra cada uno de los tambos seleccionados.

Caso 1

El caso de estudio número uno, se llevó a cabo en la Región Pampeana Subregión Pampa Gringa, en un establecimiento ubicado a aproximadamente 6 km de la localidad de Grutly, departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe, Argentina (Figura I.2). Según INTA (2020), el suelo donde se realizó el trabajo es un Argiudol típico serie Rincón de Ávila, con un índice de aptitud de 81. Este suelo bien drenado se encuentra desarrollado en los sectores más altos y ondulados aledaños al río Salado. Son medianamente profundos y susceptibles a ser erosionados por estar ubicados generalmente en pendientes superiores al 1%. Las temperaturas máximas oscilan entre los 24°C (promedio día) en verano y 10,2°C en invierno, siendo la media anual 17,1°C. El clima es templado pampeano y húmedo. Según datos históricos, la precipitación media anual es de 1180 mm y la evapotranspiración potencial correspondiente al año de evaluación de cultivos (2019) según registros de INTA es de 1103 mm.



Figura I.2: Imagen satelital campo Caso 1

Caso 2

El caso de estudio número dos, se encuentra ubicado a aproximadamente 9 km de la localidad de Lehmann, departamento Castellanos, provincia de Santa Fe, Argentina (Figura I.3). Según INTA (2020), el suelo donde se realizó el trabajo es un Natracualf típico Serie Aurelia, con un índice de aptitud de 8. Son suelos pobremente drenados, desarrollados en los microrelieves de los sectores deprimidos de las áreas vecinas a los grandes bajos o cañadas, o en los ambientes más bajos receptores de agua de los campos circundantes. Además, son suelos superficiales de colores muy claros por el intenso lixiviado y por la difícil acumulación de materia orgánica. Las temperaturas máximas oscilan entre los 27°C (promedio día) en verano y 12,7°C en invierno, siendo la media anual 19,8°C. Según datos históricos, la precipitación media anual es de 1150 mm y la evapotranspiración potencial para el año analizado (2019) 1132 mm.



Figura I.3: Imagen satelital campo Caso 2

Caso 3

El siguiente caso en estudio (número tres), se encuentra aproximadamente a 9 km de Sarmiento (Región Pampeana Subregión Pampa Gringa), departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe, Argentina (Figura I.4). Según INTA (2020), el suelo donde se realizó el trabajo es un Argiudol ácuico Serie Humboldt, con un índice de aptitud de 75. Es un suelo profundo, moderadamente bien drenado, desarrollado en sectores de planicies extendidas o en lugares ligeramente más deprimidos en relieves planos. Esta condición de drenaje, ligeramente impedido, representa su limitación más seria y el horizonte superior del suelo, está normalmente bien provisto de materia orgánica y bien estructurado. Las temperaturas más altas oscilan entre los 28°C (promedio día) en verano y 10,1°C en invierno, siendo la media anual 19°C. Según datos históricos, la precipitación media anual es de 1101,5 mm y la evapotranspiración potencial del año evaluado (2019) aproximadamente de 1153 mm.



Figura I.4: Imagen satelital campo Caso 3.

Caso 4

El caso cuatro, se sitúa cercano al distrito Clucellas, aproximadamente a 12 km. Pertenece al departamento Castellanos, provincia de Santa Fe (Argentina), Región Pampeana Subregión Pampa Gringa (Figura I.5). Según INTA (2020), el suelo donde se realizó el trabajo es un Argialbol típico serie Castellanos, con un índice de aptitud de 57. Es un suelo mediano a poco profundo, imperfectamente drenado, desarrollado en paisajes muy planos y generalmente extensos, ampliamente representados en el sector centro oeste de la “Pampa Llana Santafesina” (Panigatti *et al.*, 1971 y Mosconi *et al.*, 1981). Según datos históricos, la precipitación media anual es de 1101,5 mm y la evapotranspiración potencial del año evaluado (2019) de 1132 mm. Las temperaturas más altas oscilan entre los 30°C (promedio día) en verano y 10,1°C en invierno, siendo la media anual 20°C.



Figura I.5: Imagen satelital campo Caso 4

Caso 5

Otro caso empleado en este estudio (número cinco) corresponde al departamento Castellanos, provincia de Santa Fe (Argentina), Región Pampeana Subregión Pampa Gringa. Se encuentra cercano al distrito Saguier, aproximadamente a 7 km (Figura I.6). Según INTA (2020), el suelo donde se realizó el trabajo es un Argiudol ácuico serie Lehmann, con un índice de aptitud de 75. Es un suelo moderadamente profundo, moderadamente bien drenado, desarrollado en paisajes muy planos y generalmente extensos ampliamente desarrollados en el sector centro-oeste de la “Pampa Llana Santafesina” (Panigatti, *et al.* 1971, Mosconi *et al.*, 1981). Según datos históricos, la precipitación media anual es de 1150 mm y la evapotranspiración potencial para el año estudiado (2019) de 1132 mm. Las temperaturas máximas oscilan entre los 27°C (promedio día) en verano y 12,7°C en invierno, siendo la media anual 19,8°C.



Figura I.6: Imagen satelital campo Caso 5

En todas las regiones estudiadas, generalmente los menores valores de precipitación se producen en los meses junio y julio principalmente y el verano representa la mayor proporción de las lluvias. Tal es así que, en 2019, para todos los casos enero fue el mes de mayores precipitaciones del año.

I.I.1.C) Recopilación de información para aplicación de metodologías.

La búsqueda de datos que permitan cumplir los objetivos del estudio fue ajustada según las metodologías a desarrollar y las herramientas informáticas requeridas. Por un lado, se utilizó el CROPWAT 8.0 que estima la evapotranspiración de áreas sembradas, fundamental para el cálculo de la HHv. Dicho software, fue introducido por FAO (2010) y en él se requiere además de datos de cultivo, información sobre el suelo donde se realizan y condiciones agrometeorológicas. Por otro lado, se indagó sobre consumos directos de agua subterránea y manejo del sistema, necesarios para el cálculo de la HHa, la HHg asociada por generación de efluentes y uso de agroquímicos en el suelo. Por último, debieron elaborarse inventarios de materiales e insumos necesarios para la estimación de la HA y fue mediante el uso del SimaPro 9.5 (software validado internacionalmente por las normas ISO para el estudio de impactos ambientales).

Se confeccionó una encuesta para aquellos datos requeridos por los responsables de los establecimientos:

- *Datos generales:* Ubicación, hectáreas (has) disponibles, actividades productivas que desarrolla.
- *Productivos:* Clasificación del rodeo, número de cabezas por categorías, producción anual (litros totales de leche), producción individual (litros/vaca/día), carga animal (VT/ha), % de grasa-proteína en leche, eficiencia reproductiva (relación Vaca total/vaca ordeño), entre otros.
- *Cultivos:* Planificación anual de los cultivos que realizan, distribución por parcelas, sistema de siembra, aplicación de agroquímicos (tipo, cantidad y número de aplicaciones).
- *Alimentación:* Conformación de las raciones suministradas al rodeo, distinguiendo cada una de las categorías: cantidad de cada alimento (kg) y días proporcionados de cada uno. Bebida animal.
- *Manejo del sistema de ordeño:* consumos de agua, destinos de cada una de las fracciones (reutilizables y no reutilizables), sistema de limpieza de corral de espera y sala de ordeño, productos utilizados para higiene de la ordeñadora, de pezoneras, y pisos.
- *Infraestructura e insumos:* Fuente de abastecimiento de agua, distribución de las fuentes en el predio, características de la bomba (potencia (HP)), capacidad de extracción/hora, consumos eléctricos, equipamiento disponible, insumos de limpieza/veterinarios, maquinarias propias, consumo de combustible, tratamiento de efluentes (fosas, lagunas de depósito de efluentes).

I.I.2) RESULTADOS

I.II.2.A) Datos relevados de suelos correspondientes a los establecimientos tamberos

relevados.

En la Tabla I.1, se presentan las variables recopiladas (referido a información del suelo) necesarias para la determinación de consumo de agua de cultivos, según lo plantea el software CROPWAT 8.0. En forma complementaria, se menciona nuevamente, el tipo de suelo según la clasificación definida por INTA y la aptitud o IP de cada uno.

Tabla I.1: Características generales de suelos correspondientes a los establecimientos tamberos relevados.

Casos	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Nombre del suelo	Argiudol típico serie Rincón de Ávila	Natracualf típico serie Aurelia	Argiudol ácuico Serie Humboldt	Argialbol típico serie Castellanos	Argiudol ácuico serie Lehmann
Índice de Aptitud (IP)	81	8	75	57	75
Humedad del suelo disponible total (mm/m)	168	156	163	169	176
Tasa máxima de infiltración (mm/d)	233,5	225,7	186,6	189,1	199,2
Profundidad radicular máxima (cm)	121	80	118	94	103
Agotamiento de humedad inicial del suelo como % de ADT	60%	60%	60%	60%	60%

Información elaborada a partir del mapa de suelos de la provincia de Santa Fe (INTA, 2020) y estimada con ecuaciones de edafotransferencia generadas para estos suelos (Imhoff et al., 2016; Pilatti y Orellana, 2016).

Evaluando la clasificación presente en la Tabla I.1, se puede observar que, respecto a la aptitud de suelo, el Caso 1 entre los 5 establecimientos estudiados, presenta las mejores tierras. En segundo lugar, se encuentran los Casos 3 y 5, seguido del Caso 4 con un IP algo inferior. Finalmente, pero muy por debajo del índice de aptitud de los demás establecimientos, se encuentra el Caso 2 con un IP de 8 considerado como un suelo de clase V o VI. Dado que son suelos que se encuentran en sectores deprimidos o más bajos, funcionan como grandes receptores de agua de los campos vecinos. Tal vez, esto explica que en la caracterización escogida para este caso (Caso 2), presente uno de los valores más altos de tasa máxima de infiltración en el suelo, sin desarrollar buena capacidad de retención de humedad por el intenso lixiviado y baja profundidad de raíces. Los casos restantes, se encuentran con características más similares, lo cual los posiciona en condiciones productivas más adecuadas.

I.II.2.B) Resultados de encuesta: datos físico-productivos de los sistemas tamberos relevados.

Una de las características que se consideró relevante al momento de describir los sistemas lecheros es la relación forraje-concentrado, que permite identificar de manera global cómo se encuentra conformada la dieta de los animales y caracterizarlo de más a menos intensivo en su uso de concentrados. Por último, se relevó la cantidad de vacas en ordeño que disponen en el sistema. En la Tabla I.2 se presenta la caracterización de cada caso relevado a partir de las encuestas.

Tabla I.2: Caracterización físico-productiva obtenida a partir de las encuestas.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4		Caso 5	
Superficie total (ha)	218	200	202	140	15	125	15
Personas a cargo	3,5	2	2	2		3	
% de sup. en producción de alimento para vacas	95	100	75	90	100	71	100
N° de vacas en ordeño	216	135	187	160		130	
Carga animal (VT/ha)	1,28	0,925	1,13	1,35		1,2	
Producción leche (L/año)	2.368.222	1.262.170	1.365.100	1.511.392		1.322.176	
Producción diaria prom. (L/VO/día)	24,5	24,7	21	20		21	
% de grasa-proteína en leche	3,7GB 3,5 PB	3,65 GB 3,29 PB	3,8 GB 3,5 PB	3,79 GB 3,38 PB		3,79 GB 3,38 PB	
Relación forrajes-concentrado en dieta (%)	95:5	100:0	80:20	90:10		60:40	
Tipo de tambo¹	TP	TP	MM	TP		MGC	
Actividades que desarrollan²	Lechería y cría	Sólo lechería	Ganadería (carne y leche) y venta de granos	Lechería y cría		Lechería, cría y recría	
Tractores/ Unidad productiva	4	4	3	1		1	

¹: TP, totalmente pastoril; MM, modelo mixto; MGC, modelo con grado de confinamiento. Estas clasificaciones están clasificadas siguiendo la metodología de Comerón 2007.

²: Las actividades en las que se desempeñan están mencionadas en orden según su representatividad en la empresa.

Comparando los resultados de la Tabla I.2 y la clasificación realizada por Castignani *et al.* (2008) se puede observar que la mayor parte de los establecimientos tamberos analizados se encuentran dentro de las características propias del sector, pudiendo decir que los casos seleccionados fueron representativos, conforme a lo planteado en los objetivos. En cuanto al valor promedio de número de VO de los casos en estudio, los Casos 1, 2 y 4 que se dedican sólo a lechería, se encuentran por encima del promedio expuesto por los autores para dicha categoría de establecimientos (120 cabezas), entendiendo esto como el resultado del proceso de transición hacia la actividad agrícola que, como ya se ha mencionado en la introducción, generó como resultado una concentración de los sistemas productivos ganaderos. Lo mismo ocurre con el Caso 3, que no se dedica exclusivamente a tambo y el número supera el reportado por los autores para establecimientos tamberos de ese tipo del Departamento Las Colonias. En cuanto al porcentaje de superficie propia disponible, el número de personas a cargo y cantidad de tractores por unidad productiva, todos los casos en estudio presentaron resultados más altos que los de Castignani *et al.* (2008) y más bajos, en el porcentaje de productores que residen en el campo. A su vez, el valor de hectáreas totales empleadas y el número de animales totales de los cinco casos, fue menor a la fuente citada.

Esta comparativa puede ser considerada como un testimonio del proceso de intensificación por el que atravesó la actividad lechera en los últimos años, que promovió reforzar no sólo el aumento de las vacas en ordeño por sistema sino también, la necesidad de mayor control y seguimiento, optimización de procesos y mayor compromiso del personal disponible.

Si se comparan los cinco tambos estudiados según el tipo de actividad que desarrollan con los resultados del Censo Nacional (2018), aproximadamente el 60% de los establecimientos se desempeñan de forma exclusiva en producción lechera al igual como lo indica dicho censo.

I.II.2.C) Resultados de encuesta y visitas: sistema de ordeño.

Caso 1:

Este establecimiento cuenta con un sistema de ordeño espina de pescado de 12 bajadas (Figura I.7). La capacidad de almacenamiento del tanque refrigerante de leche, es de 6000 litros, marca SERPENTINA y el recuperador de calor de 500 litros marca FONTANA-Frío. Utilizan el agua caliente depositada en el intercambiador de calor, principalmente en ocasiones de bajas temperaturas. El agua que pasa por la placa de refrescado de la leche es recirculada hacia un tanque australiano que disponen en un lateral del tambo y a los bebederos (Figura I.8). Cuando la capacidad de almacenamiento no es suficiente utilizan complementariamente un tanque móvil, pero no siempre, por lo cual escurre el agua al piso. Poseen sistema de salida de agua independiente para distintos usos. En el caso de requerir agua en dos sitios diferentes en forma simultánea, no tienen dificultades con la presión de la misma. El establecimiento dispone de una bomba sumergible de mayor presión que las demás (2 HP).



Figura I.7: Sistema de ordeño- Caso 1.

En cuanto al sistema de limpieza en el tambo, en la fosa disponen de 4 mangueras limpia pezoneras, las cuales son utilizadas en forma simultánea la mayor parte del tiempo. En sus extremos poseen picos con válvulas de cierre, los cuales brindan mayor presión, pero menor caudal por minuto. Dado que este pico

puede ser retirado, suelen utilizarlas en forma variable, según consideren más oportuno en el momento. Se determinó el caudal en cada caso, empleando el valor promedio de ellos. Durante el ordeño no se le suministra ningún alimento a las vacas.

		
<p>Equipo de frío y tanque de leche</p>	<p>Recuperador de calor</p>	<p>Tanque móvil</p>
		
<p>Tanque australiano</p>	<p>Tanque de agua</p>	<p>Agua escurrida por el suelo a la salida del corral de espera.</p>

Figura I.8: Instalaciones del tambo- Caso 1.

La limpieza del corral de espera suele ser realizada por una sola persona lo cual puede incurrir en un mayor tiempo. Durante las visitas realizadas, en su mayoría, no se observó el uso de algún instrumento de arrastre o barrido. El agua residual obtenida, es transportada al tanque de purines y luego por sistemas de tuberías cerradas a un sistema de 2 lagunas de estabilización, sin una etapa previa como pretratamiento (tamiz de separación de sólidos). (Figura I.9)

		
Corral de espera	Barrido de estiércol con manguera	Corral de espera post ordeño
		
Tanque de purines	Lagunas de tratamiento	

Figura I.9: Sistema de limpieza y tratamiento de efluentes- Caso 1.

Caso 2:

El establecimiento dispone de un sistema de ordeño espina de pescado de 8 bajadas. El tanque de almacenamiento de leche es de 4300 litros, marca Super Frío y posee un recuperador de calor marca LEC-FRI con una capacidad de retención de agua de 160 litros. En este caso en estudio, no desechan el agua que se encuentra dentro del recuperador de calor, aun siendo verano. En caso de su vaciado, es empleado para la limpieza de la máquina de ordeño y tanque de leche, como aprovechamiento de agua caliente para mayor eficiencia de limpieza (Figura I.10). Disponen de una bomba sumergible de 1 ½ HP. Durante la rutina de ordeño, se suministra alimento en forma manual, predominantemente a base de grano de maíz picado y balanceado.

		
Tanque recuperador de calor	Tanque de leche cerrado.	Sistema automático de lavado

Figura I.10: Equipamiento de ordeño disponible- Caso 2.

Para el almacenamiento del agua que pasa por la placa de refrescado de leche, disponen de un tanque de hormigón de una capacidad de 1000L, conexión de distribución hacia bebederos de animales y retorno a la napa (Figura I.11).

			
Sistema espina de pescado- 8 bajadas	Fin de ordeño (poco consumo de agua)	Tanque de agua	Bebederos

Figura I.11: Sistema de ordeño y almacenamiento de agua- Caso 2.

Disponen de un sistema de lavado de pezones con pico aspersor con válvula de cierre. Para la limpieza al pie de la vaca en el momento del ordeño, no emplean un volumen significativo de agua derivado de esta fuente (Figura I.12). Realizan una limpieza final con una manguera de mayor caudal. Con esta misma,

efectúan la limpieza del corral de espera, realizando un primer lavado de “humedecimiento” de heces, posteriormente un barrido y, por último, un segundo lavado. Entre estos intervalos, la llave de paso de la manguera permanece cerrada. Esta, posee en su extremo un pico aspersor lo cual, debido a que su potencia es elevada, les permite operar con mayor rapidez y poder de arrastre.



Figura I.12: Sistema de limpieza de pisos- Caso 2.

Las aguas de lavado son unificadas y transportadas a través de tuberías subterráneas a un sistema de dos lagunas de estabilización. Posteriormente, luego de un tiempo determinado, son dispersadas en el campo como fertilizante (Figura I.13).



Figura I.13: Sistema de tratamiento de aguas residuales- Caso 2.

Caso 3:

La máquina de ordeño consta de un sistema espina de pescado de 12 bajadas con brazos neumático-oscilantes que poseen retiradores automáticos (Figura I.14). El suministro de alimento es manual proporcionando pellet de soja y maíz picado. Disponen de un tanque de leche cuya capacidad de almacenamiento es de 6250 litros, marca Bauducco y un tanque recuperador de calor de 250 litros de agua (Figura I.14). Esta agua caliente, previo al encendido del equipo de frío, es descargada a un barril de plástico de 200 litros todos los días durante las épocas estivales al iniciar el ordeño y durante el mismo. La bomba sumergible empleada es de 1 HP.

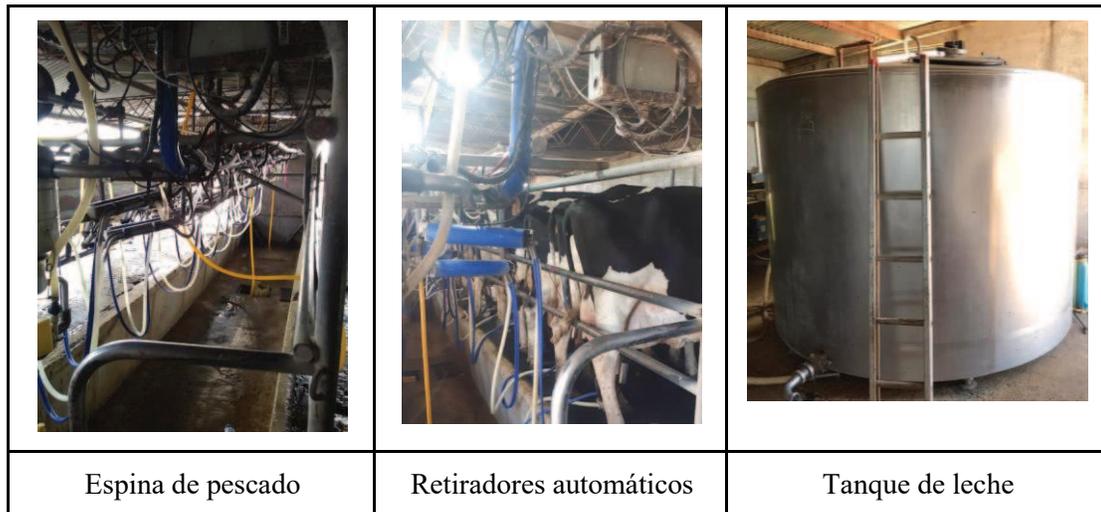


Figura I.14: Sistema de ordeño- Caso 3.

Según las entrevistas, el hecho de impedir que se acumule agua caliente en el intercambiador de calor, les permite alcanzar con mayor rapidez la temperatura deseada del tanque de almacenamiento de leche y mantenerla estable, dado que el horario de recolección de leche se encuentra muy próximo al de finalización del ordeño. Por lo tanto, esa salida de agua permanece abierta durante toda la rutina (con la llave de paso en punto intermedio), desechando agua al piso debido a que el caudal es mayor que la capacidad del barril de plástico de 200 litros de capacidad. Aunque tengan disponible, no utilizan normalmente otro sistema de almacenamiento complementario (otro recipiente). (Figura I.15).



Figura I.15: Almacenamiento de agua- Caso 3.

En este tambo, la limpieza de pezoneras no se realiza con pico dosificador, sino que se regulan manualmente para disponer de mayor caudal. Para el cierre se usan tapones que retiran y colocan manualmente, asumiendo con esto una pequeña pérdida o desaprovechamiento de agua (Figura I.16). Para realizar los lavados de pezones, disponen de 3 mangueras dispuestas a lo largo de la fosa de ordeño.



Figura I.16: Fuentes de desperdicio- Caso 3.

La fracción que queda retenida en este recipiente es empleada para limpieza del tanque de leche y limpieza de la máquina de ordeño. El agua derramada al piso pasa a formar parte de los purines (aguas residuales post limpieza) (Figura I.17).

		
Corral de espera techado con mediasombra	Corral sin limpieza	Corral post limpieza

Figura I.17: Características de corrales, limpieza de pisos- Caso 3.

Las aguas de limpieza, son mezcladas y en conjunto, barridas hacia un canal a cielo abierto improvisado, sin impermeabilizar, el cual se dirige hacia otro canal de mayor caudal ubicado al límite del campo, siendo éste el destino final del efluente. Disponen de una estercolera empleada para distribuir efluente a campo, principalmente en momentos donde el canal se desborda (Figura I.18).

			
Desagüe del efluente (vista interior)	Desagüe del efluente (vista exterior)	Canal realizada por el dueño	Estercolera

Figura I.18: Manejo de efluentes generados- Caso 3.

Caso 4:

En principio, es necesario resaltar que, en este establecimiento durante el período analizado, se atravesó por un cambio de tamero en 3 oportunidades, siendo descartado el análisis de uno de ellos que estuvo sólo un mes. Los dos restantes, presentaron diversas maneras de trabajar y realizar las tareas de ordeño. Este sistema, cuenta con un sistema de ordeño espina de pescado de 10 bajadas. La capacidad de

almacenamiento del tanque refrigerante de leche es de 10.200 litros, marca BAUDUCCO y el recuperador de calor de 250 litros de la misma marca (Figura I.19). Ambos tamberos utilizan el agua caliente depositada en el intercambiador de calor. Uno de ellos para un lavado inicial de la ordeñadora, dado que comienzan con el ordeño de vacas de enfermería (aquellas que presentan mastitis u otra enfermedad por lo cual tengan indicado el consumo de antibióticos). El otro, descarga una parte en la batea ubicada en la sala de equipos, utilizada luego para limpieza del tanque, y la otra parte, la descarga en un recipiente ubicado en la fosa para lavados manuales o la emplea en limpia pezoneras (concretamente en invierno).

	
<p>Intercambiador de calor (equipo de frío)</p>	<p>Ordeñadora espina de pescado</p>
	
<p>Tanque de leche</p>	<p>Batea para lavado</p>

Figura I.19: Equipamiento disponible- Caso 4.

El agua que pasa por la placa de refrescado de la leche es recirculada hacia un tanque australiano central que disponen para bebida de vacas al salir del tambo, a otro tanque pequeño en las inmediaciones de este y a los restantes bebederos. No poseen sistema de salida de agua independiente para distintos usos por lo que primero deben finalizar el ordeño para luego continuar con la limpieza del corral de espera. El establecimiento dispone de una bomba sumergible de ½ HP, más pequeña que las de los otros establecimientos estudiados y se encuentra debajo del tanque de agua lindante al desagüe de efluentes (Figura I.20).



Figura I.20: Almacenamiento de agua- Caso 4.

En cuanto al sistema de limpieza desde la fosa, disponen de 4 limpia pezoneras, las cuales son utilizadas en forma simultánea la mayor parte del tiempo ya que hay 3 personas en forma permanente ordeñando, para ambos tamberos (Figura I.21). Las mangueras disponen de picos con válvulas de cierre y son empleadas sólo de esa manera, otorgando mayor presión y efecto barrido. Uno de ellos realizaba “despunte” en seco, es decir que, salvo días de temporales donde el animal ingresa con gran presencia de barro en los pezones, la limpieza es sin agua.

En cuanto a la tecnología disponible en el sistema de ordeño, poseen comederos con recarga automática y silos dosificadores que, sin embargo, permanecían en desuso durante las visitas y mediciones por causa de roturas.

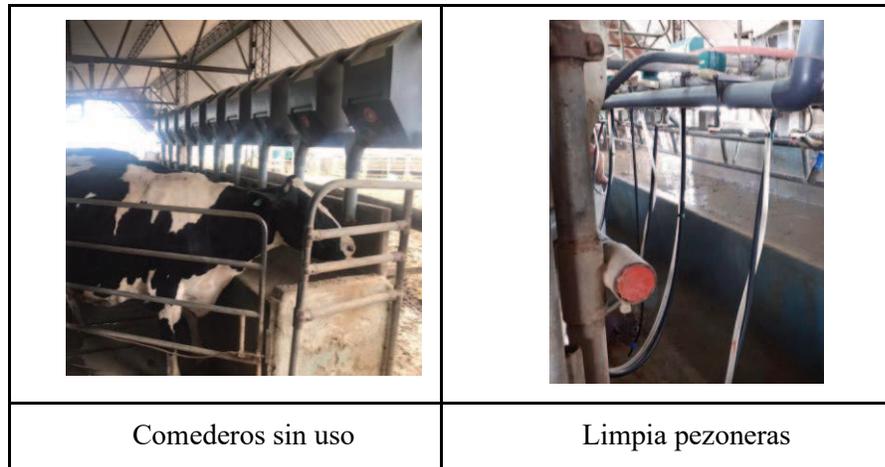


Figura I.21: Herramientas del sistema de ordeño- Caso 4.

Como se observa en la Figura I.22, poseen un corral de espera hormigonado circular, techado con chapas. No obstante, el sistema de desagüe de aguas residuales es deficiente y sus límites no están definidos claramente por lo cual, una gran parte de ellas se escurren en las inmediaciones del corral ocasionando depósitos de agua con barro, restos de leche y productos químicos. Para su limpieza utilizan complementariamente herramientas de arrastre de sólidos. No poseen sistema de tratamiento de efluentes ni tampoco fosas de decantación impermeabilizadas. Tienen un circuito de diversas cunetas distribuidas en distintas áreas alrededor del tambo las cuales desembocan en un pequeño canal de tierra a cielo abierto, el cual transporta el efluente hacia un canal público.

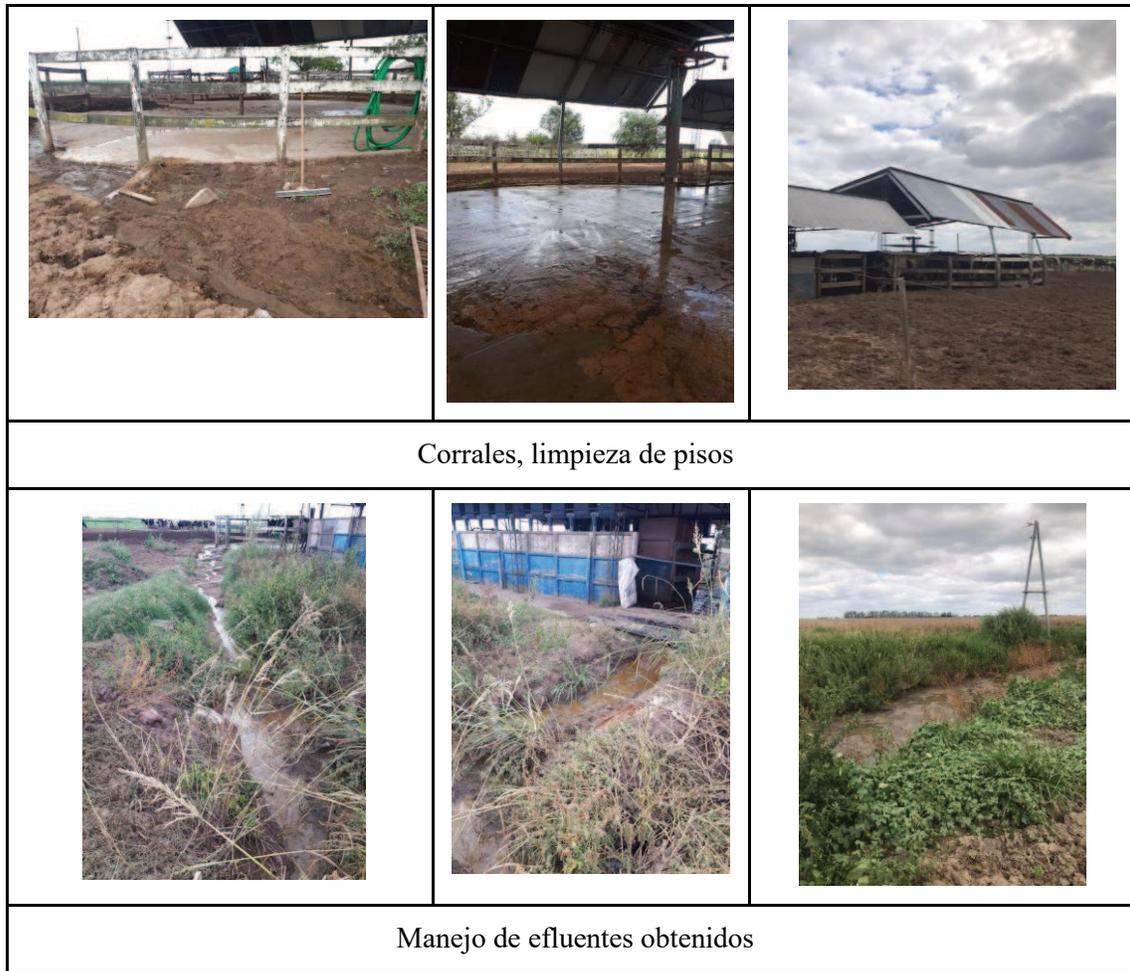


Figura I.22. Corrales y sistema de tratamiento de aguas residuales- Caso 4.

Caso 5:

El tambo posee un sistema de ordeño de 12 bajadas con sistema de alimentación de racionados automáticos. Esto es una ventaja comparativa frente a los demás sistemas, ya que les permite trabajar con mayor eficiencia en la tarea de ordeño propiamente dicha, sin preocuparse de la recarga de los comederos. Por lo general son 3 operarios trabajando dentro de la fosa en forma casi permanente. El tanque de almacenamiento de leche es de 10200 litros, marca Bauducco, de tipo cilíndrico cerrado con lavado automático (Figura I.23). El equipo de frío es del mismo fabricante con un sistema de almacenamiento de agua caliente con capacidad para 240 litros. La bomba sumergible utilizada en este establecimiento es de $\frac{3}{4}$ HP.



Figura I.23: Instalaciones del tambo- Caso 5.

El agua contenida en el recuperador de calor del equipo de refrigeración es empleada en todo momento, durante la rutina de ordeño, comenzando por los 240 litros que se encuentran del ordeño anterior a mayor temperatura (Figura I.24). Una parte de este contenido es depositado en una batea de 150 litros, los cuales son empleados luego para la limpieza de la máquina de ordeño. El resto se utiliza para limpieza de pezones empleando ambas llaves de paso para colaborar con el mantenimiento de temperatura del tanque de leche.

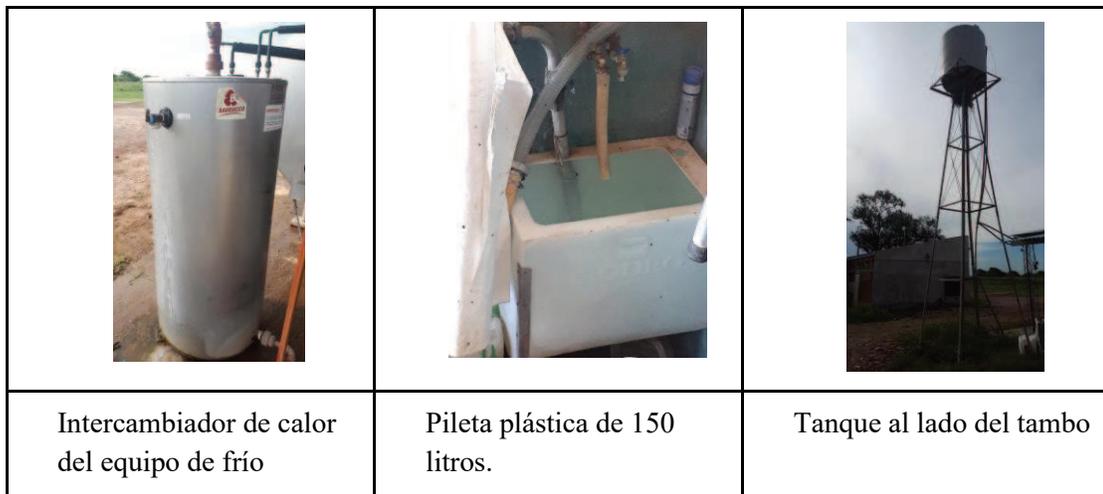


Figura I.24: Contenedores de agua- Caso 5.

La circulación de agua por la placa de refrescado comienza minutos antes de iniciar el ordeño. Éste está conectado a bebederos de las vacas en ordeño y a un tanque que se encuentra al costado del tambo. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de éste es insuficiente. Por lo tanto, los sistemas de depósito de

agua que disponen se encuentran saturados en épocas de menor consumo de agua de bebida, desechando la misma al piso el tiempo restante de ordeño. Ante esta situación, aplican dos alternativas: Una de ellas es abrir el paso de agua, pero no al máximo de su caudal al igual que el Caso 3. La otra es la utilización de un tanque móvil (tipo estercolera) de 6500 litros para el vertido de la porción restante de agua que pasa por la placa y no fue almacenada en los bebederos o tanque de hormigón. Este volumen es distribuido a los bebederos más lejanos. Sin embargo, esta última dependerá de las condiciones climáticas, dado que luego de un temporal, si la estercolera quedó alejada del tambo, no pueden trasladarla para su posterior llenado, y ese volumen de agua se desecha.

En lo que corresponde a la limpieza del piso al pie de las vacas y la limpieza de éstas, disponen de cuatro mangueras que, en gran medida, son utilizadas simultáneamente. En sus extremos poseen picos con válvulas de cierre automático, aunque estos pueden extraerse y las utilizan en forma variable. Por tal motivo, se determinó el caudal en cada caso, y se usó un valor promedio (Figura I.25).



Figura I.25: Limpieza en la sala de ordeño- Caso 5.

El corral de espera no posee media-sombra en su totalidad, ni sombra natural para contrarrestar el estrés térmico de los animales (Figura I.26). Para limpieza de este, se emplea una manguera, la misma que se utiliza para limpieza final de la sala de ordeño. Para esta actividad encienden una bomba centrífuga que le

otorga mayor presión y caudal. No obstante, aunque emplean elementos de barrido que podrían reducir el consumo de agua, esta se mantiene abierta en forma ininterrumpida.

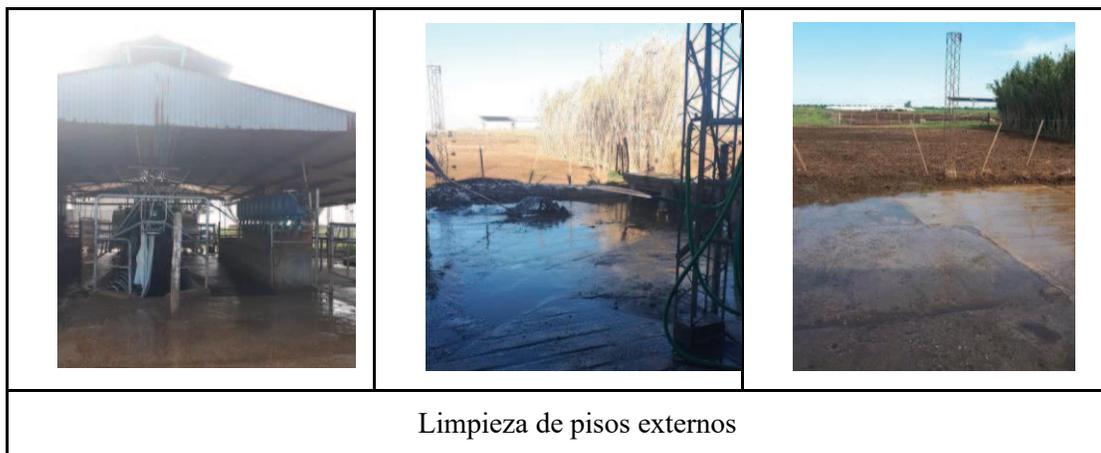


Figura I.26: Corral de espera- Caso 5.

No poseen sistema de tratamiento de efluentes ni tampoco fosas de decantación impermeabilizadas (Figura I.27). El terreno del corral tiene caída hacia un lateral que, con la ayuda de una bomba extrae el efluente y lo deriva a una cuneta (destacando su pequeño tamaño).

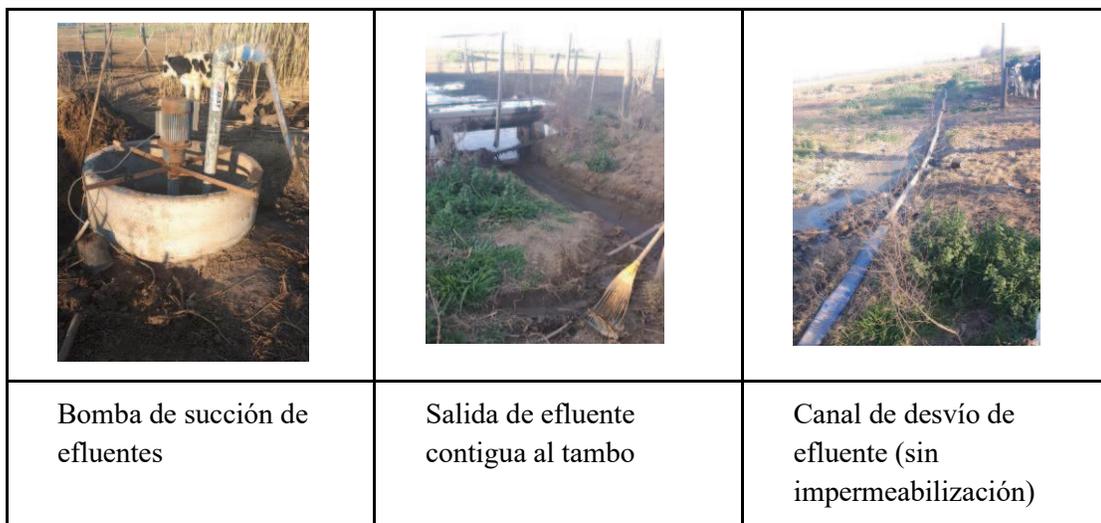


Figura I.27: Manejo de efluentes- Caso 5.

En la Tabla I.3, se resumen las características del sistema de ordeño, la infraestructura disponible y la rutina de trabajo en cada establecimiento tambero.

Tabla I.3: Descripción de casos según las condiciones de la sala de ordeño y tipo de equipamiento.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
SISTEMA DE ORDEÑO: Espina de pescado	12	8	12 (*)	10	12
Tanque refrigerante de leche	6000 L	4300 L	6250 L	10200 L	10200 L
Recuperador de calor	500 L	160 L	250 L	250 L	240 L
Bomba sumergible	2 HP	1 ½ HP	1 HP	½ HP	½ HP
Alimentación durante ordeño	NO	SI manual	SI manual	SI comederos con recarga automática (roto)	SI comederos con recarga automática

(*) bajadas de brazos neumáticos con retiradores automáticos.

Se puede observar según la tabla, que ningún establecimiento posee la totalidad de las características iguales entre sí. Esto demuestra la complejidad y particularidad existente en los sistemas de producción primaria fundamentalmente orientados a lechería, donde intervienen numerosas variables al definir el modelo del proceso productivo y la rutina de trabajo.

Algunos de ellos, poseen un tanque de almacenamiento de leche mayor que su producción diaria (Caso 4 y 5), otros disponen de una ordeñadora con la misma cantidad de bajadas que otro establecimiento que duplica la cantidad de vacas (Caso 4 vs. Caso 1), el Caso 2, dispone de la ordeñadora más chica pudiendo considerarse pequeña para el número de VO disponible.

Respecto a las bombas sumergibles, el Caso 1 es la de mayor capacidad de extracción de agua por hora, considerando que se adapta correctamente por tratarse del tambo con mayor escala productiva. Distinto es

el Caso 4 y 5 que, si bien poseen el menor número de VO, precisan adicionar para la limpieza externa (de corrales) el encendido de una bomba presurizadora que aumente la potencia y a su vez, dado el bajo caudal y fuerza, no emplear la bomba en dos actividades de forma simultáneo (ejemplo: finalizar el ordeño y comenzar a realizar limpieza de patio) impidiendo el ahorro de tiempos.

En cuando a la alimentación, todos proveen durante el momento de ordeño, salvo el Caso 1. Sin embargo, este no suministra alimento debido a una decisión de la empresa y no depende de una variable económica.

En los casos que sí proveen alimento, el Caso 4 y 5 disponen de mayor tecnología brindando más autonomía en la tarea, pero, tal infraestructura implica mayores costos, más gasto en mantenimiento y mayor consumo eléctrico. En este sentido, se asume que el Caso 2 y 3 pueden no estar incorporando dicha tecnología por cuestiones económicas o simplemente por decisión de no hacerlo.

Lo que se pretende plasmar con este análisis es que cada medida adoptada y la dinámica de las tareas desempeñadas dependen de múltiples factores difíciles de comparar (de gestión, económicos, productivos e ingenieriles). En tanto, los resultados operativos (tiempo de ordeño, consumo de agua y de energía) serán consecuencia de dichas medidas que, contrastados con sus correspondientes producciones diarias, permitirá evaluar si resulta beneficioso o no (rentable o no) las herramientas o infraestructuras empleadas e inferir si están sub o sobreestimadas para el sistema.

I.II) SISTEMAS SECUNDARIOS (Industrias queseras)

I.II.1) MATERIALES Y MÉTODOS

I.II.1.A.a) Justificación y principales consideraciones de los sistemas secundarios (industria).

Se estableció estudiar dos sistemas diferentes de producción de lácteos, con características físico-productivas bien contrastantes. A partir de éstos, se seleccionó un producto común, con la finalidad de realizar una evaluación ambiental del consumo de agua dentro de cada planta y distinguir diferencias y/o características comunes. La unidad productiva o funcional fue kilo de queso semiduro (pategrás).

I.II.1.A.b) Diagrama de procesos de los sistemas secundarios estudiados (industrias).

A continuación, se presenta en forma generalizada, las etapas y procedimientos indispensables para la producción de leche cruda en establecimientos tamberos seleccionados (Figura I.28).

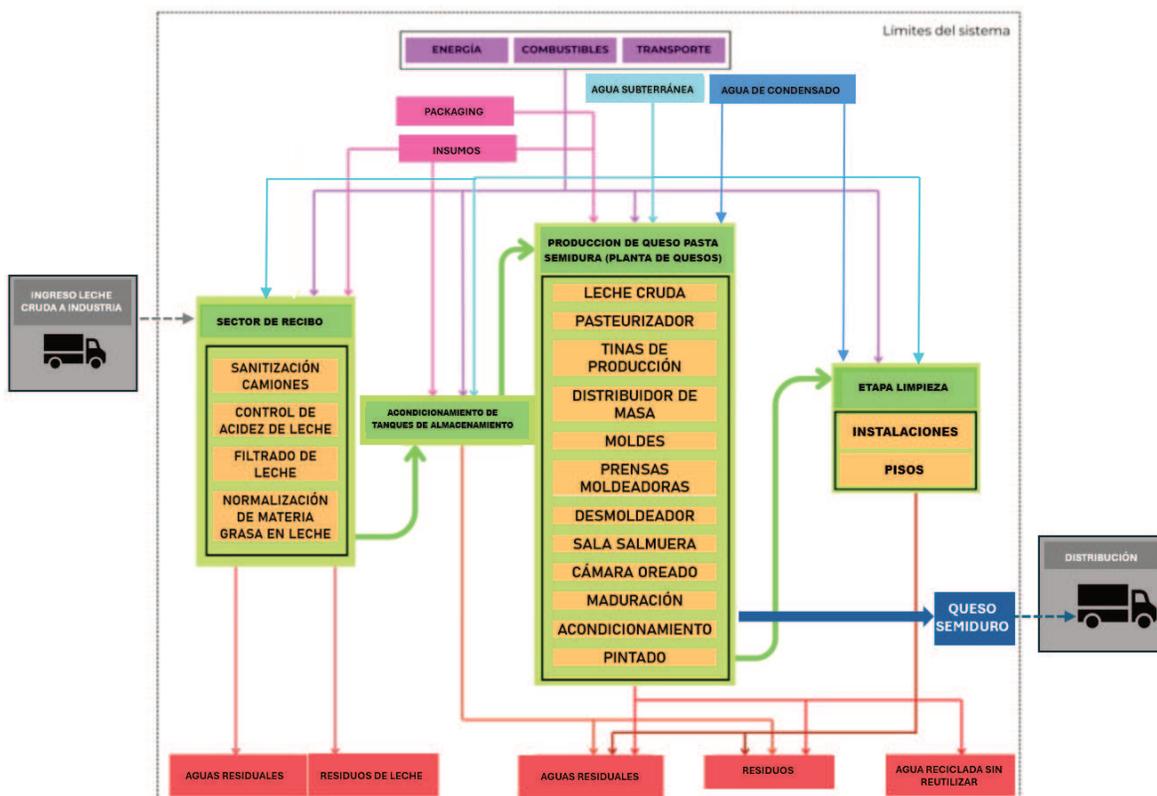


Figura I.28: Diagrama de proceso de producción de queso pasta semiduro.

I.II.1.B) Descripción de los casos de estudio

Al igual que en la primera primaria, los sistemas secundarios o manufactureros se encuentran en el área geográfica analizada, precisamente el Departamento Castellanos, Provincia de Santa Fe (Figura I.29).

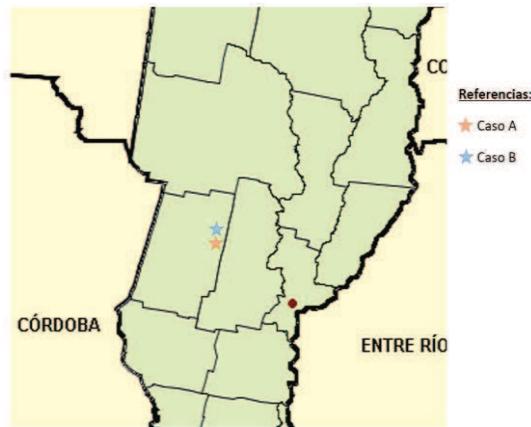


Figura I.29: Ubicación geográfica de los casos en estudio de nivel secundario.

Lugar del experimento, objeto de la empresa y dimensión productiva.

Caso A:

Esta empresa se encuentra ubicada en zona rural cercana al distrito Lehmann, a 11 km aproximadamente de la localidad de Rafaela (Figura I.30). Este establecimiento elabora quesos (duros y semiduros), y crema. Entre los primeros, se encuentran: barra o tybo, pategrás, sardo, cremoso, provolone y, barra y sardos saborizados en presentaciones individuales.



Figura I.30: Industria láctea, CASO A.

Es una empresa de tipo familiar que compone una cadena de integración horizontal, en la cual su materia prima (leche cruda) proviene directamente del tambo perteneciente a la misma familia. Para la fábrica emplean 4000 litros diarios aproximados de leche.

Su producción diaria aproximada es de ± 350 kilos de quesos, y producen de lunes a viernes. La cuantificación anual estará afectada a 265 días promedio.

La venta de los productos se realiza de manera directa al consumidor final. Puede ser por encargo (de un volumen considerable) para presentes empresariales, pedidos específicos a precio minorista por unidad o bien, para acontecimientos particulares se comercializan en conjunto con otros productos y/o productos complementarios (delicatessen, embutidos o vinos).

Caso B:

Esta empresa se encuentra a 21 km de la localidad de Rafaela. La misma elabora quesos duros (masa cerrada y con ojos, entre ellos pategrás), semiduros y leche en polvo (Figura I.31).



Figura I.31: Industria láctea, CASO B.

Es una empresa de mayor capacidad productiva respecto al Caso A. Integra una firma, la cual posee 3 plantas con elaboración de diferentes productos, distribuidas en distintas regiones geográficas de la cuenca lechera de la República Argentina. La planta estudiada, emplea 340.000 litros de leche diarios

aproximadamente, de los cuales el 31% está dirigido a la etapa de producción de quesos, siendo predominante la elaboración de leche en polvo.

Los quesos en su totalidad son distribuidos a puntos de venta estratégicos (Rosario y Buenos Aires). Lo mismo ocurre con la leche en polvo, pero parte de ella también se exporta.

Introducción al procedimiento general de elaboración de quesos:

Considerando la importancia del proceso productivo con relación al consumo de agua, se enuncia a continuación en forma genérica las principales etapas que conforman el proceso de producción de quesos.

En Resultados de este capítulo, se detalla cómo es el procedimiento particular de cada caso en estudio, según las correspondientes visitas y encuestas.

En la industria láctea, se realiza la recepción de la leche y limpieza de los camiones, seguido de la limpieza de la playa de estacionamiento. Una vez que la leche ha ingresado a la planta, se realiza su pasteurización que, dependiendo cada caso, la temperatura a la cual se realiza el proceso puede variar entre 60 y 70 grados con mayores o menos tiempos en dicho proceso.

Finalizado el proceso de pasteurización, se realiza la incorporación de aditivos: cloruro de calcio, fermentos, colorantes, finalizando con la incorporación del cuajo, lo cual permitirá la separación de la masa y el suero. Posteriormente, se extrae el suero, y dependiendo el tipo de queso puede presentarse un paso o dos más, previo al moldeado.

En el caso del queso pategrás, se realiza un proceso denominado “lavado de masa”, que consiste en la adición de agua al queso (dependerá la cantidad de acuerdo con la capacidad de la/s tina/s). La finalidad de este es reducir el pH. Para alcanzar la terminación deseada y característica de este queso (los ojos), es necesario que el pH se reduzca en el momento de enfriado y luego vaya aumentando gradualmente a medida que aumenta la temperatura de la masa con la cocción.

Finalmente, se procede al proceso de salación, por lo que los quesos se someten a salmuera durante un determinado tiempo y método, dependiendo de cada industria.

I.II.1.C) Recopilación de información a través de encuestas y visitas.

Para el diseño del cuestionario e información requerida, se tomó como guía la descripción antes mencionada acerca del procedimiento general de una industria quesera para elaborar quesos de pasta semidura. A partir de ésta, se elaboró una encuesta piloto y la información considerada fue la siguiente:

- *Datos generales:* Ubicación, hectáreas (has) ocupadas por la planta e instalaciones complementarias, estructura general de la empresa (productos que ofrece al mercado, cantidad total de empleados, disposición de la planta, mapa de las instalaciones, entre otros).
- *Datos físicos-productivos:* litros de leche cruda recibida anualmente por la industria, litros de leche pasteurizada por día, tipos de productos elaborados, proporción de materia prima destinada para cada proceso productivo, kilos u hormas de quesos pategrás elaborados por semana, capacidad productiva total diaria dentro de la planta de producción de quesos, número de operarios trabajando en cada sector.
- *Manejo del sistema de producción:* diagrama del procedimiento productivo, especificaciones acerca del manejo del agua, consumo, destinos finales de dichos consumos (reutilizables y no reutilizables), sistema de limpieza externo, interno, tiempos en cada etapa de elaboración, horarios y/o cantidad de turnos de trabajo.
- *Infraestructura e insumos:* productos utilizados para higiene de instalaciones, equipos, camiones y pisos, cantidad de bombas sumergibles disponibles, origen del agua empleada para cada etapa (agua de pozo o agua clorada), origen del consumo energético y registro de dicho consumo, disponibilidad o no de sistema de tratamiento de efluentes.

I.II.2) RESULTADOS

I.II.2.A) Características generales de industrias queseras seleccionadas.

Descripción productiva de los sistemas relevados.

En la Tabla I.4, se presentan las características de los sistemas analizados. Si bien, no son empresas comparables ya que poseen escalas productivas diferentes, se realizó un relevamiento de sus principales indicadores y se los vinculó a la unidad productiva permitiendo finalmente, evaluar la eficiencia en el uso del agua.

Tabla I.4: Características generales de las empresas lácteas relevadas.

Características	CASO A	CASO B
Recibo leche cruda destinada a quesos (L/día)	4500	110.000 y 120.000
Queso semiduro (kg/día)	40	Entre 5000 y 6000
Cantidad de tinas	4 (1500 litros)	3 (12.000 litros cada una)
Días de producción	Lun a vie, 8 horas	Lun a lun (de 16 a 24 horas de producción dividido en turnos de 8 horas).
Tratamiento de efluentes	No	Sí
Energía empleada	Eléctrica y térmica (caldera) a leña	Eléctrica

- La industria más pequeña (CASO A) realiza sólo un horario fijo de trabajo, por la mañana hasta el mediodía. Para el desarrollo de cada una de las etapas de elaboración, disponen de un total de 6 empleados. La gran mayoría de ellos desempeñándose en todos los procesos, es decir, no poseen un rol fijo asignado.
- El CASO B, produce durante la jornada completa y los 365 días del año. La sección de producción de quesos (Figura I.32) posee una capacidad de almacenamiento de 48.000 litros de leche por jornada,

distribuido en 4 tinas de 12.000 litros cada una, aunque nunca se trabaja con la totalidad de las mismas en forma simultánea.

Se elaboran además de quesos, leche en polvo, siendo ésta, la producción de mayor relevancia para la empresa. En este sentido, dependiendo la demanda de producción de leche en polvo, se determina la proporción de leche restante que será dirigida a producción de quesos. En relación a estos últimos, se destina un día para la producción de un queso en particular, es decir, realizan sólo un tipo de queso por día. Por tal motivo, la cuantificación de lo producido se define de acuerdo a los kilos totales de queso pategrás elaborados por mes.

En cuanto al proceso de elaboración, las etapas en su gran mayoría están automatizadas, y requieren solo de un operario (o dos como máximo) para controlar el funcionamiento. El total de operarios a lo largo de todo el proceso de producción desde el recibo de leche hasta el pintado del queso es alrededor de 15.



Figura I.32: Exterior planta quesera CASO B.

I.II.2.B) Resultados de visitas (observación de operarios).

Descripción del proceso- Enfoque técnico y productivo

CASO A:

A continuación, se describen las distintas etapas del proceso productivo:

- Etapa 1: Recepción y clasificación de leche cruda: Como todo proceso manufacturero, se inicia con el recibo de la materia prima (Figura I.33). En este caso, la industria se abastece de leche cruda a partir de una unidad productiva que posee el dueño y personal del tambo traslada cada mañana directo del ordeño a la industria.



Figura I.33: Tanques de leche cruda traídos del tambo- CASO A.

- Etapa 2: Pre-acondicionamiento de la leche. En esta etapa se emplea una desnatadora, con la finalidad de quitar excedente de grasa que impide avanzar con el procedimiento correctamente y alcanzar el acabado deseado en sus productos (Figura I.34).



Figura I.34: Equipamiento para pre-acondicionamiento de la leche- CASO A.

- Etapa 3: Carga de leche a las tinas. No se dispone de un sistema automático de cañerías sino una manguera movable la cual se va direccionando a la tina correspondiente (Figura I.35). Una vez realizado el proceso de carga, uno de los operarios permanece controlando las mismas. En la Figura I.33 se observa la desnatadora conectada a las tinas por medio de una manguera transparente, con la cual realizan el depósito de la leche dentro de ellas.



Figura I.35: Leche cruda cargando a las tinas- CASO A.

- Etapa 3: Proceso de pasteurización y agregado de aditivos (Figura I.36). Su finalidad es reducir la presencia de microorganismos patógenos. La capacidad de la planta para pasteurización de leche es de 3 tinas, una de ellas de 1000 L. y otras dos de 1600 L., siendo sólo la primera, la empleada para pasteurizar.



Figura I.36: Proceso de pasteurización- CASO A.

Luego, se suministra en cada tina cloruro de calcio a $\pm 35^{\circ}\text{C}$, fermentos y por último el colorante a $\pm 45^{\circ}\text{C}$ (Figura I.37). Luego que el proceso de mezcla está terminado, se enfría a 35°C aproximadamente, y se incorpora el cuajo (0,06 L/tina) para formar la masa. Los aditivos y el cuajo se agregan manualmente.



Figura I.37: Agregado de aditivos- CASO A.

- Etapa 4: Extracción de suero (Figura I.38). Para realizar este proceso el operario debe romper la masa manualmente por medio de un proceso de agitación, hasta lograr una granulométrica de 1x1cm aproximadamente. Alcanzado ese punto, se extrae alrededor de 150-200 L. de suero por tina.

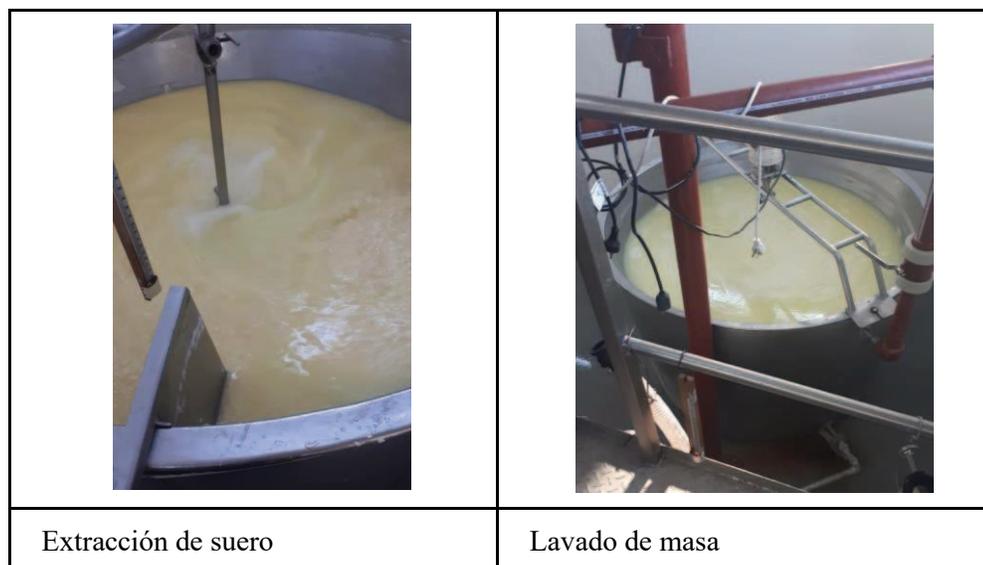


Figura I.38: Formado de masa- CASO A.

- Etapa 5: Lavado de masa o deslactosado. En este paso, se incorporan aproximadamente 150-200 L de agua por tina (Figura I.38). Este proceso reduce el pH de la masa lo que permitirá generar la terminación característica del queso pategrás (formación de “ojos”). Para el agregado de agua (ya sea para lavado de masa o limpieza de tina), se realiza manualmente empleando una manguera.
- Etapa 6: Cocción final. La masa permanece el tiempo restante a una temperatura $\pm 45^{\circ}\text{C}$. El control de temperatura de la masa es realizado por medio de un termómetro convencional el cual está suspendido en la tina, sujeto por un alambre y en contacto con la superficie del líquido (Figura I.39).



Figura I.39: Control de temperatura- CASO A.

- Etapa 7: Descarga de masa. Aquí dependerá del tipo de queso, el procedimiento específico que puede desarrollar la fábrica. Para el caso del pategrás, se deja decantar la masa en la tina, para luego recogerla mediante una tela suiza con la ayuda de un elevador. Esta permanece por unos minutos escurriendo restos de suero mediante su propio peso para finalmente depositar la masa sobre la mesa de trabajo y continuar con el fraccionamiento y moldeado (Figura I.40).

Generalmente son 3 operarios los que trabajan en simultáneo dado que el sistema de desagote no está fijo y es desmontable, en todos los casos dependiendo del mecanismo de extracción de la masa. En la Figura I.40 se observan las diferentes herramientas empleadas para la descarga de las masas.



Figura I.40: Extracción de masa mediante elevador- CASO A.

Mientras se escurre la masa (ya sea en la batea de descarga como la mesa de moldeado), la fase acuosa (suero) va siendo acumulada en tachos a partir de una bomba y depositado posteriormente en un tanque (Figura I.41). Este es comercializado por la empresa para producción porcina a un productor de la zona.



Figura I.41: Herramientas para descarga de masa y prensado- CASO A.

- Etapa 8: Fraccionamiento y moldeado. Se distribuye manualmente la masa en los recipientes y se realiza un pre-prensado (Figura I.42). Para optimizar el escurrimiento de la masa, se utilizan lienzos y tela suiza; todos lavados con una solución de agua y alcalino clorado al 1%, enjuagados y sumergidos posteriormente en agua clorinada (Figura I.42).



Figura I.42: Uso de lienzos y telas suizas- CASO A.

Para el fraccionamiento se emplean moldes característicos para cada uno de los casos, como pueden observarse en la Figura I.42. Por otro lado, en la Figura I.43, se observa el fraccionamiento de quesos mediante cortes manuales, moldes de quesos pategrás en presentación tradicional ya prensados y, fraccionamiento de quesos en presentaciones pequeñas.

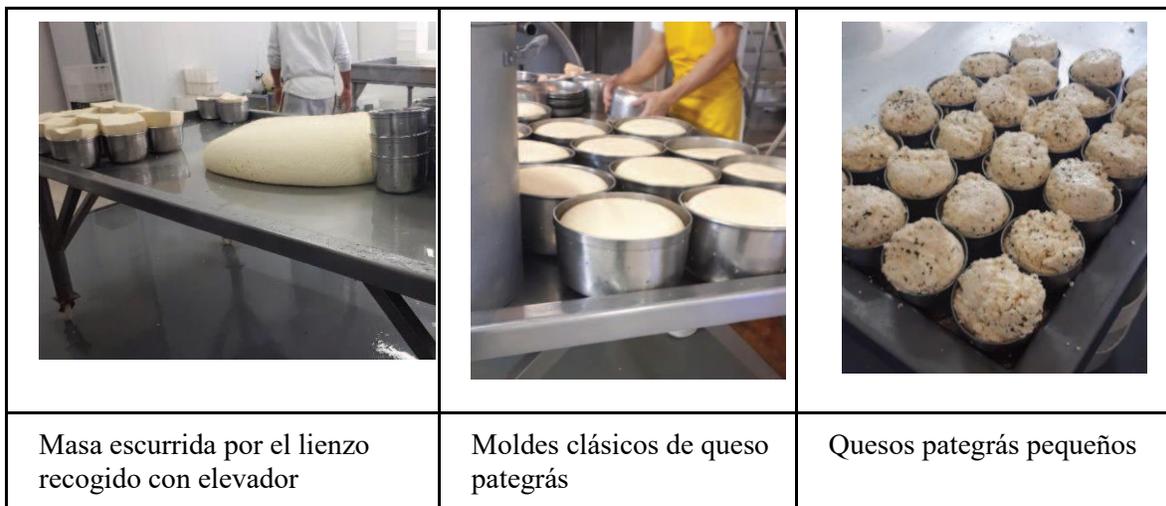


Figura I.43: Fraccionamiento- CASO A.

- Etapa 9: Prensado. En este procedimiento se elimina completamente el excedente de líquido presente en los moldes. Se realiza manualmente empleando una prensa y colocando pesas y elementos de carga sobre los moldes apilados. A diferencia de otros establecimientos, no poseen prensa neumática (Figura I.44)

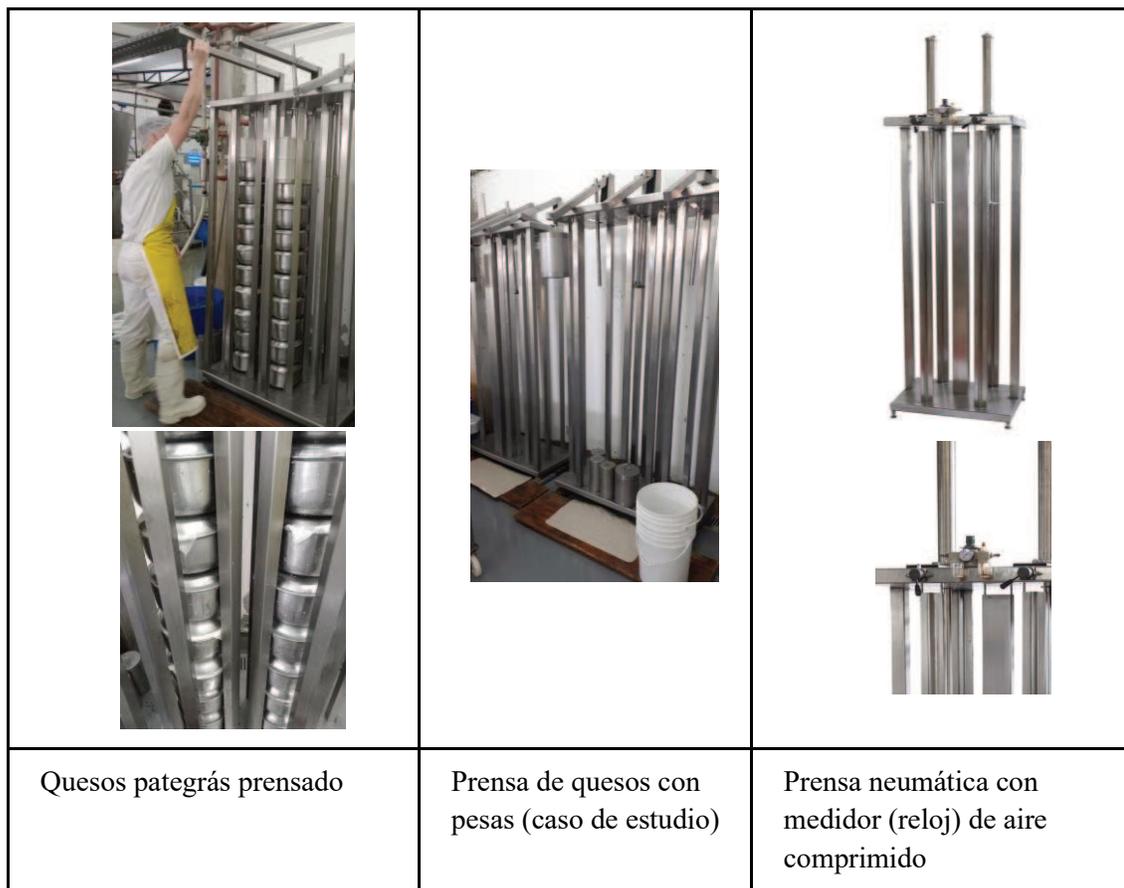


Figura I.44: Prensado- CASO A.

- Etapa 10: Pre-estacionamiento del queso. A diferencia de otros quesos, una vez moldeados y prensados, los quesos pategrás son colocados en la primera cámara que se encuentra a 6°C (sólo un día para estabilizar el pH del queso y otorgarle firmeza).

- Etapa 11: Depósito en salmuera. Los quesos permanecen inmersos durante 1 día en baños de salmuera (Figura I.45).



Figura I.45: Sala de salmuera- CASO A.

- Etapa 12: Estacionamiento del queso. Los quesos vuelven a depositarse en la cámara de frío (6°C) y permanecen 10 días obteniendo como resultado un producto semiterminado (Figura I.46). Aquí se realiza un baño de natamicina (antifúngico).



Figura I.46: Cámara de frío para productos semiterminados- CASO A.

- Etapa 13: Maduración y Pintado. Los quesos se extraen, se dejan secar durante algunas horas en la cámara de frío (6°C) y se pintan. Luego, se trasladan a la cámara calorífica, a una temperatura entre 18 y 24 °C y 75-80% de humedad, para finalizar su proceso de maduración. El pintado es de manera 100% artesanal y el tiempo de la 2ª etapa de maduración es de 15 días como máximo. (Figura I.47).

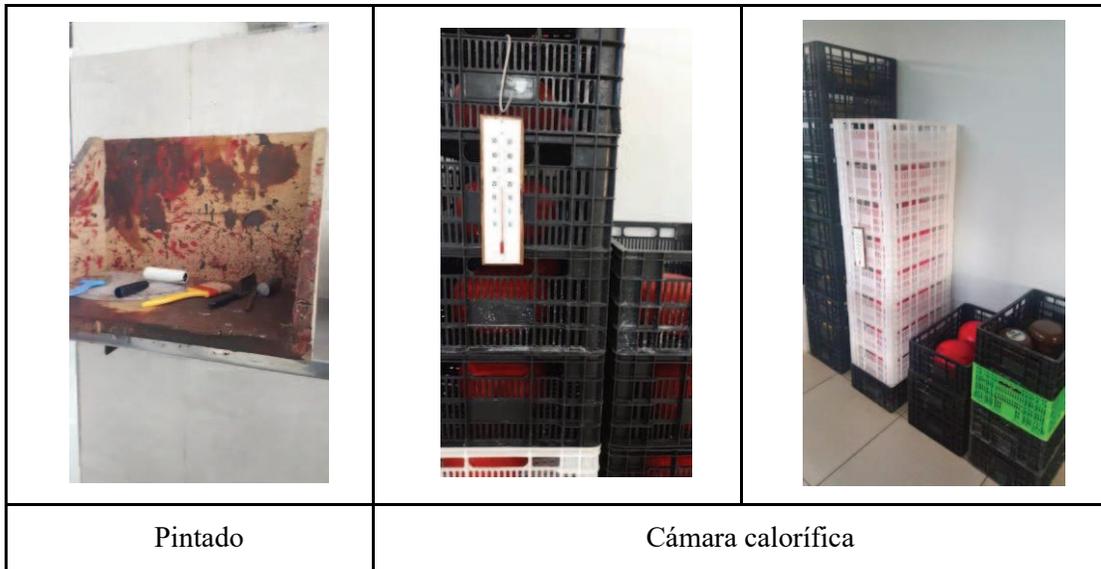


Figura I.47. Etapas de terminación- CASO A.

- Etapa 14: Etiquetado. La etapa de etiquetado en pategrás, se realiza preferentemente antes de venderse, debido al material con el cual está hecha la etiqueta (papel), priorizando la integridad de esta. Mientras tanto, las unidades que hayan finalizado con el proceso de maduración y no se han vendido, se trasladan nuevamente a la cámara de frío de productos terminados (Figura I.48), donde permanecen aguardando para su posterior despacho.



Figura I.48: Cámara secundaria o de depósito (visión interna)- CASO A.

CASO B:

- Etapa 1: Recepción y clasificación de leche cruda (Figura I.49). El recibo o recepción soporta un ingreso aproximado diario de 12 camiones (valor variable de acuerdo con la condición de mercado y época del año). Se realizan las verificaciones correspondientes para su aceptación o rechazo (si cumple o no con las especificaciones para elaboración de leche en polvo y quesos). Luego se realiza una evaluación de acidez, un posterior filtrado y normalización de la materia grasa y finalmente su almacenamiento.



Figura I.49: Descarga de leche de camiones- CASO B.

- Etapa 2: Transporte de la leche por el pasteurizador. El proceso de carga de la totalidad de materia prima necesaria para producción en las 3 tinas, demora aproximadamente una hora y media. Allí se encuentra sólo un operario, supervisando la máquina y el tablero, siendo ésta, una etapa totalmente automática. (Figura I.50).



Figura I.50: Pasteurizador de leche- CASO B.

- Etapa 3: Pasteurización. Este proceso dura en total (2) horas aproximadamente. Distribución de la materia prima pasteurizada a las tinas de elaboración del queso y agregado de aditivos. El siguiente proceso es el agregado de cloruro de calcio, fermento, colorante y finalmente el cuajo, a partir del cual permite efectuar el “desuerado” (extracción del suero) para posteriormente formar la masa.
- Etapa 4: Lavado de masa. Esta empresa lo aplica a los dos tipos de quesos por igual (pategrás y en barra). Las tinas en esta industria, a diferencia del CASO A, poseen cubierta (“tapa”) con una apertura frontal. En este caso, el operario monitorea las tinas sólo observando el tablero de control que posee cada una de ellas (sensores de temperatura, densidad y medidor de agua), que como ya se mencionó, la adición de agua a la masa permite reducir el pH al valor deseado.



Figura I.51: Sector tinas- CASO B.

- Etapa 5: Descarga de masa y distribución en moldes. Este paso se realiza mediante unos conos o embudos distribuidores (Figura I.52). Estos, están conectados a unos cilindros transportadores, que poseen cuchillas las cuales van fraccionando los quesos de acuerdo con el tamaño de los moldes. La etapa 4, puede demorar aproximadamente entre 1 hora y 1h 30 min por causa de atascos de moldes, obstrucción de la masa en los conos, derrames de masa en los moldes y/o limpieza. Hay dos operarios por turno en ese sector, uno en el área superior y otro debajo de la distribuidora de masa. En esta etapa, la limpieza varía de acuerdo con el tipo de queso. En el caso del queso pategrás, los residuos de producto generados por

caídas al suelo son mayor, ya que, al ser un producto que necesita menor porcentaje de humedad, ingresa al cono moldeador con una textura granulada que se desprende fácilmente y deposita en las superficies de la fábrica (Figura I.52).



Figura I.52: Descarga de masa- CASO B.

- Etapa 6: Transporte de molde por cintas hacia la etapa de prensado. Esta etapa posee labor manual (Figura I.53).

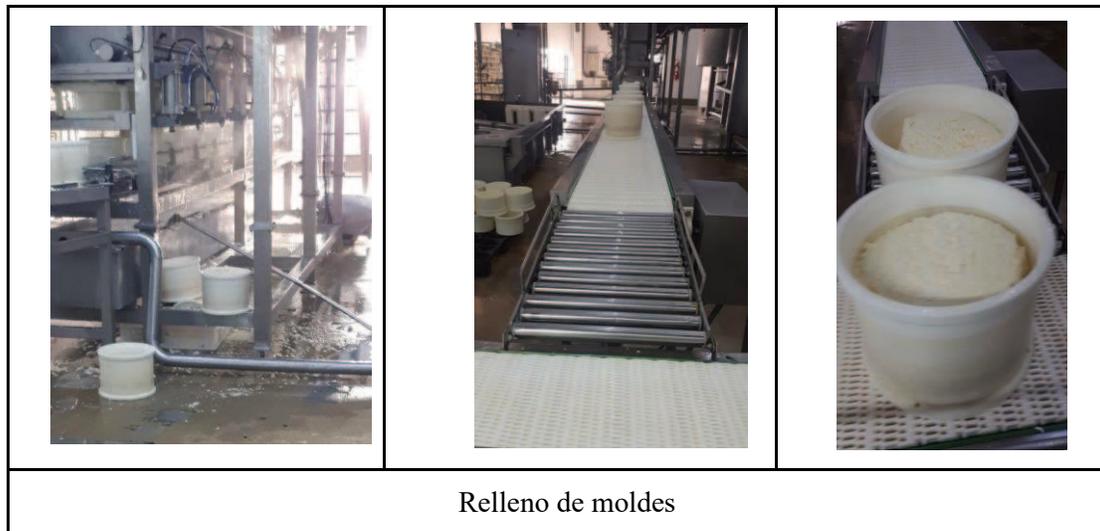


Figura I.53: Sector máquina distribuidora de masa- CASO B.

El operario es el encargado de encastrar las tapas en cada molde (para la etapa posterior que es dirigirse en forma automática hacia prensado), así como detener la cinta si es necesario rechazar, reacomodar o distribuir manualmente queso en un molde (Figura I.54).

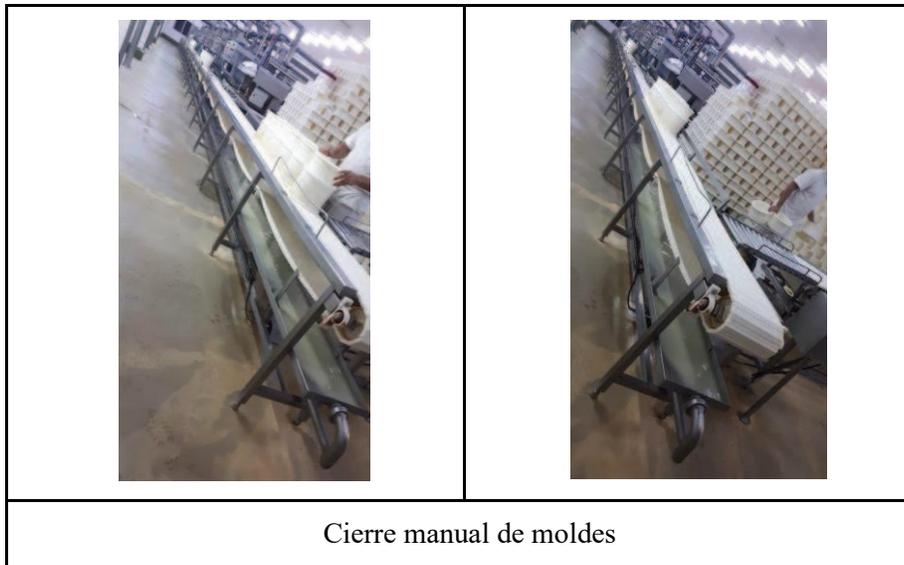


Figura I.54. Traslado de moldes a etapa prensado- CASO B.

- Etapa 7: Prensado. En forma mecánica y por medio de prensas escurridoras de 6 moldes, se acciona presión sobre ellos para reducir la proporción de agua presente en el queso. Este es un paso automático y sin intervención de empleados (Figura I.55).

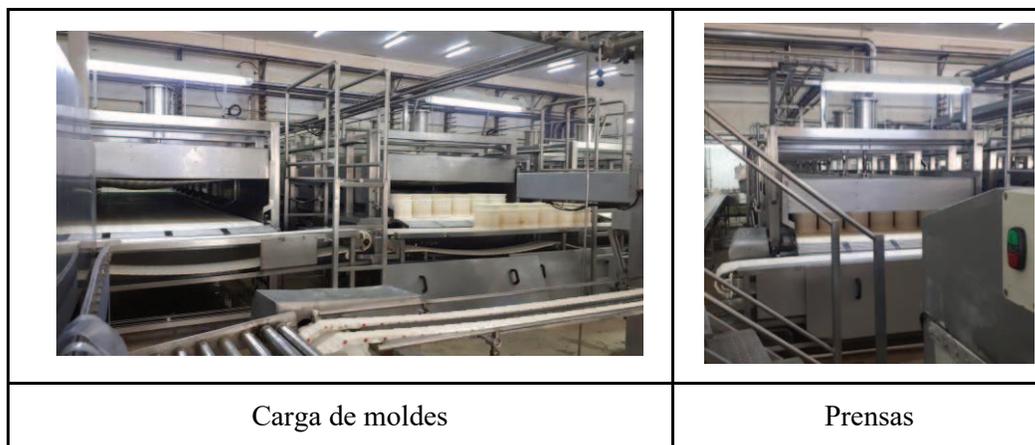


Figura I.55: Sector prensado- CASO B.

- Etapa 8: Desmoldeadora. Al igual que en la etapa anterior, los moldes son trasladados por cintas y por medio de un sistema mecánico se rotan y se extrae el producto por succión (Figura I.56). El proceso de desmoldeo es variable, ya que interviene el trabajo manual del operario. De acuerdo con las mediciones, fueron aproximadamente 2 horas de trabajo.



Figura I.56: Sector desmoldado- CASO B.

- Etapa 9: Detección de metales. Todos los productos que hayan tenido contacto con algún elemento de la infraestructura de todo el proceso pasan por el detector de metales. Finalmente, los quesos son transportados por cintas en forma automática a la sala de salmuera (Figura I.57).

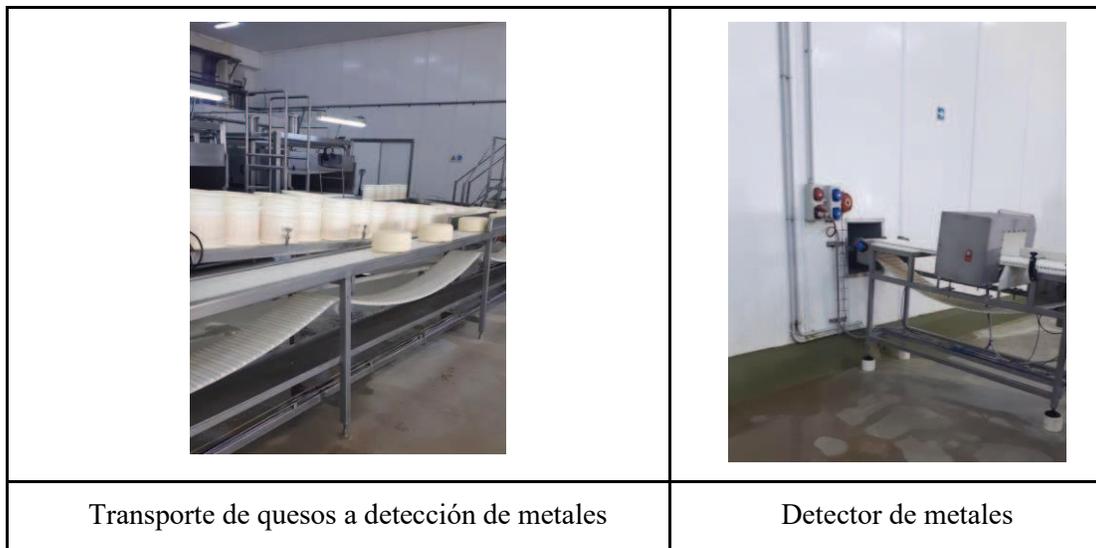


Figura I.57: Despacho hacia sala de salmuera- CASO B.

- Etapa 10: Saladero. Proceso a través del cual se sumergen todos los quesos a una solución con salmuera por un tiempo determinado (dato sin poder especificar) y con una leve agitación (Figura I.58).



Figura I.58: Tratamiento en salmuera- CASO B.

- Etapa 11: Baño Antifúngico. Previo a la etapa de oreado, se le aplica al queso pategrás un rociado de natamicina (Figura I.59), producto que lo preserva durante el estacionamiento evitando la formación de hongos.

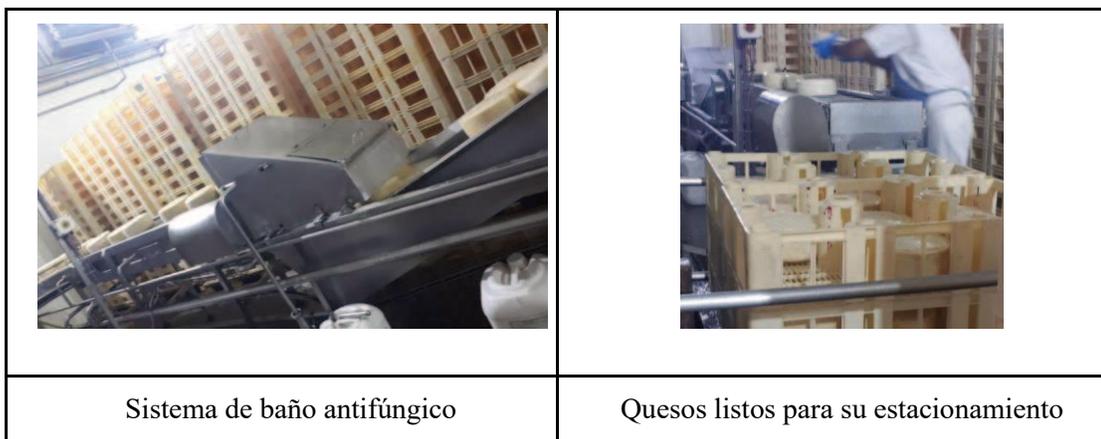


Figura I.59: Etapas de terminación- CASO B.

- Etapa 12: Maduración de los quesos. El queso pategrás es depositado 14-15 días en cámaras de estacionamiento. Primero en un medio frío (cámara a temperaturas bajas, aproximadamente entre 7 y 10°) por aproximadamente 7 días. Luego, una segunda sala de maduración a 18°C por los días restantes (7 a 10 días) (Figura I.60).

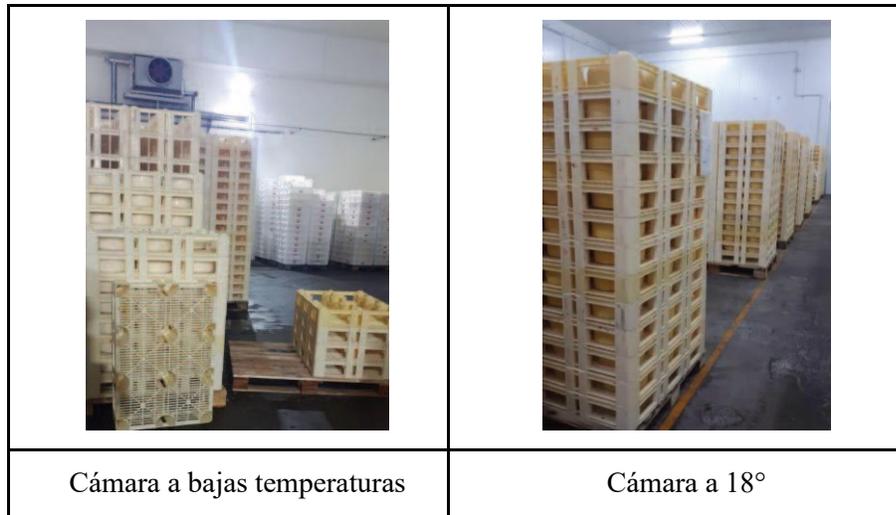


Figura I.60: Maduración- CASO B.

- Etapa 13: Pintado y acondicionamiento del queso (baño color rojo característico) (Figura I.61).

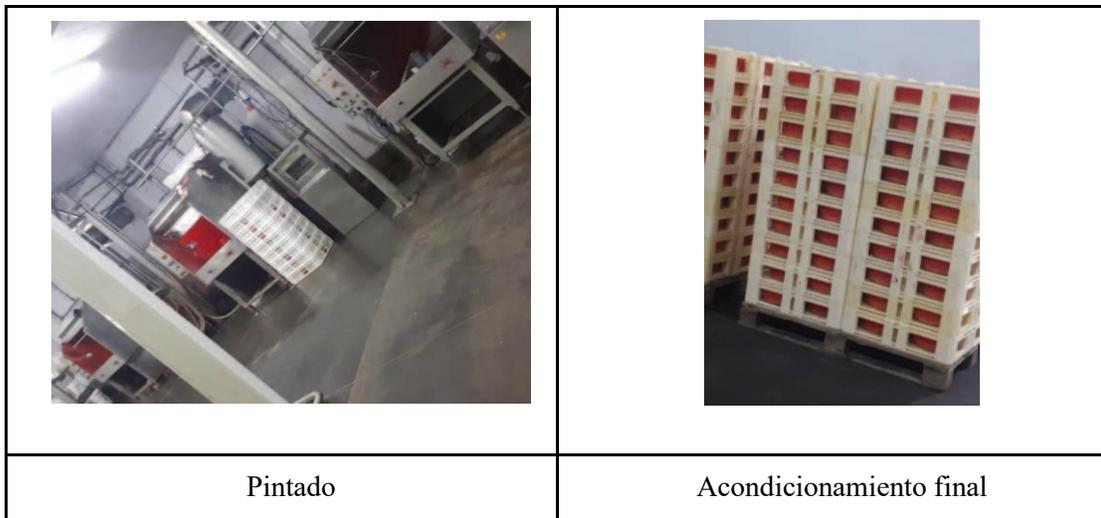


Figura I.61: Acondicionamiento final- CASO B.

A continuación, se encuentra el procedimiento de elaboración de quesos de pasta semidura del CASO B, proporcionado por la propia empresa (Figura I.62).

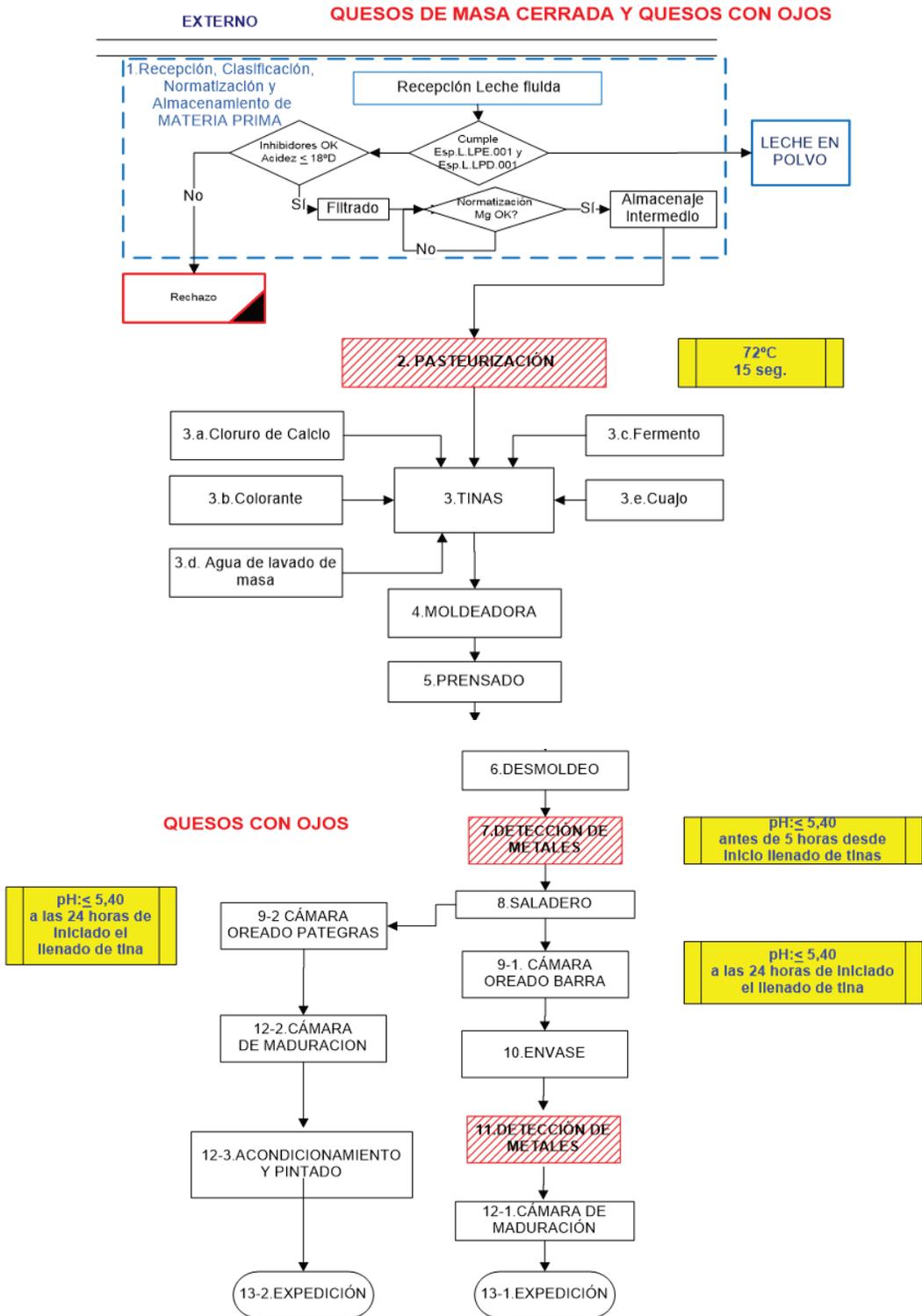


Figura I.62: Diagrama de proceso de elaboración de queso de pasta semidura- CASO B.

I.II.2.C) Resultados de visitas (observación de operarios)

Sistema de limpieza y gestión del uso del agua.

A continuación, se describen las prácticas, actividades y/o características específicas de cada una de las industrias en relación con el uso del agua y limpieza de planta.

CASO A:

- Sector recibo de leche. Un operario de la industria realiza la limpieza del tanque y patio de recibo de leche. Para eso cuentan con una manguera externa con salida directa del tanque de almacenamiento de agua subterránea (Figura I.63).

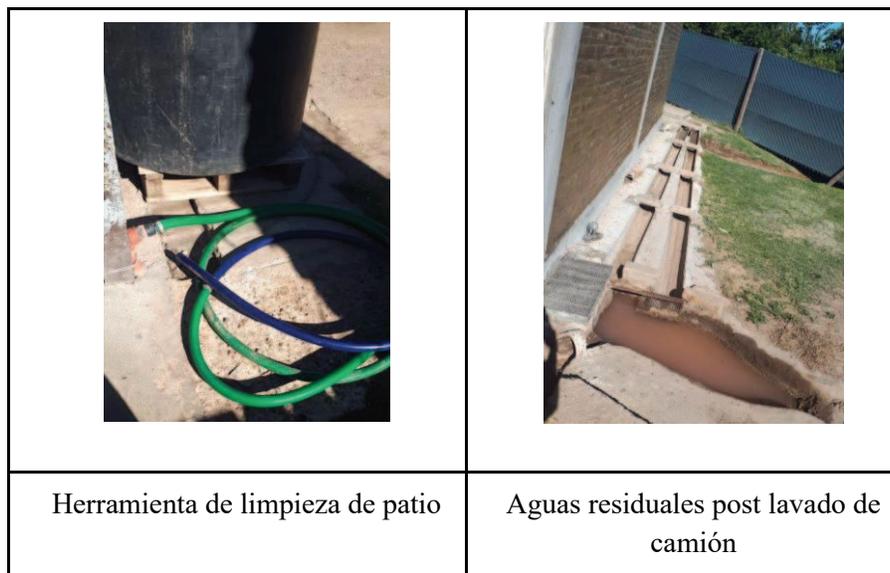


Figura I.63: Sector externo de la fábrica- CASO A.

- Sector tinas: un sólo operario realiza la limpieza de las tinas. Para ello debe hacerlo con la ayuda de elementos de arrastre o barrido, como se ve en la Figura I.64 (cepillos, escobas, entre otros), ya que no posee sistema de limpieza automatizado por lo que la presión y eficiencia de limpieza empleando sólo manguera, no es suficiente.



Figura I.64: Sistema de limpieza de tinas- CASO A.

Sector fraccionamiento y prensado: todos los operarios trasladan manualmente los quesos a la cámara de enfriado realizando posteriormente la limpieza de mesadas, bateas y pisos en forma rudimentaria. En cuanto a la limpieza de las bandejas y bateas (Figura I.65), luego que estas son desocupadas, el agua residual se extrae a través de los embudos, se desecha al suelo y se dirige hacia la salida exterior de la fábrica (Figuras I.66). Se emplean recipientes para recoger la mayor proporción de agua de lavado de tinas y facilitar la limpieza. Lo restante es barrido hacia el desagüe con salida al exterior como efluente/o agua de desecho (Figura I.66) y finalmente es todo dirigido a una fosa (independiente a la del tambo).

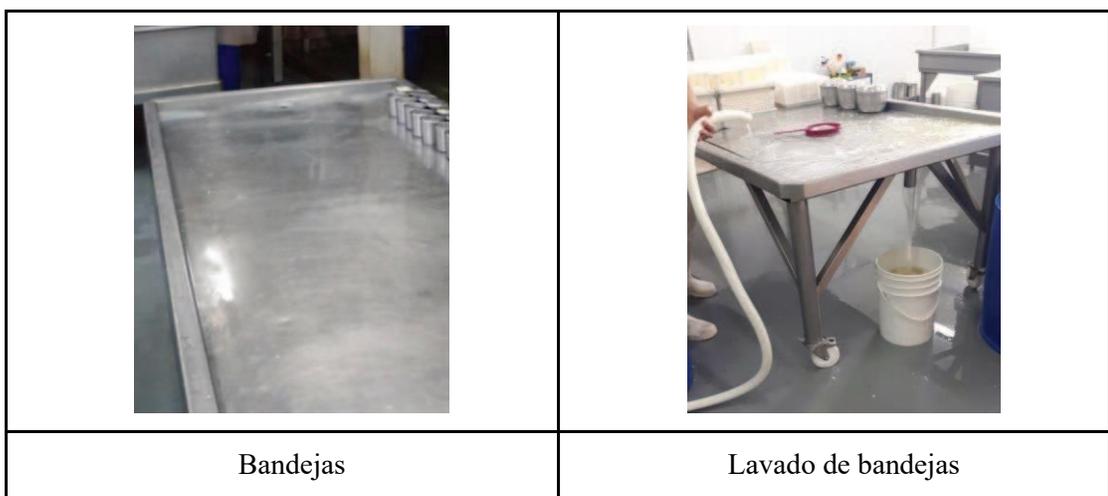


Figura I.65: Higiene herramientas para fraccionamiento- CASO A.



Figura I.66: Canal de desagüe y salida hacia el exterior- CASO A.

Por último, se hace un lavado profundo final de algunos elementos y partes de algunas herramientas empleadas en el proceso, como la máquina desnatadora, baldes, moldes, tapas de moldes y cajones (todos en forma manual) (Figura I.67 y I.68). Respecto del primero, es una limpieza interior para la cual todos los días un operario debe desarmar la máquina y limpiar cada platillo interior que permite el proceso de filtrado y separación de la crema.



Figura I.67: Lavados varios- CASO A.



Figura I.68: Estacionamiento de elementos lavados- CASO A.

CASO B:

- Sector recibo: hay en promedio, 3 empleados por turno que reciben aproximadamente entre 20 y 25 camiones por día de 400 litros cada uno. El lavado de los camiones se realiza con una solución conformada por agua subterránea y desinfectantes, la cual está almacenada en silos dentro de la fábrica, previamente preparada y monitoreada por un operario desde la oficina de control.
- Sector tinas y máquina dosificadora: Una vez finalizada la descarga y llenado de moldes se realiza el lavado de tinas. Se realiza un primer lavado con manguera de gran presión para eliminar material adherido a las paredes y luego un lavado mecánico (dirigido por el tablero), a través de un cabezal en forma de lluvia que posee cada tina. El mismo operario realiza el lavado de los conos distribuidores de masa en forma manual desde el área superior (Figura I.69).

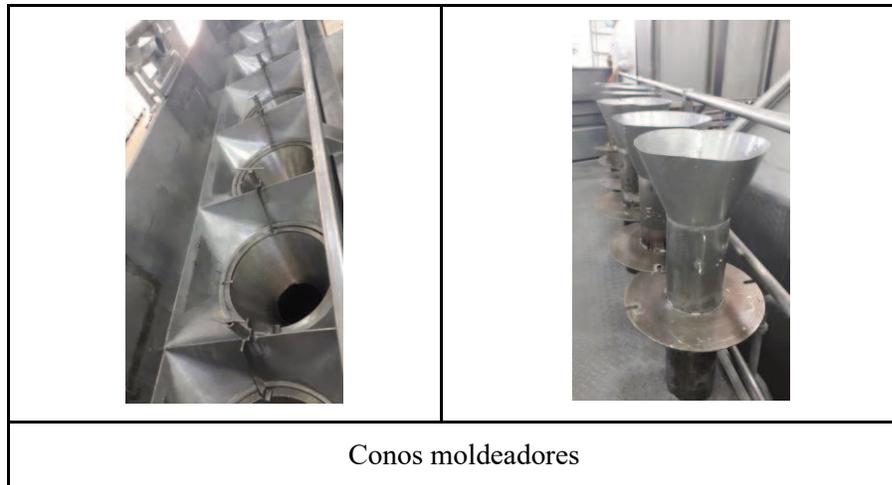


Figura I.69: Máquina moldeadora- CASO B.

Para la limpieza de la máquina distribuidora poseen una manguera para un lavado manual “rápido” de sólidos de mayor tamaño. Una de ellas se encuentra debajo de los cilindros distribuidores y otra al lado de la cinta transportadora de quesos (Figura I.70).



Figura I.70: Sector descarga de masa- CASO B.

Luego se procede a un lavado profundo en ambos puntos. En el caso de las cintas, se realiza una vez al día y se adicionan productos de limpieza. En el caso de los conos y cilindros, es un lavado diario sólo con

agua caliente a través de un circuito cerrado y cada dos días se realiza el lavado con productos de limpieza. A su vez, dos veces por semana se llena una batea de 4000 litros, donde se sumergen los cilindros o columnas moldeadoras y enjuagan con soda cáustica. Los productos de limpieza que se utilizan en todos los procesos son soda cáustica y ácido nítrico (Figura I.71).



Figura I.71: Lavado máquina distribuidora y sus elementos- CASO B.

- Sector prensado: cada dos días se realiza un lavado. La máquina dispone de 8 prensas todas ellas con un sistema de lavado automático (Figura I.72).



Figura I.72: Lavado de prensas- CASO B.

- Sector desmolde: Por lo general, son dos operarios en este sector y cada uno se ubica de un lado de la cinta y dispone de una manguera, con la cual realizan una limpieza manual (Figura I.73). La limpieza en esta etapa también dependerá del tipo de queso. En el caso del queso pategrás, es baja la cantidad de residuos depositados sobre la máquina y el piso, ya que, al tratarse de un queso de menor porcentaje de humedad, posee una estructura más firme y puede volcarse en la cinta manualmente.



Figura I.73: Lavado sector desmoldado- CASO B.

- Sector lavador de moldes: Este sector tiene un sistema de depósito de agua en bateas subdivididas en 4 secciones (Figura I.74). Todos los días son llenadas para el lavado final con productos de limpieza; pero a su vez, durante el proceso de desmoldeo, se va realizando un lavado de los moldes vacíos que pasan por la cinta.

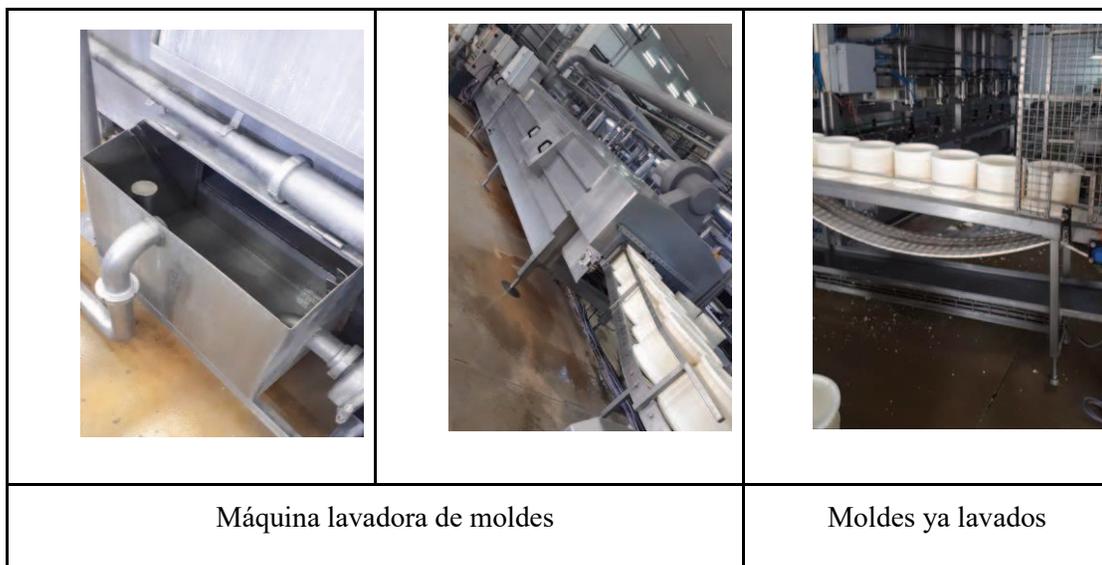


Figura I.74: Lavadora de moldes desmoldado- CASO B.

- Sector pintado: aunque en menor medida, se relevó el consumo de agua. Se emplea una manguera para limpieza de pisos (Figura I.75), y además baldes con agua para la limpieza interna de la máquina pintadora (por succión).



Figura I.75: Lavado máquina de pintado- CASO B.

Paralelamente a la etapa de producción del queso, se encuentra la producción o generación de suero. La industria exporta diariamente todo el suero que acumula. Dispone de un sistema de ósmosis inversa, o también denominado proceso de membranas de ultrafiltrado, con el cual acondicionan este subproducto previo a su despacho (Figura I.76). El remanente de agua, producto del ultrafiltrado, contiene características apropiadas para su uso. No obstante, ese volumen es desechado. Aquí, otro operario realiza una limpieza diaria del tanque de suero.



Figura I.76: Equipo de ultrafiltrado de suero- CASO B.

8- CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEAS Y AGUAS RESIDUALES GENERADAS

II. I) INTRODUCCIÓN

1. Predios Lecheros
 - a) Agua
 - b) Efluentes líquidos
2. Industrias
 - a) Agua y Efluentes líquidos

II.II) MATERIALES Y MÉTODOS

1. Predios lecheros e industrias.
2. Muestreo y Análisis de agua.
3. Muestreo y Análisis de Efluentes.

II. III) RESULTADOS y DISCUSIÓN

1. Predios Lecheros
 - a) Análisis de Agua
 - b) Análisis de Efluentes
2. Industrias lácteas
 - a) Análisis de Agua
 - b) Análisis de Efluentes

II.IV) CONCLUSIÓN

II. I) INTRODUCCIÓN

II. I) 1- Predios Lecheros

a) Agua

El desarrollo óptimo de la actividad de los predios lecheros requiere diferentes insumos. Entre estos, el agua ocupa un lugar destacado pues debe existir una provisión adecuada en cantidad y calidad para cubrir los requerimientos de cada especie animal (Fernandez Cirelli, *et al.* 2009).

La producción lechera es, entre las actividades ganaderas, una de las que demanda mayor cantidad de agua, no sólo para bebida animal, sino también para la higiene del tambo, de la máquina de ordeñe y para el enfriado de la leche. En rodeos lecheros de alto rendimiento se observa que la producción de leche es significativamente mayor cuando el agua está a disposición permanentemente que cuando se administra una sola vez al día, ya que en el primer caso los animales toman más agua. Esto se evidencia más en las vacas de alta producción, donde una disminución del 1,3% en la ingesta normal de agua puede provocar un descenso de la producción de leche del 7,5% (Jones, 2000; Bavera, *et al.*, 2001).

El agua aporta entre el 80-90% de las necesidades del animal, el resto está en los alimentos. Entonces, es imprescindible proporcionar agua de calidad en cantidades suficientes y en lugares estratégicos, que permitan un fácil, rápido y cómodo acceso a los animales. La cantidad de agua que debe ingerir una vaca en plena actividad depende de la edad, temperatura ambiental y, sobre todo, del tipo de alimentación que recibe. En general se considera que las necesidades del organismo bovino son de 3 litros de agua por cada kg de materia seca ingerida, a la que hay que añadir alrededor de 2,5 litros por cada kg de leche producida (Kammerer y Ganiere, 1998).

Las interacciones animales – alimento – agua, son fundamentales, pero en general son muy difíciles de interpretar y evaluar y son las responsables de las variaciones observadas en diferentes circunstancias. El agua de bebida se debe considerar como un componente importante dentro del sistema productivo bovino.

En las cuencas lecheras de Argentina existen diversas condiciones agroclimáticas (por ejemplo, diferentes napas, diferentes acuíferos, régimen de precipitaciones, o diferentes fuentes de agua subterránea) que determinan la variabilidad respecto de la composición del agua según las regiones, inclusive en diferentes perforaciones de un mismo establecimiento (Aimar *et al.*, 2021).

Como en los predios lecheros de la provincia de Santa Fe, no se dispone de agua potable y se emplea agua de napa o de acuíferos se debe hablar de “Agua segura”. Se define agua segura como aquella que es apta para el uso al que está destinada, y no contribuye a la introducción de peligros en la leche (Alimentarius, 2004). Los agentes contaminantes pueden ser físicos, químicos o biológicos y deben evaluarse con análisis de periodicidad semestral o anual, de acuerdo al mercado al cual se destina la leche o el producto lácteo. La calidad química refiere a sus componentes inorgánicos, en función de la presencia y concentración de estos se pueden inferir sus efectos benéficos o perjudiciales.

La fuente principal de agua de bebida de la zona estudiada es subterránea y proviene de perforaciones que extraen el agua de la capa freática (3 - 15 m de profundidad). En los 5 casos estudiados, se realizó el análisis de los resultados obtenidos sobre la calidad del agua empleada en las instalaciones de ordeño, la cual es destinada también para bebida animal.

b) Efluentes líquidos

La producción lechera ha tenido en los últimos años una tendencia a la reducción de número de tambos y un aumento en el tamaño de los rodeos. Esta intensificación trajo como consecuencia el incremento de la cantidad de efluentes generados en las salas de ordeño. Los efluentes (purines) o residuos que se originan en las instalaciones de tambo están formados por un componente líquido (agua del lavado de instalaciones y corrales, orina, restos de leche, detergentes y otros productos empleados) y un componente sólido (excretas). La cantidad y composición del efluente está definida principalmente por las características de la dieta, número de vacas, rutina de limpieza y también por la frecuencia e intensidad de las lluvias.

Los problemas asociados a la falta de manejo adecuado de los efluentes pueden derivar en: cambios en la calidad microbiológica del agua, riesgo de contaminación por elevada cantidad de nitratos y salinización de aguas de napa, existencia de olores y moscas alrededor del tambo.

Si los efluentes son vertidos a cuerpos de agua superficial sin un correcto tratamiento, producirán la contaminación de ríos y arroyos con materia orgánica y nutrientes, que disminuirán el oxígeno del agua, produciendo su deterioro. Es importante tener en cuenta que la mayoría de los tambos no poseen instalaciones adecuadas para el correcto tratamiento de estos efluentes. Cuando quedan retenidos en lagunas que se ubican cercanas al tambo, se puede producir la contaminación de las aguas subterráneas, afectando muchas veces a la propia perforación que se utiliza en la instalación (Herrero, 2010).

II. I) 2- Industria

a) Agua y efluentes líquidos

En la industria alimentaria se debe tener en cuenta la calidad del agua que se va a utilizar durante el proceso de elaboración del alimento y en especial aquella que va a entrar en contacto directo o va a formar parte del alimento, pues un agua que no tenga las características apropiadas desde el punto de vista químico y microbiológico puede traer graves consecuencias como: reducir las propiedades organolépticas del alimento, reducir el valor nutritivo, causar reacciones químicas no deseadas en el alimento o transmitir alguna infección gastrointestinal.

La industria láctea, en particular, posee un elevado consumo de agua en las operaciones de procesamiento y limpieza contribuyendo a un impacto significativo en el medio ambiente debido al consumo excesivo de este recurso (de 8,0 a 35,0 L de agua por kg de leche procesada) y en consecuencia la alta producción de efluentes (de 0,2 a 10 L de aguas residuales por L de leche procesada) (Mansoorian *et al.*, 2016, Akansha *et al.*, 2020). El agua utilizada en la fabricación de productos lácteos debe ser de la más alta calidad superando los requisitos de un agua potable normal. Debe ser, completamente clara, sin olor, color, ni sabor, blanda en cuanto a dureza y estéril (Lucas y García, 2018).

Los principales procesos que generan residuos contaminantes son la elaboración de queso, crema y manteca y el lavado de equipos de secado. Las aguas residuales generadas por la industria láctea son generalmente neutras o ligeramente alcalinas, con tendencia a volverse ácidas debido a la fermentación de la lactosa. Según Huang *et al.* (2014) los efluentes generados en la industria láctea se originan en su mayoría en las operaciones de limpieza, descarga, disposición, fugas y derrames. Un volumen importante de estos efluentes se origina en las operaciones de lavado y limpieza, que incluyen el enjuague y desinfección, diversos tanques, tuberías para remoción de residuos de leche y lavado de pisos (Fuquay, *et al.*, 2011).

La composición de los efluentes de las industrias lácteas varía mucho según el proceso y el producto fabricado, por lo general tiene un alto contenido de materia orgánica, grasas, sólidos en suspensión y nutrientes. El tratamiento de estos efluentes se compone principalmente de tratamiento primario para remover sólidos en suspensión y grasas y tratamiento secundario para remover materia orgánica disuelta y nutrientes (nitrógeno y fósforo) presentes en el efluente. El tratamiento terciario se utiliza en algunos casos, como el pulido del efluente tratado (Andrade, 2013).

Los subproductos de la industria láctea (suero de queso, leche derramada y trozos de cuajada) también son contaminantes potenciales debido a la presencia de residuos de leche (Ahmad *et al.*, 2019). La cantidad excesiva de suero (aproximadamente 9 litros para la producción de 1 kg de queso) que se libera durante la elaboración de queso crea un importante problema ambiental. Estos desechos tienen altos niveles de DQO y DBO debido a las proteínas de la leche y la lactosa que contienen. Debido a las altas composiciones orgánicas de los subproductos de la industria láctea, la eliminación directa de estos productos puede causar problemas ambientales (Asunis *et al.*, 2020). La mayoría de las industrias lácteas evitan incorporar el suero a las aguas residuales, buscando otro destino para los mismos.

II.II) MATERIALES Y MÉTODOS

II.II) 1- Predios lecheros e industrias lácteas

En todas las unidades productivas evaluadas, se realizaron muestreos de agua subterránea, empleada para las operaciones y de efluentes generados, ya sea a partir de la rutina de ordeño o de la actividad industrial. En el caso de la caracterización de aguas, fueron necesarias para evaluar sus condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas empleadas para sus procesos alimenticios y provisión de bebida al rodeo (en el caso de los tambos). No obstante, dichos muestreos fueron requeridos fundamentalmente para la determinación de la HHg proveniente del uso de agroquímicos en los cultivos y la HHa asociada a la estimación del consumo de agua de animales. La caracterización de efluentes fue importante para conocer el desempeño de los sistemas en términos de caudal generado y grado de cumplimiento con las normativas locales referidas a estos. Esto se vinculó con las propuestas de mejora sugeridas y modelizadas en el ACCV, se empleó en el cálculo de la HHg asociada a dichos caudales y, por último, la estimación del Perfil de HA que evalúa el impacto ambiental en términos degradativos de la cuenca, el suelo y fuentes de agua superficiales.

II.II) 2- Muestreo y Análisis de agua

Se efectuaron al menos 2 (dos) tomas de muestra de agua subterránea en cada establecimiento en estudio, a fin de evaluar alguna posible modificación en su composición a lo largo del estudio. Las muestras de agua se recolectaron en recipientes de polietileno de 1,5 litros, previamente enjuagados, primero con agua destilada y luego con el agua a analizar, sin dejar cámara de aire. En los predios lecheros, las mismas fueron extraídas de grifos de la sala de ordeño o salidas de carga de tanques empleados para bebida animal. En las industrias fueron extraídas de grifos de las salas de producción. En el Caso B se extrajo además una muestra del silo de agua de condensado.

Las aguas extraídas fueron conservadas y refrigeradas a 4 °C durante el traslado y luego en el laboratorio hasta la realización de los análisis, efectuados dentro de las 12 a 48 horas posteriores a la recolección de

las muestras. Los reactivos empleados fueron de grado analítico y se utilizó agua bidestilada. Se efectuaron las siguientes determinaciones fisicoquímicas:

- pH (Electrométrico SM-4500-H+ B),
- Conductividad (Conductimétrico - SM 2520 B),
- Sólidos totales (Evaporación y secado en estufa a 105 °C SM 2540 B),
- Alcalinidad total (Volumetría ácido-base. SM 2320 B),
- Cloruro (Titulación argentométrica SM 4500-Cl- B),
- Dureza total (Volumetría quelatométrica con EDTA SM 2340 C),
- Nitrato (Electrodo selectivo SM 4500-NO₃- C),
- Nitrito (Colorimetría. SM 4500-NO₂- B),
- Amonio (Método colorimétrico Nessler),
- Sulfato (Método turbidimétrico. SM 4500-SO₄-2 E),
- Flúor (Electrodo Selectivo. SM 4500- F- C),
- Arsénico total (espectrometría de absorción atómica con inyección de flujo y generación de hidruros).

Además, en una oportunidad se realizó el análisis bacteriológico a las muestras de agua de los predios lecheros, realizando los siguientes análisis:

- Bacterias Aerobias Mesófilas (Recuento en Placas (APC) 37°C)
- Bacterias Coliformes Totales (Fermentación en Tubos Múltiples (NMP) 37 °C - 48 hs)
- Bacterias Coliformes Fecales (Fermentación en Tubos Múltiples (NMP) 44,5 °C - 24 hs)
- *Escherichia coli* (Enriquecimiento en Caldo Mac Conkey, Aislamiento en agar EMB. Identificación IMVIC)
- *Pseudomonas aeruginosa* (Enriquecimiento en caldo Mac Conkey y aislamiento en cetrimida)

La metodología utilizada para la toma de muestra y análisis corresponde a la propuesta por Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA) (Baird *et al.*, 2017). Se efectuaron al menos dos extracciones en cada predio lechero, en diferentes momentos del año. Las muestras fueron tomadas durante el año 2020 y 2021. En las industrias también se tomaron muestras en dos ocasiones entre noviembre del 2021 y septiembre del 2022.

II.II) 3- Muestreo y Análisis de Efluentes

Con relación a los efluentes, en los predios lecheros se realizaron 2 (dos) muestreos al año; uno en invierno y otro en verano con un tercero en una instancia intermedia, dado que se asume una diferencia en su

composición según el consumo de agua o las distintas condiciones climáticas (temperaturas o precipitaciones). Estas fueron extraídas a la salida del tambo en los predios que no poseían tratamiento de efluentes (Casos 3, 4 y 5) y en la salida del sistema de tratamiento en los Casos 1 y 2.

Como se mencionó anteriormente las industrias estudiadas poseen diferente tamaño y además diferente manejo de los efluentes líquidos generados. La industria, Caso A, no posee sistema de tratamiento. Los efluentes generados no son mezclados con los derivados del tambo. Disponen de fosas de depósito individual. La empresa no realiza tratamiento de los efluentes. El volcamiento es directo a una fosa, la cual se encuentra hormigonada, y luego es derivado por un canal a cielo abierto a una cuneta. En este caso se han tomado muestras en 3 oportunidades. En la primera se han tomado dos muestras, una luego de la limpieza general final y otra luego del lavado post desnatadora. En el segundo muestreo se ha tomado una muestra de limpieza final y otra del lavado de patio. Finalmente, se definió tomar una tercera muestra compensada, obtenida a partir de muestras puntuales tomadas durante todo el proceso.

La planta industrial (Caso B) cuenta con un sistema de tratamiento de efluentes que se encuentra a 100 m de la fábrica y consiste en 10 lagunas dispuestas en serie (Figura II.1). Las dos primeras lagunas son anaeróbicas y en ellas se produce principalmente la separación de los sólidos. La laguna ubicada en cuarto lugar cuenta con 4 aireadores que la convierten en una laguna aeróbica. El resto de las lagunas funcionan todas como anaeróbicas. El efluente es descargado en un canal aledaño a la planta de tratamiento. El contenido presente en las lagunas está conformado por aguas de lavado y restos de materia orgánica proveniente de ambas plantas (queso y leche en polvo). En el año 2022 se ha realizado la mejora de dicha planta de tratamiento, efectuando la limpieza de la primera laguna y realizando mejoras de infraestructura en las otras, optimizando el diseño y desempeño del sistema. En este caso se han tomado muestras en dos ocasiones a la entrada y salida de la planta de tratamiento.



Figura II. 1.: Vista satelital de la planta de tratamiento de la Industria B. “E” indica la entrada del efluente al sistema de tratamiento y “S” la salida del efluente tratado.

Las muestras de efluentes se recolectaron en recipientes de polietileno de 1,5 L, previamente enjuagados, primero con agua destilada y luego con el efluente a analizar, sin dejar cámara de aire. Los efluentes extraídos en todos los casos fueron conservados y refrigerados a 4 °C durante el traslado y luego en el laboratorio hasta la realización de los análisis, efectuados dentro de las 12 a 48 horas posteriores a la recolección de las muestras. Los reactivos fueron de grado analítico y se utilizó agua bidestilada. Se efectuaron las siguientes determinaciones fisicoquímicas:

- pH (Electrométrico SM-4500-H+ B),
- Sólidos totales (Evaporación y secado en estufa a 105 °C SM 2540 B),
- Sólidos volátiles (Calcinación en mufla 550 °C - SM 2540 E),
- Sólidos Suspendidos Totales (Filtración 0,45 μ m y secado en estufa a 105 °C)
- Demanda biológica de oxígeno (DBO) (Dilución e incubación a 20 °C, 5 días SM 5210 B),
- Demanda química de oxígeno (DQO) (Método de reflujo con dicromato de potasio. SM 5220 C),
- Nitrógeno total Kjeldhal (NTK) (Método Kjeldhal),
- Fósforo total (PT) (Colorimetría. Método del ácido ascórbico. SM 4500-PE),
- Amonio (Método Kjeldhal).

La metodología utilizada para la toma de muestra y análisis corresponde a la propuesta por Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

II. III) RESULTADOS y DISCUSIÓN

II. III) 1- Predios Lecheros

a) **Análisis de Agua**

No existen normas específicas que definan la calidad de agua para consumo animal. Sin embargo, existen recomendaciones sobre parámetros físico-químicos y bacteriológicos que se deberían tener en cuenta. Se contrastaron los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico de agua con los criterios de calidad de agua para bebida animal de Canadá (CCME, 1999), Ontario/Canadá (Ontario Ministry of Agriculture, 2007), Australia y Nueva Zelanda (Anzecc, 2000) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002) (Tabla II.1.). Se trata de normas que proponen recomendaciones para indicar concentraciones máximas admisibles, diferentes de las previstas para la población humana, debido no sólo a diferencias de sensibilidad de los animales, sino también porque éstos estarán expuestos durante períodos relativamente breves de tiempo. En Argentina no existe una normativa específica al respecto y se pueden tomar valores guías de la Ley de Residuos Peligrosos 24051 (1993).

Tabla II.1.: Criterios de calidad de agua para consumo animal bovino.

Parámetros	Límites para consumo animal				
	Canadá	Ontario/ Canadá	Australia y Nueva Zelanda	FAO	Argentina
Sólidos totales (mg/L)	Max 3000	1000- 2999: rango no problemático	Hasta 2500 sin efectos adversos	< 1000: excelente 1000-3000: rango muy satisfactorio	
Nitrato (mg NO ₃ ⁻ /L)		(¹)	Máx: 400		
Sulfato (mg SO ₄ ⁻² /L)	1000	1000	1000		
Arsénico (mg As/L)	0,025	0,050	0,500	0,025	0,50 (*)
Flúor (mg F/L)					1,0 (*)

(*) Ley de Residuos Peligrosos 24051 (1993).

(¹) Concentraciones: hasta 44 son seguras para ganado lechero rango:45-132 seguro con dietas bajas en nitratos, rango:133-220 potencialmente dañino a largo término, rango:221-660 riesgoso y potencialmente mortal, > 660 son inseguras.

En la Tabla II.2., se presentan los resultados de análisis de agua obtenidos en los 5 casos de estudio en los dos muestreos realizados. Al comparar los resultados con los límites aconsejados para consumo animal se pueden advertir situaciones de excedencia para algunos de los parámetros de calidad.

Tabla II.2.: Resultados de análisis fisicoquímico y bacteriológico de agua para los 5 casos de estudio.

Parámetros Evaluados	SISTEMAS PRIMARIOS EN ESTUDIO					
	Nº de muestra	CASO 1 Grutly	CASO 2 Lehmann	CASO 3 Sarmiento	CASO 4 Clucellas	CASO 5 Saguiér
pH	1	7,8	7,5	7,3	7,4	7,1
	2	7,6	7,8	7,7	7,6	7,1
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	1	5130	7050	3480	6030	5610
	2	4150	6620	3230	4150	5700
Sólidos disueltos totales (mg/L)	1	2112	4131	1193	2952	3014
	2	2108	4499	1361	2108	3057
Alcalinidad Total (mg CaCO_3/L)	1	701,4	821,9	778,2	779,2	687,6
	2	702	887,4	747,3	702,0	686,5
Cloruro (mg Cl^-/L)	1	344,9	675,0	88,2	414,3	539,3
	2	344,9	723,2	84,5	347,0	504,5
Dureza Total (mg CaCO_3/L)	1	121,6	301,9	70,5	227,4	431,3
	2	116,4	254,9	147,5	116,4	426,9
Sulfato (mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$)	1	501,7	1214,0	66,9	682,2	515,6
	2	538,9	1361,3	114,9	538,9	580
Nitratos (mg NO_3^-/L)	1	16,2	220,1	112,9	149,3	366,2
	2	16,8	192,1	66,3	16,8	65,8
Nitritos (mg NO_2^-/L)	1	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
	2	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
Fluoruro (mg F^-/L)	1	1,3	1,2	1,0	0,9	0,9
	2	1,2	1,1	1,2	1,2	0,5

Amonio (mg NH₄⁺/L)	1	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
	2	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
Arsénico (mg As/L)	1	0,03	0,10	0,020	0,05	0,03
	2	0,09	Sin dato	0,020	0,09	0,04
Bacterias Aerobias Mesófilas (UFC/mL)	3	3	3	4	23	9
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	3	< 2	15	< 2	39	< 2
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	3	< 2	15	< 2	14	< 2
Escherichia coli	3	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml
Pseudomonas aeruginosa	3	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml	Presencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml	Presencia en 100 ml

1: Muestras realizadas en el mes de julio de 2021.

2: Muestras realizadas en los meses estivales (enero, febrero y marzo 2021 o 2022).

3: Muestras realizadas en septiembre de 2022.

El agua analizada en todos los casos se considera no apta para consumo humano, comparando los resultados obtenidos con los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA, 2017) (límites no presentados).

Analizando los valores de pH en todos los casos se encuentran entre 7,1 y 7,8, valores cercanos a la neutralidad o levemente básicos que no conllevaría inconvenientes. El pH del agua de bebida animal es aconsejable que se encuentre entre 6 a 8 siendo las aguas ligeramente alcalinas (pH 7 a 7,3) las mejores. Aquellas que excedan límites hacia abajo (pH menos de 5) o hacia arriba (pH más de 8) tienen efectos corrosivos sobre las instalaciones y posibles efectos adversos en la digestión ruminal.

El análisis de alcalinidad total involucra el contenido de carbonatos y bicarbonatos. No se conocen efectos negativos de este parámetro para la producción animal. Su combinación con el calcio y magnesio define la dureza del agua pudiendo formar incrustaciones en las cañerías.

Los valores medidos de sólidos disueltos totales se encuentran entre aproximadamente 1200 mg/L para el Caso 3 y 4500 mg/L para el Caso 2. Un agua que contiene concentraciones superiores a 10000 mg/L de

sólidos totales se considera de mala calidad. Cuando las concentraciones son mayores de 4000 mg/L pueden presentarse algunos problemas de restricción voluntaria de consumo de agua, aunque en general los animales se adaptan bastante bien a ésta, pero la producción puede verse disminuida de diferentes formas. Según las diferentes normativas, se aconseja que el valor se encuentre por debajo de 3000 mg/L. En aquellos casos que los valores de sólidos sean inferiores a 1000 mg/L, si bien el agua es de muy buena calidad, son definidas como aguas “poco engordadoras” indicado que se debería suplementar con mezclas minerales. El agua empleada en el Caso 2 (Lehmann) sería no óptima u objetable para este criterio. Los casos 4 y 5 poseen aguas con sólidos cercanos al valor máximo recomendado, por lo que se debería asegurar un seguimiento del análisis de la misma. Para el caso 1 y 3 las aguas cumplen con este parámetro. La respuesta animal a elevados contenidos de sólidos está dada por los siguientes motivos: la alta salinidad limita el consumo de agua y como consecuencia el de materia seca de alimentos de alta calidad; aumenta la velocidad de tránsito gastrointestinal haciendo menos eficiente la utilización de los nutrientes y aporta exceso de sales como sulfatos que pueden alterar la absorción de minerales (Cu, Zn), retardar el crecimiento y la disponibilidad de energía de la dieta (Sager, 2001).

En cuanto a los valores medios de sulfatos si se observan los criterios de calidad de Canadá, Ontario/Canadá y Australia y Nueva Zelanda, coincidentemente establecen 1000 mg/L como concentración máxima. Por su parte, las recomendaciones generales para consumo bovino, según National Research Council (2006), son menores de 500 mg SO_4^{2-} /L para terneros y menor de 1000 mg/L para bovinos adultos. Concentraciones superiores a 1500 mg/L provocan rechazo natural o diarreas. Los sulfatos perjudiciales son los de calcio, sodio y magnesio, siendo este último el más perjudicial.

En el organismo animal, los sulfatos actúan sobre el equilibrio ácido-base modificando la concentración de calcio y fósforo, lo que afecta la fertilidad de los animales, disminuyendo el porcentaje de pariciones. Además, pueden tener un efecto laxante alterando el proceso digestivo y por lo tanto el aprovechamiento de nutrientes, generando además una disminución en la producción láctea (Bavera, *et al.*, 2001; Coria, *et al.*, 2007; Fernández Cirelli *et al.*, 2010). Además, los sulfatos son reducidos en el rumen a sulfuro, elemento muy reactivo que se asocia a metales bivalentes como el cobre (Cu) y zinc (Zn) y que en

presencia de molibdeno (Mo) forman tiomolibdato de cobre que es insoluble e impide la absorción de Cu a nivel intestinal. Se han observado interferencias similares con el Zn. Aguas con valores superiores a 1000 mg/L de sulfato requiere suplementación de cobre.

Analizando los valores de sulfatos obtenidos en las muestras analizadas se puede observar que para el Caso 3 las concentraciones son muy bajas, siendo un agua de muy buena calidad, lo que no traería inconvenientes. Para los Casos 1, 4 y 5 el contenido de sulfato se encuentra por debajo de la concentración aconsejable de 1000 mg/L, pero los valores son cercanos o por encima de 500 mg/L lo que implica que se debería prestar atención en el consumo del agua en terneros. En el Caso 2 se han encontrado concentraciones superiores al límite recomendado por lo que sería necesario hacer un seguimiento de la calidad del agua o buscar una fuente alternativa.

La Dureza Total se define como la concentración total de iones de Ca y Mg expresados en forma de carbonatos de calcio (CaCO_3) en mg/L. A pesar de que la dureza no tiene efecto en la seguridad del agua para consumo animal, puede provocar la acumulación de sarro (mayormente carbonatos de magnesio, manganeso, hierro y calcio) en el equipo de distribución de agua. Las obstrucciones de caños y bebederos pueden llevar a reducir el consumo de agua y sus problemas asociados. Los resultados para dureza total obtenidos en los 5 casos analizados comprenden valores que se encuentran entre 70 y 430 mg/L. Un agua con concentraciones por encima de 151 mg/L de CaCO_3 es considerada dura. El Caso 2 presenta aguas que se pueden clasificar como duras mientras que para el Caso 5 el agua corresponde a la clasificación de muy dura (mayor a 300 mg/L). Los casos 1, 3 y 4 presentan aguas con baja dureza.

Al analizar los valores de nitratos se puede observar que, salvo el Caso 1, todos los predios lecheros tienen situaciones de excedencia de los criterios más restrictivos, especificados por Ontario/Canadá (donde concentraciones hasta 44 mg/L son seguras para ganado lechero). Los rumiantes al ingerir aguas con elevados contenidos de nitrato, el ion se reduce a nitrito que es altamente tóxico, siendo su nivel de referencia de 100 mg NO_3^-/L , según National Research Council (2006). El Caso 2 presenta concentraciones por encima de 100 mg/L y los Casos 3, 4 y 5 presentan concentraciones variables, por encima de 100 en invierno y por debajo en los muestreos de verano. Nueva Zelanda es menos restrictivo

y considera riesgoso a partir de una concentración de 400 mg/L, donde ninguna de las muestras analizadas alcanza estos valores.

Como se mencionó anteriormente los nitratos para consumo animal se consideran potencialmente dañinos a partir de 100 mg/L y son indicadores de contaminación orgánica. Las posibles fuentes de contaminación son: cámaras sépticas, pozos ciegos, depósitos de pesticidas y fertilizantes, corral de espera, sala de ordeño, piletas de tratamiento de efluentes o lugares en los cuales se acumule estiércol. Se ha encontrado que están muy relacionados a la fertilización con fertilizantes nitrogenados como el caso de la urea. Este anión es un contaminante móvil, ya que es altamente soluble en agua y fácilmente transportado por la lluvia a través del suelo hasta los acuíferos.

Todas las aguas analizadas no poseen concentraciones de nitrito y amonio detectables.

Según lo detallado en la Tabla II.1., existen diferentes límites de concentración de arsénico aconsejable para consumo animal. En la Ley de Residuos Peligrosos de Argentina se establece como nivel guía de calidad de agua para bebida de ganado para arsénico un valor máximo de 0,5 mg As/L. En ninguno de los casos analizados se supera este valor. En cuanto a flúor la misma ley establece un valor guía de 1 mg F/L. Sólo en el Caso 5 (tambo ubicado en Saguier) se cumple con el valor recomendado. Los demás casos presentan concentraciones cercanas al valor recomendado (entre 1,1 y 1,3) por lo que se puede inferir que no traería complicaciones. La presencia natural de ambos parámetros se relaciona con la presencia de un tipo de ceniza volcánica con altos niveles de estas especies.

En cuanto a los análisis bacteriológicos realizados, el Caso 1 posee un agua que cumple con los límites de potabilidad. Los Casos 2 y 4 presentan bacterias coliformes totales y coliformes fecales o termotolerantes por encima de lo establecido para consumo humano y animal. Los coliformes están presentes de forma natural en el medio ambiente; en cambio los coliformes fecales y *E. coli* sólo provienen de desechos fecales humanos y animales. La detección de coliformes fecales sería consecuencia de la contaminación con heces de animales o aguas servidas no tratadas adecuadamente que llegan a contaminar las aguas subterráneas. En los Casos 3 y 5 se ha detectado la presencia de *Pseudomonas*. Los parámetros bacteriológicos detectados podrían ser eliminados con un proceso de desinfección adecuado.

Análisis de Efluentes

En la Tabla II.3., se presentan los resultados de los análisis realizados a los efluentes para los diferentes casos de estudio. Los mismos son comparados con las normativas de la Provincia de Santa Fe. Se tuvo en cuenta el “Reglamento para el Control del Vertimiento de Líquidos Residuales”, Resolución 1089/82, Título C, teniendo en cuenta una dilución menor de 360 (ANEXO 3). Además, se tomaron como valores guía lo establecido en la Ley 11220 (Anexo B) Normas de calidad de agua potable y efluentes cloacales (ANEXO 2). No existe una normativa específica para aguas residuales de predios lecheros.

Considerando que todos los efluentes son eliminados a un canal o curso de agua con baja dilución, en todos los casos los resultados obtenidos se encuentran por encima de los límites permitidos por normativa. Sin embargo, en aquellos casos que presentan tratamientos de efluentes (Casos 1 y 2) se han obtenido concentraciones menores en los parámetros estudiados. Se requiere mejora de los sistemas de tratamientos, en aquellos predios que ya lo poseen y el planteamiento de sistemas adecuados para aquellos casos que aún no poseen uno.

Comparando los resultados de ambos muestreos, en la mayoría de los casos se han encontrado diferencias entre el muestreo de verano e invierno. La falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales obtenidas trae como consecuencia un impacto ambiental debido a la contaminación de aguas subterráneas (principalmente con nitrato, analizado en el punto anterior) y aguas superficiales. Elevados contenidos de materia orgánica, que se puede relacionar con los resultados de sólidos totales volátiles y DBO, que traería aparejado un consumo del oxígeno disuelto por parte de los microorganismos para su degradación en los cuerpos de agua superficial. Contenidos elevados de nutrientes como fósforo y especies nitrogenadas también impactan negativamente en los cuerpos de agua ya que producen un fenómeno denominado eutrofización que consiste en el crecimiento excesivo de algas que luego producen hipoxia, alterando la calidad del agua y la vida acuática.

Tabla II.3.: Resultados de análisis fisicoquímico de efluentes en predios lecheros.

Parámetros evaluados	Máx permitido	N° de muestra	RESULTADOS				
			CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
pH	5,5 – 10,0 ⁽¹⁾	1	8,27	8,52	720	7,70	6,90
		2	7,96	9	7,51	7,66	7,55
Conductividad (µS/cm)		1	7860	9550	6480	6600	6111
		2	6100	13300	3660	9980	6600
Sólidos Totales (mg/L)		1	6286	7574	6214	4178	5718
		2	4900	15954	3157	42228	18688
Sólidos Totales Volátiles (mg/L)		1	2402	1824	2906	982	2310
		2	1566	2930	1320	19452	5972
Nitrógeno Total (mg N/L)	15 ⁽²⁾	1	216,7	184,4	31,5	65,8	94,9
		2	134,4	204,7	105,8	771,6	316,4
Fósforo Total (mg P/L)	2 (2)	1	25,9	15,0	21,8	5,2	45,0
		2	24,5	30,4	42,2	73,3	21,1
D.B.O. ₅ (mg O ₂ /L)	50 (1)	1	702	355	2060	392	879
		2	955	320	-	8950	3088
D.Q.O. (mg O ₂ /L)	75(1)	1	2732	1933	4577	2019	2667
		2	1782	6941	8474	3524	6749

El límite de volcamiento corresponde a:

⁽¹⁾ Resolución 1089/82. Título C del Reglamento para Control de Vertimiento de Líquidos Residuales, teniendo en cuenta una dilución menor de 360. Provincia de Santa Fe.

⁽²⁾ Ley 11220. Anexo 1.2.2. Normas de calidad de agua potable y efluentes cloacales. Provincia de Santa Fe.

Muestra 1: corresponden a muestras extraídas en época invernal (junio, julio y agosto 2021)

Muestra 2: corresponden a muestras extraídas en época estival (diciembre 2020, enero, febrero y marzo de 2021).

II.III) 2- Industrias lácteas

a) Análisis de Aguas

Los resultados de análisis de agua realizados en las industrias lácteas se presentan en la Tabla II.4., los mismos corresponden a muestras tomadas durante el año 2021 y 2022. Las industrias emplean aguas subterráneas en su proceso. En ambos casos estudiados, el agua posee una cloración antes de su empleo. En el caso A se emplea sólo agua de pozo y en el Caso B, además del agua de pozo también se utiliza el agua de condensado obtenida por generación de vapores retenidos en los diferentes procesos, para limpieza de sectores específicos.

Para el análisis de los resultados obtenidos en la caracterización del agua se tienen en cuenta las normativas empleadas por las industrias. Muchas empresas de la región exportan algunos de sus productos, por lo que utilizan para agua los límites establecidos por la Directiva de la Unión Europea 98/83/CE que establece el marco legal para proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano garantizando su salubridad y limpieza. Dicha normativa no menciona únicamente límites de calidad del agua de bebida, sino que establece que dicha calidad debe abarcar todas las aguas utilizadas en empresas alimentarias para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinados al consumo humano. Además, se tiene en cuenta los límites de potabilidad de aguas establecidos por el CAA (2017) de nuestro país.

Comparando ambas normas algunos límites difieren, como por ejemplo la de CE es más exigente en cuanto a los valores de cloruro y sulfato, mientras que los límites establecidos para pH, nitrato, nitrito, amonio y flúor son más rigurosos en el CAA (Tabla II.4.). La normativa CE establece límites para conductividad mientras que CAA los fija para sólidos totales.

Analizando los resultados de la Industria A se observa que la misma cumple con los valores establecidos para pH, cloruros, dureza, nitrito y amonio para ambas normativas. En cambio, para sulfato cumple solamente con el establecido por CAA, pero no con el de CE. Teniendo en cuenta los límites establecidos para conductividad y sólidos totales, las aguas analizadas tendrían valores por encima de lo exigido. Esto

podría no ser una limitante, si la mayoría del resto de los parámetros se encuentran dentro de valores normales. En cuanto a flúor y nitrato, los resultados estarían levemente por encima de lo recomendado para CAA y cumpliría con los establecido por CE.

En el Caso de la Industria B, si se analizan los resultados obtenidos en el análisis de agua de condensado, todos los parámetros cumplen con ambas normativas, considerándose esta agua de muy buena calidad. Esta agua es utilizada para lavado de masa y limpieza de tinas y lavado de equipo de ultrafiltrado de suero. En cambio, el agua subterránea empleada no cumple con los siguientes parámetros: conductividad, sólidos totales, cloruros, sulfatos y nitratos.

Para las muestras de agua de grifo, que corresponden a aguas de pozo, en ambos casos en estudio, poseen previamente un tratamiento de clorado o cloración. No se han llevado a cabo análisis bacteriológicos de las aguas, pero se ha verificado que las mismas estaban cloradas.

Tabla II.4.: Resultados de Análisis Fisicoquímico de Agua en Industrias estudiadas.

Parámetros evaluados	Máximo permitido según normativa	INDUSTRIAS EN ESTUDIO			
		N° DE MUESTRA	CASO A Agua de grifo (pozo)	CASO B	
				Agua de condensado	Agua de grifo (pozo)
pH	6,5 – 8,5 (CAA) 6,5 – 9,5 (CE)	1	7,8	6,5	7,7
		2	7,5	6,8	7,7
Conductividad (µS/cm)	2500 (CE)	1	3650	70,5	4980
		2	3700	83,2	4700
Sólidos disueltos totales (mg/L)	1500 (CAA)	1	1505	19	2955
		2	1549	12	2920
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	-	1	841,1	90,5	722,1
		2	995,6	53,8	786,0
Cloruro (mg Cl ⁻ /L)	350 (CAA) 250 (CE)	1	83,2	5,9	505,2
		2	75,7	2,0	490,0
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	400 (CAA)	1	86,3	11,8	303,6
		2	77,6	23,3	221,2
Sulfato (mg SO ₄ ⁼ /L)	400 (CAA) 250 (CE)	1	273,7	7,3	869,0
		2	279,6	1,6	764,5
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	45 (CAA) 50 (CE)	1	44,8	0,44	43,6
		2	49,6	ND (1,5)	63,3
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,1 (CAA) 0,5 (CE)	1	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
		2	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
Fluoruro (mg F ⁻ /L)	0,7-1,2 (CAA) 1,5 (CE)	1	1,3	0,03	0,7
		2	1,5	0,1	0,9
Amonio (mg NH ₄ ⁺ /L)	0,2 (CAA) 0,5 (CE)	1	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)
		2	ND (0,05)	ND (0,05)	ND (0,05)

CAA: Código Alimentario Argentino

CE: Directiva de la Unión Europea

1: Muestras realizadas entre noviembre de 2021 y febrero de 2022.

2: Muestras realizadas entre julio y septiembre de 2022.

b) Análisis de efluentes

Al analizar los efluentes de las industrias lácteas se puede observar que ninguno de los casos cumple con la normativa de volcamiento de la provincia de Santa Fe (Tabla II.5.). En el Caso A al no presentar sistema de tratamiento, los resultados obtenidos son más elevados. El caso B a pesar de tener planta de tratamiento, varios parámetros se encuentran por encima de los límites exigidos.

En las industrias lácteas, la naturaleza y composición de las aguas residuales dependen del tipo de productos elaborados y de la capacidad de procesamiento de las plantas. Las aguas de limpieza pueden contener una variedad de desinfectantes y diversos detergentes ácidos y alcalinos. Los desechos de este tipo de industria tienen altos niveles de DQO y DBO debido a las proteínas de la leche y la lactosa que contienen. Considerando su alto contenido orgánico, el tratamiento de residuos lácteos es fundamental y la falta de él, debería considerarse un grave problema para el medio ambiente.

En ambas industrias, se realiza la separación del suero, producto de la elaboración del queso, no incorporándose a la línea de efluentes. Esto es de suma importancia debido a la alta carga contaminante que posee.

En el caso A, se han analizado diferentes efluentes en el momento de elaboración. En el primer muestreo, el análisis de la muestra obtenida de la limpieza general final ha arrojado valores superiores a los obtenidos en la muestra del lavado post desnatadora (Tabla II.5.). En el segundo muestreo, también los análisis de limpieza general han sido muy superiores respecto a los resultados a los realizados en muestras de lavado de patio. En el tercer muestreo se ha realizado el análisis sobre una muestra compensada formada por porciones de muestras puntuales tomadas durante el proceso completo de elaboración. El pH es ácido, producto del agregado de ácidos en la limpieza. Dicha muestra ha demostrado resultados inferiores a los obtenidos en la muestra de limpieza general y de lavado de patio. Esto se puede deber a que se han tomado diversas muestras durante el proceso de elaboración, donde influye el gran volumen de agua empleada para la limpieza en general. Si bien los resultados obtenidos son inferiores, no cumplen con los valores de la normativa de volcamiento. Esta industria debería plantear un sistema de manejo y tratamiento de sus efluentes antes de su volcamiento, para minimizar los impactos ambientales.

Analizando los datos obtenidos para el Caso B, en esta industria se han realizado análisis sobre las muestras de entrada y salida del efluente de la planta de tratamiento en tres oportunidades. Los parámetros en todos los casos han disminuido, con excepción de los sólidos suspendidos totales. En dos oportunidades el pH del efluente de ingreso ha tenido valores superiores a 11 y en todos los casos el de salida ha sido superior a 9. Este hecho podría influir en los tratamientos biológicos que se llevan a cabo en todo el sistema de lagunas. En cuanto a los otros parámetros se han logrado los siguientes porcentajes (promedios) de eliminación: Sólidos totales 28 %, Sólidos Volátiles 45,5 %, NTK 80,6 %, Amonio 91,7 %, DBO 80 % y DQO 76,3 %. En el caso de PT (Fósforo Total), los resultados de entrada han sido variables, logrando a la salida de la planta de tratamiento, valores superiores a 20 mg/L. Al observar los resultados de sólidos suspendidos, se identificó un importante aumento, lo cual es consecuencia de la presencia de algas en las últimas lagunas de tratamiento incrementando su concentración. La industria, actualmente se encuentra realizando mejoras en la planta de tratamiento, por lo que se debería continuar controlando el efluente de salida para analizar el cumplimiento con la normativa provincial.

Tabla II.5.: Resultados de análisis fisicoquímico de efluentes líquidos en las industrias estudiadas.

Parámetros evaluados	Máx permitido según normativas	N° de muestra	CASO A			CASO B	
			Limpieza general final	Lavado post desnatadora	Lavado de patio	Efluente Inicial	Efluente Final
pH	5,5 – 10,0(1)	1	5,1	7,0	-	7,9	9,1
		2	7,0	-	6,39	11,3	9,5
		3	5,6				11,8
Conductividad (µS/cm)		1	5340	3830	-	6220	5900
		2	5000	-	4830	5080	6050
		3	3520				7200
Sólidos Totales (mg/L)		1	10552	2102	-	3788	3964
		2	22212	-	5206	12052	4412
		3	4198				6048
Sólidos Totales Volátiles (mg/L)		1	8012	776	-	606	736
		2	19716	-	2996	9066	744
		3	2336				2640
Nitrógeno Total (mg N/L)	15(2)	1	167,4	52,6	-	210,7	48,3
		2	559,8	-	187,2	412,6	24,6
		3	53,2				81,2
Amonio (mg NH ₄ ⁺ /L)		1	38,2	33,1	-	167,9	11,3
		2	59,4	-	25,8	48,6	8,5
		3	12,6				9,0
Fósforo Total (mg P/L)	2(2)	1	37,2	11,6	-	8,5	29,2
		2	97,6	-	24,4	50,1	20,6
		3	10,2				14,0
D.B.O. ₅ (mg O ₂ /L)	50(1)	1	2060	-	-	227,8	119,8
		2	19520	-	2603	6733	92,1
		3	2906				3596
D.Q.O. (mg O ₂ /L)	75(1)	1	9259	314,8	-	365,3	219,2
		2	21991	-	2844	14286	317,0
		3	3081				4444
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	30 (1)	3	628			192	868

El límite de volcamiento corresponde a:

(1) Resolución 1089/82. Título C del Reglamento para Control de Vertimiento de Líquidos Residuales, teniendo en cuenta una dilución menor de 360. Provincia de Santa Fe.

(2) Ley 11220. Anexo 1.2.2. Normas de calidad de agua potable y efluentes cloacales. Provincia de Santa Fe.

Muestra 1: corresponden a muestras extraídas en época estival (diciembre 2021, enero, febrero y marzo de 2022)

Muestra 2: corresponden a muestras extraídas en época invernal (entre julio y septiembre 2022)

Muestra 3: Caso A corresponde a muestra compensada extraída en la jornada de elaboración. Caso B corresponde a muestra puntual extraída a la entrada y salida de la planta de tratamiento. Todas muestras fueron tomadas en marzo 2023.

II.IV) CONCLUSIÓN

El agua empleada en las instalaciones de ordeño en los 5 casos estudiados incluye diferentes características y situaciones de no cumplimiento de estándares y niveles guía de calidad de referencia para consumo animal, siendo los parámetros más afectados: sólidos disueltos totales, sulfatos y nitratos. Estos parámetros pueden afectar la productividad. Los resultados de los análisis realizados indican la necesidad de un conocimiento de la calidad de las fuentes de agua actualmente empleadas en la producción primaria, a efectos de determinar su condición y definir su aptitud para uso directo o la necesidad de un tratamiento previo. El manejo y tratamiento de efluentes o purines y estiércol en los casos estudiados, es deficiente o nulo. Se recomienda reducir los efluentes generados, por ejemplo, durante la alimentación o el manejo de los animales en tambo y limitar el agua utilizada para la limpieza. Los predios lecheros deben poseer un sistema para la gestión de los purines, deberían disponer de fosas y lagunas necesarias para su almacenamiento y tratamiento. También podrían pensar en el empleo agronómico evitando en todos los casos la contaminación de fuentes de agua.

Las industrias estudiadas emplean agua de pozo clorada como una manera de asegurarse que la carga bacteriana no afecte en el proceso de elaboración. Al estudiar los parámetros fisicoquímicos se ha encontrado que algunos se encuentran por encima de lo recomendado, principalmente en la Industria B. Ésta reemplaza el agua de pozo para algunas actividades como limpieza de tinajas y equipos empleando agua de condensado, la cual es de excelente calidad. El aprovechamiento de agua de buena calidad proveniente de equipos o actividades dentro de la industria es fundamental con el objetivo de reducir el uso del recurso. En cuanto a los efluentes industriales, el volcamiento de los mismos a cuerpos de agua superficiales sin tratamiento (Caso A) o tratamiento incompleto (Caso B), puede generar varios impactos ambientales negativos, entre ellos: contaminación, reducción de la disponibilidad de agua para consumo humano u otros usos, eutrofización, aumento de la turbidez, producción de toxinas por parte de algunas especies de algas, formación de lodos, condiciones de anaerobiosis y malos olores. Es de suma importancia realizar un tratamiento adecuado de las aguas residuales obtenidas evitando las consecuencias negativas de las mismas en el ambiente.

9- CAPÍTULO III

HUELLA HÍDRICA (HH) EN SISTEMAS PRIMARIOS LECHEROS BOVINOS.

III. I) MATERIALES Y MÉTODOS

1. Procesos o etapas de producción seleccionadas para la cuantificación de consumo de agua.
2. Consideraciones y adaptaciones para la determinación de bebida animal (HHa).
3. Diseño de estrategias métricas y cuantificación de consumo de agua directo en el sistema de ordeño (HHa).
4. Determinación del uso consuntivo del agua a partir de los alimentos-HHv.
5. Metodología y normativas empleadas para el cálculo de HHg.

III. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Estimación de HHa derivada del consumo para bebida animal.
2. HHa del proceso de ordeño.
3. HHv y HHg proveniente del uso de productos químicos empleados en los cultivos.
4. HH gris derivada de efluentes generados.
5. HH totales
6. Adaptación de casos en estudio. Comparación mediante la adopción de un criterio de homogeneización.

III.III) CONCLUSIONES

III. I) MATERIALES Y MÉTODOS

III. I) 1- Procesos o etapas productivas seleccionadas para la cuantificación de consumo de agua.

A modo introductorio, se presenta una infografía (Figura III) sobre los métodos y marcos de referencia empleados para la determinación de la HH.

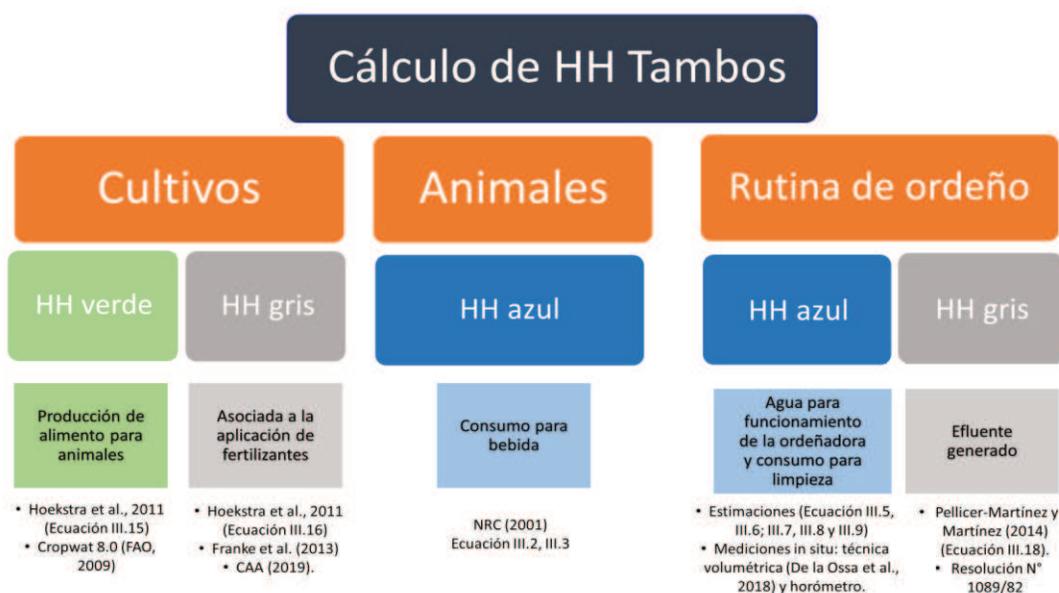


Figura III: Descripción de metodologías a aplicar para cálculo de HH en tambos.

Se utilizó la metodología de HH (Hoekstra *et al.*, 2011) para determinar la eficiencia de uso de agua en términos de producción calculando el volumen total de agua dulce usada directa (conocida como *agua azul* o HHa) e indirectamente (identificada como *agua verde* o HHv y *agua gris* o HHg), para producir un litro de leche cruda. Se la estimó considerando el consumo de agua y generación de aguas residuales en todas las etapas y/o áreas del sistema productivo. Los procesos involucrados en el cómputo del uso del agua para los sistemas tamberos fueron: a) Agua de bebida animal (consumo directo o agua azul);

b) Ordeño: agua para práctica de ordeño y limpieza de las instalaciones (consumo directo o agua azul).

c) Alimentación animal: uso consuntivo de agua demandado para producción forrajera, producción de grano o agua virtual de suplementos balanceados para los animales (consumo indirecto o agua verde);

d) Agua dulce potencialmente requerida para asimilar la carga contaminante causada por la actividad, más allá de las concentraciones naturales del suelo y la calidad del agua (consumo indirecto, agua gris).

La variable con la cual fueron expresados los resultados finales de cada huella fue litros de agua por kilo de leche corregida por grasa y proteína (L agua/kg LCGP) con el objetivo final de que estas puedan ser comparables entre sí. Para adaptar la producción de leche expresada en litros a kilos, se empleó la siguiente fórmula (Ecuación III.1):

$$LCGP_{(Kg/año)} = (Producción_{(L/año)} \times Densidad\ de\ la\ leche_{(Kg/L)}) \times (0,0337 + 0,116 \times \%G + \%PB)$$

(Ecuación III.1)

Donde:

- *La producción debe corregirse según la densidad del producto para que esta pueda ser definida en kg. La densidad de la leche es de 1,032 kg/L.*
- *GB (%), grasa butirosa.*
- *PB (%), proteína bruta.*

III. I) 2- Consideraciones y adaptaciones para la determinación de bebida animal (HHa).

El requerimiento de agua por el animal es variable y depende de múltiples factores, externos e internos, varios de ellos difícilmente controlables o medibles. En principio, pueden identificarse 3 orígenes diferentes de abastecimiento de agua presentes en el animal: el de bebida, el proveniente de las pasturas y la metabólica; siendo la primera porción la de mayor significancia.

Como consideración general, se conoce que un animal adulto podría consumir agua entre el 6 y 12% de su peso vivo o bien, entre 3 a 4 litros de agua por kilo de alimento consumido. Esto dependerá de la actividad que se realice con dicho rodeo (producción de leche, cría o invernada) y de la composición nutricional de su dieta.

Por otro lado, la temperatura del ambiente y del agua, al igual que su composición química, representan una parte importante en lo que corresponde a la calidad y cantidad disponible de la misma, pudiendo generar un alto impacto en su consumo.

Debido a la complejidad de una medición exacta de sus consumos, se determinó realizar sus estimaciones por medio de ecuaciones de predicción. De esta manera, se definió que la metodología más apropiada, donde se consideran las variables de mayor influencia, fue la ecuación de Murphy *et al.* (1983) (publicado posteriormente en el NRC 2001), corregida por incorporación de sodio y temperatura ambiente. Esta fue empleada para predecir el consumo de agua en la categoría vaca ordeño (VO) (Ecuación III.2).

Para determinar el consumo de agua de bebida para la categoría vaca seca (VS) se realizaron adaptaciones, pero no fue considerado el consumo de sodio debido a que los productores encuestados no suplementan al rodeo con dicho mineral (Ecuación III.3). Para la categoría de VS, se empleó la metodología propuesta por Holter y Urban (1992), citada por NRC (2001), considerando la adición de la variable $T^{\circ}min.$

$$VO_{(L/VO/día)} = (1,58 \times CMS) + (0,9 \times Kg \text{ leche día}) + (0,05 \times CNa) + (1,2 \times T^{\circ}min.) + 15,99$$

(Ecuación III.2)

$$VS_{(L/VS/día)} = -10,34 + (0,2296 \times \% MS \text{ dieta}) + (2,212 \times CMS) + (0,03944 \times (\% PC)^2) + (1,2 \times T^{\circ}min.)$$

(Ecuación III.3)

Donde:

VO (L/VO/día), litros bebidos por vaca ordeño por día

CMS (kg MS/día), consumo diario de materia seca.

CNa (kg Na/día), consumo diario de sodio.

T^omin(°C), temperatura mínima promedio de la zona.

VS (L/VS/día), litros bebidos por vaca seca por día.

% MS, porcentaje de materia seca del alimento consumido.

% PC, porcentaje de proteína cruda en la ración.

Para vacas parto y vaquillonas, se consideró apropiado, tomar como referencia, la fórmula predictiva para VO (Ecuación III.2) ya que son categorías de alta demanda de agua. En el primer caso porque se

encuentran en la etapa de desarrollo del/la ternero/a con una mayor demanda de agua (últimos tres meses de gestación) y, en el segundo, debido a su fase final de crecimiento previo a su primera preñez, donde existe una necesidad de composición de reservas importante para alcanzar su condición corporal óptima. Por último, se consideró un valor de referencia de consumo de agua de 8% de su peso vivo para las hembras de reposición (Duarte, 2011) y se descartaron del cómputo los machos destinados a cría.

Luego de la predicción de consumos de agua proveniente del rodeo, los resultados totales fueron unificados a una misma variable. El volumen de agua de bebida animal resultante, se lo afectó a la unidad productiva en análisis, quedando finalmente definido en L de agua/kg LCGP (Ecuación III.4).

$$HHa_{bebida\ animal(L/kg)} = \frac{L\ anuales\ de\ agua\ de\ bebida}{kg\ anuales\ LCGP} \quad (\text{Ecuación III.4})$$

III. I) 3- Diseño de estrategias métricas y cuantificación de consumo de agua directo en el sistema de ordeño (HHa).

Esta etapa es parte de las principales fuentes de consumo directo de agua en un sistema de producción primaria lechera. Existen dos grandes divisiones: la demanda de agua para el funcionamiento de la máquina de ordeño y el sistema de refrigeración de leche, y el volumen empleado como medio de limpieza de las mismas y de las instalaciones que los contienen.

En líneas generales, las subdivisiones identificadas fueron las siguientes:

- Consumo de agua empleada para limpieza de pezones y limpieza de piso al pie de la vaca al momento del ordeño (Figura III.1).
- Volumen de agua requerido por la placa de enfriado (Figura III.2).
- Capacidad de abastecimiento de agua del tanque intercambiador de calor, el cual corresponde al equipo de frío, cuyo funcionamiento permite mantener la temperatura deseada del tanque de leche (menor o igual a 4° C) (Figura III.3).
- Consumo de agua para limpieza del tanque de almacenamiento de leche (Figuras III.4 III.5).

- Consumo de agua necesario para limpieza de máquina de ordeño (limpieza del conducto donde se transporta la leche al tanque de refrigeración de la misma) (Figura III.6).
- Volumen empleado para limpieza del corral de espera (pisos externos) (Figuras III.7 y III.8).
- Volumen empleado para limpieza de pisos internos de la sala de ordeño, una vez finalizada la etapa de ordeño (Figura III.9).



Figura III.1: Limpieza de pezones y suciedades al pie del animal.



Figura III.2: Placa de refresco o intercambiador de calor.



Figura III.3: Tanque recuperador de calor.



Figura III.4: Tanque de almacenamiento de leche previo al lavado (vista superior).



Figura III.5: Tanque de almacenamiento de leche previo al lavado (vista frontal).

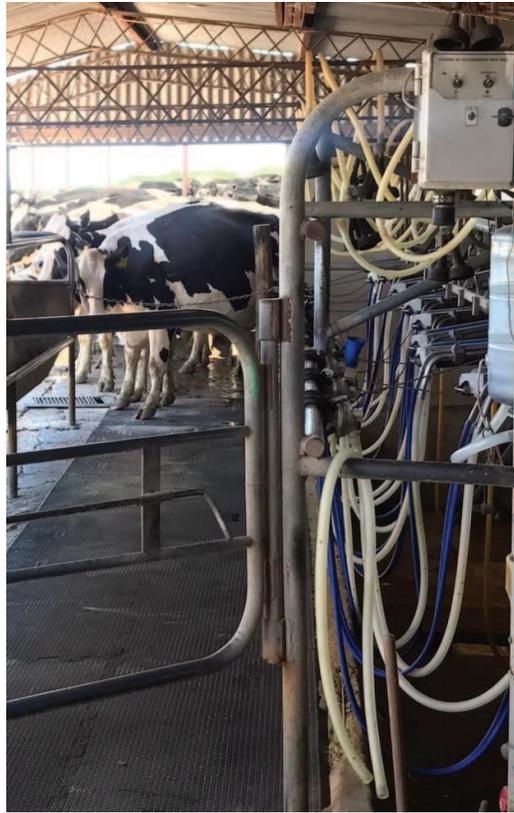


Figura III.6: Máquina de ordeño.



Figura III.7: Corral de espera.



Figura III.8: Corral de espera lavado.



Figura III.9: Limpieza pisos internos (sala de ordeño).

Sistema de medición:

El procedimiento para la contabilización del consumo de agua se distribuyó en dos etapas con la finalidad de una posterior comparación de los resultados obtenidos en cada una de ellas. En principio, se realizó por **estimación**, mediante fórmulas de cálculo predeterminadas con valores estándar y según prácticas realizadas por diversos autores (Salazar, 2012; Fernández Mayer, 2017; Charlón, 2017; Negri y Aimar, 2019). Luego, se realizaron mediciones (2 tipos de mediciones) para determinar el consumo de agua directo real de cada establecimiento, respetando el mismo procedimiento de medición en todos los casos.

➤ **Determinación de consumo mediante estimaciones:**

Si bien para algunos consumos existen más de un valor de referencia, se utilizaron aquellos considerados como los más representativos de los casos en estudio. Los valores y ecuaciones para la estimación del consumo de agua en las instalaciones de ordeño fueron las siguientes:

- Volumen de agua para lavado tanque de almacenamiento de leche:

$$Lav. \text{ tanque de leche}_{[L/ordeño]} = (0,0403 \times Cap \text{ equipo de frío}) + 11,153 \quad (\text{Ecuación III.5})$$

- Volumen para limpieza de la máquina de ordeño:

$$Lav. \text{ ordeñadora}_{[L/ordeño]} = (27,75 \times N^{\circ} \text{ unidades de ordeño}) + 134,4 \quad (\text{Ecuación III.6})$$

- Volumen para la placa de enfriado:

$$Placa \text{ de enfriado}_{[L/ordeño]} = 2,5 \text{ L agua / L de leche} \quad (\text{Ecuación III.7})$$

- Volumen Limpieza de pezones:

$$Limpieza \text{ de pezones}_{[L/día]} = N^{\circ} VO \times 5 \text{ L agua/vaca/día} \quad (\text{Ecuación III.8})$$

- Volumen Limpieza de pisos de la sala de ordeño y corrales:

$$Lav. \text{ pisos sala de ordeño}_{[L/día]} = N^{\circ} VO \times 31,2 \text{ L agua/VO/día} \quad (\text{Ecuación III.9})$$

➤ **Determinación de consumo mediante mediciones:**

Se efectuaron las correspondientes visitas a los tambos, donde se realizó un reconocimiento del sistema de ordeño empleado, observación de las características y condiciones de las instalaciones, análisis de diversos parámetros (capacidad del equipo de frío, características y ubicación de la bomba, número de bajadas ordeñadoras, cantidad de vacas en ordeño, entre otros). Se identificaron las tomas de agua existentes que cada tambero emplea y se estimaron sus respectivos caudales en forma indirecta mediante la técnica volumétrica (De la Ossa *et al.*, 2018). Esta consiste en la medición del tiempo de carga de un recipiente cuya capacidad es conocida (en este caso un balde de 20 litros).

Mediciones puntuales: se realizó el registro en al menos dos momentos distintos del año con características meteorológicas diferentes en cada una de las unidades productivas. La finalidad de las mismas fue no sólo obtener precisión en la cuantificación sino, además, evidenciar las principales diferencias en sus consumos a lo largo del año. Por un lado, se busca tener en cuenta la reducción o aumento de consumo de agua por cambio de la temperatura ambiente (cambio de estación), y por otro, el aumento de la demanda de agua para limpieza, posterior a días de lluvias y acumulación de barro.

Mediciones acumuladas registradas durante el año: uso de horómetro.



Figura III.10: Horómetro o cuentahoras.

Esta medición se basa en determinar la cantidad de agua consumida con mayor precisión, mediante la ayuda de un dispositivo o elemento de medida. El elegido en este caso es un horómetro o cuentahoras (Figura III.10), como su nombre lo define, cuenta unidades de tiempo transcurridos de un motor, o dispositivo encendido. La instalación de un caudalímetro o un medidor, resultan procedimientos de mayor intervención sobre las instalaciones ya existentes, mayores costos, complejidad en la habilitación del dispositivo e inclusive, interrupciones sobre las actividades diarias. Es por ello, que se estableció hacer la

determinación del consumo de agua dentro de cada establecimiento, instalando un horómetro y estimando en forma indirecta el volumen consumido. Para el cálculo se emplea, la potencia de extracción de la bomba (expresada en litros/hora) y el tiempo (expresado en horas o minutos) que permanece funcionando la misma. Para que esto sea posible, es necesario vincular a través de un contactor el encendido del cuenta horas al encendido de la bomba, de manera tal que, cada vez que la misma encienda, el dispositivo también lo haga. Con la finalidad de proteger las instalaciones originales de cada tambo e intervenir lo menos posible, debido a alguna posible falla, se realizaron tableros individuales y totalmente independientes al tablero general (Figura III.11).



Figura III.11: Horómetro en funcionamiento en un tambo de los encuestados.

La cuantificación por medio de dispositivos, tienen como ventaja que el resultado se convierte en un valor más preciso, pero a su vez, posee una desventaja y es que, generalmente en todos los establecimientos tamberos de tipo familiar, como en esta zona, disponen sólo de una bomba que abastece a toda la instalación edilicia. Esto significa que parte del tiempo que registre el dispositivo no estará asociado a la actividad de ordeño propiamente dicha.

Se entrevistó a cada uno de los tamberos y se solicitó detalles de sus rutinas de trabajo, de manera que en el registro esté discriminando cada uno de los consumos con la mayor claridad posible. Se determinó realizar un sistema de registro de lo que el horómetro fuera registrando, con un apartado complementario

donde realicen comentarios (cambios en sus prácticas, inconvenientes e imprevistos, cambio de bomba, roturas de bebederos, pérdidas de agua, recarga de agua inusual, cualquier aclaración que sea de interés y vinculado al uso del agua).

Las anotaciones en las Planillas, permite limitarse al registro del consumo que afecta sólo las horas operativas del ordeño, es decir, el tambero registra el valor presentado en el horómetro al comienzo de la práctica y su posterior valor al finalizar la misma. En la sección “Anexos” (ANEXO 4), podrá observarse el modelo de planilla diseñada y provista a todos los tamberos.

III. I) 4- Determinación del uso consuntivo del agua a partir de los alimentos-HHv

Se determinó la evapotranspiración de cada uno de los cultivos (ETc) empleados para alimentación animal obtenida dentro de los límites físicos de cada establecimiento (producción propia), no así el consumo hídrico indirecto asociado a la producción de balanceado comprado. Para eso, se empleó el software CROPWAT 8.0, introducido por la FAO y aceptado internacionalmente como un método que permite realizar estimaciones de consumo de agua de recursos forrajeros y/o cultivos producidos. Esto incluye tanto la fracción de agua captada por el cultivo a través de las precipitaciones (HHv), como el agua absorbida por el mismo presente en el suelo, es decir, el agua útil -superficial y subterránea- disponible que extrae para su desarrollo (HHa). Debido a que, en la región evaluada en este trabajo no se realizan cultivos en regadío (riego) y conforme a lo determinado por la metodología empleada, la componente de agua azul (HHa) de las siembras no fue contabilizada dada su inexistencia.

Para la determinación del consumo de agua proveniente de los cultivos por medio de este Software, es necesario disponer de una serie de datos que se detallan a continuación:

- *Datos agrometeorológicos:* precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa (%), velocidad del viento (km/día) y heliofanía (horas/día). Estos datos se obtuvieron en Meteoblue y para el caso de los tambos situados cercanos a la localidad de Rafaela, de Informes Agrometeorológicos de INTA (Estación Experimental Rafaela).

- *Datos de Suelo:* Índice de Aptitud, Humedad del suelo disponible total (mm/metro), Tasa máxima de infiltración de la precipitación (mm/día), Profundidad radicular máxima (cm), Agotamiento inicial de humedad del suelo (como % de ADT) y Humedad de suelo inicialmente disponible (mm/metro). La selección de valores correspondientes a estas variables fue realizada según la clasificación del tipo de suelo, cuya información fue extraída de la Carta de Suelos de INTA, el programa Visor GeoINTA y los faltantes, estimados con ecuaciones de edafotransferencia generadas para estos suelos (Imhoff *et al.*, 2016; Pilatti y Orellana, 2016).

- *Datos de cultivo:* La información requerida para este punto en el software son, la fecha de siembra y de cosecha, la altura máxima del cultivo (metro), profundidad de raíces y luego, información específica que se obtiene exclusivamente de ensayos para evaluación del desarrollo fenológico de los mismos. Para esto, se utilizó la campaña 2020-2021. Parte de los datos fueron obtenidos a partir de los responsables de los tambos mediante entrevistas personales y los faltantes surgieron de la combinación de valores de referencia para la zona (propuesta por FAO y/o INTA) e información suministrada por los propietarios. Respecto a las fechas de siembra correspondientes a cada cultivo, se utilizaron las mismas para todos los establecimientos debido a que parte de ellos manifiesta no tener registro exacto de cuándo siembran.

$$ETc_{[mm/período]} = Kc \times Eto \quad (\text{Ecuación III.10})$$

$$ETa_{[mm/período]} = Ks \times ETc = Ks \times Kc \times Eto \quad (\text{Ecuación III.11})$$

$$ETve_{[mm/período]} = \min (ETc, Peff) \quad (\text{Ecuación III.12})$$

$$HHv_{(m^3/Kg)} = \frac{CWUve}{Y} \quad (\text{Ecuación III.13})$$

siendo; $CWU = (10 \times ETve)m^3/ha.$

$$HHa_{(m^3/Kg)} = \frac{CWUaz}{Y} \quad (\text{Ecuación III.14})$$

siendo; $CWU = (10 \times ETaz)m^3/ha.$

Donde:

ET_c (mm/periodo), evapotranspiración de un cultivo.

ET_o (mm/periodo), evapotranspiración de referencia. Evapotranspiración de un pastizal natural desarrollado en condiciones normales y sin escasez de agua.

K_c (adimensional), coeficiente del cultivo, que incluye las características del cultivo y los efectos de la evaporación del agua presente en el suelo.

ET_a (mm/periodo), evapotranspiración real del cultivo. Evapotranspiración de un cultivo desarrollado en condiciones particulares y ante la posible presencia de escasez hídrica.

K_s (adimensional), corresponde al coeficiente de variación de la evapotranspiración del cultivo efecto del estrés hídrico.

CWU_{ve} (m^3/ha), la componente de agua verde.

CWU_{az} (m^3/ha), la componente de agua azul.

ET_{ve} (m^3/ha), evapotranspiración verde.

ET_{az} (m^3/ha), evapotranspiración azul.

Y (kg/ha), rendimiento del cultivo.

Luego de estimar las correspondientes HHv asociadas a cada cultivo, se realizó la sumatoria de acuerdo a sus rendimientos en kilos de materia seca y se obtuvo un valor de HHv equivalente anual (un período completo de producción de alimento) y ésta, afectada a la unidad de producción evaluada resultó en la siguiente expresión (Ecuación III.15):

$$HHv_{(L\ agua/Kg\ LCGP)} = \frac{(HHv_{(m^3/Kg)} \times \text{kilos totales MS producido}) \times 1000}{Kg\ anuales\ LCGP} \quad (\text{Ecuación III.15})$$

Dado que los cultivos desarrollados en el área geográfica estudiada se realizan en condiciones de secano (sin riego), la componente de agua azul (CWU_{az}) al igual que la HHa , fueron excluidas en el presente

trabajo. No obstante, la cualidad de que sean cultivos sin riego no significa que siempre se desarrollen en condiciones óptimas o adecuadas para alcanzar los mejores resultados (rendimiento de materia seca) sin afectar la composición y humedad del suelo.

Por tal motivo, se simularon escenarios hipotéticos de necesidad de riego a partir del Requerimiento de Riego (**Req. Riego**). Este es un indicador provisto por el programa que permite indagar cuántos milímetros de agua dejó de percibir ese cultivo ya sea por falta de lluvia, por altas temperaturas o por calidad del suelo que afectan la retención de humedad de este.

III. I) 5- Metodología y normativas empleadas para el cálculo de HHg

a. Determinación de la HHg derivada de la aplicación de productos químicos al suelo.

Se estimó la HH gris (HHg) correspondiente al volumen necesario para diluir la carga contaminante derivada de la aplicación de sustancias químicas al suelo. En todos los casos se realizó la conversión estequiométrica de las especies nitrogenadas contenidas en el fertilizante a nitrato para luego aplicar la Ecuación III.16 (Hoekstra *et al.*, 2011). En este estudio, dada su masividad en el mercado, se evalúa sólo la fertilización con especies nitrogenadas (UREA, DAP - diamónico-, sulfato de amonio, superfosfato triple de amonio, nitrógeno líquido). Para ello, se emplea un factor de lixiviación α (%), que corresponde a la fracción de químicos aplicados al suelo que alcanzan cuerpos de agua dulce, el cual va a variar en gran medida con el tipo del suelo y la profundidad de la napa. Por otro lado, debe conocerse la cantidad de producto que se aplica al suelo para cada caso analizado, la concentración máxima permitida en el cuerpo de agua receptor (tomando como referencia Código Alimentario Argentino (2019) para consumo humano) y la concentración natural presente en el cuerpo de agua receptor (agua subterránea).

$$HHg_{(m^3/Kg)} = \frac{(\alpha \times AR)/(c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad (\text{Ecuación III.16})$$

Donde:

α (%), fracción de químicos aplicados que alcanzan cuerpos de agua dulce.

AR (kg/ha), cantidad de producto aplicado al suelo.

C_{max} (kg/m³), concentración máxima permitida en el cuerpo de agua receptor

C_{nat} (kg/m³), concentración natural presente en el cuerpo de agua receptor.

Y (kg/ha), rendimiento del cultivo

Con respecto al valor del factor de lixiviación (α), según Franke *et al.* (2013), este puede variar entre 5 y 15% dependiendo de diferentes características del suelo, principalmente de la textura y tipo de drenaje. Trabajos previos, realizados en Argentina (Arrien 2019, Papa *et al.*, 2017) en zonas de características similares a las estudiadas en el presente trabajo plantean un factor de lixiviación moderado a bajo, siendo el valor seleccionado de 10%. Lo mismo ocurre con otro trabajo realizado por Martínez-Lagos y Salazar (2015) en suelos de Chile, quienes definen que son de moderada a baja capacidad de infiltración o escorrentía. Por lo tanto, para los suelos analizados, se escogió estimar la HHg de los cultivos, a partir de un % de lixiviación del 10%.

Lo mismo que con la componente verde, se adaptó la expresión de la HHg afectando el valor total de HHg (la suma de los m³ totales de agua necesarios para asimilar la carga contaminante de los kg de fertilizantes utilizados en el total de los cultivos donde se aplican) a los kg de LCGP. De este modo, afectada a la unidad de producción evaluada, la HHg resultó en la siguiente expresión (Ecuación III.17):

$$HHg_{(L\ agua/Kg\ LCGP)} = \frac{(HHg_{(m^3/Kg)} \times Kg\ totales\ de\ fertilizante\ aplicado) \times 1000}{Kg\ anuales\ LCGP} \quad (\text{Ecuación III.17})$$

b. Determinación de la HHg, derivada de los efluentes generados.

Para el cálculo de la HHg correspondiente al volumen necesario para diluir la carga contaminante generada a partir de los efluentes obtenidos de la limpieza del sistema de ordeño, se utilizó el método propuesto por Pellicer-Martinez y Martinez (2014), adaptada de Hoekstra *et al.* (2011) (Ecuación III.18). Vale aclarar que la expresión del indicador en la ecuación está adaptada a la unidad de evaluación de este estudio (kg LCGP).

$$HHg_{(L/kg\ LCGP)} = \left(\frac{Q_{nat} \times (C_{efl} - C_{nat})}{(C_{max} - C_{nat})} \right) / kg\ anuales\ LCGP \quad (\text{Ecuación III.18})$$

Donde;

Q_{efl} (L/año), caudal de efluente generado.

C_{max} (mg/L), concentración máxima permitida de un componente.

C_{nat} (mg/L), concentración natural del componente presente en el medio natural receptor.

C_{efl} (mg/L), concentración de un componente en un efluente.

Para la estimación, se determina el valor de HHg correspondiente a cada uno de los parámetros evaluados en los efluentes generados en cada establecimiento y según los límites máximos establecidos por una normativa local vigente. El parámetro que arroja mayor resultado es considerado como el componente de mayor impacto potencial. Los parámetros analizados en las muestras fueron: demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), nitrógeno total Kjeldhal (NTK), fósforo total (PT). Para el análisis en laboratorio se emplearon las técnicas recomendadas por APHA (2017).

Si bien, en la Provincia de Santa Fe no existe una normativa específica que regule las condiciones de efluentes en sistemas de producción lechera primaria, los valores tomados para concentración máxima permitida (C_{max}), fueron los correspondientes a la Resolución N° 1089/82 de volcamiento de efluentes

de la provincia de Santa Fe. Esta establece (considerando el Título C: Desagüe a Curso de Agua Superficial, con dilución menor a 360) las condiciones a las que deberá ajustarse el efluente de las instalaciones y de los que debe dotarse aquellos inmuebles cuyos líquidos residuales requieren un tratamiento previo para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores.

La segunda normativa que se tuvo en cuenta fue la Ley 11.220 de la provincia de Santa Fe “TRANSFORMACIÓN DEL SECTOR PÚBLICO DE AGUA POTABLE, DESAGÜES CLOACALES Y SANEAMIENTO” que establece las formas, modalidades, alcances de tratamiento de agua potable, desagües cloacales y saneamiento. Esta se empleó de manera complementaria a la resolución nombrada, ya que establece algunos límites de parámetros que la propia resolución no define, más precisamente Nitrógeno Total y Fósforo. Para el parámetro “Cnat” se consideró un valor de N de 0,01 kg/m³ según estudios previos realizados por Boglione *et al.* (2009) y teniendo en cuenta que ese es el contenido de NO₃- de la napa freática de la región.

III. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III. II) 1- Estimación de HHa derivada del consumo para bebida animal

Una de las cuestiones más relevantes en materia de uso de agua dentro de sistemas ganaderos extensivos es la gran incidencia del consumo de ésta para bebida animal. En la Tabla III.1 se encuentran los resultados de HHa, obtenidos a partir de estimaciones, asociados a dicho consumo para cada uno de los establecimientos.

Por un lado, se presentan los valores globales para la totalidad del rodeo evaluado (valor anual y por kg LCGP) y por otro, los consumos equivalentes por vaca para las categorías vaca en ordeño (VO) y vacas secas (VS). Estos últimos, representan un valor intermedio (promedio) entre los extremos de consumo según la estación del año (verano e invierno).

Tabla III.1: Resultados de HH azul derivada del consumo de agua del rodeo (bebida).

Consumo	Valor de referencia*	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
L/VO/día	55 a 102	52	80,75	71,47	111,55	84,17
L/VS/día	34 a 49	35,24	46,17	35,14	44,22	43,41
L/Vaquillona/día	22 a 36	42,8	41,2	40,04	36,3	39,1
L/terneras/día	8 a 17	12,8	13,6	11,7	17,9	17,5
L totales anuales		10.868.692,4	5.822.546,2	7.864.465,2	7.540.500,3	4.936.849,5
HHa (L de agua/ kg LCGP)		12,94	13,02	16,25	14,08	10,54

*Fuente: Adams (1986).

Con respecto al criterio utilizado en el trabajo tomado como referencia (Tabla III.1), se puede observar que los autores establecieron rangos, y estos, dependen de diferentes variables. Para el caso de las VO, el valor comprendido entre 55 y 102, depende de la producción por animal, por lo tanto, se seleccionó este rango que corresponde a vacas lactantes entre 15 y 25 litros diarios coincidentes con la producción declarada en los establecimientos en estudio. En las VS la variable fue el tiempo de gestación, correspondido a vacas parto de entre 6 y 9 meses. En el caso de la categoría de Terneras y Vaquillonas, el rango depende de los meses de vida, siendo en la primera de 3 a 5 meses y en la segunda de 15 a 24

meses. Para este estudio, la categoría de terneras fue extendida hasta los 12 meses, considerando las clasificaciones disponibles en los casos seleccionados.

Vale recordar que en la metodología de este estudio se aclaró que para las predicciones de consumos de bebida de Vaquillonas y Vacas preparto, se empleó la fórmula de VO. Esto se debe a las diferencias climáticas encontradas entre los antecedentes seleccionados para la estimación y la región de este estudio, considerando esta última como la de mayores exigencias y adaptaciones a temperaturas altas (criterio que coincide con Charlón *et al.*, 2005). Sin embargo, pese a esta diferencia en el cálculo con respecto a Adams (1986), pudo observarse que los resultados obtenidos para todas las categorías estuvieron dentro del rango establecido por el autor o bien, superan el límite, pero en pequeña medida, como lo es el caso de las vaquillonas. Esto permite suponer que las adaptaciones establecidas de acuerdo a las características específicas de la zona analizada fueron coherentes y sus predicciones resultaron ser valores consistentes con el marco de referencia.

En cuanto al consumo de agua para bebida animal, los escenarios son diversos, ya que varía de acuerdo con el número total de animales que dispone cada caso, cómo esas cantidades se distribuyen en las categorías por peso y cómo está conformada la ración de alimento de cada una de ellas. Sin embargo, si se analiza el consumo diario por vaca en ordeño (VO) o vaca seca (VS) que son las categorías de animales más influyentes en una unidad productiva lechera, se observa que el sistema de alimentación produce notables variaciones en el consumo de bebida. Según Charlón *et al.* (2015), el consumo de agua de bebida animal fue en aumento a medida que crecía la escala de producción.

En los sistemas estudiados, el Caso 1, 3 y 4 presentaron los mayores valores totales de agua de bebida, siendo los que poseen el mayor stock total de animales (incluyendo vacas lactantes). Analizando el consumo individual por VO también se observa la misma tendencia que plantearon los autores, ya que los mayores valores fueron para el Caso 4 y 5, donde la carga animal (VT/ha) es más alta respecto a los otros los casos.

Respecto a la relación alimento:bebida, Murphy *et al.* (1983) sostienen que a medida que se incrementa el porcentaje de materia seca de la dieta, el consumo de agua de bebida aumenta. Esto coincide con las

características de las dietas que declararon los productores encuestados, siendo los Casos 4 y 5, los que presentaron mayores consumos de agua por VO y cuyas dietas representaban un mayor porcentaje de materia seca asociada a una provisión más elevada de suplementación y reservas. Distinto es lo que ocurrió con los resultados de bebida de VS, donde el Caso 3, presentó el mayor porcentaje de materia seca en la dieta y su consumo de agua por animal fue el menor. Sin embargo, son numerosas las causas por la cual depende la bebida animal. Otros de los autores citados en este trabajo (Fernández Mayer, 2017) plantea que la calidad del agua es otro factor importante, en la cual el cloruro de sodio (sal común) no debería superar los 8 g/L, ya que provoca efectos negativos sobre su consumo. Los tambos que presentan una calidad de agua más deficitaria o no acorde a los requerimientos deseados son los Casos 2 y 5, presentando elevadas concentraciones de sólidos totales (sales), el Caso 2 presenta además concentraciones de sulfato por encima de lo recomendado. En el caso de los cloruros ambos casos son los que presentan mayores concentraciones, pero si bien no se ha realizado el análisis de sodio, ninguno de los casos estudiados superaría el valor de 8 g/L de cloruro de sodio.

Si se analizan los resultados de HHa asociado al consumo de agua destinado para bebida animal, el escenario es diferente, debido a que la variable está afectada a la producción por animal. Por lo cual, en este sentido, el consumo de agua siguiendo la metodología de HH, será de menor impacto en aquel establecimiento donde la productividad por vaca sea mayor. Tal es así que, mientras que el Caso 1 el consumo total de agua estimado por VO es la menor (comparativamente con los otros casos), su HHa expresada en L de agua/kg LCGP no es la más baja. El Caso 5 presentó la menor HHa, y fue el segundo establecimiento que representó el volumen más alto de consumo para bebida en VO. El Caso 2, es el tercer establecimiento (de menor a mayor HHa) y uno de los casos que mayor productividad por vaca declaró poseer.

Por lo tanto, no se pudo encontrar en estos casos analizados una tendencia directa entre la HHa de bebida animal y la producción de leche ya que el Caso 3 por ejemplo, presentó la mayor HHa pero no se debe a que presente la menor productividad de leche por vaca. El motivo del resultado de este establecimiento, puede estar relacionado con un alto stock de hembras de reposición lo cual genera un mayor volumen total

de agua de bebida (comparado proporcionalmente a los demás casos). Esto deriva en una problemática común que para muchos establecimientos resulta complejo identificar. Disponer en un determinado sistema, una distribución de riego sobreestimada puede causar efectos negativos en la mayoría de los casos que estarán reflejados a través de variables de optimización y eficiencia; no sólo en la esfera económica-productiva, sino también ambiental.

III. II) 2- HHa del proceso de ordeño.

Estimaciones de consumo de agua mediante fórmulas predictivas

En las Tablas III.2, III.3, III.4, III.5, III.6 se resumen los resultados obtenidos para cada caso, empleando las fórmulas predictivas propuestas (Ecuaciones III.5, III.6, III.7, III.8 y III.9). En dichas tablas, se presentan primeramente los resultados expresados en L totales anuales. Luego, al finalizar la presentación de resultados obtenidos mediante mediciones, se determina su correspondiente HHa afectando el valor cuantificado total anual a la producción de leche total anual definido en kg LCGP.

Tabla III.2: Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 1

<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Total Estimado (litros)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche (L totales anuales)	262.928,85
Vol. Limpieza de corrales (pisos) (L totales anuales)	1.525.992
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca (L totales anuales)	
Vol. Placa Preenfriado (L totales anuales)	4.777.850
Vol. Limpieza pezones (L totales anuales)	315.360
TOTAL L.¹	6.882.130,5
TOTAL L.² CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	2.104.280,85
Total L/día ¹	18.855,15
Total L/día ²	5.765,15

¹ Consumo total diario sin considerar reutilización de agua de placa de refrescado de leche.

² Consumo total diario considerando el escenario de reutilización de agua de placa de refrescado de leche.

Tabla III.3: Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 2

<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Total Estimado (litros)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche (L totales anuales)	197.407,7
Vol. Limpieza de corrales (pisos) (L totales anuales)	1.366.560
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca (L totales anuales)	
Vol. Placa Preenfriado (L totales anuales)	5.409.300
Vol. Limpieza pezones(L totales anuales)	175.200
TOTAL L.¹	7.148.467,7
TOTAL L.² CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	1.739.167,7
Total L/día ¹	19.584,8
Total L/día ²	4.764,8

¹ Consumo total diario sin considerar reutilización de agua de placa de refresco de leche.

² Consumo total diario considerando el escenario de reutilización de agua de placa de refresco de leche.

Tabla III.4: Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 3

<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Total Estimado (litros)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche (L totales anuales)	437.207,2
Vol. Limpieza de corrales (pisos) (L totales anuales)	2.049.840
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca (L totales anuales)	
Vol. Placa Preenfriado (L totales anuales)	6.570.000
Vol. Limpieza pezones (L totales anuales)	262.800
TOTAL L.¹	9.319.847,2
TOTAL L.² CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	2.749.847,2
Total L/día ¹	25.533,8
Total L/día ²	7.533,8

¹ Consumo total diario sin considerar reutilización de agua de placa de refresco de leche.

² Consumo total diario considerando el escenario de reutilización de agua de placa de refresco de leche.

Tabla III.5: Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 4

<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Total Estimado (litros)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche (L totales anuales)	304.451,2
Vol. Limpieza de corrales (pisos) (L totales anuales)	967.980
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca (L totales anuales)	
Vol. Placa Preenfriado (L totales anuales)	8.029.270
Vol. Limpieza pezones (L totales anuales)	248.200
TOTAL L.¹	9.549.901,2
TOTAL L.² CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	1.520.631,2
Total L/día ¹	26.164,1
Total L/día ²	4.166,1

¹ Consumo total diario sin considerar reutilización de agua de placa de refresco de leche.

² Consumo total diario considerando el escenario de reutilización de agua de placa de refresco de leche.

Tabla III.6: Consumos de agua mediante estimaciones- CASO 5

<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Total Estimado (litros)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche (L totales anuales)	324.708,75
Vol. Limpieza de corrales (pisos) (L totales anuales)	1.343.784
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca (L totales anuales)	
Vol. Placa Preenfriado (L totales anuales)	4.958.160
Vol. Limpieza pezones (L totales anuales)	70080
TOTAL L.¹	6.696.732,75
TOTAL L.² CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	2.133.361,5
Total L/día ¹	18.347,21
Total L/día ²	5.844,8

¹ Consumo total diario sin considerar reutilización de agua de placa de refresco de leche.

² Consumo total diario considerando el escenario de reutilización de agua de placa de refresco de leche.

Se conoce que la porción de mayor requerimiento, ocupando casi un 80% del total, es el consumo de agua para la placa de preenfriado de la leche. Ésta al pertenecer a un circuito cerrado, no posee contacto con ninguna etapa del procedimiento, por lo que podría ser reutilizable en un 100%. El destino de ese consumo dependerá predominantemente del manejo realizado por cada establecimiento y de la infraestructura

disponible. Existen otros consumos que, aunque sean menor que el anterior, son notablemente representativos en estos sistemas, dado su impacto degradativo de fuentes de aguas superficiales y/o subterráneas como lo es el consumo para limpieza de pisos, el cual puede ser muy variable. Esto se debe a dos factores fundamentales y condicionantes, el factor humano y el tecnológico, lo cual determinará la posibilidad o no de mejora de la gestión del uso del agua.

Estimaciones de consumo de agua mediante mediciones puntuales

Debido a la importancia de lo mencionado anteriormente, y conforme a lo descrito en la metodología, se presentan a continuación los resultados obtenidos de mediciones realizadas en los cinco establecimientos permitiendo evaluar en cada caso y en forma detallada la incidencia de diversas variables.

En las Tablas III.7, III.8, III.9, III.10 y III.11 se resumen los resultados obtenidos para cada caso, a partir de las mediciones realizadas en cada establecimiento en dos momentos del año a partir de la técnica volumétrica (De la Ossa *et al.*, 2018). Se aclara que, para algunos cálculos realizados, los valores serán los mismos en ambas mediciones. Eso se debe a que son consumos que ya están preestablecidos por los tamberos y medidos en cada ejecución.

Tabla III.7: Consumos de agua en mediciones puntuales CASO 1

MEDIANTE MEDICIONES PUNTUALES (VISITAS)				
Fuentes de consumo	Medición 1 (30/03/21)		Medición 2 (1/07/2021)	
	Total Medido (L total anual)	Consumo día (L/día)	Total Medido (L total anual)	Consumo día (L/día)
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche	394.200	1.080	394.200	1.080
Vol. Limpieza de corrales (pisos)	1.898.000	5.200	4.745.000	13.000
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca	535.333,3	1.466,6	389.333,3	1.066,6
Vol. Preenfriado	5.277.900	14.460	4.599.000	12.600
Vol. Agua para refrigeración de equipo	182.500	500	182.500	500
Vol. Limpieza pezones	207.067,3	567,3	153.580,7	420,7
TOTAL	8.495.000,6	23.274	10.281.114,1	28.167,4
TOTAL, CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	3.217.100,6	8.814	5.682.114,1	15.567,4

Tabla III.8: Consumos de agua mediante mediciones puntuales CASO 2

MEDIANTE MEDICIONES PUNTUALES (VISITAS)				
<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Medición 1 (20/12/20)</i>		<i>Medición 2 (05/07/20)</i>	
	<i>Total Medido (L total anual)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>	<i>Total Medido (L total anual)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche	219.000	600	219.000	600
Vol. Limpieza de corrales (pisos)	408.800	1120	554.800	1520
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca				
Vol. Preenfriado	4.599.000	12.600	5.475.000	15.000
Vol. Agua para refrigeración de equipo	58.400	320	58.400	320
Vol. Limpieza pezones	73.000	100	53.168,3	145,7
TOTAL	5.299.800	14.520,0	6.301.968,3	17.265,7
TOTAL CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	700.800	1.920	826.968,3	2.585,7

Tabla III.9: Consumos de agua a través de mediciones puntuales CASO 3

MEDIANTE MEDICIONES PUNTUALES (VISITAS)				
<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Medición 1 (23/12/2020)</i>		<i>Medición 2 (08/07/21)</i>	
	<i>Total Medido (L total anual)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>	<i>Total Medido (L total anual)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche	193450	530	209266,67	573,33
Vol. Limpieza de corrales (pisos)	2772128,21	7594,87	3200769,23	8769,23
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca				
Vol. Preenfriado	9.703.384,6	26.584,6	9.096.923,1	24.923,1
Vol. Agua para refrigeración de equipo	182.500,00	500	182.500	500
Vol. Limpieza pezones	521.950	1.430	705.180	1.932
TOTAL	13.190.912,8	36.139,49	13.212.138,9	36.197,64
TOTAL, CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	3.487.528,2	9.554,9	4.115.215,9	11.274,6

Tabla III.10: Consumos de agua mediante mediciones puntuales CASO 4

MEDIANTE MEDICIONES PUNTUALES (VISITAS)				
	Tambero x		Tambero y	
<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Medición 1 (17/03/21)</i>		<i>Medición 2 (02/07/21)</i>	
	<i>Total Medido (L total anual)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>	<i>Total Medido (L total anual)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche	354050	970	354050	970
Vol. Limpieza de corrales (pisos)	893673,7	2448,42	673846,15	1846,15
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca				
Vol. Preenfriado	2398381,8	6570,9	4782827,3	13103,6
Vol. Agua para refrigeración de equipo	182500	500	182500	500
Vol. Limpieza pezones	395859,09	1084,55	946345,45	2592,73
TOTAL	4.224.464,6	11.573,88	6.939.568,8	19.012,5
TOTAL, CON REUTILIZACIÓN DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	1.826.082,8	5.003	2.156.741,6	5.908,9

Se realizó una primera medición que no fue considerada debido a razones climáticas que impidieron finalizar (limpieza de pisos - etapa final del ordeño- no pudo ser medida).

Tabla III.11: Consumos de agua a través de mediciones puntuales CASO 5

MEDIANTE MEDICIONES PUNTUALES (VISITAS)				
<i>Fuentes de consumo</i>	<i>Medición 1 (28/01/21)</i>		<i>Medición 20/07/21</i>	
	<i>Total Medido (L total/año)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>	<i>Total Medido (L total/año)</i>	<i>Consumo día (L/día)</i>
Vol. Máquina de ordeño y limpieza tanque de leche	342.005	937	342.005	937
Vol. Limpieza de corrales (pisos)	938.571,4	2.571,4	1.147.142,8	3.142,8
Vol. Limpieza sala de ordeño, al pie de la vaca				
Vol. Preenfriado	3.275.478,2	8.973,9	2.856.521,7	7.826,1
Vol. Agua para refrigeración de equipo	175.200	240	175.200	240
Vol. Limpieza pezones	433.213,11	1.186,8	362.726,2	993,7
TOTAL	4.989.267,8	13.669,2	4.883.595,83	13.379,7
TOTAL, CON REUTILIZ DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	1.713.789,5	4.695,3	2.755.296,7	7.548,7

A modo resumen se representa en la Figura III.13, los resultados de las tablas presentadas anteriormente donde se mencionan los volúmenes estimados, por un lado, y medidos por otro. En ella puede observarse cómo puede variar la condición de cada establecimiento si el análisis se basa a partir de valores estimados

o valores reales (medidos). A su vez, se distingue claramente la incidencia que podría existir sobre los sistemas, en caso de reutilizar el agua de refrescado de leche, favoreciendo a una reducción sustancial del consumo total de agua en el proceso de ordeño.

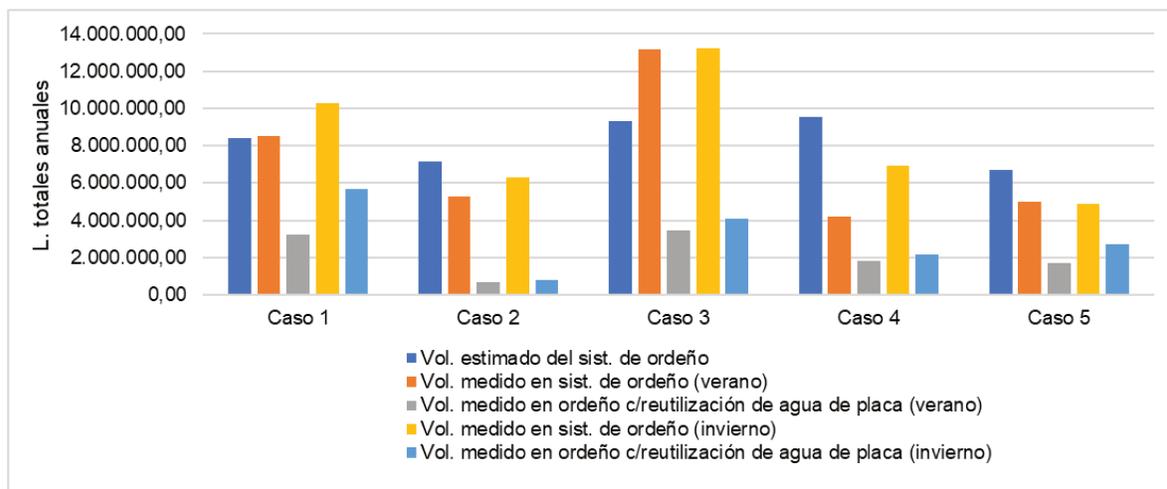


Figura III.13: Consumos de agua anuales (TAMBOS).

Analizando los valores totales obtenidos de la segunda medición (época invernal), fueron mayores que en la primera (febrero/marzo) (Figura III.13). Esto puede asumirse como un escenario previsto considerando que, ante el descenso de temperatura, el consumo de agua de bebida pueda verse reducido sustancialmente o, frente a días lluviosos y reducción de horas sol, la suciedad en las vacas aumente por exceso de humedad en la superficie generando aumento de tiempos de ordeño y consumo de agua en el desarrollo de la actividad. No obstante, las mediciones puntuales permitieron en este trabajo evaluar la situación particular de cada caso y en forma desagregada cada etapa del proceso de ordeño.

En la Figura III.14 se presentan los flujos de agua que fueron relevados en invierno (I), verano (V) y el consumo estimado a través de fórmulas estándar (E), distribuidos por sectores o áreas de uso dentro del tambo. Se representó en conjunto, por un lado, el agua consumida para refrigeración de equipo y, la empleada para limpieza de ordeñadora y tanque de almacenamiento de leche; y por otro lado, el agua utilizada para lavado de corrales y lavado interno de la sala de ordeño definido como “Vol. limpieza de pisos”. Luego se representó individualmente el volumen asociado a limpieza de pezones, siendo este uno de los consumos de mayor dependencia de la mano de obra y las condiciones climáticas y, por último, el

uso de agua para la placa de preenfriado de la leche por considerarse uno de los más importantes volumétricamente hablando.

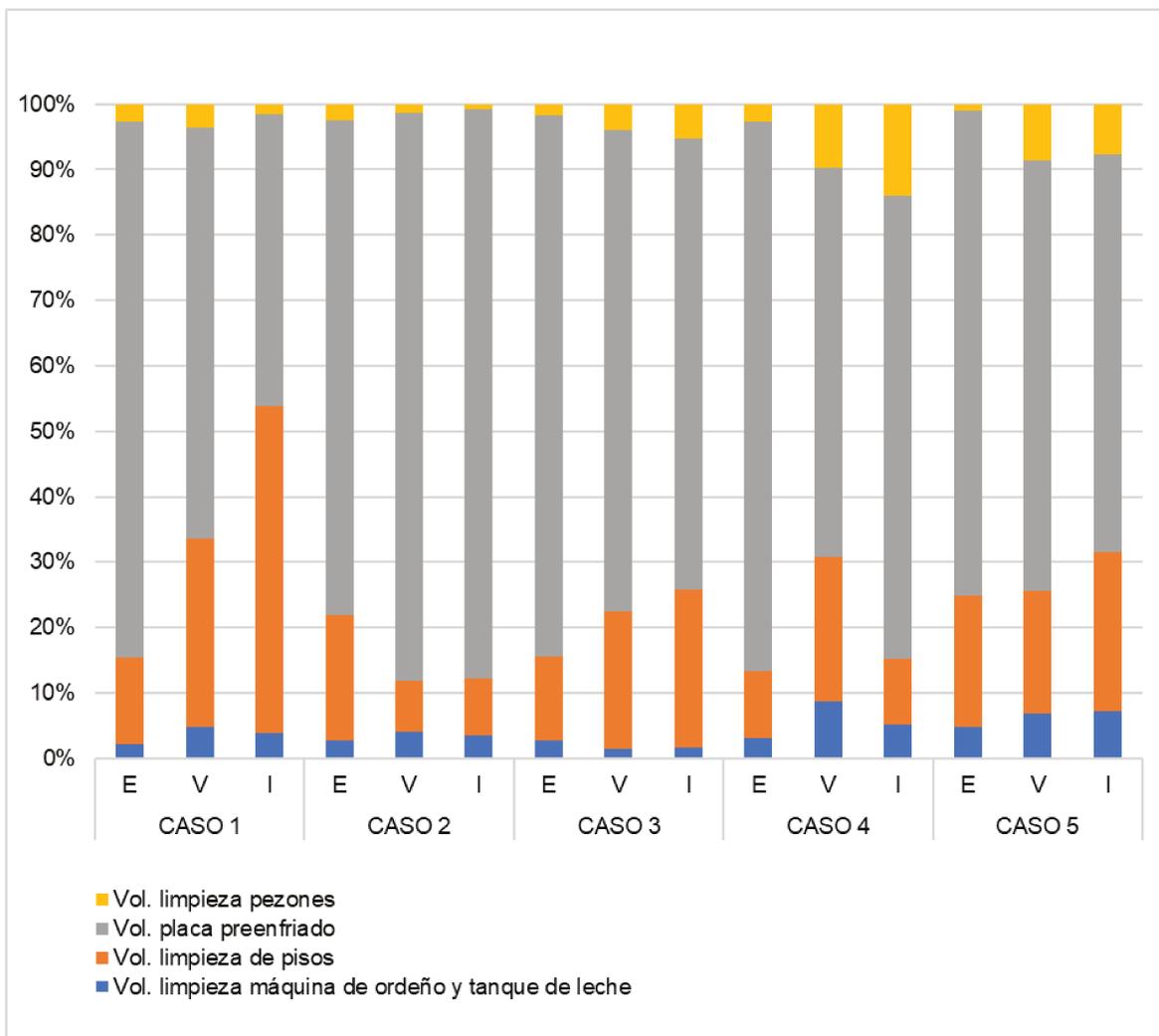


Figura III.14. Consumo de agua en sistema de ordeño a partir de estimaciones y mediciones realizadas in situ.

Si se analizan los consumos asociados a la limpieza de la máquina de ordeño y tanque de leche (Figura III.14), se observó que aquellos casos donde la producción de litros totales de leche por día fue mayor o disponen de un Equipo de Frío con capacidad de almacenamiento sobrestimada, los resultados de consumo de agua fueron mayores (Caso 4, 5 y luego Caso 1).

A través de las mediciones, se demuestra lo presupuesto por fórmulas predictivas y es que, en todos los casos, el sector de mayor requerimiento es el consumo de agua para la placa de refrescado de la leche. Sin embargo, no todos los casos poseen un sistema de almacenamiento de esta agua, por ende, el destino dependerá predominantemente del manejo e infraestructura disponible. Por ejemplo, el Caso 1, tambo de mayor número de animales, la emplea como bebida incluyendo un sistema de distribución a la totalidad de las aguadas, pero, dado que en invierno los consumos de bebida disminuyen considerablemente, se genera un excedente que no posee destino y se desecha. En el Caso 3, 4 y 5 no poseen capacidad suficiente de almacenamiento derramando agua a la superficie, ya sea al canal de desagüe uniéndose al agua de limpieza o bien, a los costados del tambo y/o bebederos. El Caso 2 posee mayor capacidad de almacenaje y a su vez emplea como alternativa un retorno a la napa.

Por otro lado, en todos los establecimientos analizados, excepto el Caso 2, el valor obtenido mediante mediciones en la placa de preenfriado, resultó menor que mediante predicciones. A su vez, en el 80% de los casos, dicho consumo fue mayor en verano que en invierno lo cual se explica debido a la influencia de la temperatura ambiente sobre el acondicionamiento de la leche demandando mayor volumen de agua.

Como se mencionó anteriormente en la descripción de resultados mediante fórmulas predeterminadas, existen otras áreas de alto consumo que, si bien poseen un valor considerablemente menor que el agua empleada para preenfriado, pueden representar mayor impacto degradativo debido a la carga contaminante presente en estas. Un ejemplo es el consumo de agua para limpieza de pisos, el cual depende fundamentalmente del rol operativo, el diseño de infraestructura empleada en cada sistema y las condiciones climáticas. Como puede observarse, sus resultados medidos, en todos los casos, presentaron una notable diferencia con los valores obtenidos mediante predicciones. En todos ellos, salvo el Caso 2, sus consumos reales fueron mayores que el resultado obtenido por fórmulas predeterminadas.

A su vez, en la mayoría de los casos (Caso 1 y 4 con mayor notoriedad), los consumos obtenidos mediante mediciones fueron diferentes entre sí, siendo en épocas de verano donde mayormente presentaron consumos más elevados. Esto era de esperarse dado que el año analizado presentó más períodos lluviosos en verano que en invierno y el requerimiento de agua en esas ocasiones es mayor.

Distinto es en el caso de limpieza de pezones donde se observa mayor variación y no depende exclusivamente de las condiciones climáticas sino también de otro factor de gran importancia que es el sistema de limpieza de vacas. Hay establecimientos que realizan limpieza en seco sin humedecer la mama mientras que otros utilizan las mangueras sin los picos rociadores para mayor caudal por minuto y menor presión. En el Caso 1, 2 y 5, estos consumos resultaron mayor en verano mientras que, en el Caso 3 y 4 al revés.

Tabla III.12: Cuadro resumen con consumos asociados a kg LCGP.

	Estimación	Total diario	TOTAL		TOTAL CON REUTILIZ DE AGUA DE PLACA DE ENFRIADO	
			<i>L/ día</i>	<i>L anuales</i>	<i>HHa (L/ kg LCGP)</i>	<i>L anuales</i>
Caso 1	1	18.855,1	8.408.122,8	10,01	2.104.280,85	4,3
	2	25.720,7	9.388.057,4	11,17	4.449.607,35	5,3
Caso 2	1	19.584,8	7.148.467,7	15,99	1.739.167,7	3,9
	2	15.892,8	5.800.884,1	12,97	763.884,15	1,7
Caso 3	1	25.533,8	9.319.847,2	19,26	2.749.847,2	5,7
	2	36.168,5	13.201.525,8	27,27	3.801.372,05	7,8
Caso 4	1	26.164,1	9.549.901,2	17,82	1.520.631,2	2,8
	2	15.293,2	5.582.016,7	10,42	1.991.412,2	3,7
Caso 5	1	18.347,2	6.696.732,8	14,29	2.133.361,5	4,5
	2	13.524,4	4.936.431,8	10,53	2.234.543,1	4,8

(1= resultados mediante fórmulas predictivas; 2= resultados mediante mediciones puntuales in situ). En los valores de las mediciones puntuales, se realizó un promedio de los resultados de cada visita según corresponda en cada caso. El valor ingresado en Total diario (L/día) es sin considerar reutilización de agua de placa de preenfriamiento de leche.

En 3 de los 5 casos en estudio, los resultados globales medidos del sistema de ordeño fueron inferiores a los estimados por fórmulas predictivas (Tabla III.12) siendo el Caso 3 y 1, los que presentaron una situación contraria. Salazar y Martínez (2013) plantean que, en general, sus resultados de HH real (azul, verde y gris) fueron mayores que la huella referencial o estimada. Cabe destacar este punto, ya que realizando mediciones se evitó castigar a algunos de los sistemas con resultados mayores a los reales.

Los Casos 1 y 3, han presentado las mayores HHa a partir del consumo en el sistema de ordeño. Sin embargo, estos se debieron a diferentes motivos. En el primer caso se debe a que posee la mayor capacidad

productiva, por lo tanto, mayor es el volumen de leche producido, mayores serán los tiempos de ordeño y por consiguiente el consumo de agua. El segundo caso, en cambio, se debe principalmente al sistema de limpieza de pisos, puesto que lavan únicamente con agua, sin emplear ningún instrumento de arrastre de sólidos. En días posteriores a las lluvias, (como se observó en su 2º medición) aumenta notablemente el consumo. A su vez, este caso posee un aumento de consumo en verano empleado para recirculación de agua en el equipo de frío para alcanzar (según afirman) la temperatura deseada en el producto al momento de su recolección.

El Caso 2 fue el que presentó la menor HHa real, seguido del Caso 4. Con respecto al Caso 4, se presentó grandes variaciones entre las dos mediciones y el motivo de las diferencias fue el cambio de tambo lo cual hizo que se modificaran completamente las labores en la rutina de ordeño. El establecimiento que presentó menor diferencia de HHa entre los dos métodos de medición fue el Caso 5, pudiendo inferir que este modelo de producción es el que más se acerca al sistema representado como modelo de referencia.

Dicho todo esto e independientemente de que las mediciones hayan resultado mayor o menor a las predicciones, se demostró que si el objetivo de la evaluación del desempeño de una empresa en relación al uso del agua es analizar diferencias, identificar puntos críticos y definir líneas de acción eficientes, realizar mediciones in situ es de suma importancia. Destaca el valor de contar con la posibilidad de acceso a información específica. No sólo brindaría resultados más aproximados a la realidad de la empresa sino además evitaría castigar el sistema por sobreestimaciones o no identificar una problemática existente por subestimaciones.

Resultados a partir de mediciones con horómetro:

Antes de proceder a la descripción de resultados de cada caso es importante aclarar que en diferentes oportunidades se referirá a “estimaciones”. En este caso, corresponde a la cuantificación mediante aproximaciones según datos disponibles en las planillas y no a la metodología antes mencionada sobre la cuantificación por medio de predicciones y fórmulas estándar.

Para la estimación de consumo de agua en este segmento (medición con horómetro), se calcularon promedios mensuales y complementariamente se realizaron consultas a los tamberos y/o productores para cubrir los datos faltantes en las planillas. En algunos casos, se empleó también programas de registros de indicadores productivos lecheros (acceso mediante la cuenta de usuario provista por ellos).

Otra y última consideración es que, en los períodos donde no hubo registro y corresponden a lapsos de tiempo prolongado, se prorrateó el consumo comprendido en esos días a un consumo equivalente día, pero en la planilla no se computó la totalidad de esos días, sino sólo uno como valor de referencia. Es por eso que cuando se presenten los resultados de cada caso, podrá observarse que en ninguno de ellos coinciden los días reales transcurridos desde que se instaló el dispositivo y los días que fueron computados al análisis de gráficas.

CASO 1

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del registro realizado por el horómetro, a partir del cual, hay información disponible desde el 31/03/2021 hasta el 29/04/2023 (462 días). No obstante, el registro no fue de forma ininterrumpida todos los días. La cantidad exacta de número de ordeños computados al procesamiento de datos fue 278. Dentro de este conteo están incluidos también los resultados obtenidos para aquellos ordeños donde no hubo registro por lo cual se obtuvieron mediante estimación. La relación entre los ordeños medidos y los ordeños estimados es 71:29. Si se traduce a días, desde que el horómetro se instaló, hubo registro en 95 días lo que representa aproximadamente el 38% del total de días computados.

En la Figura III.15, se representan los L de agua/L de leche producido, considerando sólo los valores obtenidos mediante registros del tambero. Contrariamente a este, y seguido de la misma figura, se expone el comportamiento de dicha relación considerando la totalidad de los días; es decir, los valores obtenidos para los días medidos según registros de los tamberos y los valores obtenidos para los días donde no hubo registro y se obtuvo por estimación (Figura III.16).

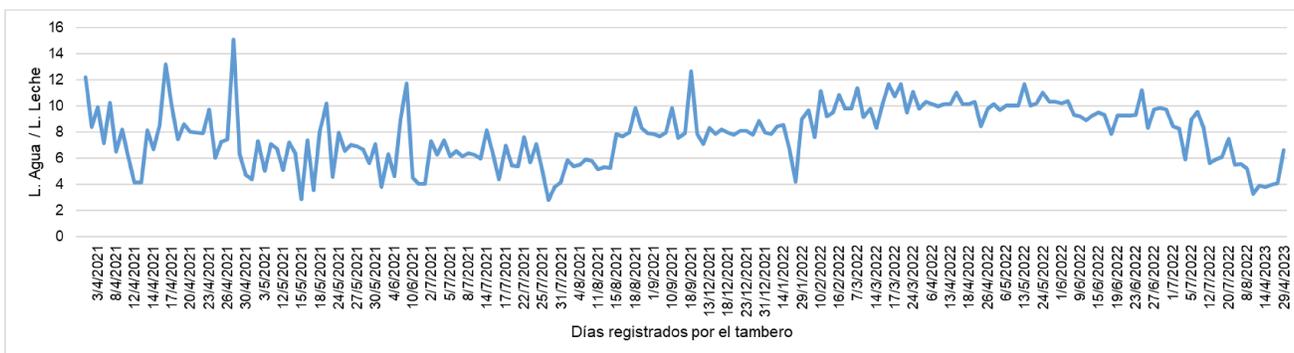


Figura III.15: Consumo de agua por unidad de producto (según días anotados por el tambero), Caso 1.

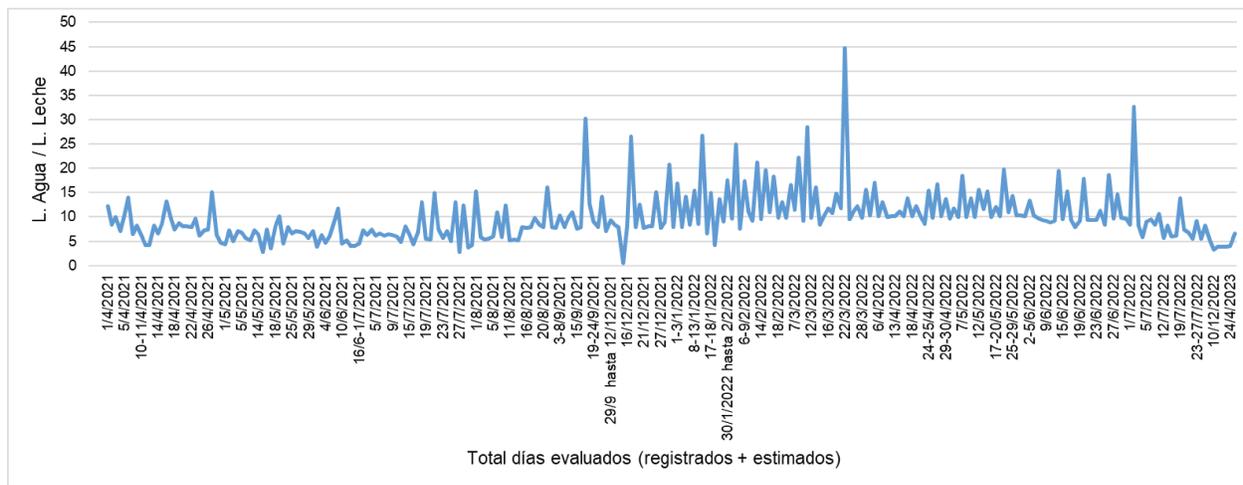


Figura III.16: Consumo de agua por unidad de producto según totalidad de días evaluados- Caso 1.

Como se puede observar, hay una variación notoria entre ambas figuras. En la primera (Figura III.15), los valores se encuentran entre 3 y 15 litros de agua por litro de leche asumiendo un menor margen de error. En cambio, en la Figura III.16, el valor más alto fue de 44,7 L agua/L de leche y el más bajo, ½ litro de

agua por litro de leche producida (lo cual resulta imposible y se lo asocia a una falla por parte del tambero en el registro del día anterior o posterior a este).

Por otro lado, se representó en un gráfico de líneas (Figura III.17.), la disponibilidad de vacas en ordeño presentada por el establecimiento a lo largo de todo el período evaluado. El valor promedio obtenido para este caso en estudio fue de: 280 vacas en ordeño.

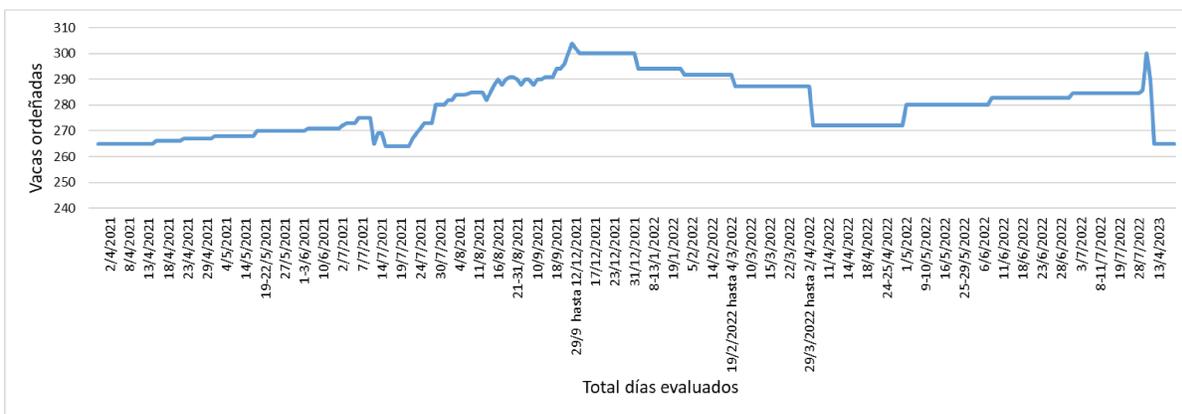


Figura III.17: Número de vacas en ordeño disponibles por día- Caso 1.

Como se puede observar, hay una tendencia leve a aumentar el número total de vacas ordeñadas disponibles, lo cual se alinea con los objetivos de crecimiento que enuncia el productor. En la gráfica las variaciones parecen amplias, pero se debe a que la escala tiene una línea de corte para que se visualicen más en detalle los resultados. Sin embargo, presenta una variación entre el máximo y mínimo número de vacas en ordeño de mayor amplitud que en otros casos (264 y 304).

Puede distinguirse en la Figura III.17 que el comportamiento de la traza resulta más paulatino desde el inicio hasta aproximadamente el 13/12/2021, y más brusca desde esa fecha en adelante. No quiere decir que el número de vacas se mantuvo fijo durante períodos preestablecidos por decisión del establecimiento. Esto corresponde al resultado obtenido de promedios mensuales estimados mediante consulta al productor debido a la falta de registro.

En relación con el comportamiento reproductivo del rodeo, se observa crecimientos en los meses de primavera-verano, coincidente con las épocas consideradas como las ideales en nuestra zona para concentrar los nacimientos de terneros y entrada al servicio de ordeño de las madres (Bavera, 2002).

En la Figura III.18 se observa la relación entre el consumo de agua con el número de vacas en ordeño. La mediana obtenida, considerando los extremos fuera del rango mayoritario, es de 213 L. de agua/ vaca. La variación que se distingue coincide con aquellos días donde no hubo registros y se descubrieron mayores consumos o bien, registros que realizó el tambero pero no correctamente.

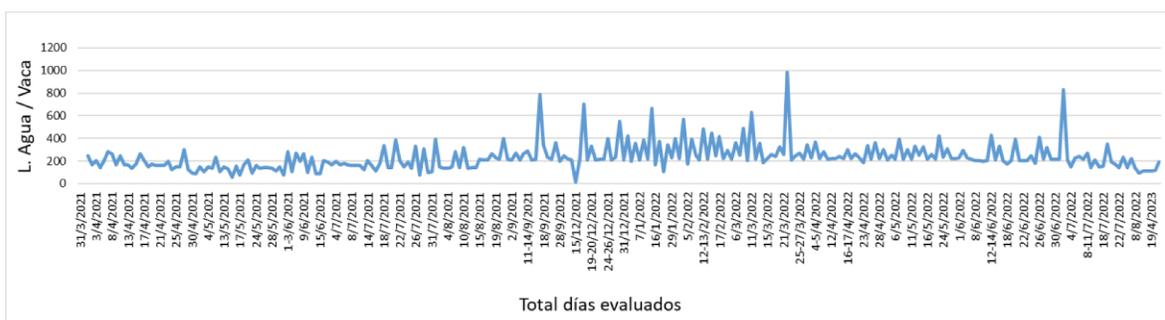


Figura III.18: Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 1.

En la Figura III.19, se presenta la producción de leche diaria que como se puede observar, en los meses de marzo hasta junio, los litros ordeñados parecieran mantenerse casi constantes. El resultado promedio de leche ordeñada total día fue de 6.548,3 L de leche/día.

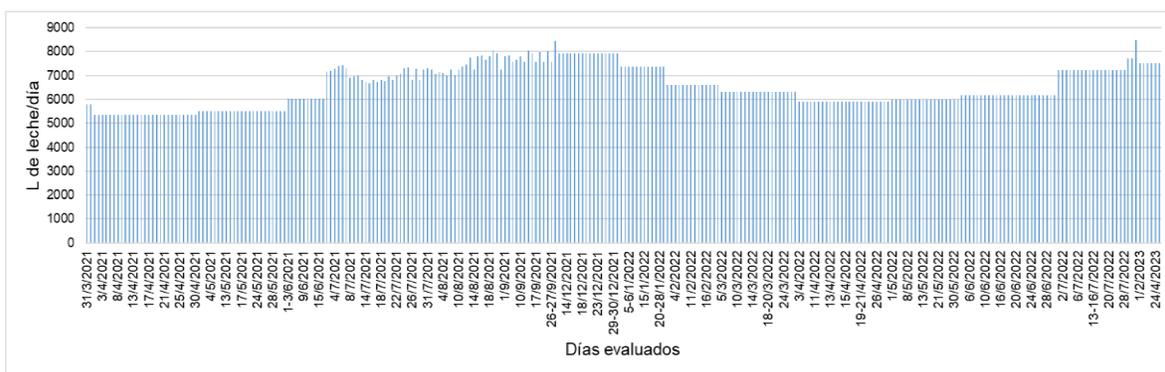


Figura III.19: Producción total diaria de leche- Caso 1.

En la Figura III.20, se presenta el tiempo que el personal consume agua durante el proceso de ordeño, cuyo valor es independiente del tiempo total de ordeño, ya que el horómetro sólo registra cada momento en el que la bomba sumergible se enciende. En este establecimiento, el valor promedio de tiempo de ordeño fue de 2 horas 37 minutos.

En cuanto al tiempo de consumo de agua durante el ordeño (dato extraído del horómetro), se obtuvieron valores que se encuentran en un rango de 2,50 a 4 VH (valor horómetro) con una mediana de 3,01. A excepción, se visualizan valores notablemente por encima o debajo de dicho rango.

Si se vincula la producción por ordeño y el tiempo de uso de la bomba, representa una relación de 18,2 L de leche producida por segundo empleado de agua.

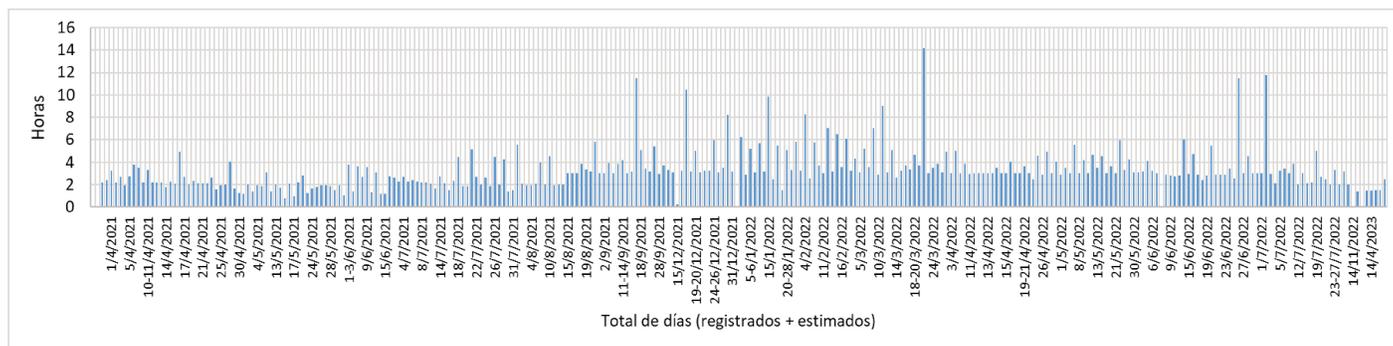


Figura III.20: Tiempo de uso diario de la bomba sumergible- Caso 1.

Paralelamente a los resultados que surgen de la planilla provista a los tamberos, se determinó el valor que se le atribuiría al uso de la bomba para otras actividades de la unidad productiva pre y post ordeño. La diferencia entre el último registro de un ordeño y el inicio del ordeño del día siguiente representaría dicho consumo. Esto, empleado en conjunto con los datos registrados de uso del horómetro, ayudó a comprender y establecer supuestos acerca del motivo por el cual podrían haberse presentado los desvíos encontrados en las planillas. Se obtuvo un valor aproximado de 4,13 VH horas de uso diario en actividades que no están asociadas a la rutina de ordeño. Esto comprende, uso de agua para la vivienda del tambero, limpieza de inmediaciones del tambo no atribuidas al sistema de limpieza post ordeño, carga de tanques y bebederos de agua, carga de pulverizadora.

A partir de agosto 2022 aproximadamente, la empresa incorporó una serie de reacondicionamientos, refacciones, ampliaciones y adquisición de nueva tecnología inherentes al tambo, lo cual, en lo que refiere a la gestión del uso del agua, se tradujo a un nuevo sistema de limpieza de la máquina ordeñadora y consumo hídrico para lavado de pisos. En este sentido, dado que las mediciones de agua continuaron hasta abril del 2023, se pudo definir un consumo diario post remodelaciones y evaluar la existencia o no de mejoras.

En este sentido, la mediana en el uso de la bomba, desde el 31/03/2021 hasta el 08/08/2022 fue de 3,01 VH por ordeño mientras que, en el último bloque de las mediciones, correspondiente a la etapa de reingeniería del sistema de uso de agua, la mediana obtenida del tiempo registrado de uso durante el ordeño fue de 1,65 VH.

CASO 2

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del registro realizado por el horómetro en el Caso 2. La información disponible fue desde el 25/05/2021 hasta el 29/11/2022. El registro fue prácticamente de forma consecutiva todos los días, y los dos ordeños diarios, por lo que la cantidad exacta de datos computados al procesamiento de datos fue 784 ordeños o bien 393 días. Dentro de estos, se incluye también los resultados obtenidos para aquellos días donde no hubo registro por lo cual se obtuvieron mediante estimación.

La cantidad de días donde hubo registro representa un 67% del total (393 días). En lo restante se incluye un mes y medio donde el tambero decidió no registrar (mediados de diciembre 2021 y enero 2022). No obstante, en este caso se destaca que, prácticamente en la totalidad de los valores registrados por este, la información provista fue en forma completa, por lo cual, no fue necesaria la búsqueda complementaria de información recurriendo al dueño o tomando datos promedios.

En la Figura III.21, se representan los litros de agua por cada litro de leche producido, considerando el total de los resultados obtenidos (los valores surgidos de mediciones y los derivados de estimaciones). En este caso, dada la baja proporción de días sin registros, no se realizó una gráfica comparativa evaluando

sólo los días en los que el tambero realizó el registro de consumo de agua, ya que la diferencia hubiera sido imperceptible.

Sin embargo, sí existe un valor atípico que registró un consumo mayor a 250 L de agua/L de leche). En la Figura III.21 se presentan los resultados sin considerar este día permitiendo visualizar detalladamente que los valores oscilan entre 5 y 41 L de agua/L de leche.

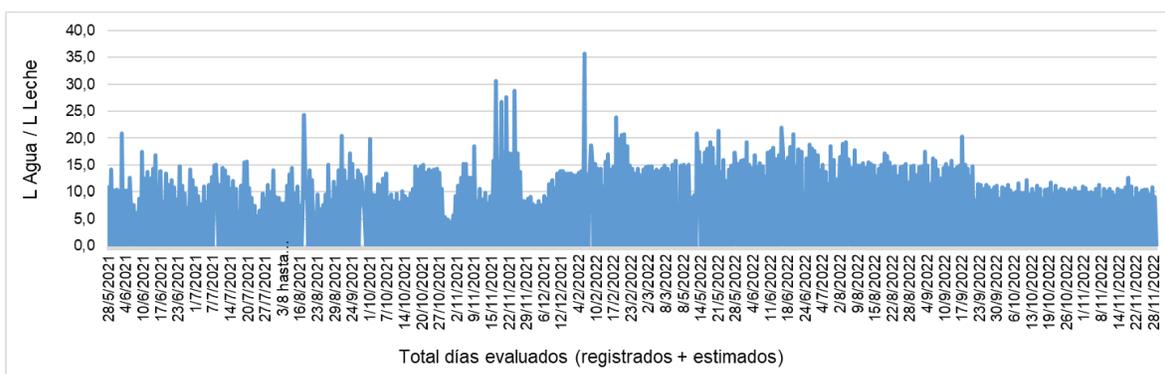


Figura III.21: Consumo de agua por unidad de producto según totalidad de días evaluados- Caso 2.

La mediana obtenida en este establecimiento fue de 12,89 L de agua consumida/L de leche ordeñada. Con respecto al valor que se dispara de dicho rango, el tambero enunció que ese día, realizó recarga de bebederos durante toda la rutina de ordeño de la tarde.

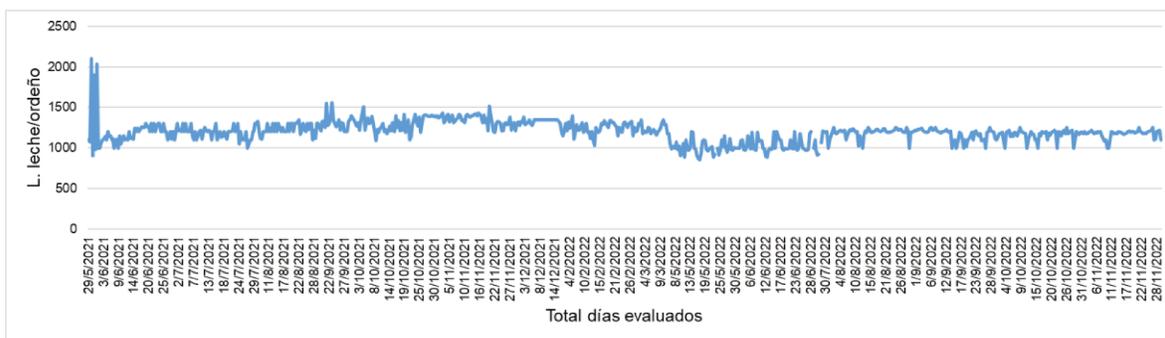


Figura III.22: Producción total de leche por ordeño- Caso 2.

El valor promedio obtenido fue de 1.199,3 L de leche/ordeño (Figura III.22) y un total ordeñado por día de 2.389,2 L de leche/día. Al inicio de la figura, se puede observar 2 días que sus valores duplican aproximadamente el de los restantes asociándolo a un error de registro del tambero donde sumó los dos ordeños diarios. Por lo tanto, considerando que la variación de los litros totales producidos por ordeño fue baja, se evalúa el comportamiento de la producción diaria individual (por vaca) a lo largo del período analizado con la finalidad de distinguir mayores detalles y posibles variaciones (Figura III.23). El valor promedio de producción individual diario fue de 17 L de leche/Vaca/día con una leve disminución en los meses de mayo y junio, al igual que el Caso 1.

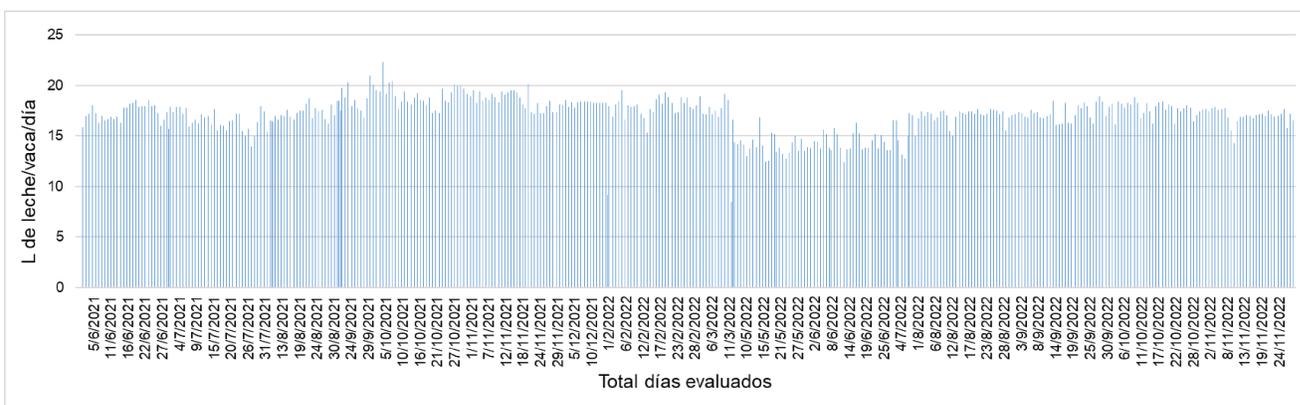


Figura III.23: Producción diaria de leche por vaca- Caso 2.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la relación entre los consumos de agua durante los ordeños y el número de vacas en ordeño disponibles para cada fecha correspondiente registrada por el tambero (Figura III.24). La mediana obtenida para el consumo de agua/vaca en lactancia/ordeño fue de 213,24 L.

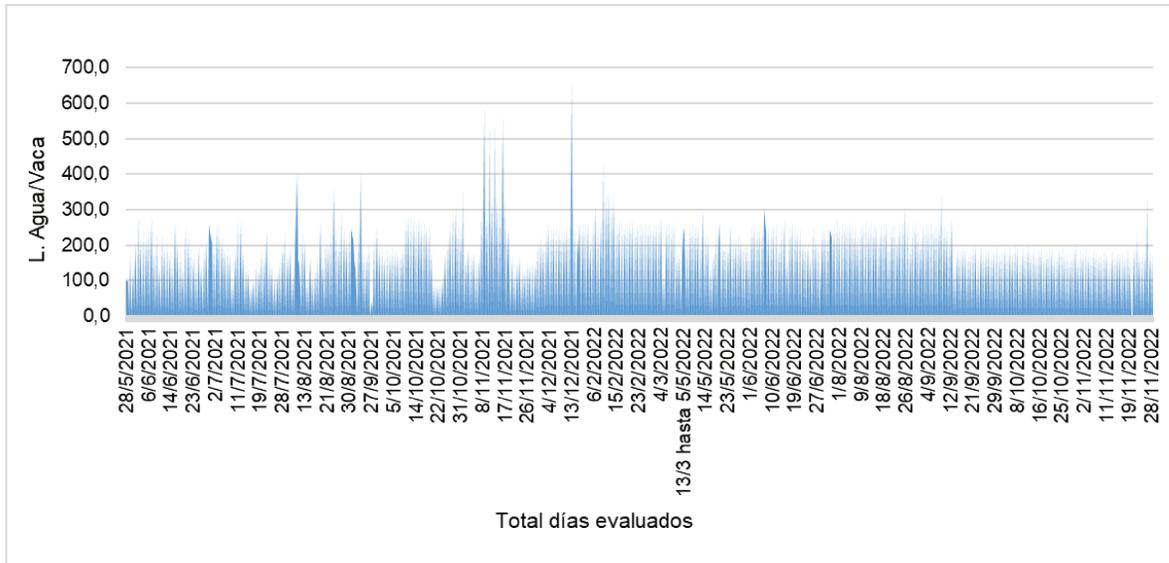


Figura III.24: Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 2.

La Figura III.25 representa la diferencia diaria entre el valor final visualizado en el horómetro, y el mismo valor al momento que comienzan el siguiente ordeño. La mediana resultante del horómetro, desde el 28/05/2021 hasta el 29/11/2022 es 2,57 VH horas por ordeño. Si se vincula la producción por ordeño y el tiempo de uso de la bomba, representa una relación de 7,9 L de leche producida por segundo empleado de agua.

En este caso, se observa que el tiempo que consume agua para la actividad de ordeño se encuentra mayoritariamente entre 1,20 a 3,80 horas, pero dentro de un rango más amplio que en otros casos. En cuanto a los extremos, existen valores puntuales que se pudo identificar los motivos de dicha variación. El valor promedio de tiempo de ordeño fue de 2 horas 39 minutos.

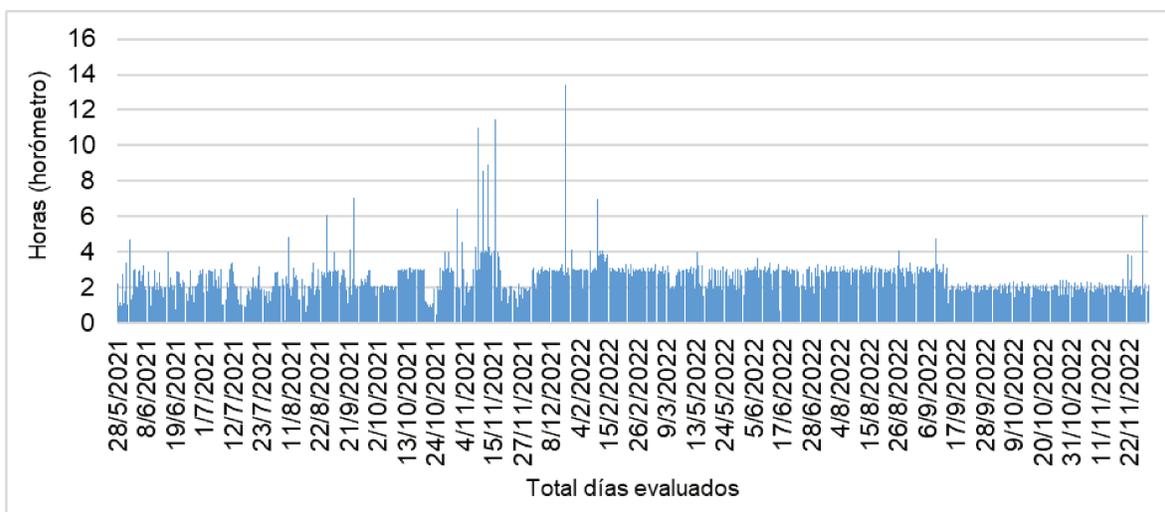


Figura III.25: Tiempo de uso de la bomba sumergible- Caso 2.

Por otro lado, en cuanto a la disponibilidad de vacas en ordeño durante el período evaluado, presentó menor variación que la mayoría de los casos estudiados. Los valores estuvieron en un rango acotado, pudiendo considerarse constante y sin objetivo de aumento de carga animal (Figura III.26).

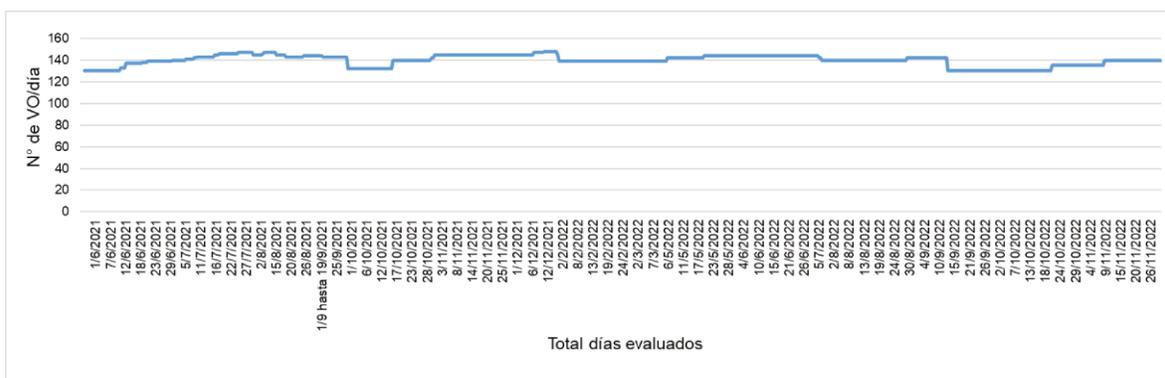


Figura III.26: Número de vacas en ordeño por día- Caso 2.

Presentó mínimos de 130 y máximos de 148 vacas en ordeño, con un promedio de 140. La distribución de los resultados en la figura pareciera presentar una traza con intervalos definidos, siendo sólo en la primera etapa de registros (mediados de junio de 2021 hasta casi fines de septiembre 2021) más gradual y paulatina. Dado que, en este punto, no hubo faltante de datos que implique utilizar valores promedios mensuales, las variaciones diarias (aumento o disminución de número de vacas en ordeño) se debe sólo a que el tamero

ha realizado un registro con mayor precisión al inicio y en el período restante completó con un N° de VO aproximado.

En relación con el comportamiento reproductivo del rodeo, no se observa con claridad una tendencia a aumento en una estación del año específica, por lo cual no coincide con las épocas consideradas como las más ideales en nuestra zona para concentrar los nacimientos de terneros y entrada al servicio de ordeño de las madres. Tal es así que se observan disminuciones más marcadas del número de vacas disponibles en los meses de octubre.

CASO 3

Este establecimiento, distinto a los anteriores, ha sido el que presentó la menor cantidad de días registrados durante el plazo analizado. Si bien el dispositivo realizó la contabilización de agua en forma permanente durante un año sin interrupción, la medición de consumos diarios por parte del tambero no coincide con dicha situación.

La medición comenzó el 17/07/2021 finalizando el 19/12/2022. El total de ordeños computados fueron 85, de los cuales, 67 fueron generados por los responsables del tambo y los restantes datos empleados fueron estimados. Sin embargo, si se evalúa a partir de los días transcurridos durante todo el período evaluado, el tambero sólo realizó el registro de 52 días, distribuidos no uniformemente. En los días sin registro, se incluye un período de 4 meses donde había iniciado un nuevo tambero lo cual no fue oportunamente informado.

En la Figura III.27, se presenta la relación obtenida entre el consumo de agua y los litros de leche producidos por día. Pese al pico que se observa el 23/08/2021 en primer lugar y el 30/07/2021 en segundo; los valores restantes se encuentran dentro del rango de 9 a 3 L de agua/L de leche ordeñada.

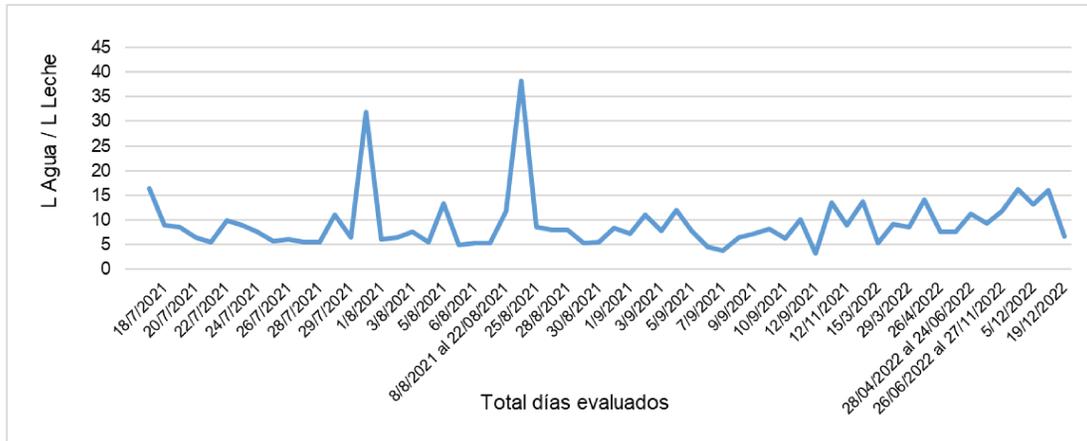


Figura III.27: Consumo de agua por unidad de producto (según totalidad de días evaluados)- Caso 3.

En la Figura III.28, se muestran los mismos resultados, pero excluyendo los valores fuera del rango y/o los obtenidos mediante estimaciones (sin registro del tambero). Aun así, dicho rango continúa siendo amplio, siendo el establecimiento que posee las mayores fluctuaciones en sus resultados. La mediana obtenida para este rango fue de 7,82 L de agua/L de leche.



Figura III.28: Consumo de agua por unidad de producto (sólo días que el tambero registró)- Caso 3.

En la Figura III.29 se presenta, la relación entre el volumen de agua consumido por día y el número de vacas en ordeño disponibles respectivamente para esa fecha. Excluyendo los 2 resultados que están fuera del rango mayoritario, la mediana obtenida para el Caso 3, fue de 145 L de agua/día/vaca lechera disponible. Este valor se encuentra por debajo de alguno de los casos estudiados.



Figura III.29: Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 3.

En la Figura III.30, se encuentra el tiempo que el establecimiento consume agua durante el proceso de ordeño, cuyo valor resulta de la diferencia diaria entre el valor final registrado en el dispositivo luego del ordeño, y el valor inicial antes de comenzar el mismo.

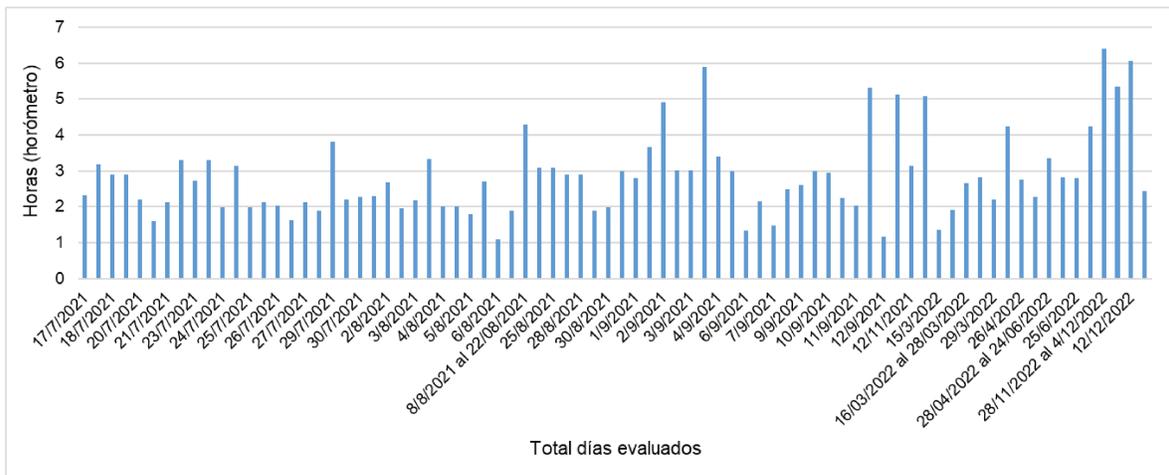


Figura III.30: Tiempo de uso de la bomba sumergible- Caso 3.

El tiempo registrado de consumo de agua durante la actividad de ordeño, se encuentra mayoritariamente en un rango de 1 a 3 VH (valor horómetro) con una mediana de 2,75 VH por ordeño. A excepción, se encontraron valores notablemente por encima o por debajo de dicho rango los cuales fueron despreciados para la gráfica. Algunos de los días donde el personal declara que se realizó recarga de bebederos, coincide con fechas donde el uso de la bomba fue mayor al habitual. No obstante, no fue posible atribuir esa

correlación a todos los casos ya que se observa una irregularidad permanente en el uso de la bomba durante todo el período evaluado, pudiendo estar vinculado directamente a la forma de trabajo del operario a cargo del tambo.

Si se vincula la producción por ordeño y el tiempo de uso de la bomba, representa una relación de 10,6 L de leche producida por segundo empleado de agua.

Se evaluó el tiempo de uso entre ordeños, suponiendo que en aquellos días donde se registró un consumo alto sin declarar motivo, la bomba haya sido empleada fuera del horario de ordeño y el tambero haya registrado todo el consumo diario total sin diferenciarlo. Sin embargo, tampoco coinciden todos los casos con dicho supuesto. Por lo tanto, puede suponerse que las excepciones visualizadas en los resultados, corresponden a cambios en las rutinas de trabajo o bien, a un error de registro donde el tambero contabilizó el total acumulado durante todo el día, y no sólo lo acumulado durante las horas de ordeño.

Se estimó la mediana del tiempo de ordeño, 3 horas 13 minutos que, como era de esperarse, no coincide con el tiempo de uso de la bomba ya que el horómetro sólo registra el momento que la bomba sumergible se enciende.

En la Figura III.31 se representan los litros de leche producidos por ordeño, a partir de la cual se observa una variación leve de producción durante todo el registro, presentando una pequeña disminución en la etapa final (marzo 2022). Sin embargo, esa constancia en los resultados no se debe a cuestiones productivas, sino al resultado del alto porcentaje de días que debieron ser estimados, utilizando un valor de referencia recogido cada 15 o 20 días.

El resultado promedio para la totalidad de días analizados fue de 3.507,9 L de leche/día, representando un equivalente por vaca por día de 18,2 L de leche/vaca/día.



Figura III.31: Producción de leche por ordeño- Caso 3.

En la Figura III.32 se presenta una situación muy similar a la figura anterior, pero representando el N° de VO/día. Este dato también fue provisto por el tambero de forma esporádica, con lo cual la traza que puede observarse en esta figura no es gradual, sino, constante durante un tiempo determinado hasta recibir un nuevo dato actualizado.

El valor promedio de N° de VO/día para este establecimiento fue de 193 para todo el período analizado.

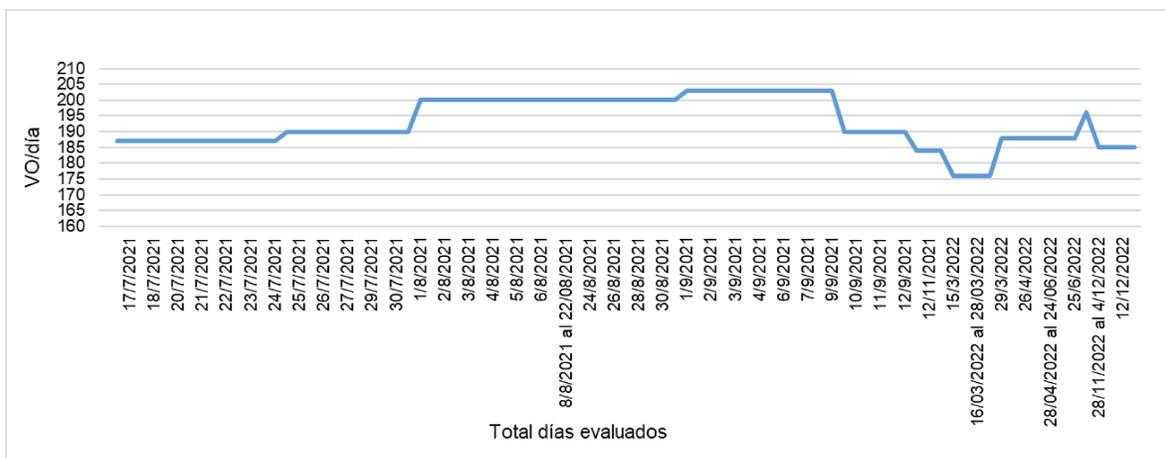


Figura III.32: Número de vacas en ordeño- Caso 3.

CASO 4

En este establecimiento tambero, se instaló el horómetro a principios de mayo del 2021 y los registros relevados y que se presentan a continuación estuvieron comprendidos entre el 27/05/2021 y el 24/01/2022. En la Figura III.33, se encuentran trazados los consumos diarios de agua por cada litro de leche obtenido. Para esta gráfica se tuvo en cuenta la totalidad de los días, es decir, no sólo los consumos obtenidos a partir de registros de los tamberos sino también incluyendo los días donde no hubo anotación y los resultados fueron obtenidos mediante estimaciones.

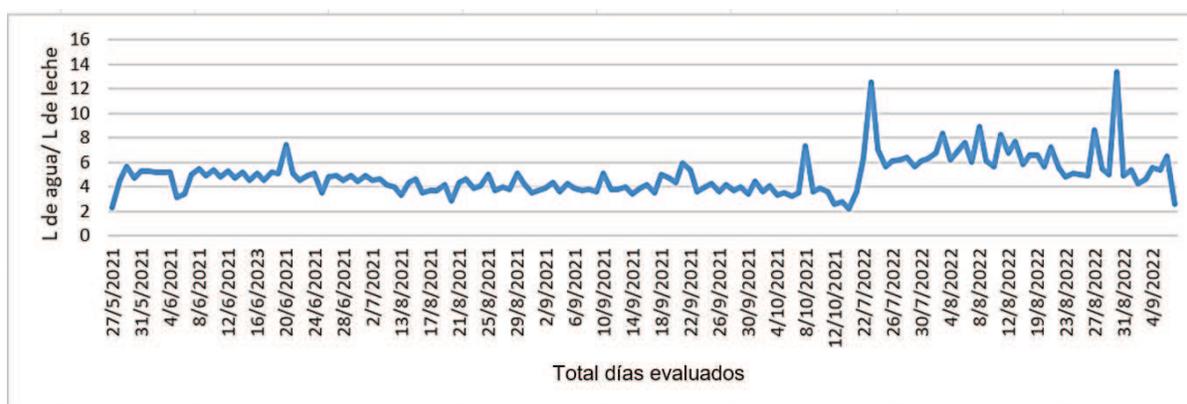


Figura III.33: Consumo de agua por unidad de producto (según la totalidad de días evaluados)- Caso 4.

Los valores se encuentran dentro de un rango, cuya variación es considerablemente pequeña comparado a los otros casos (la mayoría de las mediciones se encuentran entre 2 y 6 L agua/L de leche en 2021 y entre 4 y 8 L agua/L de leche en 2022). El resultado obtenido de todo el registro fue de 4,75 L de agua/L de leche obtenido.

La mediana obtenida para la variable representada en la Figura III.34, fue de 99,32 L de agua por cada vaca lechera disponible.

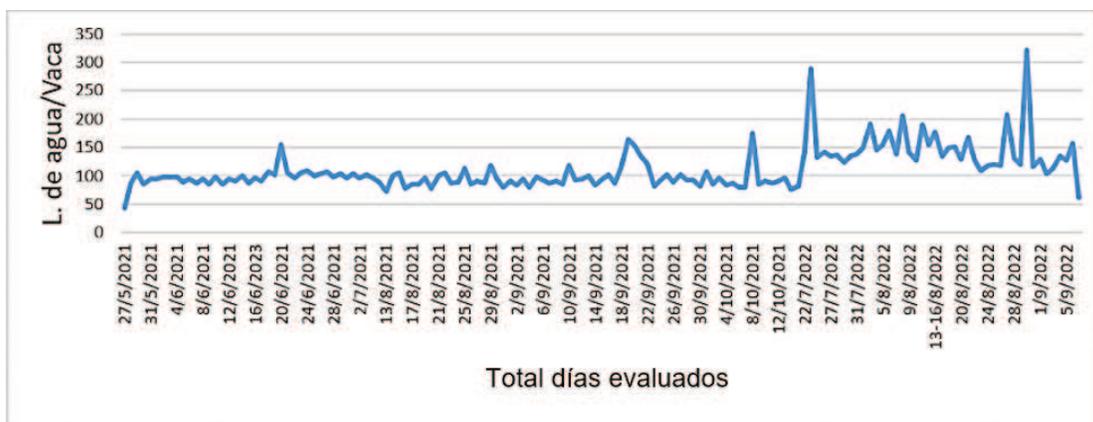


Figura III.34: Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 4.

En cuanto al origen de los datos, fueron en un 84% de orden primario, cumplimentando con la información faltante (16%), mediante estimaciones. En su mayoría, los datos faltantes responden a las variables físico-productivas (número de vacas o producción diaria de leche), por lo cual, se obtuvieron mediante consultas al propietario del campo y a profesionales trabajando en el área de administración de la empresa.

Se observó que, aquellos días donde el tiempo de uso de la bomba durante el ordeño se alejó ampliamente de la mediana, fueron los días que los tamberos declararon emplear la bomba simultáneamente para recarga de bebederos.

Al mismo tiempo, se identificaron días donde el uso calculado durante el ordeño se encuentra dentro del rango mayoritario de consumos y, sin embargo, el tambero manifiesta que hubo uso adicional de agua. En este caso, se realizaron evaluaciones y diferentes escenarios del comportamiento en la gestión de uso del agua. Como resultado, se comprobó que tales consumos adicionales existieron, pero fuera del horario de ordeño, es decir; los días que el tambero manifestó utilizar la bomba más horas, se identificó actividad del horómetro entre ordeños.

El uso de la bomba evaluando la totalidad del período fue de 2,50 VH horas por ordeño. Dicho valor considera la totalidad de los datos obtenidos, pero este establecimiento ha atravesado por una modificación de tambero al menos 2 veces en período de evaluación del dispositivo. Por lo tanto, es indiscutible la importancia de evaluar la variación asociada al sistema de manejo de cada tambero al momento de analizar

el uso directo del recurso hídrico en sistemas de ordeño, siendo este, uno de los consumos en tambos que mayores problemáticas posee.

Luego de realizar algunas evaluaciones y cruzamiento de datos, se llegó a la conclusión que hay relación entre los cambios de tendencia en los resultados y la renovación de los tamberos. En la Figura III.35, puede observarse claramente, cómo a partir del registro en 2022, el uso de la bomba tiende levemente a aumentar y se mantiene en ese valor mayor al anterior.

En cuanto a la renovación de tamberos, una de ellas surge en marzo del 2022, fecha a partir de la cual no hay registro porque no se notificó sobre dicho cambio. Por lo tanto, ante el desconocimiento, desde marzo a mayo del mismo año no hubo registros, retomando los mismos a partir de mayo 2022, lo cual coincide con el aumento que se observa en la Figura III.35.

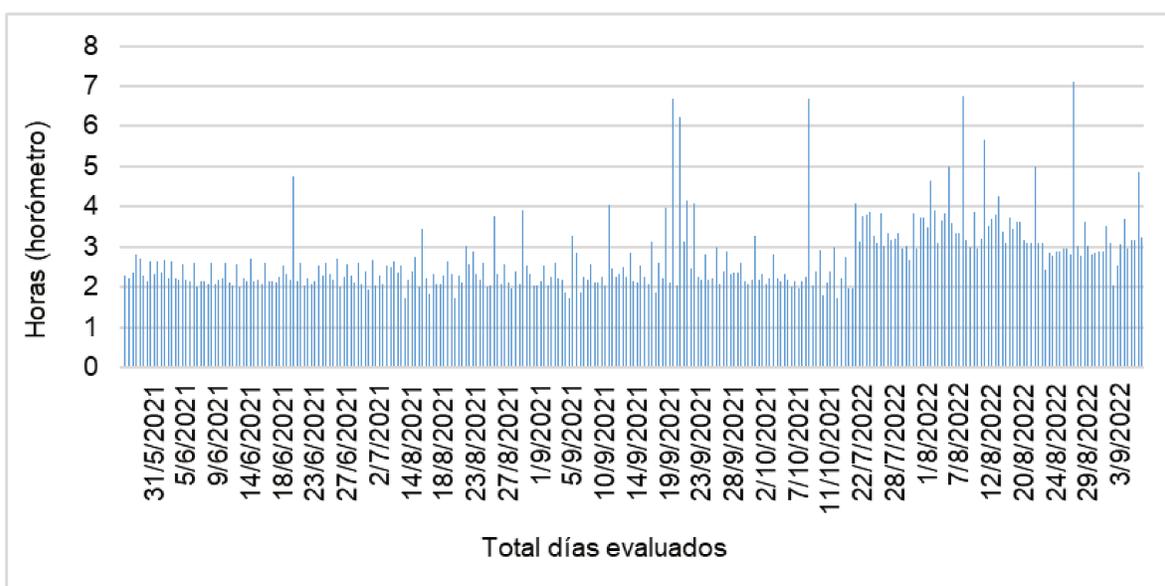


Figura III.35: Tiempo de uso de la bomba sumergible- Caso 4.

La mediana obtenida para el uso de la bomba en el primer período, comprendido entre el 27/05/2021 y el 14/10/2021, fue de 2,26 VH, mientras que, en el segundo período, desde 22/07/2022 hasta el 24/01/2023, fue de 3,21 VH.

Por otro lado, para los días donde se identificaron usos adicionales fuera del horario de ordeño, se calculó la mediana y el resultado obtenido del uso del horómetro para otras actividades fue de 1,17 VH. Si se

vincula la producción por ordeño y el tiempo de uso de la bomba, representa en el primer período una relación de 14,6 L de leche producida/segundo empleado de agua y 10,1 L de leche ordeñada/segundo empleado de agua para el segundo período.

En la Figura III.36, se observa la variación de VO disponibles por día a lo largo del período evaluado que, como puede observarse, conserva un comportamiento constante, sin finalidad aparente de crecimiento en escala productiva. Los valores máximos se encuentran en las 190 vacas en ordeño y los mínimos en 155 cabezas, con un promedio entre ellos de 174 VO por día.

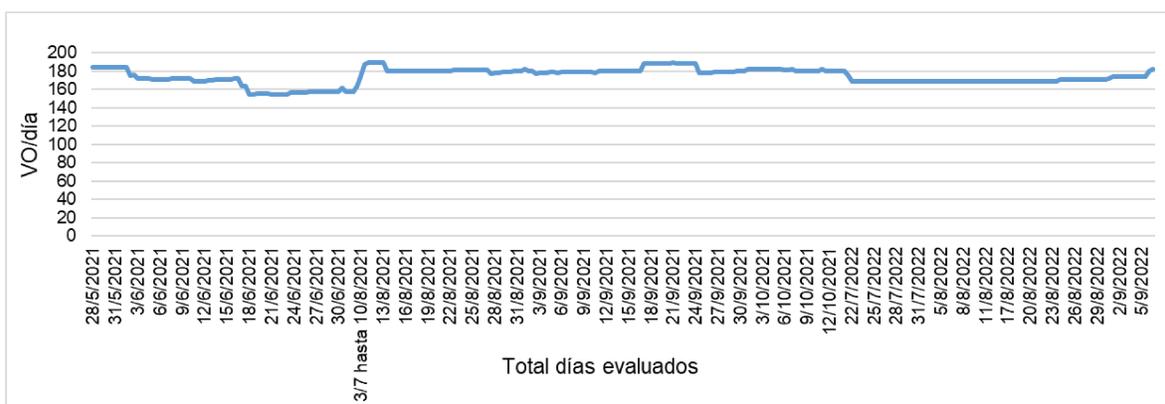


Figura III.36: Número de vacas en ordeño por día- Caso 4.

En el N° de vacas en ordeño se distingue un leve descenso en las épocas invernales y un aumento en primavera. Lo mismo ocurre con la Figura III.37 donde el aumento de la producción tiende a aumentar a partir de los meses de septiembre-octubre. El valor promedio de producción total diaria es de 3.947,7 L de leche/día con extremos de casi 5.000 L y mínimos de 3.005 L en los meses de junio-julio.

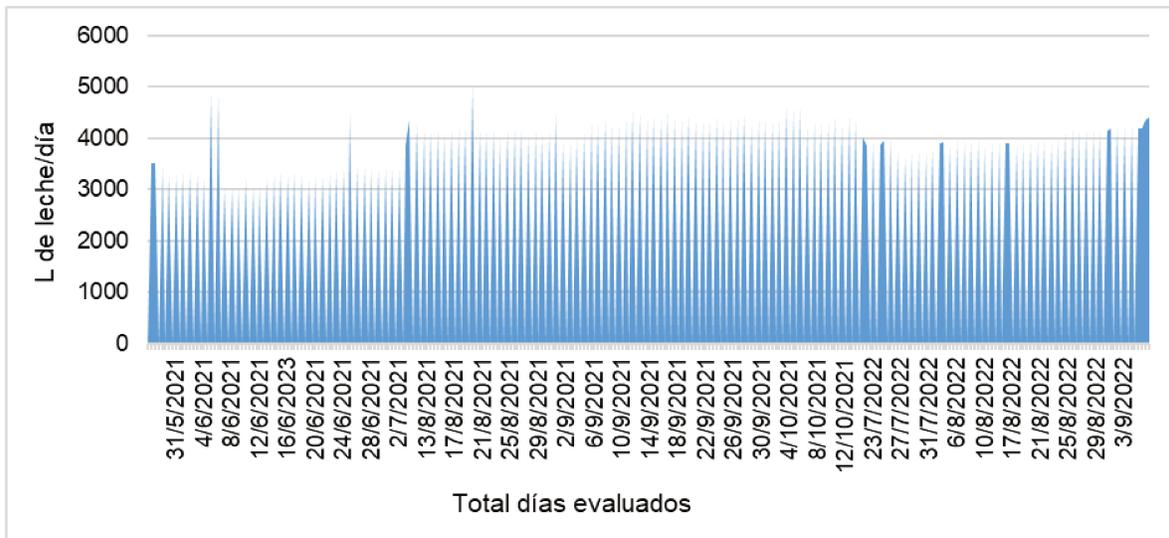


Figura III.37: Producción diaria de leche- Caso 4.

Analizando todos los resultados de este caso y considerando la variable de sustitución de tambero, puede asumirse que esta última ha modificado el consumo de agua pero no los resultados productivos comprobando que las variaciones del volumen de agua extraído para el ordeño dependió exclusivamente de cuestiones de manejo. A su vez, observando la Figura III.36 y III.37 se seleccionó dos fechas (una para cada tambero dentro del período que haya tenido a cargo) y se buscó que sean en la misma época del año para igualar condiciones climáticas (agosto del 2021 y agosto del 2022); es allí que se comprobó que el N° de VO y de L totales diarios de leche, fueron aproximadamente las mismas.

CASO 5

El período de registro del último establecimiento en estudio comenzó el 30/05/2021, finalizando el 17/01/2023. Aunque la totalidad de días transcurridos en este período (días calendario) hayan sido 605 días, el número de datos computados al análisis, equivalentes a número de ordeños, fue de 302. Esta cantidad incluye los resultados obtenidos por estimación, para los cuales se estimó un valor proporcional diario y se dividió por 2 de manera que se obtenga un valor equivalente a un ordeño. Es por este motivo que no hay coincidencia entre el total de días reales transcurridos y los días de ordeño que fueron computados.

El porcentaje que representa el número de ordeños registrados por el tambero (302) fue del 68%. No obstante, si se evalúa sobre el total de días transcurridos (605 días calendario) el N° de ordeños equivalen a 151 días (considerando 2 ordeños diarios) y representa sólo un 25%.

En la Figura III.38 y III.39, se representa el volumen de agua empleado por cada litro de leche producido y el consumo de agua asociado al número de vacas en ordeño respectivamente. Como se puede observar, los resultados de ambas adoptaron la misma tendencia, con lo cual se asume que cualquier aumento o disminución del consumo de agua no varió de acuerdo al número de VO o del rendimiento por vaca, ya que estas se modificaron de manera proporcional. Se asume que las fluctuaciones estuvieron dadas específicamente por variables de manejo.

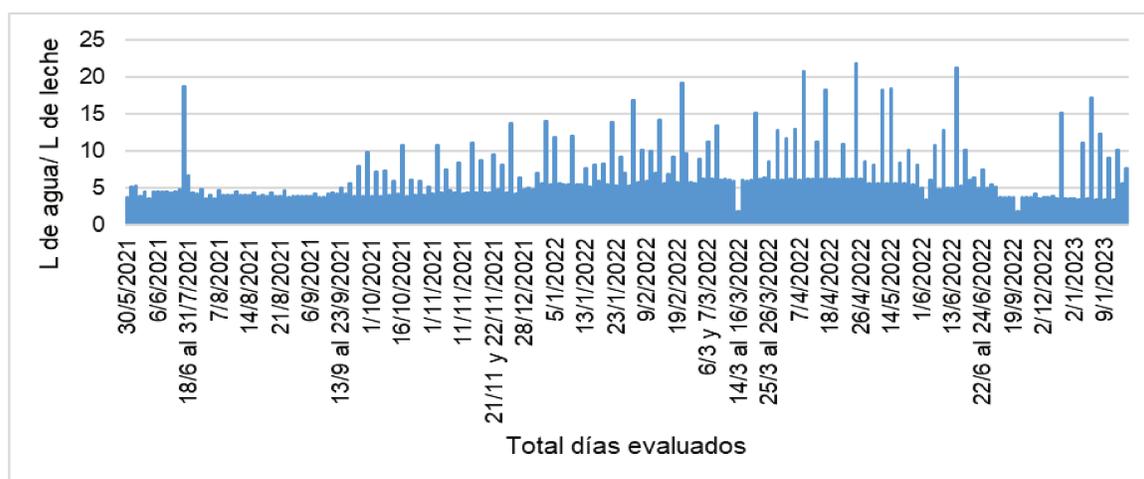


Figura III.38: Consumo de agua por unidad de producto- Caso 5.

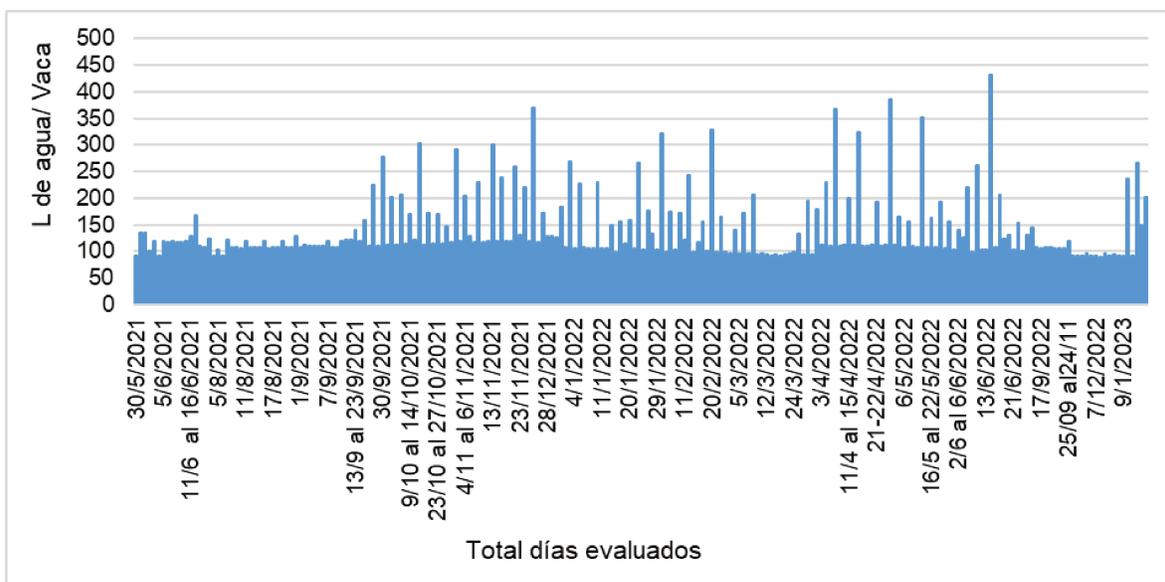


Figura III.39: Consumo diario de agua asignado por vaca- Caso 5.

Una gran proporción de los días donde el uso del horómetro fue más alto que el rango mayoritario, coincide que son días que el tambero registró en la planilla, pero sin completar horario de ordeño. Esto, sumado a que los resultados de consumo de agua obtenidos para esos días se encuentran por encima del promedio, pero con leve diferencia, se asumió que corresponden al uso acumulado diario, más, un consumo adicional menor.

Por otro lado, en este caso hubo un gran faltante de datos vinculados a las variables productivas (producción diaria y cantidad de vacas en ordeño- VO), lo cual generó una dificultad importante al momento de evaluar su eficiencia de uso del agua (Figura III.40 y III.41).

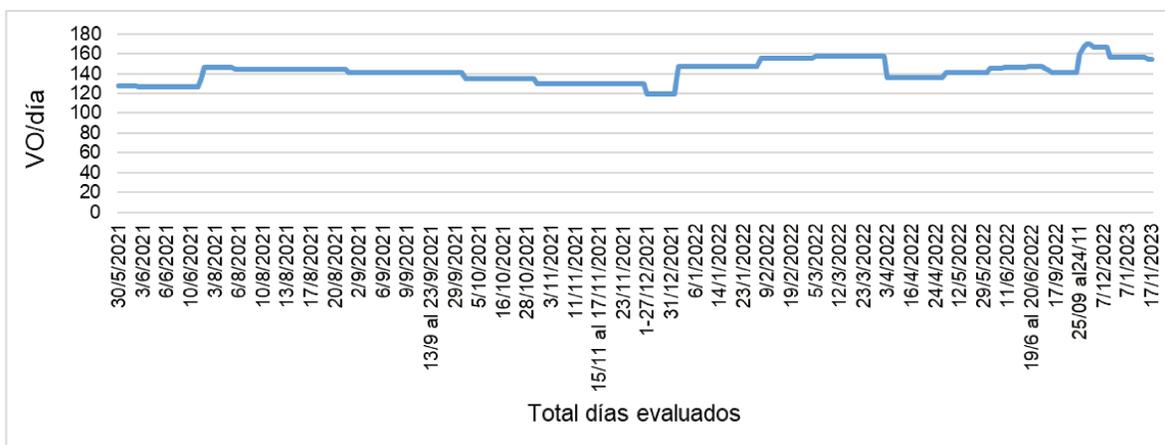


Figura III.40: Número de vacas en ordeño por día- Caso 5.

Ante este inconveniente, se debió acudir al personal de gestión contratado por el responsable del establecimiento, a fin de rastrear y recabar los valores faltantes. El valor promedio obtenido de VO/día en este caso fue de 141 y el de L de leche/día de 3.252,8.

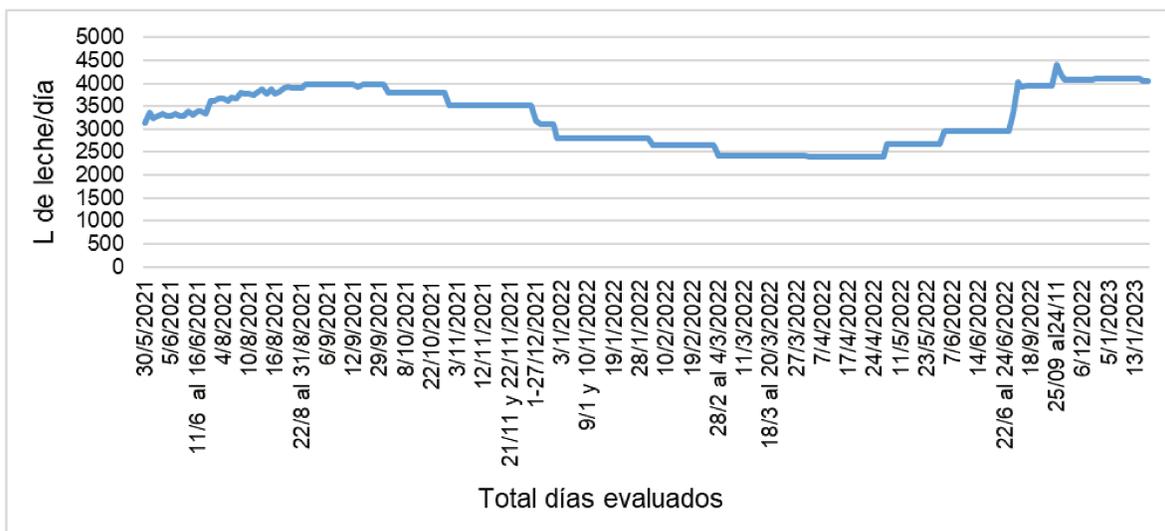


Figura III.41: Producción diaria de leche- Caso 5.

En los meses de septiembre- octubre del 2022 hubo un aumento del número de VO, las cuales fueron cedidas de otra unidad productiva perteneciente al mismo dueño. No obstante, no aparenta haber influido notablemente el consumo de agua durante el ordeño (Figura III.42). Por el contrario, si bien hay valores repetitivos que triplican la mediana obtenida para el uso de agua durante ordeños/día, esto no se debe al aumento de animales en la sala de ordeño.

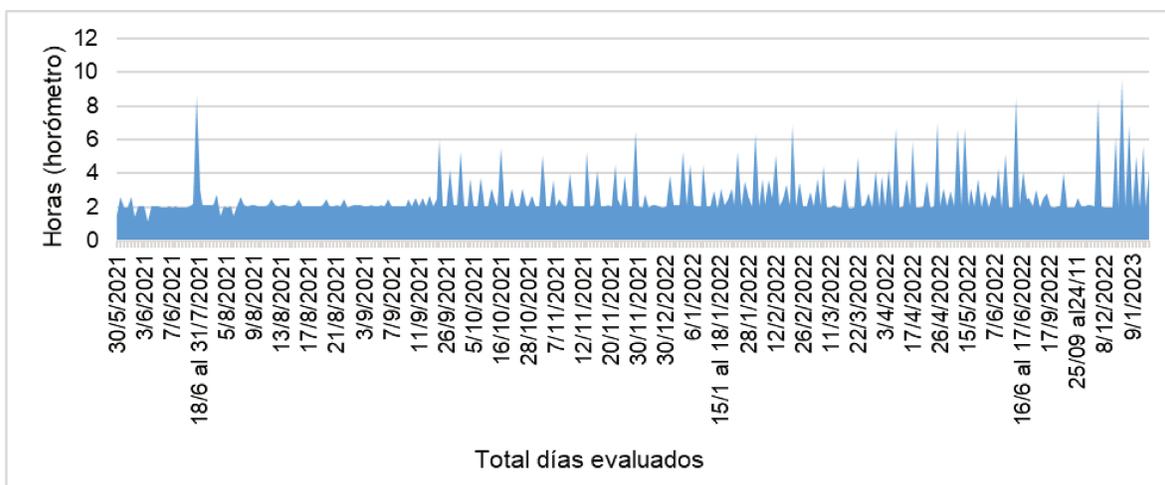


Figura III.42: Tiempo de uso diario de la bomba sumergible- Caso 5.

Como se observa en la Figura III.42, la mayoría de los días presentaron valores cercanos entre sí y corresponden a mediciones donde el tambero realizó el registro, con lo cual se le confiere mayor confiabilidad y validez al resultado de la mediana obtenida (2,09 VH). Aquellos resultados que se encuentran lejos de esta coinciden con días donde no se ha realizado el registro o bien, como se explicó anteriormente, se asume como consumo acumulado diario ya que no define horario de ordeño ni discrimina el tiempo de uso sólo para dicha actividad.

Por último, si se vincula la producción por ordeño y el tiempo de uso de la bomba, representa una relación de 13,5 L de leche producida/segundo empleado de agua.

En la Tabla III.13 se presenta a modo resumen y para cada establecimiento tambero, los resultados finales generados a través de la medición con horómetro y la caracterización de su uso frente al desempeño y manejo de cada tambero. Como puede observarse, el período de tiempo transcurrido desde que el dispositivo fue instalado (días calendarios), resultó similar entre uno y otro, no así, el N° de ordeños registrado siendo esta variable, un factor totalmente dependiente del nivel de respuesta y compromiso del personal a cargo. Podría considerarse que el que presentó mayor predisposición al registro de planillas fue el Caso 2 ampliamente y en último lugar, el Caso 3.

Tabla III.13: Resumen comparativo sobre resultados extraídos a partir del uso de horómetros.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
Período registrado	31/03/2021 hasta el 29/04/2023	25/05/2021 hasta el 29/11/2022	17/07/2021 finalizando el 19/12/2022	27/05/2021 hasta el 24/01/2022	30/05/2021 hasta el 17/01/2023
Días totales transcurridos	462	523	447	406	605
Nº de ordeños computados	278	785	85	287	300
Tiempo real registrado por el tambero (Nº de días)	175	393	52	144	150
Relación OM:OE	71:29	67:33	80:20	98:2	68:32
Relación DcR:DsR (%)	38: 62	67:33	12:88	35:65	25:75
Tiempo de ordeño	2:50 h	2:39 h	3:13 h	2:10 h tambero 1 3:10 h tambero 2	2:06 h
Tiempo de uso de horómetro	3,01 VH	2,57 VH	2,75 VH	2,26 VH tambero 1 3,21 VH tambero 2	2,09 VH
Tiempo de uso fuera de hora de ordeño	4,14 VH	0 VH	0,45 VH	1,17 VH	1,45 VH
L de leche/ seg de uso de horómetro	0,325	0,125	0,15	0,25 tambero 1 0,17 tambero 2	0,21
Información completa	SI	SI	NO	SI	NO
Cambio de tambero	NO	NO	SI	SI	NO
Motivos de interrupción de registro	Tiempo determinado por decisión del tambero	Tiempo determinado por decisión del tambero	Falta de organización, interrupción constante	Muchos cambios de tambero	Extravío o descarte de ficheros (decisión del tambero).
Nº de VO	280	140	193	174	141
L de leche/día	6.548,3	2.389,2	3.507,9	3.947,7	3.252,8
L agua/ VO	213,0	213,2	145,0	99,3	116,0
HHa (L agua/ kg LCGP)	9,02	12,89	7,82	4,75	5,55

OM= ordeños medidos; OE= ordeños estimados; DcR= días con registro; DsR= días sin registro.

Si bien, en todos los casos el porcentaje de ordeños medidos fue mayor que el de ordeños estimados, esta relación no es la que demuestra verdaderamente el nivel de respuesta de los tamberos, ya que como se dijo al inicio de este segmento, los valores estimados para aquellos períodos de tiempo donde no había registro, se obtuvieron mediante un valor promedio y se computó al conteo sólo equivalente a un ordeño.

Tal es así que, si se observa la relación entre días con registro y días sin, la situación es inversa. Por eso, la relación DcR:DsR fue el indicador que mejor define el nivel de respuesta frente a este procedimiento.

En todos los casos es mayor el porcentaje de días sin que con registro, salvo, el Caso 2 por lo que, puede decirse que este establecimiento fue el que dispone la mayor representatividad de datos.

Respecto al tiempo de ordeño y el tiempo de uso del horómetro durante el ordeño (uso de la bomba), en general, existe una correlación. El orden de menor a mayor para las dos variables es la misma. En el Caso 4, se comprobó que el cambio de tambero generó modificaciones no sólo en el consumo de agua, sino también en los tiempos de ordeño, pudiendo asumir que el Tambero 2 presentó mayor ineficiencia.

Respecto a la eficiencia hídrica, el establecimiento que presentó el mejor resultado fue el Caso 4 con el Tambero 1 (4,7 L de agua/kg LCGP), seguido del Caso 5 con 5,5L de agua/kg LCGP. El caso que presentó mayor consumo de agua por kg de leche ordeñada fue el Caso 2 con 12,8 L de agua/kg LCGP).

Para analizar desde otra perspectiva el nivel de aprovechamiento de uso de agua, además de analizar la relación L de agua/L de leche, se vinculó el tiempo de uso del horómetro con la producción, evaluando la productividad del agua. Es así que, si se analiza los L de leche/segundo de uso de horómetro en un ordeño, el sistema que presentó mayor aprovechamiento fue el Caso 1 (0,32 L de leche/seg de uso de bomba) y el de menor productividad del agua fue el Caso 2 (0,12 L de leche/seg de uso de bomba). En ambos indicadores, hubo coincidencia con el Caso 2 como el de menor eficiencia de uso por unidad de producto o menor productividad del agua por ordeño.

En la mayoría de los casos se proveyó la información completa requerida y no se realizó cambio de tambero. En cuanto a los motivos de interrupciones en el registro, el 60% de los casos se debió a decisiones particulares del tambero de no completar las planillas durante un tiempo determinado.

Es importante aclarar que, para la variable productiva asociada al cálculo de la HHa (L agua/ kg LCGP), no se empleó el valor total anual (L totales de leche/año) enunciado por los productores agropecuarios en las instancias de encuestas. En este caso, se emplearon los L de leche diarios declarados por los tamberos en cada ordeño que registraron. Lo mismo ocurrió con la relación L agua/VO, donde se tomó la variación del número disponible de vacas en ordeño a lo largo de todo el período analizado (datos provistos por el tambero en las planillas) y no un valor fijo de N° de VO declarado por el productor al inicio de la caracterización de casos.

Finalmente, analizando los resultados de HHa (L de agua/kg LCGP), el Caso que presentó mejor huella fue el Caso 4 y el que posee la mayor carga de uso directo de agua en la rutina de ordeño fue el Caso 2 dado que este establecimiento es el que posee la menor producción y disponibilidad de vacas en ordeño.

Comparativa entre HHa de bebida y HHa en ordeño.

En cuanto a la HHa de bebida animal, Palhares *et al.* (2020) y Charlón *et al.* (2005), han arribado a resultados similares y coinciden sobre la importancia de la influencia del sistema de alimentación en el consumo de bebida (uno de los usos extractivos más grandes del sistema) (Figura III.43). Según Palhares *et al.* (2020), aquellos casos donde el suministro de proteína en las dietas fue menor, contribuyó positivamente en un menor volumen de agua de bebida.

En este estudio, los que presentaron la menor HHa de bebida fueron los Caso 1 y 5 cuyos establecimientos no obtuvieron en el modelador de dietas el porcentaje de proteína más bajo. En estos el valor aproximado fue de 13,5 y 11% respectivamente mientras que, el Caso 2 fue de 10%, el Caso 3, 15% y el Caso 4, 10% (ANEXO 5). Por lo tanto, no se encontró totalmente el mismo escenario que los autores, aunque es importante aclarar que el Caso 1 y 5, presentan mayor producción y su HHa estuvo también favorecida por eso.

En un estudio realizado por Charlón *et al.* (2016), se llegó a la misma conclusión que se observa en esta figura. Los autores plantearon que el consumo de agua de bebida resultó ser el componente de mayor

impacto en la HHa, presentando una participación entre 49-86%, seguido en segundo lugar por el agua usada en el proceso asociado al consumo de agua para la rutina de ordeño y limpieza de las instalaciones. Respecto a los resultados de HHa del estudio citado, el valor de agua azul total promedio fue de 5,04 L/kg LCGP, menor a los valores hallados en los cinco casos estudiados.

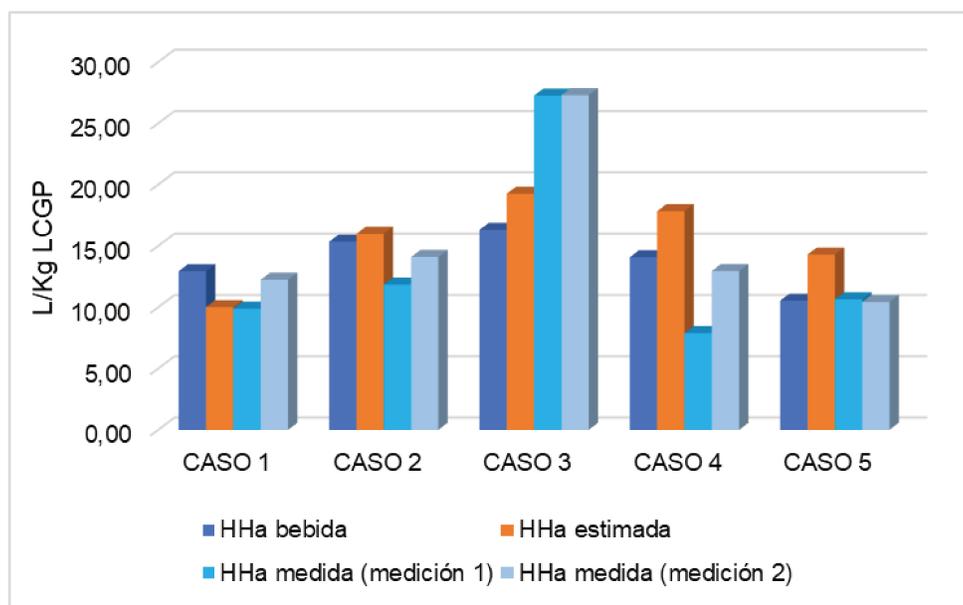


Figura III.43: HHa total (bebida animal y consumo en ordeño).

A nivel regional, Pérez *et al.* (2021), presentó valores de HHa de 6,35 L de agua/kg LCGP para el estudio de un establecimiento tambero de la región de Tandil (Buenos Aires, Argentina). Pudo observarse que su HHa se encuentra por debajo del resultado obtenido en los 5 establecimientos tamberos analizados en el presente estudio (promedio: 27,7 L de agua/kg LCGP). En los datos productivos del artículo citado, se observó que presenta menos de la mitad de las vacas en ordeño que la mayoría de los tambos estudiados. Esto puede explicar la diferencia de resultados, siendo menor en el caso de Pérez *et al.* (2021), por tratarse de un establecimiento más pequeño con un ambiente más controlado y, por presentar una menor fracción de agua de bebida ya que sólo consideraron la categoría VO.

Otros autores a nivel regional como, Moyano Salcedo *et al.* (2015) calcularon la HHv y HHa en 38 tambos de la provincia de Buenos Aires y la componente azul promedio fue de 13,7 L de agua/kg de leche (variando entre 6 y 23 L/kg). Mientras que, a nivel internacional, Mekonnen & Hoekstra (2012) calcularon

la HH promedio global de diferentes productos de origen animal donde la HHa de la leche fue 2,5 veces más alta, aproximadamente, que el promedio de las calculadas en este trabajo.

III. II) 3- HHv Y HHg proveniente del uso de productos químicos aplicados a los cultivos.

Huella hídrica verde (HHv)

Recordando que la HHv está constituida por el uso consuntivo captado por áreas verdes a partir de las precipitaciones, se presenta a continuación los resultados de esta correspondiente a la cadena forrajera escogida por cada establecimiento conforme a su orientación productiva y la confección de sus dietas. Los resultados de HHv inicialmente están expresados en m³ de agua consumida/kg de alimento obtenido que luego, como se explicó en el marco metodológico, fue adaptado a L de agua/kg LCGP para las presentaciones de resultados de HH total (HHv + HHa + HHg).

Los resultados obtenidos a partir del empleo del software CROPWAT 8.0 (Tabla III.14) muestran, el impacto volumétrico del uso del agua representado en la HHv de los cultivos, valores que luego, se verían reflejados en la HH total del producto final del sistema (leche). Estos resultados fueron obtenidos a partir de la campaña 2019-2020.

Los escenarios para cada caso son notablemente distintos y los resultados son diversos. Analizando los resultados de las ETc y ETa de cada cultivo, se observan amplias diferencias. Las mayores variabilidades en sus resultados están dadas por los datos específicos de suelo, el tipo de sistema y las prácticas de manejo realizadas. Esto permite destacar la importancia de la disponibilidad de información confiable al momento de emplear la metodología de HH.

Tabla III.14: Estimaciones de Evapotranspiración potencial del cultivo en condiciones estándar (ETc), Evapotranspiración real del cultivo (ETa) y sus respectivos valores de HH.

Estudios de casos	Cultivos	ETc (mm/ período)	ETa (mm/ período)	HHv ¹ (L de agua/kg cultivo)	HHv ² (L de agua/kg cultivo)
Caso 1	Alfalfa	739,4	636,9	390,4	530,8
	Ryegrass	485,1	344,4	396,5	430,5
	Maíz para silo	353,7	328,1	104,8	150,9
	Trigo	168	110,8	64,5	100,7
	Soja para silo	396	220,9	288,5	368,2
	TOTAL			1244,7	1581,1
Caso 2	Avena	184,4	154,1	142,5	256,8
	Maíz para silo	349,8	272	168,6	208,5
	Sorgo para silo	321,4	261,5	341,2	435,8
	Soja tierna pastoreo	392,6	250,4	637,7	834,7
	Moha	301,1	250,6	458,2	501,2
	Alfalfa	726,2	584	507,3	648,9
	TOTAL			2255,5	2885,9
Caso 3	Alfalfa	731,7	581,8	404,7	612,9
	Maíz para grano	383,7	306,9	234	382,12
	Maíz para silo	351,2	275,6	125,6	148,55
	Soja para silo	400,1	282,5	412,6	548,16
	TOTAL			1176,9	1691,7
Caso 4	Alfalfa	849,2	844,4	702,9	820,6
	Maíz para silo	390,5	366,3	176,2	226,8
	Trigo	219,01	196,3	179,3	228,8
	TOTAL			1058,4	1276,2
Caso 5	Alfalfa	849,2	844,4	702,9	820,6
	Trigo	219,01	196,3	179,3	228,8
	Maíz para silo	390,5	366,3	176,2	226,8
	TOTAL			1058,4	1276,2

HHv¹: HH verde obtenida a partir de la ETc; HHv²: HH verde obtenida a partir de la ETa.

Los resultados coinciden con lo que se expone en trabajos anteriores (Manazza 2012; Manazza y Diaz, 2013), a mayor nivel de intensificación del sistema de alimentación, menor es el valor de HHv asociada a pasturas. Al mismo tiempo, en casos donde los rendimientos son más elevados, el resultado de HHv disminuye. Los resultados de este indicador no sólo dependen de las condiciones de evapotranspiración de acuerdo con el clima y suelo, sino también de los rendimientos obtenidos para cada cultivo, ya que, cuanto mayor sea el rendimiento, menor será la HH obtenida. El mayor valor de HHv total corresponde al Caso 2, pudiendo vincularse principalmente a las estrategias de cultivo escogidas (leguminosas utilizadas

en estados tempranos o cultivos de períodos cortos que no alcanzan altos rendimientos) y además a la menor aptitud de suelo.

Comparando los resultados obtenidos entre cultivos, puede notarse que aquellos que corresponden a cultivos de ciclos largos o perennes (Alfalfa, Ryegras), su HHv es mayor asumiendo que se debe a que su registro de Evapotranspiración está afectado a un mayor número de meses en presencia de precipitaciones. Distinto es el caso de cultivos como moha o avena, suponiendo que sus resultados son inferiores porque corresponden a ciclos más cortos. El maíz, trigo, soja para silo no solo son cultivos de ciclo corto sino también sus rendimientos de materia seca son más elevados por lo cual como resultado sus HHv también fueron más bajas. Por último, se distingue el caso de la soja tierna para pastoreo, para la cual se considera que sus consumos fueron elevados porque al ser utilizada en estado temprano, su rendimiento es bajo, por lo que su HHv aumenta debido al método de cálculo.

Por otro lado, y referido a la ausencia de la HHa (ya que no se aplica riego), si se plantea un escenario hipotético donde se evalúa en el software la necesidad de agua insatisfecha se observa que, aquellos cultivos que se desarrollarían en sistemas con mejor aptitud de suelo (Caso 1, 3 y 5), el requerimiento de riego hubiera sido menor. Tal es así, que Rosetti (2018) en un informe técnico de INTA plantea que un suelo de aptitud 82, donde el contenido hídrico inicial del perfil hasta el metro y medio de profundidad es de 275,5 mm y la capacidad máxima de retención del suelo representa un 85,2%, es muy favorable para el desarrollo de un cultivo en la región y no presentaría una necesidad insatisfecha de agua. Distinto es el ejemplo de Villar *et al.* (2014) el cual informa que si el contenido hídrico inicial del perfil hasta el metro y medio de profundidad fuera de 152,7 mm agua útil, representa escasamente un 46% de la capacidad máxima de retención, inferior a lo recomendable por lo que no aconseja una siembra dado el riesgo de no cubrir el requerimiento hídrico necesario.

Observando los resultados del Caso 1 en forma individual (Tabla III.14) y comparando las HHv de sus cultivos (alfalfa, maíz y trigo) con las correspondientes a los otros casos, se observa una situación inversa ya que está asociado al rendimiento del cultivo y las condiciones climáticas presentes en cada zona. Esto

quiere decir que aquellos donde sus características de IP y/o sus rendimientos fueron mejores, los valores de huella resultaron más pequeños.

De estas comparativas se desprende la importancia de analizar en forma adecuada y conveniente, las prácticas a realizar en un determinado suelo. Se sabe que existe información sobre las condiciones previas de humedad del suelo que, al mismo tiempo, esas condiciones repercutirán consecuentemente sobre el rendimiento o respuesta de esa práctica. Como plantea Palhares *et. al* (2020), se asume que las mayores variabilidades en los resultados de HHv están dadas por la rotación de cultivos, las prácticas de manejo realizadas, las fechas de siembras, las condiciones climáticas, las hectáreas destinadas para cada uno y fundamentalmente la influencia de los datos específicos de suelo que intervienen en el software para la estimación de la evapotranspiración real (ETa).

Huella Hídrica gris (HHg)

Los resultados de HHg derivada del uso de fertilizantes se expresan en m³ de agua/kg de producto aplicado por hectárea. Éstos comprenden el total de agua por hectárea que se necesitaría para asumir la carga contaminante de los fertilizantes nitrogenados aplicados en cada establecimiento. Algunos de los casos aplican a dos o más cultivos, otros aplican sólo a uno. Para vincular los consumos totales con la producción del cultivo, se afectaron los valores calculados, al total de hectáreas trabajadas al año y ésta, asociada a los kg LCGP producidos anualmente, quedando expresada finalmente la huella en L de agua/kg LCGP.

En la Tabla III.15, se presentan los resultados de HHg estimados de acuerdo con el consumo de fertilizantes asociado a cada cultivo donde se apliquen. Como se puede observar, no coinciden los cultivos enunciados en la HHv con los informados en la tabla. Esto se debe a que sólo en los cultivos que se mencionan a continuación, son los que el establecimiento aplica fertilizantes.

Tabla III.15: Estimaciones de HHg derivadas del uso de fertilizantes en producción de cultivos (alimento).

Estudios de casos	Cultivos	Fertilizantes		HHg (L/kg fertilizante/ kg de alimento)
Caso 1	Maíz (para silo)	Solmix	520 kg/ha	81,72
		DAP	200 kg/ha	24,69
	TOTAL, Caso 1			106,4
Caso 2	Avena	Urea	60 kg/ha	59,05
	Maíz (para silo)	- Sulfato de amonio	60 kg/ha	27,17
		- Nitrógeno líquido	100 kg/ha	48,75
	TOTAL, Caso 2			134,9
Caso 3	Alfalfa	Superfosfato simple de amonio	50 kg/ha	11,18
	Maíz (para grano)	DAP	80 kg/ha	26,84
	Maíz (para silo)	DAP	80 kg/ha	11,63
	Soja para silo	Superfosfato simple de amonio	50 kg/ha	22,37
	TOTAL, Caso 3			72,01
Caso 4	Maíz (para silo)	Urea	150 kg/ha	56,24
	Trigo	Urea	130 kg/ha	95,95
	TOTAL, Caso 4			152,2
Caso 5	Trigo	Urea	130 kg/ha	85,29
	Maíz (para silo)	Urea	150 kg/ha	47,95
	TOTAL, Caso 5			133,2

La HHg, independientemente a que se calculó sólo para las especies nitrogenadas empleadas como fertilizantes, representó el menor valor de la HH total, escenario que coincide con el de estudios previos (Charlón *et al.*, 2015). Esto se debe a su baja representatividad en el total de consumos, ya que estaría afectado a un valor muy pequeño (factor de lixiviación). El Caso 3 aplica menor cantidad de fertilizantes con nitrógeno, por lo que fue el que presentó menor resultado. Si bien los casos restantes presentaron valores similares entre sí, el Caso 1 posee un valor menor, a pesar de disponer de las mayores extensiones de tierra y aplicar dosis más altas, este comportamiento puede deberse a que los valores varían dependiendo de las concentraciones de Nitrógeno del fertilizante nitrogenado usado (Tabla III.15).

HH de los cultivos (HHv + HHg)

La HH total de los cultivos expresada en L/kg de alimento obtenido, considerando la HHv2 (Tabla III.14) y HHg (Tabla III.15) se puede observar en la Figura III.44. Los resultados presentes en la figura demuestran, el impacto volumétrico del uso del agua representado en la HHv de los cultivos, valores que luego, se verían reflejados en la HH total del producto final del sistema (leche). Los escenarios son notablemente distintos y los resultados son diversos.

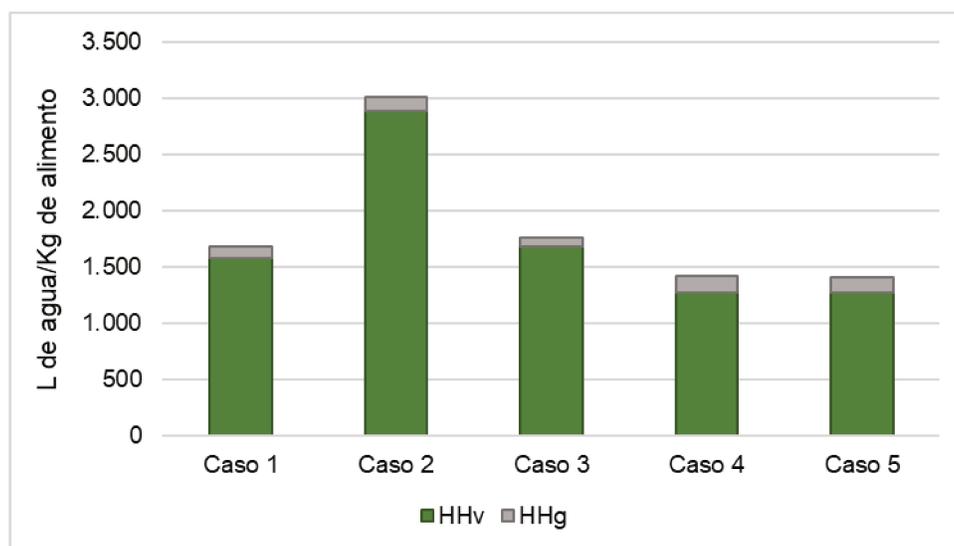


Figura III.44. Resultados totales de HH de las ofertas forrajeras de cada caso estudiado.

Los menores valores totales de HH le corresponden al Caso 4 y 5 (Figura III.44), ya que su oferta forrajera en cuanto a conformación de la dieta y variedad de alimento es menor a todas las demás y por defecto la suma de las HHv resulta en un valor más pequeño.

Los valores de consumo de agua por parte de los cultivos pueden ser mejorados realizando planes de siembra, acompañado del uso de sistemas de monitoreo y predicciones (herramientas sencillas de mapas de riesgo, monitoreos de alerta según pronósticos extendidos, déficit de humedad del suelo según zona geográfica), entre otros.

Un estudio de HH en tambos de la región de Tandil (Perez *et al.*, 2021) destaca la importancia de no presentar limitaciones en lo que refiere a disponibilidad de agua verde (lo cual coincide con la situación de la región donde se enmarca este trabajo). El balance hídrico de su área de estudio se caracteriza por

presentar un exceso anual de 144 mm mientras que el déficit es poco relevante, con 18 mm anuales, y se produce en el período estival (Ruiz de Galarreta *et al.*, 2010). Esto implica que el uso de agua verde no represente una limitación en el área de estudio, sino más bien resulta en una ventaja comparativa respecto a otras regiones con déficit hídrico.

III. II) 4- HHg derivada de efluentes generados.

Para la estimación de la HHg asociada a la generación y volcamiento de efluentes producidos post rutina de ordeño, la fórmula empleada fue la Ecuación III.18. La misma se aplicó para cada uno de los parámetros evaluados en los efluentes y los resultados presentados a continuación para cada caso (Tabla III.16) corresponden a aquel componente cuya concentración presente en el efluente (*C_{efl}*) excede con mayor amplitud los límites máximos permitidos (*C_{max}*) para volcamiento de este y resulte el mayor volumen de agua necesaria para su dilución.

Tabla III.16: HHg derivada de aguas residuales generadas.

Casos en estudio	Muestra	Parámetro determinante	HHg (L/año)	HHg (L/kg LCGP)
CASO 1	1	<i>DQO</i>	206.980.476	246,46
	2	<i>DQO</i>	76.446.890	85,9
CASO 2	1	<i>DQO</i>	21.313.730	47,67
	2	<i>DQO</i>	64.852.966	145,06
CASO 3	1	<i>DQO</i>	806.292.801	1666,14
	2	<i>DQO</i>	1.490.397.270	3079,78
CASO 4	1	<i>DQO</i>	58.059.484	108,38
	2	<i>DQO</i>	656.026.324	1224,71
CASO 5	1	<i>DQO</i>	97.978.350	174,4
	2	<i>DQO</i>	154.218.208	329,1

La carga contaminante para la determinación de la HHg estuvo dada en todos los casos por el mismo parámetro. El componente que presentó mayor impacto en el resultado de HHg, fue DQO.

En el Caso 1 la HHg obtenida a partir de la 1° medición dio mayor a la asociada a la 2° no sólo porque tuvo un mayor consumo de agua de limpieza, sino además los contenidos presentes en los efluentes fueron

mayores en la 1° muestra. Caso contrario ocurrió con los restantes casos donde, si bien el caudal de efluentes producidos también fue mayor en la 1° medición, el contenido de los parámetros analizados en él no lo fue.

En cuanto a los resultados de HHg derivada de la generación de efluentes, no fue posible observar una tendencia (Figura III.45). Estas diferencias de escenarios se deben a múltiples factores, sin olvidar el más importante, los sistemas primarios productores de alimentos de tipo familiar no responden a prácticas estandarizadas ni automatizadas.

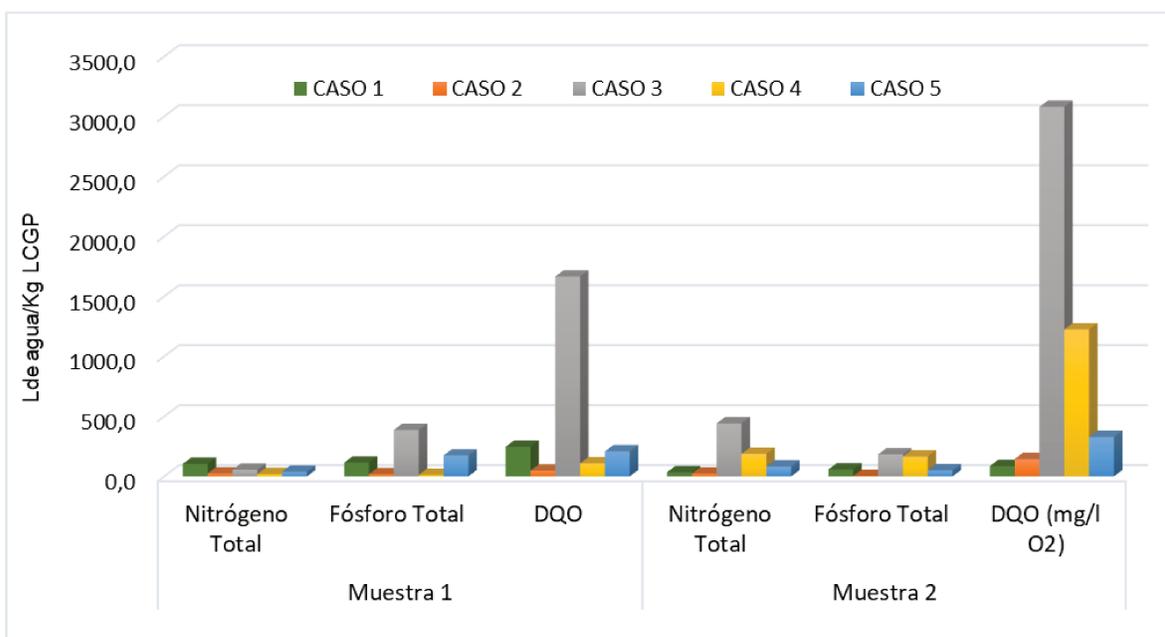


Figura III.45: Resultados de HHg de efluentes más altos según parámetros analizados y de acuerdo a diferentes muestras.

Mientras el Caso 1 y 2 poseen sistemas de tratamiento empleando lagunas, los Casos 3, 4 y 5 no, por lo que las muestras de estos últimos casos fueron extraídas de la fosa (efluente “crudo”) o de un canal contiguo a la misma, post ordeño lo que podría repercutir en valores de huella más altos. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, pese a que los dos primeros casos poseen tratamiento de efluentes, no cumplen con los límites permitidos para el volcamiento a cursos de aguas superficiales.

Como puede observarse en la Figura III.45, los Casos 1 y 2, se encuentran dentro de los establecimientos que presentan menor HHg en todos sus parámetros analizados según la norma, pero ambos no son los más

bajos en todos sus parámetros y con ambas muestras. El Caso 1 (pese a su sistema de tratamiento), considerando la muestra 1, supera la HHg de todos los casos para el parámetro Nitrógeno total; supera la HHg del Caso 4 para el parámetro fósforo total y la del Caso 4 y 5 para el parámetro DQO. Evaluando las HHg a partir de la muestra 2, el Caso 1 y 2 sí son los más bajos en todos sus parámetros teniendo en cuenta a su vez, que en el Caso 3, 4 y 5 la carga contaminante fue mayor en dicha muestra.

Se asume que la situación de mayor carga contaminante en todos los casos (salvo el primero) utilizando la muestra 2, se explica por cuestiones climáticas dado que fueron extraídas en verano suponiendo una mayor concentración por evaporación de este. Mientras que en la situación del Caso 1 que presenta mayor HHg para algunos parámetros, aun teniendo sistema de tratamiento, puede deberse a un mayor caudal de efluente producido debido a que el desperdicio de agua que representa este establecimiento estaría afectado por la mayor escala productiva y tiempos de ordeño (duplica la producción de leche del Caso 2, 4 y 5).

Como se planteó anteriormente, este componente depende de múltiples factores al momento de ser evaluado y entre las variables que más intervienen se identificaron las siguientes:

- disposición o no de sistema de tratamiento de efluentes, es decir, origen de las muestras extraídas,
- sus características fisicoquímicas,
- reutilización o no de agua de placa (aumentando el caudal del efluente),
- cambio de tamero y su manejo de limpieza post ordeño,
- disminución o aumento del número de trabajadores,
- tipo y calidad de instalaciones disponibles,
- tipo de sistema productivo (mayor o menor intensificación productiva),
- condiciones climáticas influyentes sobre las condiciones de higiene del animal y;
- variación del número de vacas en ordeño a lo largo del año.

La única característica coincidente en todos los casos fue que el caudal producido en la 1° medición (invierno) fue mayor que en verano, entendiéndose esto como una característica propia de la estación en el año analizado que favoreció a una mayor generación de suciedad y barro depositado en los animales debido

a presencia de lluvias más elevada acompañado de menos horas de sol que impiden secar la superficie de la tierra.

III. II) 5- HH TOTALES

En la Figura III.46. se resumen los resultados totales de cada HH (HHv, HHa y HHg: derivada de la aplicación de fertilizantes + limpieza de tambo) para cada caso estudiado. Es importante recordar que las HH de todas las componentes fueron expresadas en L/kg LCGP.

Si bien el resultado de HHa se desdibuja por los amplios valores de consumo de agua por parte de los cultivos, reflejados en la HHv (como era de esperarse), éstos se dan por un proceso natural; en cambio, los consumos de agua azul son de manera extractiva directa de las fuentes de agua subterráneas.

Respecto a la HHv, representa alrededor del 80% de la HH total para estos casos y del 90% para el Caso 2 siendo de aproximadamente el 30% para el Caso 3, 45% para el Caso 4. Por lo tanto la mayoría de los casos coincide con lo planteado por Giménez *et al.* (2018) y Charlón *et al.* (2014), que expresan que la HHv tiende a representar la mayor proporción de la HH total. La HHg de los cultivos, representó el menor valor en todos los casos, escenario que también coincide con estudios previos (Charlón *et al.*, 2015, Salazar y Martínez, 2013).

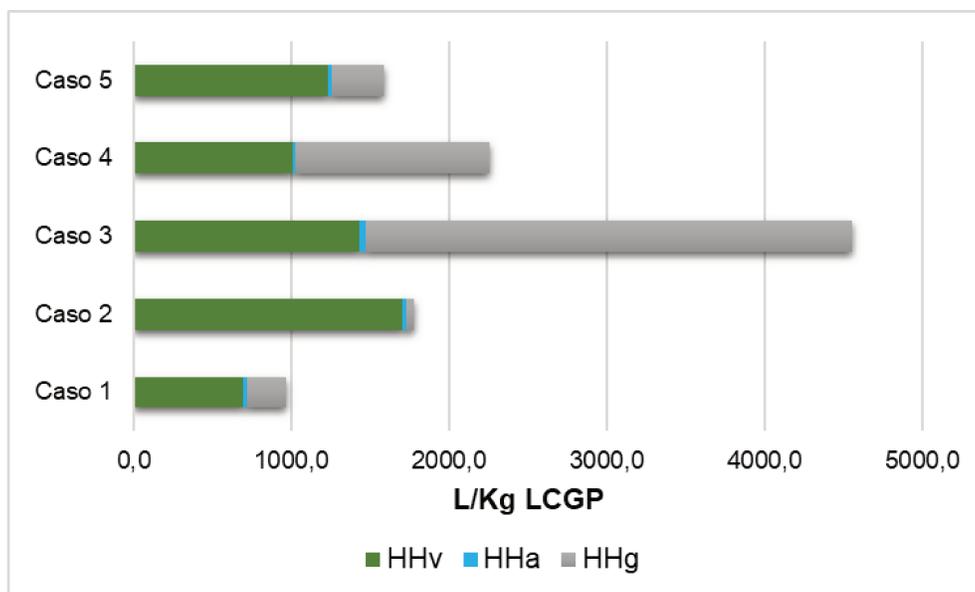


Figura III.46: Resultado final de HH total para establecimientos tamberos estudiados.

Según se observa en la Tabla III.17 los resultados totales fueron, en orden del Caso 1 al 5: 965,4; 1776,6; 4552,1; 2252,7; 1582,7 L/kg LCGP; pudiendo decir que el Caso 1 y 5 fueron los que presentaron menor consumo de L de agua/kg de LCGP. Respecto de los totales de HH se encontraron similitudes con otros trabajos realizados en Argentina, entre ellos, Giménez *et al.* (2018), Charlón *et al.* (2014) con valores entre 900 y 1700 L/kg LCGP. Otro estudio realizado por Charlón *et al.* (2015), obtuvo para tambos de la provincia de Santa Fe (Argentina), valores totales de huella que oscilan entre 1300 y 1000 L/kg LCGP, valores que se encuentran cercanos al 60% de los casos de esta tesis.

Moyano Salcedo *et al.* (2015), en un estudio de HHv y HHa utilizó la misma metodología que en este trabajo y encontraron resultados similares. Estimaron el uso de agua mediante los programas CLIMWAT® 2.0 y CROPWAT® 8.0 de la FAO, adaptados con datos propios de los predios y regionales. La componente verde osciló entre 323 y 1711, con un promedio de 844 L/kg de LCGP. La HHa se encontró entre 6,1 y 23,1 con promedio de 13,7 L/kg LCGP. La única diferencia estuvo en la HH total (858 L/kg LCGP), ya que tuvo un promedio menor al de los casos de este estudio porque se excluyó del análisis la HHg.

Tabla III.17: HH totales de los sistemas primarios lecheros analizados.

Casos en estudio	HHv (L/kg LCGP)	HHa (L/kg LCGP)		HHg (L/kg LCGP)		HH total (L/kg LCGP)
		Bebida animal	Rutina de ordeño	Fertilizantes	Efluentes	
Caso 1	691,2	12,94	12,24	0,010	246,46	965,4
		25,2		246,5		
Caso 2	1701,8	13,02	14,09	0,013	47,67	1776,6
		27,1		47,7		
Caso 3	1428,8	16,30	27,25	0,003	3079,78	4552,1
		43,5		3079,8		
Caso 4	1006,0	14,07	7,88	0,014	1224,71	2252,6
		21,9		1224,7		
Caso 5	1232,4	10,53	10,64	0,013	329,10	1582,7
		21,2		329,1		

Valores internacionales de HH total para sistemas lecheros comprendiendo un gradiente amplio de modelos productivos, oscilaron aproximadamente entre 1200 y 900 L/kg leche (Mekonnen & Hoekstra, 2012). Al menos los resultados del Caso 1, 2 y 4 presentaron valores dentro del rango o cercanos a este. En un trabajo de Murphy *et al.* (2016) donde analizó el componente verde y azul de la HH en 24 granjas lecheras de Irlanda, se obtuvo un promedio de 684 para el primero y 6 L de agua/kg de leche para el segundo. Este escenario sólo coincide para el caso de la HHv con el resultado correspondiente del Caso 1, todos los demás valores de HHv superan los de las granjas de Irlanda. No obstante, se considera que las diferencias se deben a que los casos evaluados por los autores corresponden a sistemas productivos de

muy pequeña escala. Esto se traduce a sistemas productivos y dietas diferentes, aunque también seguramente existan diferencias debido a la variación climática y tipo de suelo.

Con relación a HHa del sistema de ordeño y la HHg de sus efluentes generados, los resultados son notablemente dispares, en este caso debiéndose fundamentalmente a cuestiones de manejo del recurso agua. El Caso 2, fue el que obtuvo menor valor de HHg, ya que presentó el menor volumen requerido para asimilar las cargas contaminantes, presentando el mismo un sistema de tratamiento de los efluentes.

Proporcionalmente, las HHa totales se acercan a las reportadas internacionalmente (Mekonnen & Hoekstra, 2011), no así para las HHg, siendo más altas en la mayoría de los casos del presente trabajo. Esto podría ser resultado de la gran cantidad de agua que demandan los efluentes generados en comparación a los sistemas lecheros de otros países, donde se ha incorporado sistemas de tratamiento y reutilización de aguas o maximizado el sistema de limpieza en seco los que reduce la carga orgánica de los desechos líquidos.

El Caso 1, es el segundo que obtuvo el menor volumen necesario para asimilar contaminantes presentes en el efluente (HHg). Ambos poseen sistemas de tratamiento de efluentes, sin embargo, si bien las concentraciones de salidas son menores, los resultados de los análisis fisicoquímicos superan los valores máximos permitidos por la normativa local. El Caso 1, posee un resultado de HHa derivada del ordeño similar al Caso 5, no así la HHg ya que este último presentó un contenido de DQO ampliamente excedido del límite permitido, resultando en un mayor volumen de dilución de sus cargas contaminantes. El Caso 3, presenta los mayores consumos en ambas componentes. Esto se debe al desperdicio de agua de placa por falta de capacidad de almacenamiento de esta y por la descarga de agua para mantenimiento de temperatura del equipo de frío. Siguiendo lo planteado por Taverna *et al.* (2013), si se reutilizara la totalidad del agua que pasa por la placa de refrescado (para bebida animal y limpieza), podría asumirse un ahorro entre 45 y 90 litros de agua/vaca/día, cuyo valor promedio coincide con el propuesto por el autor (60 litros), exceptuando los valores del Caso 3.

III. II) 6- Adaptación de casos en estudio. Comparación mediante la adopción de un criterio de homogeneización.

Dado que el objetivo de esta tesis fue seleccionar al azar casos reales diferentes y analizarlos entre sí, su comparación podría resultar discutible considerando que ninguno es exactamente igual a otro. Es importante recordar que la búsqueda de establecimientos primarios iguales en todas sus características (no sólo física-productivas sino también vinculadas a gestión y manejo) resulta muy complejo.

Para ello, se estableció aplicar un factor de homogeneización y evaluar mediante un escenario hipotético, qué establecimiento tendría asociada la mayor eficiencia de uso de agua o menor consumo de agua por unidad de producción (Tabla III.18). Se seleccionó una variable de gran importancia y que define este tipo de sistemas: el número de vacas lactantes. Se asignó a todos una misma productividad (440.000 kg LCGP) obteniendo como resultado, de acuerdo con el % de grasa butirosa y de proteína en la producción de cada uno, el número de vacas equivalentes.

Tabla III.18: Homogeneización productiva de sistemas primarios lecheros estudiados.

Casos	HH total (L/kg LCGP)	Producción (kg de leche/VO/día)	Productividad (kg LCGP anual)	Normalización por cant de leche (kg LCGP)	Eq vacas para 440.000 kg LCGP
1	965,4	25,3	839.809,1	440.000	140,4
2	1776,6	25,5	447.048,8		137,8
3	4552,1	20,6	483.928,3		170,0
4	2252,6	26,7	535.658,5		131,4
5	1582,7	29,2	468.597,6		120,2

Planteando este escenario hipotético donde todos ellos tuvieran la misma producción, el número de vacas equivalente sería mayor para el Caso 3 y menor para el Caso 5. Este último, siendo el segundo establecimiento que presentó la menor HH, si obtuvo la menor cantidad de vacas equivalentes, se infiere o se justifica a su elevada productividad por kg de leche.

Por lo tanto, pese a que el Caso 5 no presente la mayor eficiencia de uso de agua, pero sí la mejor composición de la leche, se supone que aumentando el N° de vacas, podría verse favorecido. Considerando que por definición el resultado de la HH de un producto depende directamente de la capacidad productiva de un sistema, su huella por kg LCGP podría ser considerablemente inferior al actual y revertir el escenario.

III. III) CONCLUSIÓN

En cuanto a los casos de predios lecheros estudiados, se destaca la importancia de haber empleado mayoritariamente datos primarios, información completa y datos extraídos de registros formales de las empresas para el cálculo de la huella hídrica. La elaboración de este capítulo posibilitó una instancia de gran cercanía con los tamberos, lo que resultó en una importante base de datos para la continuidad de los siguientes capítulos.

Respecto a la utilidad de la metodología de HH, se identificó un importante aporte al conocimiento acerca del manejo del uso del agua por parte de los establecimientos tamberos. El uso de diferentes herramientas para la medición del consumo de agua permitió que sus resultados puedan ser verificados, otorgando claridad y mayor grado de confianza en los mismos, específicamente referido a la componente verde y azul.

Se obtuvieron resultados coherentes comparativamente con estudios anteriores, coincidiendo que la HHv es la de mayor representatividad en el total de la HH, pero la de menor impacto a la disponibilidad de agua dulce. La HHa presenta gran variabilidad, lo cual, por tratarse de una extracción directa, su volumen precisa especial atención y control, tanto en la porción empleada para bebida animal como en el ordeño. El desarrollo de prácticas sencillas y modificaciones en la rutina de trabajo pueden permitir los mayores cambios sin grandes esfuerzos económicos.

Por último, la HHg, tanto la derivada del uso de agroquímicos como la asociada a efluentes representó en forma teórica la magnitud del impacto que podría generar la contaminación representado mediante el nivel de respuesta demandada sobre el ciclo hidrológico para asimilarla.

Sin embargo, se observó, por un lado, la importancia de un posterior estudio que diera cuenta del impacto asociado a la degradación del recurso propiamente dicho y por otro, la evaluación ambiental productiva y económica de alternativas de mejora del uso y reutilización del agua. Para eso fue necesario la incorporación del enfoque de Ciclo de Vida y de métodos de valoración económica de servicios ambientales que se desarrollan en los capítulos siguientes.

10- CAPÍTULO IV

HUELLA HÍDRICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE QUESOS DE PASTA SEMIDURA DE ORIGEN BOVINO.

IV. I) MATERIALES Y MÉTODOS

1. Consideraciones generales para la determinación de los límites de los sistemas.
2. Diseño de estrategias métricas y cuantificación de consumo de agua directo en el proceso productivo (HHa).
3. Aplicación de metodologías y normativas empleadas para el cálculo de HHg.

IV. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Descripción de entradas y salidas de flujos de agua seleccionadas en cada sistema.
2. HH azul del proceso de elaboración de quesos.
3. Discusión:
 - a) Mediciones puntuales
 - b) Comparación entre métodos de medición
 - c) Comparación entre industrias
 - d) Comparación con antecedentes
4. HH gris derivada de efluentes generados.
5. HH totales

IV. III) CONCLUSIONES

VI. I) MATERIALES Y MÉTODOS

VI. I) 1. Consideraciones generales para la determinación de los límites de los sistemas.

Se efectuaron las correspondientes visitas a las plantas industriales queseras, donde se realizó un reconocimiento del sistema de producción empleado, observación de las características y condiciones de las instalaciones, análisis de diversos parámetros (capacidad de producción, sistema de suministro de agua, características y ubicación de la bomba de agua, número de tinas para elaboración de queso, horas diarias de producción, entre otros). Se identificaron las tomas de agua existentes que cada planta emplea y se registraron puntos de extracción. La información de algunas entradas de flujos, resultaron de mayor o total complejidad en su acceso por lo cual considerarlos hubieran resultado en valores con un grado importante de imprecisión o incertidumbre. Al mismo tiempo, algunas áreas identificadas representaban consumos muy pequeños. Por eso, para ambos casos, existieron algunas áreas que fueron despreciadas del análisis.

Caso A: etapa de salmuera, sala de despacho y cocina, vestuario y baño, envasado, etiquetado, pintado, cámaras de refrigeración u oreado.

Caso B: etapa de salmuera, lavado de cajones, comedor, vestuarios y baños, etiquetado, detección metales, cámara de oreado, envasado, detector de metales final para despacho, oficinas administrativas, laboratorios.

IV. I) 2. Estrategias métricas y cuantificación del agua en el proceso productivo.

A continuación, se presenta una infografía (Figura IV.3) a modo introductorio sobre los métodos y marcos de referencia empleados para la determinación de la HH.

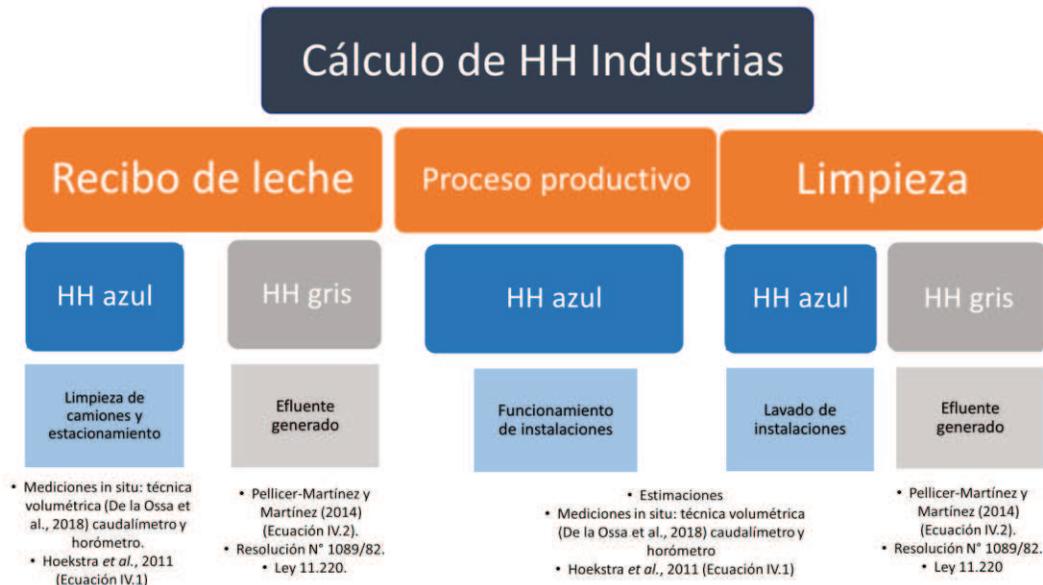


Figura IV.1: Descripción de metodologías a aplicar para cálculo de HH en industrias.

➤ Determinación de consumo mediante mediciones manuales:

Para las mediciones manuales, se estimaron los caudales en forma indirecta mediante la técnica volumétrica: medición del tiempo de carga de un recipiente cuya capacidad es conocida (balde de 20 L). Se realizaron entre 3 y 4 mediciones puntuales del consumo diario en diversos momentos del año con escenarios diferentes (variaciones productivas, operarios diferentes, entre otros). La finalidad de las repeticiones fue: estimar con mayor especificidad un valor de consumo diario, discriminar por proceso, no considerar sólo el valor promedio de un registro anual. A su vez, evaluar si existen diferencias entre cada medición, cuáles son las variables a las que se le atribuyen las mismas y si poseen mayor o menor eficiencia en alguna etapa específica.

➤ Determinación del consumo mediante instrumentos de medición

Paralelamente a las cuantificaciones puntuales, se registró el consumo acumulado durante el año a través del uso de horómetro (Figura IV.1) o caudalímetro (Figura IV.2).



Figura IV.1: Horómetro o cuentahoras.

Figura IV.2: Caudalímetro.

❖ Caso A

Se escogió instalar un horómetro, ya que dicha industria es de tipo familiar y se encuentra ubicada en zona rural, dentro de las locaciones correspondientes al tambo. Eso significa que la situación es muy similar a la de los sistemas tamberos; no poseen medidor ni caudalímetro y a su vez, la instalación de los mismos resulta más compleja y requiere mayores costos.

Se procedió de la misma forma que con los casos de la etapa primaria. Se instaló un horómetro mediante un tablero individual e independiente al general, y éste fue vinculado a la bomba disponible para uso en la planta.

En este caso particular, poseen dos bombas, ya que requieren de gran caudal de agua (tanto para tambo como industria) y poseen distancias considerables entre cada instalación. Sin embargo, en este caso la desventaja que presentó la cuantificación por medio del cuentahoras, fue que poseen una única bomba, que emplean para la industria, y la misma es utilizada para la recarga de bebederos de animales de destete y cría. En este sentido, para que el registro diario sea lo más preciso posible, se evaluaron diferentes alternativas sobre la forma de registro. Debido a que la industria produce de lunes a viernes, y que la recarga en los bebederos es aproximadamente constante (dentro de una misma estación del año), se estableció tomar registros los días sábado y domingo, donde sólo se consume para bebida animal y de esa manera por diferencia, asignar lo restante sobre el total que se consume de lunes a viernes, al uso en la planta. Por lo tanto, el valor

diario de uso de agua asociado al proceso de elaboración de quesos, estuvo determinado a partir del consumo total diario menos el consumo animal promedio diario.

Los registros en la planilla no fueron diarios, sino en forma espaciada, siendo algunos en días de semana y otros los domingos. De esta forma, es posible ir estimando las fluctuaciones a lo largo del año, teniendo en cuenta las variaciones climáticas, la demanda diaria del consumo animal a partir de dichas variaciones y el aumento o disminución de este, por un incremento o disminución del número de animales. Para eso, se empleó al igual que en los sistemas primarios, un apartado complementario donde se escribían comentarios y aclaraciones de cualquier cambio generado (modificaciones en las tareas, inconvenientes e imprevistos, cambio de bomba, ampliación de la fábrica, roturas de tanques/instalaciones y pérdidas, recarga de agua inusual, aumento o disminución del número de animales, entre otras cuestiones referentes al agua).

❖ **Caso B**

En esta industria, resultó más sencilla la cuantificación de agua, ya que, por su escala productiva y cercanía a la zona urbana, poseen caudalímetro. En este caso se realizó la cuantificación del agua consumida mediante el registro de dicho sistema de medición a través de controles mensuales del consumo acumulado en ese lapso de tiempo. Una ventaja del caudalímetro es que permite conocer directamente el volumen consumido. Al ser una planta con mayor nivel de automatización, la mayoría de sus etapas están estandarizadas y son relativamente constantes, pudiendo suponer que el registro de un día puede tomarse como referencia para todo el año (siempre y cuando no se efectúen cambios específicos como ser, cantidad producida). En este sentido, para la información provista por el caudalímetro, se tomó como referencia un valor equivalente diario que surgió de la relación entre el consumo total anual y los días de producción.

- Determinación de consumo de agua a través de la metodología de HH (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$HH_{proc, azul}[\text{volumen/tiempo}] = E_{az}[\text{volumen/tiempo}] + CD_{az}[\text{volumen/tiempo}] + FRP[\text{volumen/tiempo}]$$

(Ecuación IV.1)

Donde;

HH_{proc, azul}, huella hídrica azul derivada de un proceso industrial;

E_{az}, volumen de agua obtenido, generado o transformado en vapor de agua azul debido a diferentes procesos;

CD_{az}, incorporación en forma directa de agua azul al proceso industrial;

FRP, flujo de agua de retorno que no está disponible para su uso en la misma zona de captación de la que fue extraída, ya sea porque regresa a otra zona de captación (o vertida a un canal, río o mar) o porque regresa en un período de tiempo distinto.

En la Ecuación IV.1, la variable *E_{az}*, se empleó sólo para el Caso B, que posee sistema de acopio de dicha porción. La información sobre el volumen generado o transformado en vapor de agua debido a diferentes procesos fue obtenida en esta industria mediante encuestas a los responsables del área. Para el Caso A, su cuantificación sería solo por estimación teórica, por lo cual se definió descartar. En lo que refiere a la variable *CD_{az}* y *FRP*, fue considerada en ambas industrias en estudio mediante mediciones y, en forma complementaria, a través de encuestas para aquellos procesos donde no fue posible acceder.

IV. I) 3. Aplicación de metodologías y normativas empleadas para el cálculo de HHg.

- Determinación de la HHg, derivada de los efluentes generados.

Para la estimación de las HHg, se emplearon los resultados de los muestreos de efluentes generados por cada industria. Los parámetros analizados y empleados para el cálculo fueron los siguientes: demanda

biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), nitrógeno total Kjeldhal (NTK) y fósforo total (PT). Se utilizó la metodología propuesta por Pellicer-Martinez y Martinez (2014) (Ecuación IV.2), quienes realizaron una adaptación de Hoekstra *et al.* (2011).

$$HHg_{(m^3/Kg)} = \frac{Q_{efl} \times (C_{efl} - C_{nat})}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (\text{Ecuación IV.2})$$

Donde;

Q_{efl}: caudal del efluente vertido expresado en volumen por unidad de tiempo;

“C_{efl}”, concentración del contaminante X del vertido expresado en unidad de masa por volumen acumulado;

C_{max}, concentración máxima permitida del contaminante X del vertido en la masa de agua que lo recibe (masa/vol.), según la normativa vigente local;

C_{nat}, concentración natural del contaminante X en la masa de agua si no hubiera sido alterada por la actividad humana (masa/vol.).

El caudal de efluente generado por cada industria (variable identificada como “Q_{efl}”), fue determinado a partir de la cuantificación de cada consumo medido dentro del proceso productivo conformado por: la porción que se descarga o cae al piso o en tachos con restos del producto, la empleada para lavado de herramientas y equipamiento y, el volumen empleado para lavado de pisos tanto internos como externos a la planta que luego se direcciona hacia el canal de desagüe interno derivando finalmente a la fosa o laguna externa (dependiendo el caso).

➤ Marco normativo

Los valores tomados para concentración máxima permitida (Cmax), fueron los correspondientes a la Resolución de la Provincia de Santa Fe N° 1089/82 “REGLAMENTO PARA EL CONTROL DEL VERTIMIENTO DE LÍQUIDOS RESIDUALES”. Esta establece las condiciones a las que deberá ajustarse el efluente de las instalaciones y de los que debe dotarse aquellos inmuebles cuyos líquidos residuales requieran un tratamiento previo para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores. En los casos de estudios, se toma de la resolución los límites establecidos en Título C con una dilución menor a 360.

La segunda normativa que se tuvo en cuenta fue la Ley 11.220 de la provincia de Santa Fe “TRANSFORMACIÓN DEL SECTOR PÚBLICO DE AGUA POTABLE, DESAGÜES CLOACALES Y SANEAMIENTO” que establece las formas, modalidades, alcances de tratamiento de agua potable, desagües cloacales y saneamiento. Esta se usó de manera complementaria a la primera resolución nombrada, ya que establece algunos límites de parámetros que la propia resolución no define, más precisamente Nitrógeno Total y Fósforo Total.

VI. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI. II) 1. Descripción de entradas y salidas de flujos de agua seleccionadas en cada sistema.

CASO A:

El ingreso de agua al proceso se ve representado a través de las siguientes etapas:

- Refrigeración de leche pasteurizada.
- Elaboración del queso.
- Lavado de estacionamiento edilicio, lavado instalaciones, lavado de tanques de leche.
- Lavado de materiales: moldes, cajones, lienzos, tela suiza.

La fuente de agua utilizada es en su totalidad, agua subterránea, mediante bomba sumergible de 1 HP, a la cual, le realizan una cloración. La misma, es empleada para todas aquellas etapas que poseen contacto con el alimento: lavado de materiales, tanque de almacenamiento de leche, tinas en la planta de producción, higiene de los operarios. El agua subterránea utilizada en forma directa de la bomba se emplea sólo para limpieza de pisos externos, playa de estacionamiento del camión de leche y cisterna y, por último, para la caldera.

El suero extraído de todas las cuajadas es succionado y trasladado a un tanque el cual, todos los días, es comercializado a un tercero que lo utiliza como subproducto alimenticio para cría de cerdos.

La generación de energía para el proceso de cocción es producida a través de un sistema de caldera a leña. Su tamaño, puede medirse por superficie de calefacción, siendo esta de una capacidad de 25 m². La energía para funcionamiento de la planta es eléctrica.

Para determinar el porcentaje a afectar del consumo hídrico total de la industria a la producción de quesos tipo pategrás, se distribuyó la proporción representada por cada producto según los litros de leche procesados para cada uno de ellos. Esto se debe a que, los productos finales que elaboran varían entre sí por su rendimiento por litro de leche empleada para cada proceso. Es por ello que, para etapas compartidas entre los diferentes procesos, no se realizó asignación empleando los kilos finales producidos de quesos, sino la proporción de leche procesada asociada a cada uno de ellos.

Como se mencionó en el Capítulo 2 la empresa no cuenta con una planta de tratamiento de efluentes.

CASO B:

En este caso, el consumo de agua se presenta en los siguientes puntos:

- Recibo de la leche (limpieza de camiones y playa de estacionamiento con adición de agua caliente).
- Elaboración del queso.
- Limpieza de instalaciones: Lavado de tanques de almacenamiento de leche, tinas y pasteurizadora, limpieza y carga de agua en tanques de lavado (en estos se prepara una solución de agua, ácido nítrico y soda cáustica para higiene durante procesos, la misma se va dosificando y distribuyendo en forma automática a las demás instalaciones).
- Lavado de materiales: cajones, máquinas, cintas transportadoras.
- Saladero.
- Envasado y pintado.
- Depósitos y patio.
- Administración, baños y vestuarios, cocina.

Como fuentes de abastecimiento de agua, utilizan agua subterránea y agua “de condensado” (volumen recogido a partir del vapor de cocción). Para el agua subterránea se disponen de 7 bombas sumergibles instaladas a lo largo del patio interno de la planta. El agua de condensado obtenida a partir de las calderas, se dispone en tanques de almacenamiento destinados especialmente para eso y posteriormente es empleada como agua reciclada. Poseen un tanque de cloración del agua con capacidad de 100.000 L.

Para el funcionamiento de calderas y/o procesos de cocción, disponen de gas natural y para el área de comedores, utilizan gas licuado. La industria posee una sala con un grupo electrógeno que abastece a toda la fábrica.

Poseen un equipo de ósmosis inversa a partir del cual realizan el acondicionamiento del suero y posterior venta de este. Como se mencionó en el Capítulo 2 la empresa cuenta con una planta de tratamiento de efluentes.

VI. II) 2- HH azul del proceso de elaboración de quesos

Mediciones puntuales.

En ambos casos se realizó un recorrido previo, reconociendo cada etapa productiva y el procedimiento particular de cada empresa finalizando con el registro de taras en cada flujo de entrada de agua identificada. Posteriormente a ello, se inició con las visitas donde se realizaron las mediciones en tiempo real (mediante el uso del cronómetro) a medida que el proceso de producción avanzaba. En el CASO A se pudieron realizar 3 mediciones en forma completa y 4 en el CASO B. Dicha actividad fue coordinada con cada operario previamente y el horario de comienzo y fin estuvo comprendido por una jornada productiva completa.

CASO A

Puesto que las mediciones puntuales, se han realizado en momentos específicos con características particulares y previo a la comparación de sus resultados, se resaltan algunas consideraciones a tener en cuenta de cada una de ellas:

- *Los resultados que corresponden a “Medición industria”* fue aquella que surgió de los datos iniciales obtenidos en la encuesta con los propietarios.
- *La Medición 1 y 2*, fueron realizadas in situ, mediante visitas. Estas fueron realizadas con características físicas productivas determinadas, coincidentes con las descritas en la caracterización inicial de la empresa. En la Medición 2, presentaban la adición de una tina más, pero el consumo asociado a esta fue despreciado dado que no está afectada al proceso de producción de pategrás.

- Por último, *la Medición 3* (también in situ) se realizó luego de la incorporación de algunos cambios a nivel infraestructura, entre ellos, la adquisición de un pasteurizador como el más influyente, en el cual se emplea la crema descartada del proceso de elaboración de quesos y por otro lado, la incorporación de una reforma asociada al suministro del agua (una torre de mayor altura para su almacenamiento dispuesto en nuevos tanques).

En la Tabla IV.1, se presentan los resultados de HHa para el CASO A, obtenidos a partir de los datos dados por la industria y de las mediciones puntuales realizadas. Vale aclarar que, esta empresa, no dispone de sistema de reutilización o recirculación de agua no contaminada. Por lo tanto, se planteó que el volumen proveniente del proceso de condensación y enfriado fuera estimado con la finalidad de ilustrar la porción que representan, como una posible fuente de ahorro o aprovechamiento. Considerando que el CASO A no realiza captación y acopio de agua de condensado, se consideró sólo el agua de enfriado.

Tabla IV.1: Cuantificación de agua y HHa en la elaboración de queso pategrás- CASO A

Consumo de agua asociado a producción de pategrás		Datos de la industria	Medición 1 (02/12/21)	Medición 2 (18/08/22)	Medición 3 (12/10/22)	Promedio mediciones
L totales/día		2.692,5	2.167,4	1.683,4	2.054,2	1.968,3
L totales anuales		153.473,2	123.539,4	95.955,0	117.088,7	112.194,3
Consumo de agua para enfriado de leche pasteurizada (L) (*)	Día	2.068,0	900,0	860,0	1.171,7	977,2
	Año	117.886,4	51.300	49.020	66.785	55.701,6
HHa L agua /kg de queso pategrás/día		33,24	26,76	20,78	25,36	24,3
HHa L agua /kg de queso pategrás/día sin considerar agua de enfriado de leche		7,71	15,65	10,17	10,90	12,24

(*) Aclaración: este consumo se encuentra incluido dentro de los litros totales diarios y anuales.

Como se puede observar en la Tabla IV.1, se expresó el consumo referido a la etapa de enfriado de la leche pasteurizada. Cabe destacar que dicho consumo se encuentra incluido dentro de los L totales (diario y anual) expresados en las filas superiores.

El análisis sobre la eficiencia de uso de agua en el CASO A, estuvo enfocado al volumen no aprovechado post enfriado de leche. Como era de esperarse, el escenario hipotético de optimización del consumo hídrico, considerando la reutilización del agua de refrigeración, se vio reflejado en la Tabla IV.1 con un valor más pequeño en los resultados de HHa.

Considerando los datos aportados por la industria, el agua empleada para el enfriado de leche representa un 77 % del agua total, mientras que a través de las mediciones realizadas se pudo determinar que la misma representa un 50 % en promedio.

En cuanto a los valores presentados, se distingue una notable diferencia entre la información provista por la empresa y las mediciones realizadas. Se considera que en la etapa de enfriado hubo una sobreestimación por parte de la industria, precisamente porque al evaluar los resultados de HHa/kg de pategrás/día sin considerar el agua de enfriado, la diferencia se reduce bruscamente. Tal es así que el valor de HHa según estimaciones de la industria es la menor (7,71 L de agua/kg de pategrás/día).

En la Figura IV.4, se presenta para cada medición el consumo de agua individual por etapa, con su representación dentro del proceso.

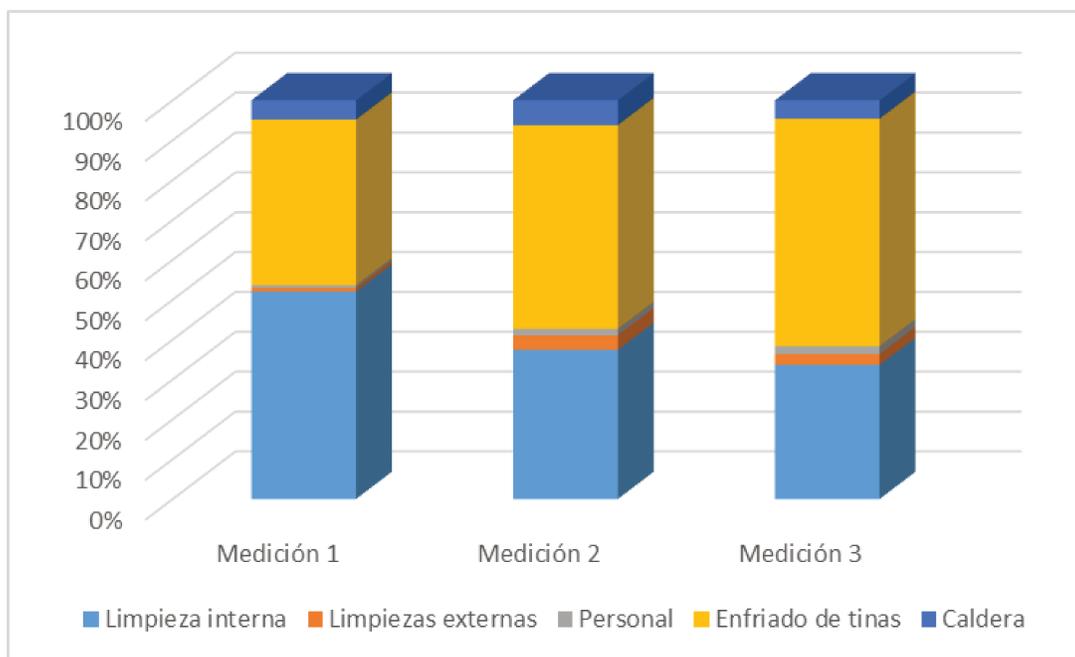


Figura IV.4: Representación gráfica de distribución de uso de agua en diferentes mediciones Caso A.

En la etapa de limpieza interna se encuentran: lavado de materiales (moldes, cajones, lienzos, tela suiza, mesadas, desnatadora), lavado de tinas, lavado de pisos internos, lavado de pasteurizador. Por su parte, la etapa de limpieza externa comprende el lavado de pisos externos.

Si bien entre cada una de ellas, se observan pequeñas variaciones, la tendencia en todos los casos es que las etapas de mayor consumo corresponden a:

- Limpieza interna, (representando entre un 31 y 54% dependiendo el día de medición).
- Enfriado de tinas (o leche pasteurizada) con una asignación promedio del 48% del consumo total de agua.

Respecto a estas dos etapas, en la medición 2 y 3 las proporciones fueron las mismas, siendo la medición 1, la que presentó una distribución invertida debido a cuestiones exclusivamente de manejo en limpieza (mayor consumo para lavado). En la medición 2 y 3, el uso del agua para enfriado de leche pasteurizada es proporcionalmente menor que la medición 1, pero numéricamente el resultado fue 900 L por tina de paterás por día para la primera, 860 L para la segunda y 1100 para la tercera (Tabla IV.1).

CASO B

En este caso, es importante aclarar que en cada medición el personal a cargo del proceso de elaboración fue diferente. A su vez, debido a que esta empresa presenta una producción de gran escala y un nivel de automatización elevado, se genera superposición en más de una etapa otorgando mayor complejidad en los registros de consumos.

Para obtener la mayor precisión posible, se estableció previamente un cronograma de actividades (en conjunto con los encargados del sector), suspendiendo aquellas que podían realizarse al finalizar el turno o bien detener algún proceso momentáneamente para la estimación individual de aquellos que se realizan en forma simultánea. La última (medición 4), se podría plantear como aquella donde se midió con mayor detalle.

En la Tabla IV.2, se presentan los resultados de consumo de agua del CASO B y los del indicador de HHa, obtenidos luego de las visitas a la planta y sus respectivas mediciones in situ.

Tabla IV.2: Cuantificación de agua y HHa en la elaboración de queso pategrás- CASO B.

	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio mediciones
L totales/ día	152.383,1	144.695,8	100.156,9	124.509,7	130.436,4
L totales anuales	25.600.362,0	24.308.899,9	14.422.599,7	11.952.929,9	19.071.197,8
Consumo de agua de condensado L/día	68.571,4	60.000,0	32.000,0	40.000,0	50.142,8
Consumo anual de agua de condensado (L)	11.520.000	10.080.000	4.608.000	3.840.000	7.512.000
HHa (L agua/kg de queso pategrás)	29,63	28,13	19,47	20,75	24,5
HHa (L agua /kg de queso pategrás -sin incluir agua de condensado)	16,29	16,46	13,25	14,08	15,02

Sobre los resultados de la Tabla IV.2, se aclara que la variación entre los volúmenes totales cuantificados se debe a que los mismos varían en función de la producción de quesos del día correspondiente. Es de esperarse que ocurra lo mismo con los resultados de HHa asociados a la unidad de producto evaluada (kg de pategrás producido por día). Puede observarse que, entre mediciones, los resultados se encuentran más cercanos en la HHa sin considerar el agua de condensado, representando un promedio entre ellas de 15,02 L/kg de pategrás producido diario. Esto demuestra que, el valor obtenido de encuestas para generación de vapores probablemente sea más impreciso y por ello la diferencia entre las HHa contabilizando el agua de condensado es mayor. El promedio entre mediciones para esta huella fue de 24,5 L/kg de pategrás producido por día.

La diferencia entre ambas HHa (aquella que incluye el consumo de agua de condensado y la que no), resulta en promedio un 37%, lo cual significa que más de un tercio del consumo total de agua de todo el proceso productivo es representado sólo por la etapa de lavado de tinajas y lavado del sistema de ultrafiltrado

y en consecuencia, una importante porción de dicho volumen total se realiza mediante el aprovechamiento de fuentes de agua generada dentro del proceso.

En la Figura IV.5, se presenta el porcentaje del consumo de agua individual por etapa dentro del proceso. La última medición realizada posee una distribución que se diferencia de las demás. La misma presenta una mayor subdivisión y se debe a la incorporación de otra área de consumo que, en las mediciones anteriores no fue realizada por omisión de los operarios. Hubo variación en la información provista en uno de los 3 tipos de lavados manuales que se realizan dentro de la etapa de tinas (una porción menor). Para la última medición, la etapa de cocción (denominada en la figura: lavado de masa y limpieza de tina), presentó aproximadamente entre un 20 y un 30% del consumo mientras que en las otras mediciones fue mayor. La etapa de pasteurización y la de lavado de equipo de ultrafiltrado varía entre un 15-20 % entre mediciones. En la etapa de recibo de leche (limpieza de camiones) fue similar para todas las mediciones (5-7%) al igual que Prensado y Moldeadora (Figura IV.5). Lo restante, se distribuye en fracciones que van del 1 al 3% para todas las demás etapas.

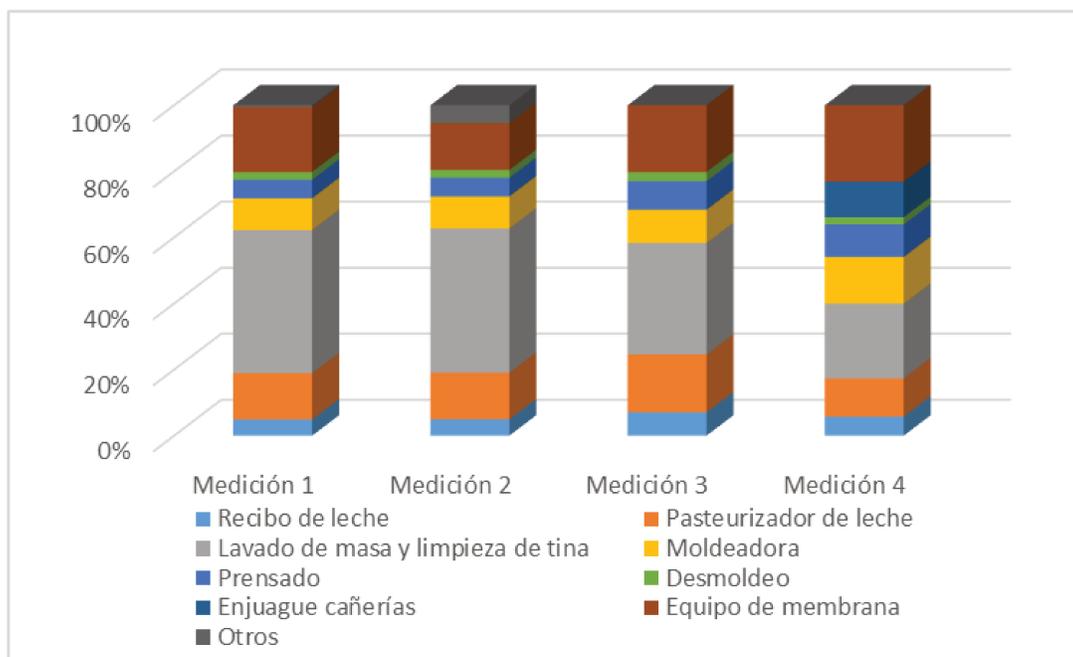


Figura IV.5: Clasificación de consumos de agua por etapas en diferentes mediciones Caso B.

Se destaca la importancia de haber medido en forma segregada el consumo de agua y que pueda diferenciarse cada etapa. Se puede distinguir en qué etapa se presentan, los mayores consumos, pero también los desvíos, imprecisiones o irregularidades más notables en la medición.

Registros anuales mediante uso de horómetro y caudalímetro.

Se realizaron monitoreos anuales que permitieron determinar un promedio de uso de agua diario y comparar dichos resultados con los valores obtenidos de las mediciones realizadas con la técnica volumétrica. En el CASO A, se analizó un período de 16 meses y en el CASO B durante 12 meses.

CASO A.

Se presentan los resultados obtenidos a partir del procesamiento de datos registrados por la industria mediante el horómetro. Se empleó un sistema de registro en planillas, que diariamente el encargado de planta debió completar con el consumo acumulado diario por parte del dispositivo. Éste estuvo representado por el uso de la bomba sumergible medido en horas. Como se mencionó con anterioridad, la bomba empleada en dicha industria no está destinada sólo para uso del área de producción primaria, por lo que, debió tomarse un criterio para la obtención de un valor que estuviera discriminado del consumo para bebida de terneros que ya fue debidamente explicado en la metodología.

Tabla IV.3: Horómetros (valores promedios) Caso A.

	<i>Unidad</i>	Resultado
Consumo de agua subterránea total industria	<i>L/día</i>	2.568,8
Consumo de agua subterránea (sólo pategrás)	<i>L/año</i>	48.808,6
Representación del consumo asociado a pategrás sobre el total de la industria	<i>% promedio</i>	21
HHa para elaboración de queso pategrás (considerando agua de enfriado)	<i>L/kg de queso pategrás/día</i>	31,71
HHa para elaboración de queso pategrás (sin considerar agua de enfriado)	<i>L/kg de queso pategrás/día</i>	19,63

En principio y comparativamente con los resultados presentes en la Tabla IV.1, para este caso, las HHa obtenidas empleando información a partir del horómetro fueron mayores. A continuación, se presentan los resultados de uso diario de la bomba durante el momento de producción en la planta (Figura IV.6a y Figura IV.6b). En ellas se puede observar los períodos, donde fueron excluidos los fines de semana e identificado el momento donde se incorpora una reforma a la planta relacionado con el abastecimiento de agua. Posteriormente a la misma se observa que hubo una leve tendencia creciente, situación que coincide con los valores resultantes de las mediciones puntuales.

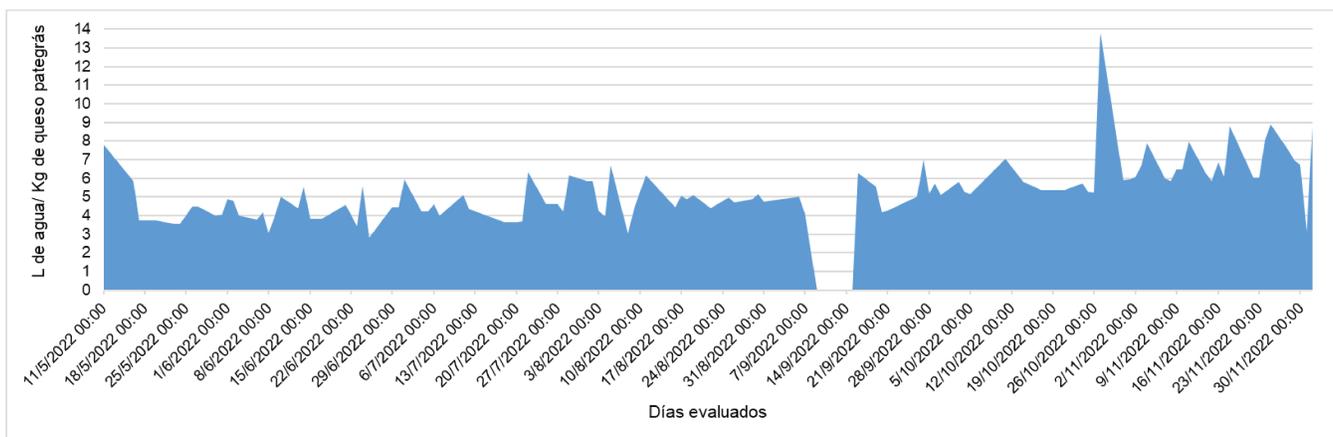


Figura IV.6a: Registro horómetro CASO A (2022)

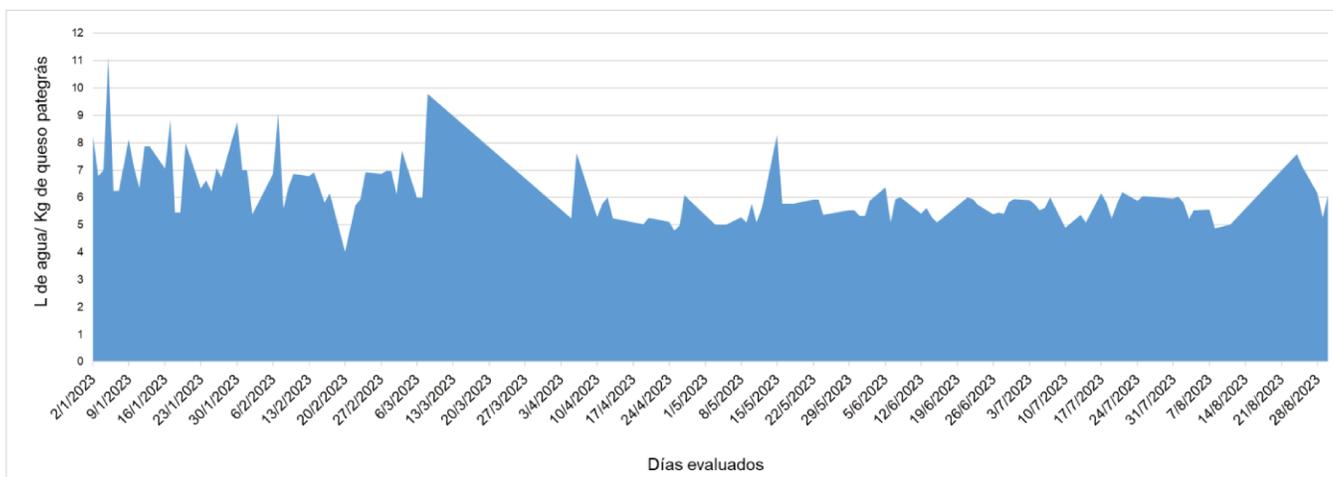


Figura IV.6b: Registro horómetro CASO A (2023).

En la Figura IV.6a., se observa un corte el día 07/09/2022 que refiere a la reforma antes mencionada sobre el sistema de almacenamiento de agua. Previo a la fecha, el tiempo promedio de uso de la bomba equivalente a una jornada completa de producción fue de 4h 20 min aproximadamente y, la HHa asociada sólo a pategrás (L de agua/ kg de queso) fue de 25,36. Luego de dicha fecha, el uso promedio diario para toda la producción resultó en 5h 56 min y la HHa fue de 29,96 L de agua/ kg de queso. Finalmente, durante el 2023 (Figura IV.6b), el uso de la bomba sumergible fue en promedio de 6 h 04 min y la HH a partir del promedio consumido diario fue de 39,77 L de agua/ kg de queso. Es así que el promedio fue de 31,71 L de agua/ kg de queso.

CASO B.

Se emplearon registros arrojados por el caudalímetro central de la industria. Ésta, como se mencionó en capítulos anteriores, no sólo dispone de una planta de producción de quesos sino también (y con mayor representatividad) una planta de elaboración de leche en polvo. Se elaboró un sistema de registro donde se pudieran discriminar los consumos de agua según la actividad y el porcentaje que estas representan dentro de la producción total de la industria a lo largo de un año (período evaluado). La variable, considerada de mayor objetividad, que se tomó de referencia para distribuir el consumo de agua, fue la cantidad de leche procesada que ingresa a cada planta.

Tabla IV.4: Caudalímetros (valores promedios) Caso B.

	<i>Unidad</i>	Resultado
Consumo de agua subterránea total industria	<i>L/año</i>	28.090.500
Consumo de agua subterránea (planta de quesos)	<i>L/día</i>	73.112,3
Consumo de agua subterránea (sólo pategrás)	<i>L/año</i>	9.650.818,4
Representación del consumo asociado a pategrás sobre el total de la industria	<i>%</i>	34
HHa para elaboración de queso pategrás (sin considerar agua de condensado)	<i>L/kg de queso pategrás</i>	14,3
HHa para elaboración de queso pategrás (considerando agua de condensado)	<i>L/kg de queso pategrás</i>	13,5

Evaluando los resultados de la presente tabla y comparativamente con los resultados para este caso en la Tabla IV.2, las HHa obtenidas empleando información a partir del caudalímetro fue menor.

VI. II) 3- Discusión

a) Mediciones puntuales:

Si se comparan las mediciones puntuales de ambas empresas, aquellas realizadas en el CASO A, se consideran más precisas que las del CASO B dado que representa una escala productiva familiar y el nivel de acceso al registro de consumos de agua estuvo asociado a variables de mayor facilidad de control. No obstante, el hecho de que las cuantificaciones del CASO A, tengan un alto grado de precisión, no implica que los resultados de sus mediciones fueran iguales entre sí, por el contrario, se observó que en cada oportunidad intervinieron diversas condiciones en las prácticas de trabajo que generaron aumentos o disminuciones del consumo.

En la industria de mayor escala (CASO B) ocurren situaciones inversas. Por un lado, muchas de las etapas productivas funcionan mediante circuitos cerrados, donde resulta de difícil acceso la contabilización. La estrategia que más se aproximó a un registro real fue la suspensión de actividades simultáneas, seguido de un monitoreo del medidor del silo de agua empleado en la planta de quesos. En lo que se refiere a la similitud de resultados entre las mediciones, era de esperarse porque el grado de automatización y control de tableros, impide la irregularidad del manejo en varias etapas del proceso.

b) Comparación entre métodos de medición:

Analizando los resultados arrojados por cada método empleado para ambas industrias, eran de esperarse diferencias fundamentalmente por el grado de incertidumbre que cada técnica representa. Podría considerarse que el método de cuantificación mediante caudalímetro, que corresponde al CASO B, fue el más preciso de todos. No obstante, la industria no cuenta con diferentes caudalímetros para cada sector productivo ni tampoco se dispuso de información completa, por lo cual, no fue 100 % exacto.

Específicamente en la comparativa de resultados dentro de cada industria, puede observarse que para el CASO B se obtuvieron mayores similitudes entre la contabilización empleando caudalímetro y las mediciones puntuales.

CASO A

En la Figura IV.7, se presentan los resultados de HHa por kilo de pategrás producido según los valores obtenidos por el registro del horómetro, la estimación realizada por la industria y las mediciones puntuales realizadas en las visitas. Las diferencias entre los valores resultantes de las mediciones con el horómetro y los derivados de las mediciones puntuales fueron más amplias debiéndose exclusivamente a la complejidad para discriminar el volumen exacto asociado a bebida de terneros en el registro del cuentahoras.

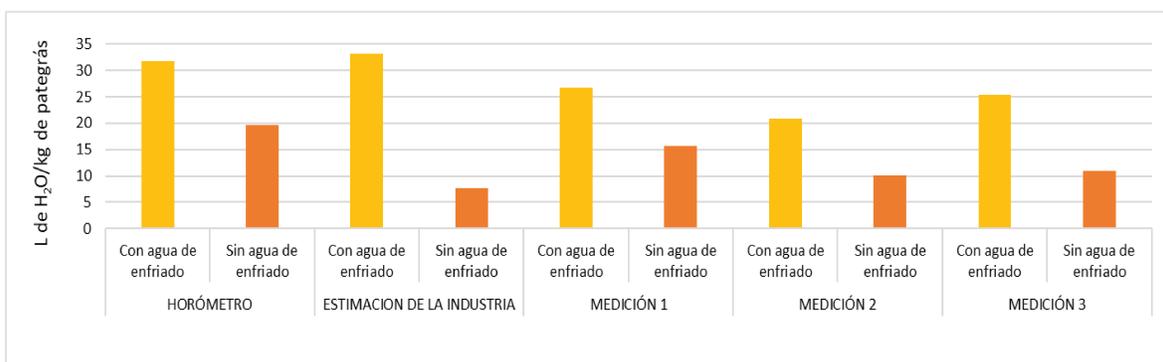


Figura IV.7: Comparativa de HHa correspondientes al CASO A.

La diferencia observada entre las mediciones puntuales y la estimación de la industria denota la posibilidad de que ésta no lleve un control riguroso del consumo del agua y desconozca dicha variable como un objetivo de primera necesidad a mejorar.

Por último, en la medición mediante horómetro no fue posible realizar un registro diferenciado por lo que no se cuenta con un valor de agua de enfriado. Para su HHa sin considerar el agua de enfriado, se tomó el consumo estimado en las mediciones puntuales. Considerando que se observó que mediante el uso de

horómetro se obtuvo la mayor HHa total, ésta es aún más alta que las correspondientes a través de mediciones sin considerar el agua de enfriado.

CASO B

En la Figura IV.8 se presentan los resultados de HHa obtenidos a partir de todas las mediciones. Los valores de HHa obtenidos sin considerar el agua de condensado, fueron similares en todos los casos pudiendo inferir que, a pesar de la complejidad que presentaba la medición de la HHa en una industria de esta escala, el valor obtenido podría considerarse altamente representativo y confiable.

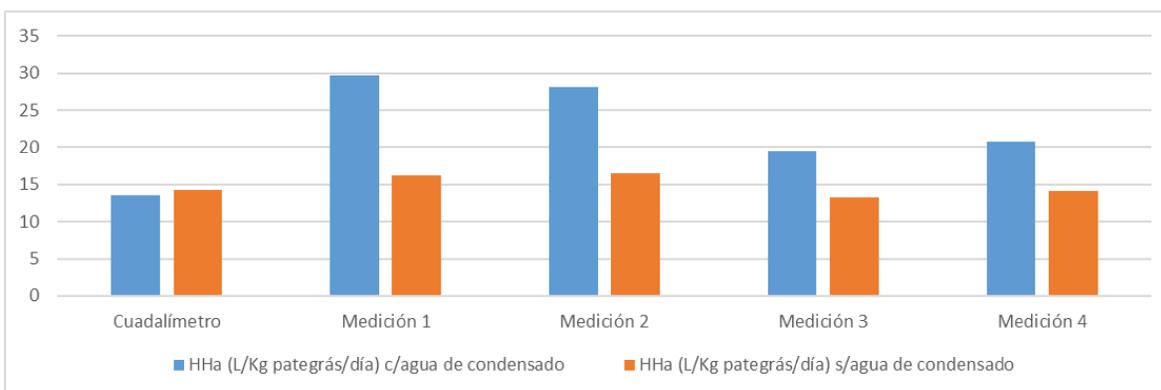


Figura IV.8: Comparativa de HHa correspondientes al CASO B

Sin embargo, la situación no es la misma cuando se comparan las HHa considerando el agua de condensado, es decir, en el escenario hipotético de no reutilización de esta. Por tal motivo, se observó una discrepancia que, aunque no se la haya considerado de gran magnitud, pudieron identificarse posibles causas que tienen relación con dicha variación. Las principales fueron las siguientes:

- Por un lado, la imprecisión en el número exacto de días productivos de pategrás en el plazo de un año, y en consecuencia la cantidad total de kilos producidos en un año. No coincide lo declarado por los entrevistados y lo que puede estimarse indirectamente a partir de los registros de leche ingresada a la planta de quesos.
- Por otro lado, el grado de irregularidad en las mediciones puntuales a través del método volumétrico. Es importante no dejar de lado que, al momento de realizar las mediciones, los

encargados de planta y los operarios fueron variando, por lo cual, el modo en que trabajan resultó distinto y en algunos casos, la información provista también.

c) Comparación entre industrias:

En la Figura IV.9 se presentan los resultados de HHa para cada tipo de medición para ambas industrias. Vale aclarar que los valores ingresados corresponden para el CASO A, las HHa sin considerar el agua de enfriado y para el CASO B, las HHa considerando la reutilización del agua de condensado, tal como lo declaran ambas industrias.

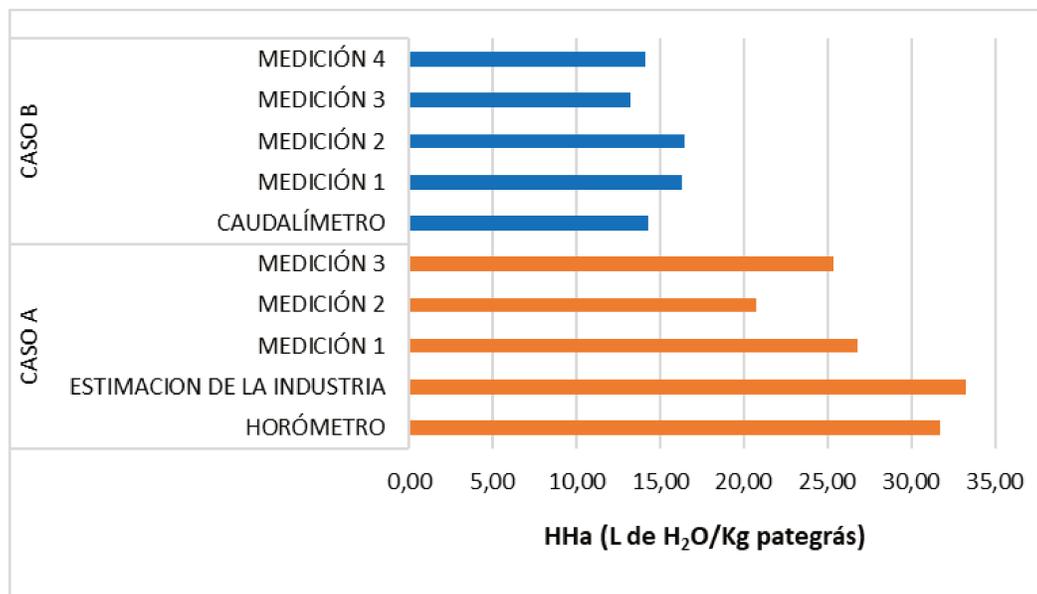


Figura IV.9: Comparación de resultados de casos en HHa en L por kg de pategrás.

Si bien son empresas de diversas características como de escala productiva, un punto que se destaca es la similitud de resultados, es decir; con un valor promedio de todas sus HHa para el CASO A y el CASO B de 20,21 y 16,38 respectivamente. Se obtuvieron valores considerablemente cercanos y dada concordancia, podría conferir un mayor grado de certidumbre a los valores obtenidos.

d) Comparación con antecedentes:

Es importante mencionar, que no se han encontrado trabajos previos en nuestro país sobre HHa de industrias con características similares al CASO B, por lo cual se considera un agregado de valor a este estudio.

A nivel mundial, Mekonnen y Hoekstra (2012) calcularon la HH promedio global para diferentes productos de origen animal y la componente azul del queso informada es 10 veces mayor o más elevada, que las calculadas en este trabajo. Esta diferencia puede deberse a la implementación de distintas metodologías, a la incorporación de otros insumos como fuentes de consumo indirecto de agua azul y a que los procesos productivos bajo estudio presenten algunas diferencias de manejo.

Fue posible identificar a nivel local otras experiencias existentes que son comparables con las dimensiones productivas del CASO A:

- Pérez (2020), determinó la HHa de una fábrica que procesa aproximadamente 2000 L de leche diarios obteniendo un valor 136,4 L de agua/kg de queso. El mismo es comparable con el CASO A, la cual también posee un bajo volumen de leche procesada. No obstante, considerando que su resultado de HHa fue menor (promedio de 24,5 a través de mediciones puntuales y 31,7 mediante horómetro), se asume que el CASO A presentaría mayor eficiencia de uso de agua que el estudio citado. Pese a esta inferencia, se aclara que el estudio realizado por la autora integra al análisis el eslabón primario y, además, se observó que sus consumos en caldera son ampliamente superiores al del CASO A suponiendo que el cálculo realizado para este último debería reverse y ser mejorado para líneas futuras de trabajo.
- En un estudio a nivel local (Falabella *et al.*, 2018), evaluaron la huella de agua en quesos semiduros de 3 fábricas de aproximadamente 2000, 1200 y 700 L de leche procesada/día ubicadas en Tandil, Nogoyá y Punilla respectivamente. El resultado de la HHa empleando la misma metodología fue de 201,1 para la primera; 76,0 la segunda y 64,5 L de agua/kg de queso para la tercera industria. Si bien no declaran concretamente para consumo de agua, sí destacan en líneas generales que el mayor

impacto de la actividad está vinculada a la etapa primaria, específicamente a producción animal, pudiendo inferir que una porción considerable de sus HHa también estuvo direccionada a dicho eslabón. Por tal motivo, los resultados obtenidos por Pérez (2020) y Falabella *et al.* (2018) superan los obtenidos en el presente estudio. Ambos incluyeron en su análisis el consumo de agua azul asociado a la producción primaria, cuya etapa no fue considerada en este estudio de elaboración de quesos.

- Lo mismo ocurre con otro ejemplo a nivel local (Rodríguez *et al.*, 2019). Calcularon la HHa del queso en dos fábricas de diferentes dimensiones productivas (Producción de quesos kilos/día: 245 y 950) de Tandil. Los resultados de HHa estuvieron entre 113 y 87 L de agua/kg de queso (mayores al presente estudio) pero se debe considerar que dentro de su componente azul incluyen la porción de agua azul del tambo que provee la materia prima y la de bebida animal perteneciente a ese tambo.
- Perez (2020), realizó su estudio siguiendo la metodología de Rodriguez *et al.* (2018) y obtuvo resultados similares. El autor presentó en sus resultados que, aproximadamente el 50% del agua azul se atribuye al uso en fábrica. El consumo total fue de 27,27 m³/día, el consumo en fábrica 15m³/día y la HHa 75 L agua/kg de queso, considerando sólo a la producción en fábrica.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todas estas comparativas y en línea con los supuestos, se considera que los resultados de HHa del CASO A presentan valores coherentes y comparables con la bibliografía.

VI. II) 4- HH gris derivada de efluentes generados

Como se mencionó en la metodología sobre HHg en el presente capítulo, para su determinación se tomaron muestras de efluentes en diferentes fechas y se realizaron los análisis de laboratorio de una serie de parámetros específicos. El cálculo de HHg sólo se realizó con valores de concentración de aquellos parámetros para los que la normativa empleada tiene límites máximos establecidos (C_{max}). Los parámetros empleados para el cálculo de HHg fueron:

- Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
- Nitrógeno (mg N/L)

- Fósforo (mg P/L)
- DBO (mg O₂/L)
- DQO (mg O₂/L)

El valor empleado como resultado final de HHg, es para cada caso el parámetro que genera un mayor valor. El valor más alto de HHg obtenido corresponde al volumen máximo necesario para asimilar la carga contaminante generada por todos los parámetros medidos. En la variable “caudal de efluente”, se empleó el volumen registrado en la visita realizada en la fecha del muestreo o cercano al mismo.

CASO A

En la Tabla IV.5 se presentan los resultados de las HHg del CASO A correspondientes para cada muestreo. Cabe aclarar que el caudal expresado como efluentes generados, es la porción afectada sólo a la producción de pategrás y no a la generación total de efluentes en una jornada de producción completa.

Para esta industria, dado que no realiza ningún tipo de tratamiento de efluentes, las muestras tomadas fueron del efluente crudo, de una fosa de capacidad restringida y poco tiempo de retención. Por este mismo motivo, para la determinación de la componente gris, se emplearon los resultados de laboratorio de una muestra compensada.

Tabla IV.5: Resultados de HHg- CASO A.

	Según la industria (10/10/21)	Medición 1 (02/12/21)	Medición 2 (18/08/22)	Medición 3 (12/10/22)
Efluentes generados (L/día)	758.692,9	604.711,1	462.814,0	574.460,3
HHg total (m ³ anuales)	43.245,5	34.468,5	26.380,4	32.744,2
HHg L agua/kg pategrás producido	9.366,57	7.465,57	5.713,75	7.092,10
<i>HHg L agua/kg pategrás, sin agua de enfriado</i>	<i>1.879,93</i>	<i>4.207,64</i>	<i>2.600,62</i>	<i>2.850,77</i>

Analizando los resultados de la Tabla, los L diarios obtenidos de efluentes presentaron un comportamiento considerablemente decreciente asumiendo que se debió a una disminución del uso de agua identificada en la etapa de limpieza de pisos internos. Si bien se observa que en la última medición el valor es mayor a la anterior, se hace la salvedad de que ese aumento estuvo asociado a la incorporación de la máquina pasteurizadora de crema, la cual produjo nuevos consumos.

Pese a la aclaración, el resultado de mayor significancia fue el de la Medición 1 a partir de la cual, no sólo se obtuvo la mayor HHg por kilo de queso, sino además presentó el mayor volumen de efluente generado; sabiendo que aún en esa fecha disponían de una menor presión de agua del tanque.

En la Figura IV.10 se representan los resultados de HHg asociados a los parámetros analizados en las muestras, a partir de los cuales se han obtenido los valores más altos. El mayor resultado de HHg para todas las muestras estuvo asociado a la Demanda Química de Oxígeno, aunque aclarando que el valor encontrado fue anormalmente elevado.

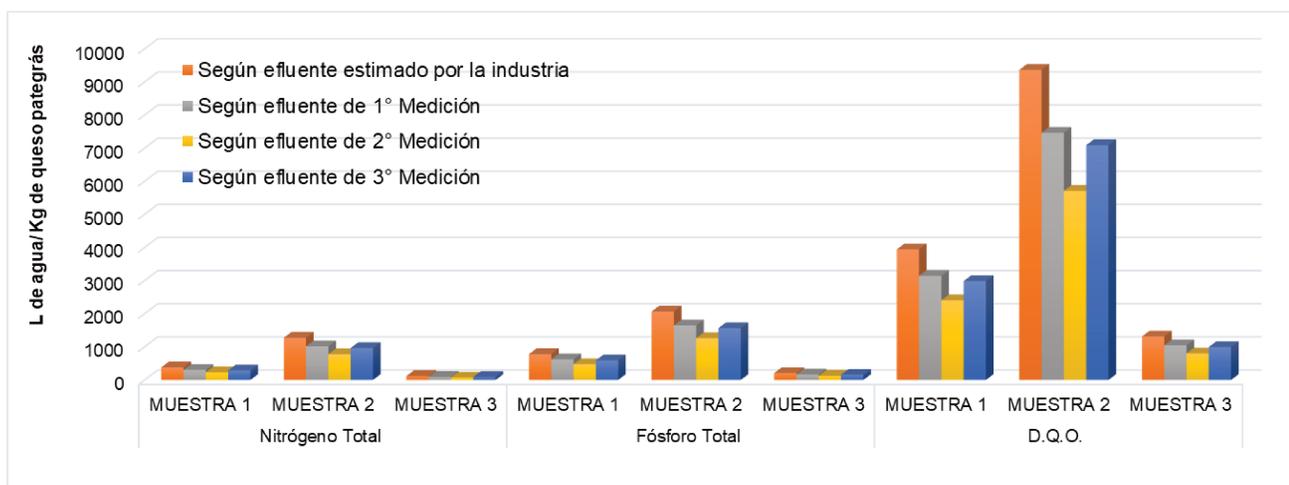


Figura IV.10: Resultado de HHg según los diferentes parámetros analizados en las muestras.

En la Figura IV.11 se representan los resultados de HHg (L de agua/ kg de queso pategrás) considerando un escenario hipotético de no descarte de agua de enfriado, con lo cual se asumiría que el valor de HHg se vería reducido debido a una disminución del efluente generado. Para ellos se utilizaron los valores más

altos, cuyo factor determinante de la HHg, como ya se mencionó, fue la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

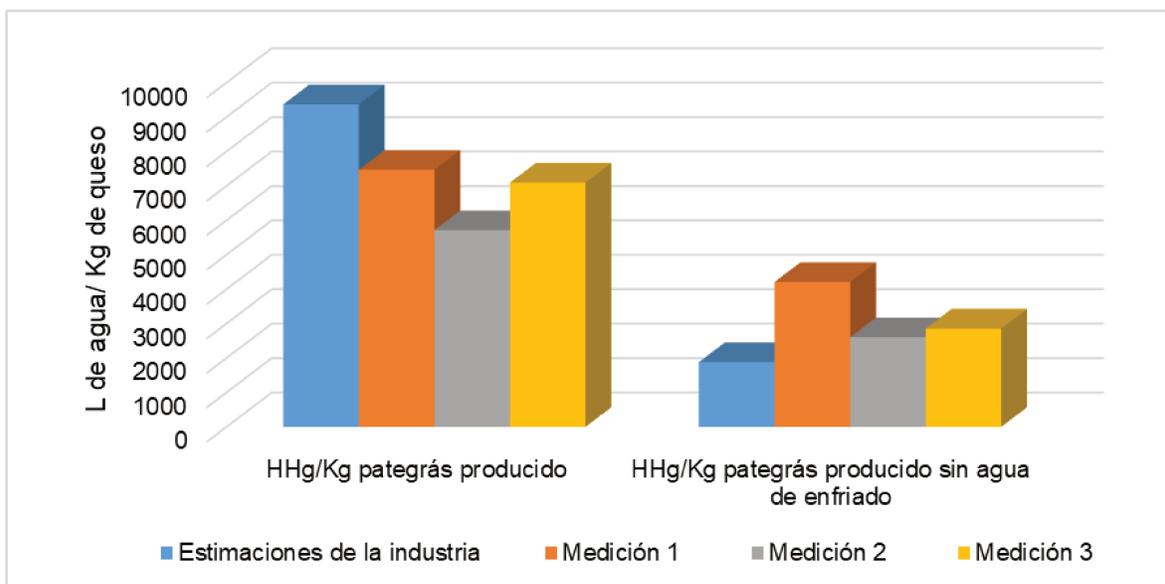


Figura IV.11: Resultados de HHg- CASO A, considerando con y sin agua de enfriado.

Evaluando los resultados en la Figura IV.11, se puede observar que ocurre lo mismo que en la HHa en cuanto a la diferencia entre los resultados según mediciones y los estimados por la empresa suponiendo una sobreestimación de los consumos principalmente el correspondiente a la etapa de enfriado de leche pasteurizada. Por este mismo motivo, la diferencia más grande entre el resultado de HHg total y la HHg considerando el descuento del agua de enfriado, corresponde al modelo con estimaciones de la industria. Los resultados de HHg considerando una reutilización del agua de enfriado, fue para el caudal de efluente estimado en la Medición 3.

CASO B

En este caso, el caudal empleado para la determinación de la HHg, fue aquel que no incluye el agua de condensado, es decir; teniendo presente que el volumen de agua de condensado generado no es desechado sino se utiliza para limpieza. Los resultados finales expresados en la Tabla IV.6 corresponden al valor de HHg obtenido más alto.

Tabla IV.6: Resultados de HHg- CASO B.

	Medición 1 (ene-22)	Medición 2 (feb-22)	Medición 3 (ago-22)	Medición 4 (dic-22)
Efluentes generados (L/día)	83.811,7	84.695,8	68.156,9	84.509,7
HHg total (m ³ /año)	435.485,48	440.079,54	303.551,54	250.921,3
HHg L agua/kg pategrás, sin agua de condensado	504,03	509,35	409,89	435,63

En la Figura IV.12, se presentan los resultados de HHg asociado a cada parámetro analizado en las muestras de laboratorio y a su vez, empleando como caudal de efluente los obtenidos en cada una de las mediciones. En este caso, el factor determinante resultó ser Sólidos Suspendidos Totales y en segundo lugar Fósforo, pero el primero fue el que determinó el valor de la HHg.

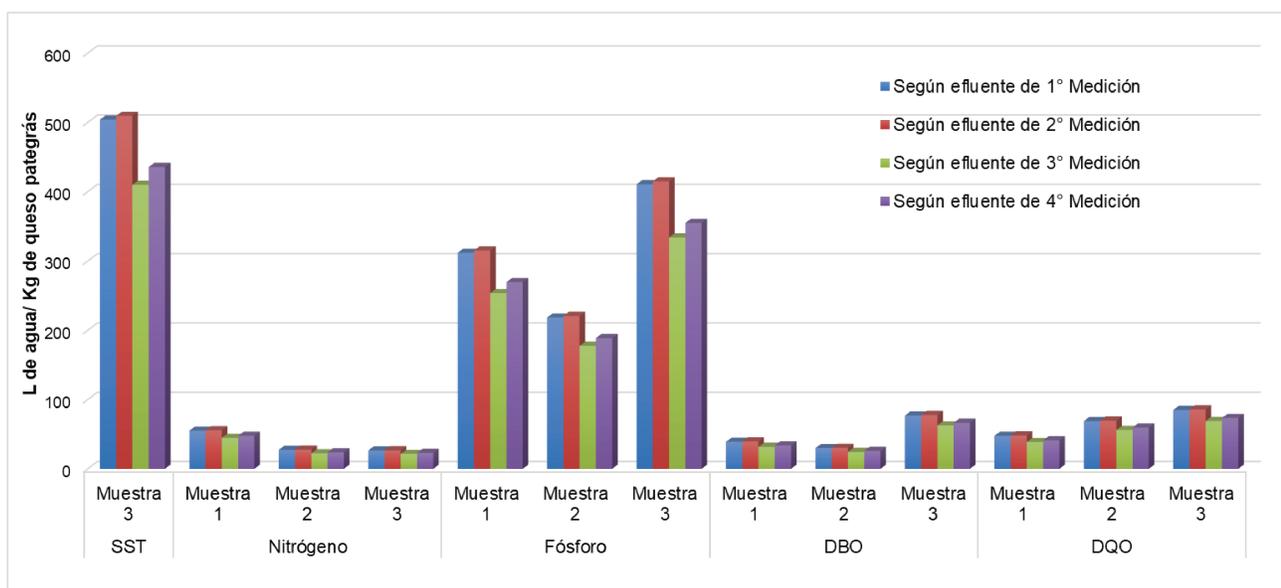


Figura IV.12: HHg por kg de queso para los parámetros que mayores valores presentaron.

Si bien el volumen total por año necesario para diluir contaminantes (HHg total) fue mayor para el efluente del CASO B, se debe al volumen de efluente generado (notablemente más elevado) y no a las condiciones fisicoquímicas de éste. En cambio, si se compara la HHg asociada a la unidad productiva (L de agua/kg

queso) el CASO B, no presentó valores muy superiores al otro caso, considerando esto como una compensación por su alta producción y que su proceso productivo posee un sistema de manejo más complejo y eficiente que posibilita un mayor monitoreo en la generación de efluentes. En cuanto a los resultados de laboratorio, si bien el Caso A presentó valores por encima de los permitidos y mayores que los del CASO B, ninguna de ellas cumple con lo establecido para el volcamiento de sus efluentes a cuerpos de agua superficiales. Los valores más altos en el CASO A corresponden a Demanda Química de Oxígeno (DQO) según la muestra 1 y 2 y Fósforo a partir de la muestra 3. Mientras que, en el CASO B los resultados más altos estuvieron asociados a los parámetros: Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Fósforo. Siguiendo el enfoque de Hoekstra (2011) para la componente gris y pese a que ésta sea un valor teórico, se podría atribuir al CASO B una posible reducción de la HHg debido a una aparente mejora del sistema de tratamiento.

VI. II) 5. HH totales

En la Tabla IV.7 se resumen los resultados totales de cada HH (HHa y HHg) para cada industria estudiada. Es importante recordar que las HH de todas las componentes para esta tabla fueron expresadas en L de agua/kg queso pategrás producido.

Tabla IV.7: Comparación de HH totales de industrias analizadas.

	CASO A				CASO B			
	Según la industria	Medición 1 (02/12/21)	Medición 2 (18/08/22)	Medición 3 (12/10/22)	Medición 1 (ene-22)	Medición 2 (feb-22)	Medición 3 (ago-22)	Medición 4 (dic-22)
HHa (L de agua/ kg queso)	33,24	26,76	20,78	25,36	16,30	16,47	13,25	14,08
HHg (L de agua/ kg queso)	9.366,5	7.465,6	5.713,8	7.092,1	504,03	509,4	409,9	435,6
HH total	9.399,8	7.492,33	5.734,53	7.117,46	520,33	525,82	423,14	449,71

Si bien el resultado de HHa se desdibuja por los amplios valores de consumo de agua necesarios para asimilar la carga contaminante de los efluentes producidos (HHg) (como era de esperarse), los fundamentos de esta componente se sustentan en un concepto teórico, en cambio, los consumos de agua azul son de manera extractiva directa de las fuentes de agua subterráneas. Es por eso que la HHg resulta de gran controversia y no es de utilidad para estudios de impacto en consumo de agua donde la finalidad tiende a optimizar o minimizar consumos ya que al igual como plantean numerosos autores (Pérez *et al.* 2021, Pérez 2020, por ejemplo) tiene asociado, por definición, un consumo adicional de agua que no se pretende realizar.

La industria de escala familiar fue la que presentó mayores resultados de HHa asociando menor eficiencia por menor escala productiva disponible. En este caso sería de gran importancia, evaluar la alternativa económica financiera de la instalación de un sistema de captación y acopio de agua de enfriado, pudiendo

este volumen ser recirculado y empleado dentro del mismo proceso para otro uso, reduciendo considerablemente el consumo total y de aguas residuales generadas.

Si bien las HH fueron menores en todos los casos para el CASO B, podrían reducirse aún más si se reutilizara el agua descartada del proceso de ultrafiltrado de suero. Para eso, debería considerarse la posibilidad de realizar una adaptación en el sistema de circuito de agua de manera que permita que ese caudal retorne a la planta en forma directa o realizar el depósito de este en un silo. Por otra parte, y en segundo lugar, la instalación de caudalímetros en cada una de las tinas podría favorecer un control riguroso del consumo en dicha etapa para cualquier operario que estuviera a cargo.

VI. III) CONCLUSIONES

Se ha obtenido una HHa en industrias con un importante grado de precisión, la cual se ha detallado con entradas de agua diferenciadas para cada proceso unitario dentro de las industrias estudiadas. Esto, no sólo contribuiría a la generación de un inventario confiable sino además podría posibilitar el abordaje de propuestas específicas orientadas a una mejora de la gestión del agua.

En cuanto a la metodología, los resultados de HHa son una importante herramienta de análisis preliminar que permite a una empresa en una fase de diagnóstico, identificar focos de desperdicios o puntos críticos dentro de su proceso productivo.

Por su parte la estimación de la componente gris refleja volumétricamente la presión que ejercería el volcamiento de un efluente sobre una cuenca hidrográfica, demandando de ésta una cantidad teórica de agua específica que diluya su carga contaminante; sin embargo, no demuestra cómo afectaría degradativamente a dicha cuenca. No obstante, la metodología de HHg pudo aportar una caracterización importante, reflejando a través de ese volumen una primera aproximación a la magnitud de impacto potencial que estaría generando cada empresa.

11- CAPÍTULO V

HUELLA DE AGUA (HA) EN SISTEMAS PRIMARIOS LECHEROS BOVINOS.

V. I) MATERIALES Y MÉTODOS

1- Fase 1. Definición de Objetivos y Alcance en estudio de impacto ambiental de leche cruda

- a) Objetivo del estudio
- b) Alcance del estudio
- c) Función del sistema
- d) Requerimiento de Datos

2- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida (Sistemas Productivos primarios)

- a) Descripción del sistema- Límites, criterios de corte y asignación.
- b) Documentos guía utilizado para llevar adelante el inventario
- c) Lista de recopilación de datos de inventario en leche cruda.
- d) Modelo de Inventario
- e) Método de registro de información (herramientas empleadas)

3- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

- a) Selección de impactos a evaluar
- b) Método de evaluación de impactos
- c) Factores de caracterización

V. II) RESULTADOS y DISCUSIÓN

1- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida de casos primarios en estudio

2- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

Perfil de huella de agua (HA) en sistemas lecheros primarios bovinos.

3- Fase 4. Interpretación

a) Análisis y comparación de resultados, problemas significativos y puntos críticos.

V. III) CONCLUSIONES

V. I) MATERIALES Y MÉTODOS

V. I) 1- Fase 1. Definición de Objetivos y Alcance en estudio de impacto ambiental de leche

cruda

a) Objetivo del estudio:

Conocer el perfil de huella de agua (HA) de leche cruda producida en 5 sistemas productivos bovinos representativos del Departamento Castellanos y Las Colonias, ubicados en la provincia de Santa Fe (Argentina).

b) Alcance del estudio:

En el estudio se consideran aquellas actividades vinculadas netamente al proceso de producción de leche “desde la cuna a la puerta”, es decir, desde la adquisición de las materias primas hasta la obtención de la leche dentro de los límites del tambo. Por lo tanto, se incluyen las actividades que se desarrollan dentro del mismo (y los insumos/recursos que dichas actividades requieren), hasta que la leche cruda es recogida por camiones cisterna para transportarlos hacia la industria. Se excluyó la participación de la actividad de cría y recría atribuida a terneros machos (para aquellos casos que corresponde), proceso a través del cual, al mismo tiempo, se realiza la reposición de vacas en ordeño que fueron apartadas del sistema como vacas descarte. Siguiendo el esquema propuesto por Suppen (2018) (Figura V.1), se elaboró en forma genérica, el diagrama de flujo representativo de los establecimientos estudiados (Figura V.2).



Figura V.1: Balance hídrico de un proceso (Suppen, 2018).

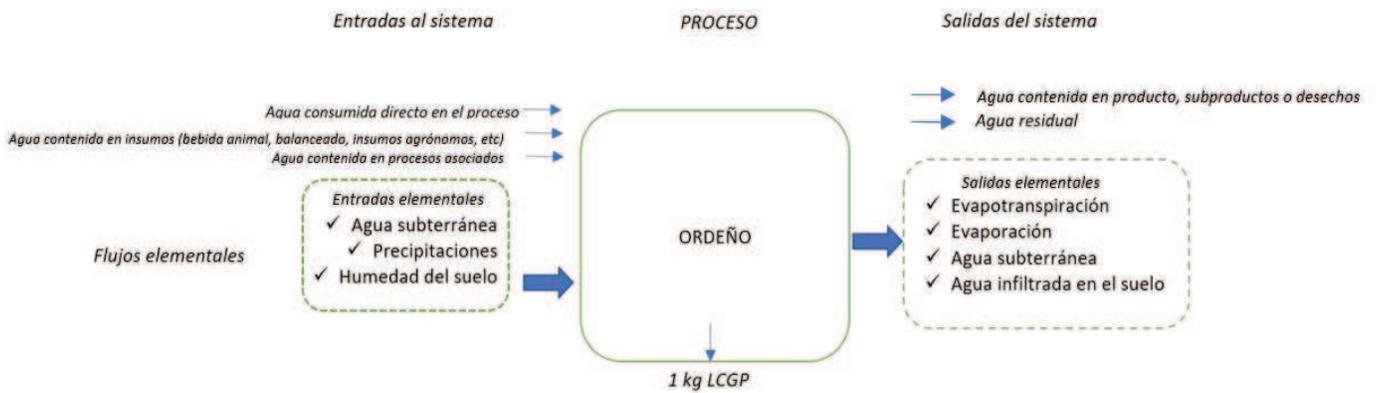


Figura V.2: Diagrama de flujo representativo de los sistemas primarios evaluados (elaboración propia).

c) Función del sistema:

Proveer leche bovina al mercado local argentino, en forma de leche cruda fluida a granel (litros). Todos los casos estudiados realizan funciones secundarias como la provisión de carne bovina, en forma de ternero de cría (300 kg por cabeza aproximadamente) y en menor medida algunos de los sistemas desarrollan recría de terneros, en un solo caso siembra para venta de granos. Todos los detalles de estas clasificaciones se encuentran previamente descritas en la Tabla I.2 (Capítulo I, Punto II.2.B).

Se clasificó todo el proceso en dos etapas: Agrícola (cultivos, agroquímicos y fertilizantes, gasoil, agua de bebida) y Ordeño (consumo de agua en proceso de ordeño y consumo eléctrico).

Unidad funcional:

1 kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP) producida en establecimientos tamberos del Departamento Castellanos y Las Colonias (provincia de Santa Fe, Argentina).

d) Requerimiento de Datos

Se recopilan datos acerca de los recursos e insumos utilizados para llevar a cabo la función del sistema (alimento para animales, superficie de tierra, etc.), así como las salidas del sistema (productos y coproductos generados, efluentes, desechos).

Datos excluidos y/o no solicitados:

- Animales muertos

Fuentes de datos:

- Fuentes primarias para datos específicos del sitio (“site-specific data”):

Los datos correspondieron predominantemente a este grupo, obtenidos mediante información proporcionada por los dueños y tamberos de cada establecimiento y a través de mediciones o muestreos.

Para el consumo de electricidad se emplearon facturas suministradas por los dueños, tal como recomienda la norma (documentos que brinden información verificable y reproducible). Se contó con el balance anual de algunos de los casos, registros de compras y reparaciones, así como con la colaboración de los responsables y personal profesional perteneciente a la empresa (ingeniero, contador, administrador rural).

- Fuentes secundarias para datos genéricos (“generic data”):

Se emplearon bases de datos, por ejemplo, para las características edafoclimáticas de cada región (Capítulo III, Punto I.4), fichas técnicas sobre composición de balanceados u otro insumo suministrado a los animales y fertilizantes utilizados (según las marcas enunciadas en las encuestas).

- Fuentes terciarias para suposiciones/estimaciones:

En el caso de información faltante, se realizaron estimaciones. Se emplearon fórmulas predictivas y base de datos para la cuantificación de agua de bebida, ya mencionados en el Capítulo III, Punto I.2.

V. I) 2- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida (Sistemas Productivos Primarios)

a) Descripción del sistema- Límites, criterios de corte y asignación.

Cada sistema fue debidamente descrito en el Capítulo I, a lo largo del Punto I. Aunque desarrollen funciones secundarias derivadas a la producción lechera, se estableció no hacer ningún tipo de asignación dada la baja representatividad de la actividad cría en el 80% de los sistemas estudiados. Sólo se realizó asignación en aquellas entradas que son compartidas con actividades paralelas como agricultura o ganadería siendo las hectáreas empleadas para cada uno, la variable empleada como criterio de asignación. El agua superficial no es considerada ya que ninguno de los tambos emplea fuentes provenientes de lagos, lagunas o arroyos. El proceso, en este caso sería el ORDEÑO. El agua contenida en materias primas incluye no sólo insumos, sino también procesos asociados necesarios para el desarrollo del proceso de ordeño (electricidad, combustible y transporte). El agua contenida en productos sería en la leche cruda y como co-producto en las hembras productivas (agua contenida para su desarrollo fisiológico, mitigación del calor corporal y producción de leche). Otra salida de agua a la tecnósfera es aquella porción que se pierde mediante excretas y orina, y finalmente una última fracción representada a través del agua de lavado post ordeño. El agua evaporada, en este caso estaría atribuida al proceso de evapotranspiración de áreas verdes empleadas para alimento.

b) Documentos guía utilizado para llevar adelante el inventario.

- “Product Category Rules- Milk (PCR)”.
- Resultados de encuestas y entrevistas realizadas a los responsables que dirigen las distintas áreas de las unidades productivas y personal profesional contratado por los establecimientos.
- Informes de análisis fisicoquímicos de los efluentes generados en cada tambo, elaborados por el Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela (UTN, FRRa).
- Suppen (2018): Balance hídrico de un proceso productivo, conforme a las directrices propuestas por las normas ISO 14046.

La confección del inventario fue en base a la cuantificación empleada para la metodología de HH más otros procesos y/o materiales que ingresan al sistema como, consumo eléctrico, gasoil, productos químicos (insecticidas, pesticidas) y productos de higiene y desinfección.

c) Lista de recopilación de datos de inventario

- Superficie de tierra ocupada: correspondiente al área afectada directamente al desarrollo del sistema tambero.
- Cantidad de agua utilizada
- Tipo/composición y cantidad de alimento utilizado para los animales
- Tipo y cantidad de otros insumos utilizados: cal viva para guacheras de terneros, productos desinfectantes y de limpieza, etc.
- Tipo y cantidad de combustibles utilizados en las maquinarias
- Electricidad utilizada
- Tipo y cantidad de efluentes generados
- Tipo y cantidad de productos y co-productos generados
- Transporte de productos hasta los tambos: balanceados, núcleos, agroquímicos, semillas, granos, expeller de soja, etc.

Faltantes en el inventario:

- Tipo y cantidad de productos veterinarios utilizados.
- Número y peso de animales muertos

d) Modelo de Inventario

Los inventarios del sector primario se encuentran descritos en el Punto II.1.a) del presente capítulo. La estructura general para la elaboración de los mismos se muestra representada en la Figura V.3, donde los consumos de agua asociados a la cadena de suministro fueron agrupados de acuerdo a las distintas etapas que componen el proceso principal de ordeño. Ellas son: etapa agrícola o de elaboración de alimentos, etapa de ordeño propiamente dicha, donde interviene el consumo de insumos y subprocesos que acarrea un consumo de agua para su elaboración y, por último, la etapa de transporte correspondiente a la llegada a cada establecimiento de insumos y/o productos adquiridos por los mismos.

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN			
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Consumo de agua asociada a la cadena de suministros			
Etapa agrícola			
Etapa ordeño			
Transporte			
SALIDAS			
Salidas directas (flujos elementales)			
Salidas de agua contenida en productos y desechos			

Figura V.3: Estructura empleada para elaboración de inventario.

e) Método de registro de información (herramientas empleadas)

Para el registro de los datos recopilados, se emplearon planillas en formato Excel a partir del cual se realizaron las adaptaciones correspondientes a la información disponible. Pese al faltante, se realiza en forma complementaria, una simulación del sistema en SimaPro, utilizando Ecoinvent como base de datos.

V. I) 3- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

Para la evaluación de impacto de los sistemas productivos primarios utilizados, las características de los elementos obligatorios del estudio fueron los siguientes:

a) Selección de impactos a evaluar

Las categorías de impacto seleccionadas para el estudio fueron de punto medio o “midpoint”:

- 1) Uso extractivo de agua dulce que afecta a la disponibilidad del recurso en una región, expresado en m³ equivalente (Ecuación V.2, V.3, V.4 y V.5, más adelante).

E impactos asociados a la degradación del volumen consumido:

- 2) Emisiones de gases que generan acidificación, expresadas como la suma del potencial de acidificación en kg SO₂-equivalente (Ecuación V.7, más adelante).
- 3) Emisiones de sustancias al agua que contribuyen al agotamiento del oxígeno (eutrofización), expresadas en kg P-equivalente (Ecuación V.8, más adelante).

b) Método de evaluación de impactos

- Los métodos empleados para la evaluación de impacto asociado al consumo de agua fue el AWARE o Agua disponible remanente (Boulay *et al.*, 2015) comparativamente con el índice de impacto hídrico o Water Impact Index (WIIX) propuesto por Bayart *et al.* (2014) para los sistemas primarios y, el índice de estrés hídrico o Water Stress Index- WSI (Pfister *et al.*, 2009) para las industrias.

- La metodología de ReCiPe Midpoint Hierarchist (Goedkoop *et al.*, 2008) fue escogida para evaluar la degradación del recurso hídrico, dado que este es considerado el enfoque de indicadores más reciente y armonizado disponible en la evaluación del impacto del ciclo de vida.

El objetivo del método AWARE es vincular la extracción de agua dulce para usos humanos más el caudal ambiental, y la disponibilidad total de agua en una unidad de área específica (región donde se localizan los casos en estudio).

La finalidad del método WIIX, es consolidar en un número el consumo, el estrés hídrico y la contaminación del proceso. Siendo una categoría de evaluación de impacto sobre la disponibilidad del recurso, agrupa en un solo parámetro tres factores claves: un balance hídrico, factores de calidad de agua y grado de escasez hídrica (para el que existen valores de referencia de acuerdo a la región geográfica).

El WSI representa la relación entre la extracción de agua dulce para usos humanos y su disponibilidad total de agua en cierta región. Por lo tanto, el WSI se basa en extracción y no consumo.

El objetivo principal del método ReCiPe, es transformar la lista de resultados de inventario de ciclo de vida, a un número limitado de puntuaciones de indicadores. Las puntuaciones de los indicadores expresan la gravedad relativa en una categoría de impacto ambiental. En ReCiPe se determinan indicadores a dos niveles: dieciocho indicadores de punto medio y tres indicadores de punto final.

Cada método (punto medio, punto final) contiene factores de acuerdo con las tres perspectivas culturales. Estas perspectivas representan un conjunto de opciones sobre temas como el tiempo o las expectativas que pueden prevenir daños futuros.

Los indicadores de punto medio se centran en problemas ambientales únicos, por ejemplo, la eutrofización o acidificación. Los indicadores de punto final muestran el impacto ambiental en tres niveles de agregación más altos, siendo 1) el efecto en la salud humana, 2) la biodiversidad y 3) la escasez de recursos. La conversión de puntos medios a puntos finales simplifica la interpretación de los resultados del análisis de

ciclo de vida. Sin embargo, con cada paso de agregación, la incertidumbre en los resultados aumenta y por lo tanto no se los consideró.

c) Factores de caracterización

Se utilizaron los factores de caracterización de la perspectiva jerárquica o “Hierarchist” y a que usualmente es considerada como la perspectiva por “default”, basada en un modelo de consenso, como se suele encontrar en los modelos científicos (ReCiPe, 2017).

Como se indica en la Ecuación V.1., los flujos elementales (E) en el inventario fueron evaluados considerando el grado en el que contribuyen a un impacto. Todos los flujos elementales, clasificados en una categoría de impacto específica “i”, son multiplicados por sus respectivos factores de caracterización FC (que vienen dados por el método de evaluación de impacto escogido) y sumados sobre todas las intervenciones relevantes i (emisiones o extracciones de recursos) representando finalmente un resultado de categoría (RC) para la categoría de impacto ambiental, expresado en una unidad específica, que debe ser la misma para todos los flujos elementales dentro de la misma categoría de impacto:

$$RC_a = \sum_i (FC_i * E_i) \quad \text{(Ecuación V.1)}$$

Resumiendo, al haberse elegido AWARE, WIIX, WSI y ReCiPe H, las categorías de impacto a utilizarse fueron:

- Uso de agua (“water use”)
- Agotamiento de agua dulce (“water depletion”)
- Acidificación terrestre (“terrestrial acidification”)
- Eutrofización de agua dulce (“freshwater eutrophication”),

y los métodos de cálculo asociados a tales categorías pueden expresarse en forma simplificada en las Ecuaciones V.2, V.3, V.4, V.5, V.7 y V.8.

AWARE

También denominado Available Water Remaining o Agua Disponible Remanente que analiza la relación entre la extracción de agua dulce para usos humanos y su disponibilidad total de agua en cierta región.

$$\diamond \text{ Impacto por escasez}_{m^3eq} AWARE = Consumo \times AWARE \quad (\text{Ecuación V.2.})$$

El indicador puede ser 100 veces el agua consumida. AWARE varía entre 0,1 y 100. Si el factor de caracterización de una región es 10, quiere decir que esa región tiene 10 veces menos agua remanente disponible que el promedio mundial (CADIS-COSUDE, 2016).

WSI

Evalúa el nivel de escasez hídrica de una zona determinada. Este modelo se construye tomando en cuenta las extracciones y la disponibilidad de agua para una determinada cuenca (Pfister *et al.* 2009).

$$\diamond \text{ Impacto por escasez}_{m^3eq} WSI = Consumo \times WSI \quad (\text{Ecuación V.3.})$$

El indicador puede ser tan alto como el consumo de agua. Los valores del WSI están disponibles en internet a través de una capa de Google Earth²⁰. Estos van desde 0,01, para lugares no estresados, hasta 1, para lugares muy estresados y para lograr este rango utiliza una ecuación logística. Para el WSI para Santa Fe según Pfister *et al.* (2009), y en base a trabajos anteriores, emplearon un valor de WSI de 0,0106 (Charlón *et al.*, 2014).

WIIX

Un balance hídrico, en donde los caudales de entrada y salida están ponderados por factores de calidad y estrés hídrico, lo que entrega un resultado de consumo equivalente de agua (ej. m³ eq. WIIX), debido a la caracterización de calidad y estrés que tiene asociado el indicador. Se calcula para cada una de las aguas extraídas (WIIX extracción) y para cada una de las aguas descargadas al ambiente por la empresa (WIIX descarga) (Bayart *et al.* 2014) (Ecuaciones V.3 y V.4).

$$\diamond WII X_{extracción} = +(E \times Q_E \times WSI_E) \quad (\text{Ecuación V.4.})$$

$$WII X_{descarga} = -(S \times Q_S \times WSI_S) \quad (\text{Ecuación V.5.})$$

Donde;

E ($m^3/año$), volumen de agua de entrada;

S ($m^3/año$), volumen de agua de salida;

Q_E , factor de calidad del agua de entrada;

Q_S , factor de calidad del agua de salida;

WSI_E , nivel de escasez hídrica zona de extracción;

WSI_S , nivel de escasez hídrica zona de descarga.

El componente de calidad (Ecuación V.5.) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{E,S} = \min \left(1; \frac{C_{REF}}{C_{E,S}} \right) \quad (\text{Ecuación V.6})$$

Este factor toma en cuenta la calidad de las aguas extraídas y descargadas ($C_{E,S}$) y una concentración de referencia- C_{REF} según una normativa (para este caso, la Resolución N° 1089/82). La ecuación muestra que el valor del factor de calidad del agua es el mínimo entre 1 y el cociente de la concentración de referencia respecto de la concentración del afluente o efluente, respectivamente. Se evalúan todos los contaminantes y el factor de calidad del agua toma el valor del más crítico o, en otras palabras, el que presente el menor valor entre todos los evaluados. Si la concentración de los contaminantes en las aguas extraídas o descargadas no excede la concentración de referencia, el índice de calidad tomará un valor igual a 1, lo que indica que es agua de buena calidad.

ACIDIFICACIÓN TERRESTRE.

Este indicador mediante el método ReCiPe toma el valor según el criterio de saturación base que calcula el destino atmosférico siguiendo modelos europeos. Para su factor de caracterización considera sustancias acidificantes más importantes: NO_x, NH₃, SO₂, entregando un resultado de impacto por acidificación expresado en kg SO₂-eq.

$$\text{❖ Impacto por degradación}_{\text{kg SO}_2\text{-eq}} = \text{Consumo} \times \text{FC de acidificación} \quad (\text{Ecuación V.7})$$

EUTROFIZACIÓN ACUÁTICA

Representa el impacto en biodiversidad acuática por el incremento de nutrientes debido a emisiones en el aire, agua y suelo usando el fósforo como sustancia de referencia y entregando un resultado de impacto expresado en kg P-eq (CADIS-COSUDE, 2016).

$$\text{❖ Impacto por degradación}_{\text{kg P eq}} = \text{Consumo} \times \text{FC de eutrofización} \quad (\text{Ecuación V.8})$$

V. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V. II) 2- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida de casos primarios en estudio

En las Tablas V.1, V.2, V.3, V.4, V.5 se resumen los resultados de inventario obtenidos para cada caso.

En dichas tablas, se presentan primeramente los resultados totales anuales según la unidad que corresponda. Luego, en la última columna se representan los resultados de cada entrada al inventario asociado a la unidad funcional definida, en este caso kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP).

En la sección Anexos, se encuentran los inventarios tal y como se configuran en el software SimaPro para su modelizado y posterior medición de impacto (ANEXO 6).

Tabla V.1: Inventario de ciclo de vida CASO 1 (resultados anuales)

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	839.809,1	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de precipitaciones	m ³	893.964	1.064,484
Agua de pozo para enfriamiento	L	5.277.900	6,284
Agua para limpieza	L	8.495.000,6	10,115
Agua de bebida animal	L	5.590.792,3	6,657
Agua asociada a la cadena de suministros			
Etapa agrícola			
Expeller de soja	kg	213.336,0	0,254
Algodón (VO)	kg	315.360	0,375
Fertilizante nitrogenado, como N	kg	32.000	0,038
Fertilizante fosforado, como P	kg	19.000	0,022
Pesticida Azufre	g	500	0,0005
Gas oil para tareas agrícolas	L	26.000	0,030
Cal viva (terneras destete y cría)	kg	4.471,2	0,005
Ordeño			
Electricidad	kWh	47.466	0,056
Ácido sulfúrico (2 días/sem)	L	288	0,0003
Alcalino	L	438	0,0005
Hipoclorito de sodio	L	730	0,0008
Transporte			
Transporte expeller de soja (15km)	tKm	3.200,0	0,003
Transporte algodón (600km) (340 kg)	tKm	204	0,0002
Transporte de agroquímicos (15km)	tKm	257,5	0,0003
SALIDAS			
Salidas directas			
Evapotranspiración	m ³	580.456	691,18
Agua evaporada o retorna a cuerpo de agua	m ³	314.514	374,51
Agua residual	L	3.217.100,6	3,830
Salidas de agua contenida en productos o residuos			
Agua contenida en el producto	L	1.677.237,7	1,997
Pérdida de agua por Excretas y orina	L	2.907.212,0	3,461

Tabla V.2: Inventario de ciclo de vida CASO 2 (resultados anuales)

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	447048,8	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de precipitaciones	m ³	993.339	2,221
Agua de pozo para enfriamiento	L	5.475.000	12,246
Agua para limpieza	L	826.968,3	1,849
Agua de bebida animal	L	347.546,2	0,777
Agua asociada a la cadena de suministros			
Etapas agrícolas			
Balanceado	kg	114.960,4	0,257
Fertilizante nitrogenado, como N	kg	16.105	0,036
Fertilizante fosforado, como P	kg	4.740	0,010
Pesticida Azufre	L	903,9	0,002
Gas oil para tareas agrícolas	L	9.600	0,021
Cal viva	kg	2.555	0,005
Ordeño			
Electricidad	kWh	24.368	0,054
Ácido fosfórico	L	48	0,0001
Detergente	L	365	0,0008
Cloro	L	400	0,0008
Alcalino	L	365	0,0008
Transporte			
Transporte balanceado (45Km-Sarmiento)	tKm	5.173,2	0,011
SALIDAS			
Salidas directas			
Evapotranspiración	m ³	760.803	1,701
Agua evaporada o retorna a cuerpo de agua	m ³	232.598,5	0,520
Agua residual	L	826.968,3	1,849
Salidas de agua contenida en productos o residuos			
Agua contenida en el producto	L	134.114,6	0,3
Pérdida de agua por Excretas y orina	L	180.724,0	0,404

Tabla V.3: Inventario de ciclo de vida CASO 3 (resultados anuales)

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	483.928,2	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de precipitaciones	m ³	836.496	1,728
Agua de pozo para enfriamiento	L	9.096.923,1	18,798
Agua para limpieza	L	4.115.215,9	8,503
Agua de bebida animal	L	7.890.118,0	16,304
Agua asociada a la cadena de suministros			
Etapa agrícola			
Balanceado	kg	567.027,5	1,171
Fertilizante nitrogenado, como N	L	2.800	0,005
Fertilizante fosforado, como P	L	5.600	0,011
Gas oil para tareas agrícolas	L	7.800	0,016
Cal viva	kg	13.687,5	0,028
Ordeño			
Electricidad	kWh	28.258	0,058
Ácido	L	57,6	0,0001
Alcalino	L	219	0,0004
Cloro	L	365	0,0007
Transporte			
Transporte maíz (120 tn)	tKm	300	0,0006
Transporte balanceado	tKm	2.835,1	0,005
Transporte de agroquímicos	tKm	42	0,00008
SALIDAS			
Salidas directas			
Evapotranspiración	m ³	691.431	1,428
Agua evaporada o retorna a cuerpo de agua	m ³	146.485,2	0,302
Agua residual	L	13.212.139	27,301
Salidas de agua contenida en productos			
Agua contenida en el producto	L	2.367.035,4	4,891
Pérdida de agua por Excretas y orina	L	4.102.861,3	8,478

Tabla V.4: Inventario de ciclo de vida CASO 4 (resultados anuales)

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	535.658,4	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de precipitaciones	m ³	1.017.212	1,90
Agua de pozo para enfriamiento	L	2.398.381,8	4,48
Agua para limpieza	L	1.826.082,7	3,41
Agua de bebida animal	L	7.540.500,3	14,08
Agua asociada a la cadena de suministros			
Etapas agrícolas			
Semilla de algodón p/forraje	kg	11.936,1	0,022
Balanceado	kg	382.815,2	0,714
Fertilizante nitrogenado, como N	kg	8.411,2	0,015
Pesticida Azufre	L	848,32	0,001
Gas oil para tareas agrícolas	L	6.000	0,011
Cal viva	kg	6.935	0,012
Ordeño			
Electricidad	kWh	27.000	0,050
Alcalino	L	365	0,0006
Ácido	L	384,2	0,0007
Cloro	L	547,5	0,001
Transporte			
Transporte de algodón	tKm	334,2	0,0006
Transporte balanceado (Ma. Juana, 28 Km)	tKm	10.718,8	0,020
SALIDAS			
Salidas directas			
Evapotranspiración	m ³	538.866,4	1,01
Agua evaporada o retorna a cuerpo de agua	m ³	1.835.635,6	3,426
Agua residual	L	2.156.741,6	4,026
Salidas de agua contenida en productos			
Agua contenida en el producto	L	2.262.150,1	4,223
Pérdida de agua por Excretas y orina	L	3.921.060,1	7,320

Tabla V.5: Inventario de ciclo de vida CASO 5 (resultados anuales)

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	468.597,6	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de precipitaciones	m ³	863.348	1,842
Agua de pozo para enfriamiento	L	2.856.521,7	6,095
Agua para limpieza	L	2.755.296,7	5,879
Agua de bebida animal	L	4.936.849,5 8	10,535
Agua asociada a la cadena de suministros			
Etapa agrícola			
Balanceado	kg	306.252,2	0,354
Semilla de algodón p/forraje	kg	9.548,8	0,011
Fertilizante nitrogenado, como N	kg	8.081,2	0,009
Pesticida Azufre	L	686,32	0,0007
Gas oil para tareas agrícolas	L	4.800	0,010
Cal viva	kg	5.292,5	0,011
Ordeño			
Electricidad	kWh	26.000	0,055
Alcalino	L	511	0,001
Ácido	L	67,2	0,0001
Cloro	L	240	0,0005
Transporte			
Transporte de algodón	tkm	477,4	0,0005
Transporte balanceado (Ma. Juana, 50 Km)	tkm	15.312,6	0,017
SALIDAS			
Salidas directas			
Evapotranspiración	m ³	577.507,4	1,232
Agua evaporada o retorna a cuerpo de agua	m ³	286.729,2	0,611
Agua residual	L	2755296,7	5,879
Salidas de agua contenida en productos			
Agua contenida en el producto	L	1.481.054,8	3,160
Pérdida de agua por Excretas y orina	L	2.567.161,7	5,478

V. II) 3- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

El perfil de HA se obtuvo luego de calcular los resultados de categoría para todas las categorías de impacto ambiental que se estudiaron. En este caso, serían tres resultados de categoría que en conjunto representan el perfil ambiental asociado al consumo y contaminación del recurso hídrico, evaluado por Método AWARE o WSI y, Recipe (H), utilizando el software SimaPro.

Perfil de huella de agua (HA) en sistemas lecheros primarios bovinos.

En la Tabla V.6, se resumen los resultados de impactos asociados al uso y consumo del agua proveniente del proceso productivo evaluado, entendiendo este como el sistema de producción de leche. Todos los valores presentados en esta tabla fueron obtenidos mediante la simulación del inventario en el software SimaPro 9.5, salvo, el cálculo del indicador WIIX cuyo procedimiento fue realizado en planillas Excel (y sin considerar el impacto asociado a toda su cadena de suministros- subprocesos o procesos secundarios).

Tabla V.6: Resultados de categorías de impactos en sistemas productivos primarios evaluados.

Impacto	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
WSI (m ³ eq)	0,1556	0,015	0,3323	0,0444	0,0218
AWARE (m ³ eq)	10,93	1,07	23,37	3,15	1,54
ACIDIFICACIÓN (kg SO ₂ eq)	0,006	0,004	0,010	0,007	0,003
EUTROFIZACIÓN (kg P eq)	0,0003	0,0002	0,0003	0,0005	0,0001
WIIX (m ³ eq)	0,00000731	0,00001873	0,00002008	0,00001104	0,00001321

A partir de estos resultados y evaluando de manera global el impacto total asociado a la unidad funcional establecida (1 kg LCGP), los sistemas que presentaron mayor impacto por escasez de agua (WSI m³ eq.) fueron el CASO 3, seguido del CASO 1, siendo el menor el CASO 2.

Lo mismo ocurrió con el impacto por uso del agua según su disponibilidad remanente en la región geográfica donde se encuentran (AWARE m³ eq.), resultando que el CASO 2, es el sistema productivo que menor uso realiza del volumen disponible remanente total para la zona.

Por otro lado, y en lo que refiere a la evaluación por impacto en el deterioro y/o contaminación del recurso hídrico, el CASO 3 representa el mayor resultado asociado a la categoría de Acidificación Terrestre, seguido del CASO 4 y 1 con valores más cercanos. Finalmente, el sistema tambero que representó un mayor impacto por Eutrofización de agua dulce fue el CASO 4 y en segundo lugar el CASO 3 y 1.

Por último, respecto al indicador WIIX, aunque posea una estrecha relación con el índice WSI por tener a este incluido en su método de cálculo, no presentó el mismo escenario u orden de casos de mayor a menor impacto. Según WIIX, el CASO 1 fue el de menor HA por escasez y el CASO 3 el de mayor mientras que, según WSI, el menor impacto estuvo asociado al CASO 2 y el mayor al CASO 3. Numéricamente son diferentes dadas sus metodologías y es por eso que vale destacar dos cuestiones específicas que la diferencian. Por un lado, para la elaboración del balance hídrico según el método WIIX, se consideran los flujos de agua provenientes de las precipitaciones y por otro, en este no se tuvieron en cuenta los consumos indirectos de agua asociados a la cadena de suministro debido a la falta de información en algunos de ellos al momento de su estimación. En resumen, sólo fueron considerados los flujos elementales, contabilizando como entradas el volumen proveniente de las lluvias empleadas por los cultivos, el consumo de agua subterránea utilizada para el proceso de ordeño y el requerimiento de agua subterránea para suministro de bebida animal (ANEXO 7).

En las Tablas V.7. a V.26., se presenta para cada establecimiento en estudio, la contribución de impacto para cada uno de los subprocesos que componen al impacto total del proceso principal (producción de leche cruda). Estos también son resultado de la modelización del inventario en el software SimaPro. Los resultados de impacto fueron presentados tal como se exportan de dicho programa, según las sustancias o elementos seleccionados de la base de datos para la elaboración del inventario de entradas y salidas a los sistemas.

V. II) 4- Fase 4. Interpretación

a) Análisis y comparación de resultados, problemas significativos y puntos críticos.

➤ Evaluación de impacto a través del WSI

A continuación, se presentan los resultados de impacto por escasez de agua en cada sistema tambero evaluado, a partir del indicador de Water Stress Index ó WSI (Tablas V.7 hasta V.11).

Tabla V.7: Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI

(Caso 1).

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Transporte algodón	0,0000009
Cal viva	0,000002
Cloro	0,00004
Expeller de soja	<u>0,0008</u>
Ácido sulfúrico	0,000008
Electricidad	0,000005
Alcalino	0,00002
Gasoil	<u>0,0003</u>
Pesticida	0,0000000004
Fertilizantes fosforados	<u>0,001</u>
Algodón (alimento)	<u>0,151</u>
Transporte expeller de soja	0,00000006
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,002</u>
Transporte de agroquímicos	0,00000006
TOTAL	0,1556

En este primer sistema, se puede observar que, para la categoría de impacto de escasez de agua, la mayor contribución al impacto total estuvo dado a partir del consumo de agua asociado a la producción de algodón (insumo utilizado para alimento animal) con un valor de 0,151 m³ eq WSI/kg LCGP, que representa un 97 % del total. En segundo lugar, el impacto estuvo representado por el consumo de fertilizantes nitrogenados con un 1,29 % y luego los fosforados con un 0,64 %.

Tabla V.8: Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI

(Caso 2).

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Ácido fosfórico	0,000008
Gasoil	<u>0,0002</u>
Alcalino y cloro	0,000006
Pesticida	0,0000001
Balanceado (fórmula a base de maíz)	<u>0,012</u>
Transporte (balanceados)	0,000003
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,002</u>
Cal viva	0,000002
Electricidad	0,000005
Detergente	0,000002
Fertilizantes fosforados	<u>0,0006</u>
TOTAL	0,015

En el CASO 2, se obtuvo que, para la categoría de impacto de escasez de agua, la mayor contribución al impacto total fue representado por el consumo de agua indirecta empleada para la producción de balanceado con un valor de 0,012 m³ eq WSI/kg LCGP (representó el 80,6% del total del impacto). En segundo lugar, el consumo de fertilizantes nitrogenados contribuyó en un 13,5% del total y en tercer lugar, los fertilizantes fosforados y el uso de combustible con un 4,2 y un 1,2% respectivamente.

Tabla V.9: Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI

(Caso 3).

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Electricidad	0,000005
Fertilizantes fosforados	<u>0,0003</u>
Productos de limpieza (ácido, alcalino y cloro)	0,000004
Transporte (maíz, balanceado y agroquímicos)	0,000001
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,002</u>
Balanceado (fórmula a base de algodón)	<u>0,311</u>
Gasoil	<u>0,0001</u>
Cal viva	0,000001
Balanceado (a partir de maíz)	<u>0,019</u>
TOTAL	0,3323

Para el CASO 3, la mayor contribución al impacto total fue representado por el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado el cual está conformado mayoritariamente por algodón y maíz. En este sentido, los resultados arrojados para estos dos insumos representaron un 93,6% para el algodón y un 5,6% para maíz como segundo insumo que compone al alimento concentrado. Luego sigue el consumo de fertilizantes nitrogenados que contribuyeron en un 0,6% y finalmente, los fertilizantes fosforados y el uso de combustible en un 0,10 y 0,04% respectivamente.

Tabla V.10: Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI
(Caso 4).

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Electricidad	0,000004
Semillas de algodón (para forraje)	<u>0,009</u>
Insumos de limpieza (Alcalino y cloro)	0,00008
Cal viva	0,000005
Transporte (algodón y balanceado)	0,000005
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,0009</u>
Balanceado (a base de maíz)	<u>0,034</u>
Gasoil	<u>0,0009</u>
Pesticida	0,0000001
TOTAL	0,0444

En el CASO 4, las entradas que representaron mayor contribución al impacto por escasez de agua fue el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz con un 75,6% de la contribución. En segundo lugar, el consumo de semillas de algodón para producción de forraje representando el 20,2% y, en tercer lugar, los fertilizantes nitrogenados y el uso de combustible en partes iguales con un 2%.

Tabla V.11: Contribuciones asociadas al impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI

(Caso 5).

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Productos de limpieza (alcalino, cloro y ácido)	0,00007
Gasoil	0,00008
Semillas de algodón (para forraje)	<u>0,004</u>
Transporte (algodón y balanceado)	0,000004
Balanceado (a base de maíz)	<u>0,017</u>
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,0005</u>
Cal viva	0,000004
Electricidad	0,000005
Pesticida	0,00000005
TOTAL	0,0218

Por último, en el CASO 5, y referido a la evaluación de resultados de impacto por escasez de agua en forma desagregada, el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz fue el que presentó mayor contribución (76,5%). En segundo lugar, el consumo de semillas de algodón para producción de forraje (20,4%) y en tercer lugar los fertilizantes nitrogenados (2,4%).

En la Figura V.4 se presentan los resultados de los 5 casos analizados en forma simultánea. En ella se puede observar principalmente la diferencia del CASO 2 respecto a los demás establecimientos presentando menor impacto asociado a la producción de alimento y mayor en el uso de fertilizantes. El CASO 4 es el que posee mayor impacto asociado al consumo de combustible.

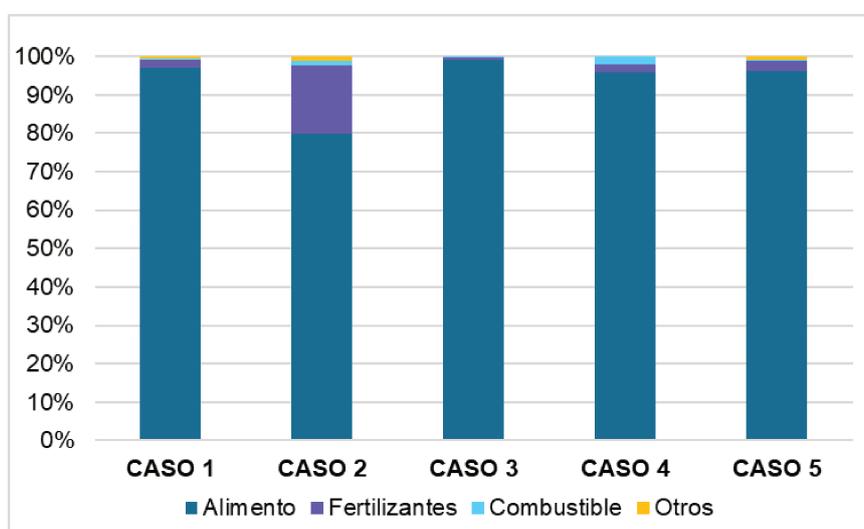


Figura V.4: WSI de establecimientos tamberos analizados.

Charlón *et al.*, (2015) realizaron un estudio de huella hídrica en diferentes sistemas de producción láctea en la provincia de Santa Fe y San Luis seguido de una evaluación de impacto por escasez de agua mediante el indicador WSI. En este, se obtuvo que la contribución de los sistemas lecheros santafesinos sobre la disponibilidad del recurso hídrico en la región estuvo entre 0,01335 y 0,01802 m³ eq WSI/kg LCGP. Los resultados coinciden con el 60% de los casos estudiados, siendo sólo el CASO 3 el que se aleja mayormente de este rango, seguido del CASO 1 pero en menor medida. Se supone que la diferencia en el CASO 3 es por la porción extra de agua desperdiciada durante el acondicionamiento de la temperatura del tanque de leche, mientras que en el CASO 1, puede deberse al uso algo mayor al promedio en la placa de preenfriado.

Estudios como el de Ridoutt y Hodges (2017), evaluaron este tipo de indicadores para fincas lecheras en tres áreas diferentes de Australia. Si bien para estos casos se presentaron mínimos de 0,007 m³ eq WSI/kg LCGP y máximos de 0,394 m³ eq WSI/kg LCGP, se observó que los resultados de impacto por escasez de agua para los casos del presente trabajo estuvieron dentro del rango. Esto demuestra la gran variabilidad existente en el estudio de unidades productivas primarias de origen animal, donde las características específicas de cada uno, la tecnología adoptada y el sistema de alimentación influyen significativamente.

Otro análisis de sustentabilidad e impacto ambiental (Famiglietti *et al.*, 2018), estimó el consumo de agua de establecimientos lecheros diferentes y su contribución a la escasez hídrica, obteniendo un resultado promedio de 0,00358 m³ eq/kg LCGP, pero sin especificar el indicador empleado con lo cual en términos volumétricos no podría ser comparable. No obstante, analizando su distribución a las diferentes entradas del inventario, pudo encontrarse como similitud que el consumo de bebida animal y el requerido para la elaboración del alimento representan la mayor contribución al impacto total por escasez.

➤ Evaluación de impacto a través del indicador AWARE

En las siguientes tablas se presentan los resultados de impacto por uso de agua disponible en cada sistema tambero evaluado, a partir del indicador AWARE (Tablas V.12 hasta V.16).

Tabla V.12: Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 1.

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Transporte (algodón)	0,00007
Cal viva	0,0002
Cloro	0,003
Expeller de soja	<u>0,045</u>
Ácido sulfúrico	0,0006
Electricidad	0,0004
Alcalino	0,002
Gasoil	<u>0,020</u>
Pesticida	0,000000003
Fertilizantes fosforados	<u>0,097</u>
Algodón (forraje)	<u>10,615</u>
Transporte (expeller de soja)	0,000004
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,153</u>
Transporte (agroquímicos)	0,000005
TOTAL	10,93

En este primer sistema, se puede observar que el consumo hídrico indirecto para la elaboración de balanceados a partir de algodón representó la mayor proporción con un 97,1% del total del impacto. En segundo lugar, dicho impacto estuvo asociado al consumo de fertilizantes nitrogenados (1,4%) y en tercer lugar los fertilizantes fosforados (0,9%). Por último, en 4° y 5° lugar, se encontró el consumo de agua asociado a la elaboración de expeller de soja (0,4%) y el uso requerido para la producción del combustible empleado (0,18%).

Tabla V.13: Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 2.

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Ácido fosfórico	0,0006
Gasoil	<u>0,014</u>
Alcalino y cloro	0,004
Pesticida	0,000010
Balanceado (fórmula a base de maíz)	<u>0,857</u>
Transporte (balanceado)	0,0002
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,144</u>
Cal viva	0,0002
Electricidad	0,0003
Detergente	0,001
Fertilizantes fosforados	<u>0,045</u>
TOTAL	1,066

En el CASO 2, se obtuvo que, la mayor contribución estuvo en el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz con un 80% del total de contribución. En segundo lugar, el consumo de fertilizantes nitrogenados (13,4%) y en tercer lugar el uso del agua equivalente a la elaboración de los fertilizantes fosforados utilizados (4,2%) y el del combustible consumido (1,3%).

Tabla V.14: Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 3.

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Electricidad	0,0004
Fertilizantes fosforados	<u>0,025</u>
Productos de limpieza (ácido, alcalino y cloro)	0,003
Transporte (maíz, balanceado y agroquímicos)	0,0001
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,144</u>
Balanceado (fórmula a base de algodón)	<u>21,861</u>
Gasoil	<u>0,010</u>
Cal viva	0,0009
Balanceado (fórmula a base de Maíz)	<u>1,328</u>
TOTAL	23,37

Para el CASO 3, el consumo hídrico indirecto asociado a la elaboración de balanceado a partir de algodón representó el mayor impacto al uso disponible remanente de agua dulce con un 94% (21,861

m³ eq AWARE) y luego el consumo atribuido a la producción de balanceado a partir de maíz con un 6%. Luego el consumo de fertilizantes nitrogenados (0,6%) y los fertilizantes fosforados (0,11%) y el uso de combustible (0,03%).

Tabla V.15: Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 4.

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Electricidad	0,0003
Semillas de algodón (forraje)	<u>0,630</u>
Insumos de limpieza (alcalino y cloro)	0,006
Cal viva	0,0004
Transporte (algodón y balanceado)	0,0004
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,063</u>
Balanceados (a base de maíz)	<u>2,382</u>
Gasoil	<u>0,072</u>
Pesticida	0,000008
TOTAL	3,153

En el CASO 4, la entrada que representó mayor contribución al impacto por uso de agua dulce disponible remanente fue el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz con un 76% (2,382 m³ eq AWARE/kg LCGP). En segundo lugar, el consumo de semillas de algodón para producción de forraje (20%) y en tercer lugar los fertilizantes nitrogenados con un 1,7% y el uso de combustible (2%).

Tabla V.16: Contribuciones asociadas al impacto por uso de agua disponible remanente mediante el indicador AWARE para el Caso 5.

Contribución	m³ eq/kg LCGP
Insumos de limpieza (alcalino, cloro y ácido)	0,005
Gasoil	0,007
Semillas de algodón (forraje)	<u>0,313</u>
Transporte (algodón y balanceado)	0,0003
Balanceado (a base de maíz)	<u>1,182</u>
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,037</u>
Cal viva	0,0004
Electricidad	0,0003
Pesticida	0,000004
TOTAL	1,544

Por último, en el CASO 5, la entrada al inventario que presentó mayor contribución al impacto total con un 77% fue el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz (1,182 m³ eq AWARE/kg LCGP). En segundo lugar, el consumo de semillas de algodón para producción de forraje (20%) y en tercer lugar los fertilizantes nitrogenados (2%).

Para todos los casos, los parámetros que influyen de forma muy baja o en pequeña proporción al impacto por escasez (WSI) o al uso de agua disponible remanente (AWARE) fueron: pesticida (valores menores a 0,001%) y, cal viva y electricidad en proporciones iguales o cercanas (valores menores a 0,01%). Todos estos se encuentran agrupados en “Otros” en la Figura V.5. El transporte, también presentando valores menores a 0,01% se representa como “Combustible” en dicha Figura.

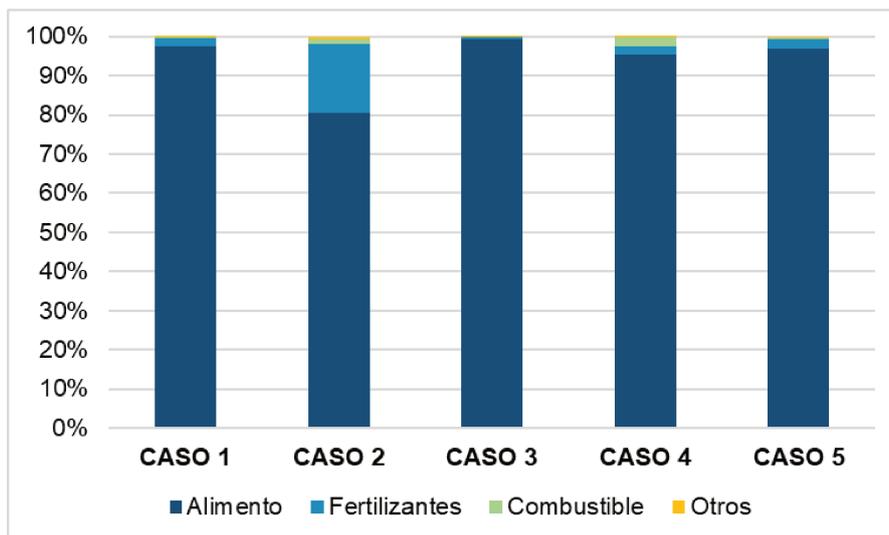


Figura V.5: AWARE de establecimientos tamberos analizados.

En cuanto a la huella de agua por disponibilidad de uso de agua remanente (AWARE), el resultado varió entre un máximo de 25,24 y un mínimo de 1,705 m³ eq. AWARE/kg LCGP. En dichos extremos coinciden los mismos casos en estudio que con el indicador WSI, siendo, el CASO 3 el que obtuvo los mayores valores y el CASO 2 el de menor impacto.

Dentro de los cálculos realizados por Ridoutt y Hodges (2017), donde evaluaron predios lecheros de Australia incluyeron el indicador AWARE. Para este, los valores presentados estuvieron en el rango de 17,6 a 28.769 L H₂O eq/kg LCGP que, unificando unidades de medida y considerando una densidad de leche de 1,032 kg/L de leche, significa un promedio de 14,85 m³ eq AWARE/kg LCGP. El resultado coincide con los obtenidos en el presente trabajo, aunque con extremos muy distantes, por lo que dichas variaciones se atribuyen a las características inherentes de los tambos bajo estudio. Los sistemas analizados por los autores presentaron menor consumo de agua de bebida animal por unidad de producto en dos de las regiones evaluadas y valores inferiores con relación al consumo hídrico asociado a la producción de alimentos (especialmente cultivos). Las mayores similitudes se encuentran en los resultados de los establecimientos del norte de Australia que son aquellos que representaron los valores más altos.

En un estudio realizado recientemente con fincas lecheras ubicadas en el Valle Central de Costa Rica (Coto Fonseca, 2023) se asemeja al resultado del extremo más bajo de HA obtenidas. Se obtuvo un valor

(corregido por la densidad de la leche) de 1,64 m³ eq AWARE/kg LCPG, por lo que, se encuentra cercano al valor mínimo en este trabajo representado por el CASO 2 (1,705 m³ eq AWARE/kg LCPG). Dicho autor considera que los aumentos se producen principalmente ante una variación (aumento) del consumo de agua para la producción de pasto.

➤ Evaluación de impacto por ACIDIFICACIÓN TERRESTRE

A continuación, se presentan los resultados de categorías para la categoría de impacto ambiental Acidificación Terrestre para cada sistema tambero evaluado, a partir del método ReCiPe 2017 (Tablas V.17 hasta V.21).

Tabla V.17: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 1.

Contribución	kg SO2 eq/kg LCGP
Transporte (algodón)	0,000003
Cal viva	0,000005
Cloro	0,000010
Expeller de soja	<u>0,0003</u>
Ácido sulfúrico	0,000005
Electricidad	0,000006
Alcalino	0,00001
Gasoil	<u>0,0008</u>
Pesticida	0,00000001
Fertilizantes fosforados	<u>0,0008</u>
Semillas de algodón (forraje)	<u>0,003</u>
Transporte (expeller de soja)	0,0000002
Fertilizantes fosforados	<u>0,001</u>
Transporte (agroquímicos)	0,0000002
TOTAL	0,006

En cuanto al impacto por acidificación terrestre asociado al perfil de HA correspondiente al CASO 1, se puede observar que el consumo hídrico indirecto para la elaboración de balanceados a partir de algodón representó la mayor proporción con un 50%. En segundo lugar, dicho impacto estuvo asociado al consumo de fertilizantes nitrogenados (16%). En tercer lugar, en partes iguales, el uso de agua requerido en el proceso de elaboración de los fertilizantes fosforados y de combustible consumido

(13%). Por último, en 4º lugar, se encontró el consumo de agua asociado a la elaboración de expeller de soja (5%).

Tabla V.18: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 2.

Contribución	kg SO2 eq/kg LCGP
Ácido fosfórico	0,000002
Gasoil	<u>0,0005</u>
Alcalino y cloro	0,00003
Pesticida	0,00004
Balanceado (fórmula a base de maíz)	<u>0,001</u>
Transporte	0,000010
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,001</u>
Cal viva	0,000006
Electricidad	0,00006
Detergente	0,000005
Fertilizantes fosforados	<u>0,0004</u>
TOTAL	0,004

En el CASO 2, se obtuvo que, la mayor contribución al impacto total fue representado aproximadamente en partes iguales por el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado y el consumo de fertilizantes nitrogenados. Estos presentaron un valor de 0,0013 y 0,0011 kg SO₂ eq/kg LCGP equivalente al 36,8 y al 33,2% de la contribución para cada uno. Luego se ubican el uso de combustible (15,2%) y los fertilizantes fosforados (10,5%).

Tabla V.19: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 3.

Contribución	kg SO2 eq/kg LCGP
Electricidad	0,00006
Fertilizantes fosforados	<u>0,0002</u>
Insumos de limpieza (ácido, alcalino y cloro)	0,00002
Transporte (maíz, balanceado y agroquímicos)	0,000005
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,001</u>
Balanceado (fórmula a base de algodón)	<u>0,006</u>
Gasoil	<u>0,0004</u>
Cal viva	0,00003
Balanceado (a base de maíz)	<u>0,002</u>
TOTAL	0,010

Para el CASO 3, el consumo hídrico indirecto asociado a la elaboración de balanceado a partir de algodón presentó el mayor impacto por acidificación terrestre con un valor de 0,006 kg SO₂ eq/kg LCGP (un 60% del total). Luego el consumo atribuido a la producción de balanceado a partir de maíz representando el 20% y el consumo de fertilizantes nitrogenados (10%). El uso de combustible (4%) y los fertilizantes fosforados (2%), se presentan luego en menor proporción.

Tabla V.20: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 4.

Contribución	kg SO2 eq/kg LCGP
Electricidad	0,00005
Semillas de algodón (forraje)	<u>0,0002</u>
Insumos de limpieza (alcalino y cloro)	0,00003
Cal viva	0,00001
Transporte (algodón y balanceado)	0,00002
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,0005</u>
Balanceados (a base de maíz)	<u>0,0036</u>
Gasoil	<u>0,003</u>
Pesticida	0,00003
TOTAL	0,00734

En el CASO 4, las entradas que representaron mayor impacto por acidificación terrestre fueron el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz con un 49,8% y el uso de combustible con un 38,8%. Los fertilizantes nitrogenados contribuyeron en un 7% y, por último, el consumo de agua vinculada a la producción de semillas de algodón que adquieren de terceros (2,3%).

Tabla V.21: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por acidificación terrestre para el Caso 5.

Contribución	kg SO2 eq/kg LCGP
Insumos de limpieza (alcalino, cloro y ácido)	0,00003
Gasoil	<u>0,0003</u>
Semillas de algodón (forraje)	0,00008
Transporte (algodón y balanceado)	0,00002
Balanceado (a base de maíz)	<u>0,002</u>
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,0003</u>
Cal viva	0,00001
Electricidad	0,00006
Pesticida	0,00002
TOTAL	0,003

Por último, en el CASO 5, la entrada al inventario que presentó mayor representación al impacto total por acidificación terrestre fue el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz con un 66%. En segundo lugar y en partes iguales, el consumo para la producción de combustible consumido y fertilizantes nitrogenados aplicados contribuyeron cada uno con un 10%.

Al igual que en los impactos asociados al uso del agua, en este caso, los elementos que influyen de forma muy baja o en pequeña proporción al impacto degradativo por acidificación fueron también pesticida (como el menor), cal viva y electricidad en proporciones iguales o cercanas. Todos ellos, agrupados en “Otros” en la Figura V.6.

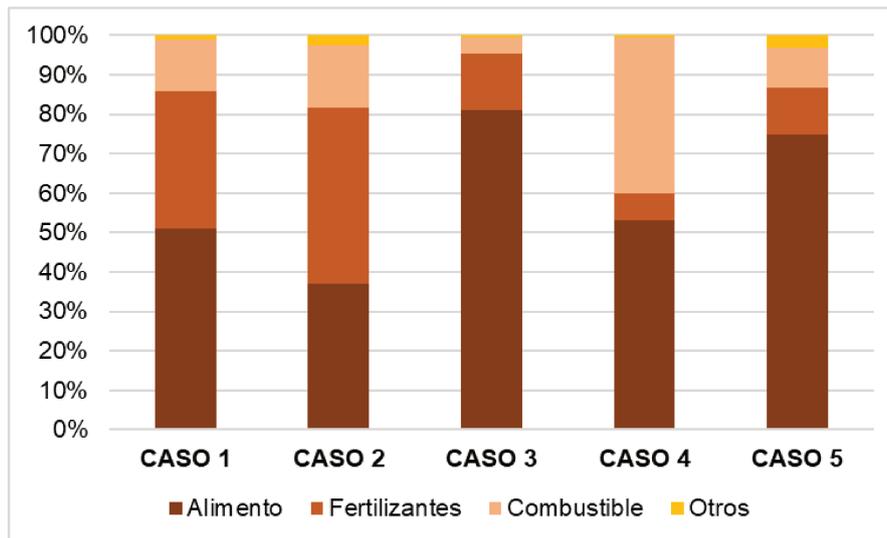


Figura V.6: Resultados de impacto degradativo de tambos mediante la categoría acidificación terrestre.

El resultado total de impacto por Acidificación generado en 1 Kg de leche cruda corregida por grasa y proteína varió entre 0,003 (CASO 5) y 0,010 Kg de SO₂ eq. /kg LCGP (CASO 3). Baldini et al. (2017) reportan resultados de acidificación entre 0,010-0,015 kg SO₂-eq. para predios lecheros de Italia, valores cercanos a los encontrados en este estudio. En cambio, Mu et al. (2017) investigaron 55 sistemas especializados de producción de leche en diferentes países (Bélgica, Francia, Alemania, Irlanda, Luxemburgo y Países Bajos) y la media de acidificación terrestre relacionada con 1 kg LCGP fue de 0,0225 kg de SO₂-eq.

Bragaglio et al. (2023) compararon dos explotaciones ganaderas lecheras intensivas (una convencional y otra con agricultura de precisión) en el alto valle del Po en Italia y los valores obtenidos fueron muy cercanos entre si 0,0299 y 0,0283 kg SO₂ eq. respectivamente, pero muy superiores a los obtenidos en el presente estudio. Otros investigadores han obtenido diferentes resultados: Bava et al. (2014) estudiando 28 predios lecheros en el norte de Italia encontraron valores entre 0,0086–0,0217 kg SO₂ eq, mientras que Noya et al. (2018) en el norte de España y Romano et al. (2021) en Italia encontraron valores 27,8 y 27,6 g respectivamente, por lo que se puede observar gran disparidad.

Famiglietti *et al.* (2018), realizaron la evaluación de impacto del queso de pasta semidura en tres establecimientos incluyendo la etapa primaria en su estudio y cuyos resultados totales fueron mayores: 0,230; 0,202 y 0,073 kg de SO₂ eq/kg LCGP. El porcentaje atribuido sólo al eslabón primario fue entre

un 60%, 90% y 100% respectivamente, representando un valor aproximado de contribución por acidificación en la producción primaria de 0,138; 0,181 y 0,073 kg de SO₂ eq/kg LCGP. Si bien sus resultados continúan siendo mayores que los obtenidos, la diferencia se debe a que los autores incluyeron inputs que en este trabajo no se consideraron, como las deposiciones de los animales a campo (orina y estiércol) con contenidos elevados de amoníaco y el consumo de GLP (Gas Licuado de Petróleo) empleado en la etapa de tambo. Estos fueron inclusive los de mayor impacto por acidificación en los 3 casos estudiados; el primero asociado a la etapa de producción de alimentos y el segundo en la etapa del tambo.

Estas diferencias demuestran la particularidad en el análisis de resultados, al momento de comparar estudios, considerando que cada uno presenta una especificidad de datos diferente que puede depender de diversos motivos tales como, los objetivos, el alcance del estudio, el acceso a la información, entre otros.

➤ Evaluación de impacto por EUTROFIZACIÓN DE AGUA DULCE

Por último, se presentan los resultados de categorías para la categoría de impacto ambiental Eutrofización acuática para cada sistema tambero evaluado, a partir del método ReCiPe (2017) (Tablas V.22 hasta V.26).

Tabla V.22: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 1.

Contribución	kg P eq/ kg LCGP
Expeller de soja	<u>0,00002</u>
Electricidad	0,000002
Alcalino	0,0000008
Gasoil	<u>0,00004</u>
Pesticida	0,000000000004
Fertilizantes fosforados	<u>0,00006</u>
Semillas de algodón (forraje)	<u>0,00006</u>
Transporte (expeller de soja y agroquímicos)	0,000000007
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,00006</u>
Transporte (algodón)	0,000000008
TOTAL	0,0003

En cuanto al impacto por eutrofización acuática asociado al perfil de HA correspondiente al CASO 1, se puede observar que el consumo hídrico indirecto para la elaboración de balanceados a partir de algodón y para la fabricación de fertilizantes tanto nitrogenados como fosforados, representó el mismo impacto con un valor de 0,00006 kg P eq/kg LCGP. Esto implica aproximadamente un 25 % de aporte de cada uno, sumando entre los 3, un 75 %. Luego dicho impacto estuvo asociado al uso de agua requerido en el proceso del combustible consumido correspondiendo un 16 %. Por último, se encontró el consumo de agua asociado a la elaboración de expeller de soja empleado en las dietas con un aporte del 8 %.

Tabla V.23: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 2.

Contribución	kg P eq/ kg LCGP
Ácido fosfórico	0,0000002
Gasoil	<u>0,00005</u>
Alcalino y cloro	0,000003
Pesticida	0,00000004
Balanceado (fórmula a base de maíz)	<u>0,00007</u>
Transporte (balanceado)	0,0000006
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,00007</u>
Cal viva	0,0000008
Electricidad	0,000006
Detergente	0,0000005
Fertilizantes fosforados	<u>0,00003</u>
TOTAL	0,00023

En el CASO 2, se obtuvo que, la mayor contribución al impacto total fue representado (en partes iguales) por el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado y el consumo de fertilizantes nitrogenados con un valor de 0,00007 kg P eq/kg LCGP cada uno (equivalente al 30% de la contribución total cada uno). Luego se encuentran el uso de combustible (21%) y los fertilizantes fosforados (13%).

Tabla V.24: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 3.

Contribución	kg P eq/kg LCGP
Electricidad	0,000003
Fertilizantes fosforados	<u>0,00002</u>
Productos de limpieza (ácido, alcalino y cloro)	0,000001
Transporte (maíz, balanceado y agroquímicos)	0,0000002
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,00006</u>
Balanceado (fórmula a base de algodón)	<u>0,0001</u>
Gasoil	<u>0,00002</u>
Cal viva	0,000002
Balanceado (fórmula a base de Maíz)	<u>0,00009</u>
TOTAL	0,000323

Para el CASO 3, el consumo hídrico indirecto asociado a la elaboración de balanceado a partir de algodón presentó el mayor impacto por eutrofización acuática: que equivale al 40,7% de la contribución total. En segundo lugar, se encontró el consumo atribuido a la producción de balanceado a partir de maíz con un 27,5% y el consumo de fertilizantes nitrogenados con un 18,8%. En tercer lugar, el uso de combustible y de fertilizantes fosforados (6,3% y 4,7%).

Tabla V.25: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 4.

Contribución	kg P eq/kg LCGP
Electricidad	0,000006
Semillas de algodón (forraje)	0,000004
Insumos de limpieza (alcalino y cloro)	0,000003
Cal viva	0,000002
Transporte (algodón y balanceado)	0,0000010
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,00003</u>
Balanceados (a base de maíz)	<u>0,0002</u>
Gasoil	<u>0,0003</u>
Pesticida	0,00000003
TOTAL	0,000546

En el CASO 4, las entradas que representaron mayor impacto por eutrofización acuática fue el consumo de agua indirecta para la producción del combustible empleado con un 54,95 % y del balanceado a partir

de maíz contribuyendo en un 36,63 %. En segundo lugar, se identificó el uso de agua asociado a la elaboración de los fertilizantes nitrogenados aplicados con un 5,49 % de la contribución total.

Tabla V.26: Contribuciones asociadas al impacto degradativo del uso del agua por eutrofización acuática para el Caso 5.

Contribución	kg P eq/kg LCGP
Insumos de limpieza (alcalino, cloro y ácido)	0,000002
Gasoil	<u>0,000013</u>
Semillas de algodón (forraje)	0,000002
Transporte (algodón y balanceado)	0,0000005
Balanceado (a base de maíz)	<u>0,0000792</u>
Fertilizantes nitrogenados	<u>0,0000158</u>
Cal viva	0,0000008
Electricidad	0,000002
Pesticida	0,000000005
TOTAL	0,0001

Por último, en el CASO 5, la entrada al inventario que presentó mayor representación fue el consumo de agua indirecta para la producción de balanceado a partir de maíz con un 68,3%. En segundo lugar, el consumo para la producción de fertilizantes nitrogenados aplicados (13,6%) y en un 11,3% el combustible consumido.

Analizando este último impacto, los elementos que influyen en todos los establecimientos de forma muy baja o en pequeña proporción al impacto degradativo por eutrofización fueron pesticida principalmente y luego con mayor variación en cada caso, transporte, cal viva, electricidad y/o productos de limpieza. Como se aclaró en las figuras anteriores de este tipo, todos estos elementos y, en ese caso, productos de limpieza, se encuentran representados dentro de la variable “Otros” presente en la Figura V.7.

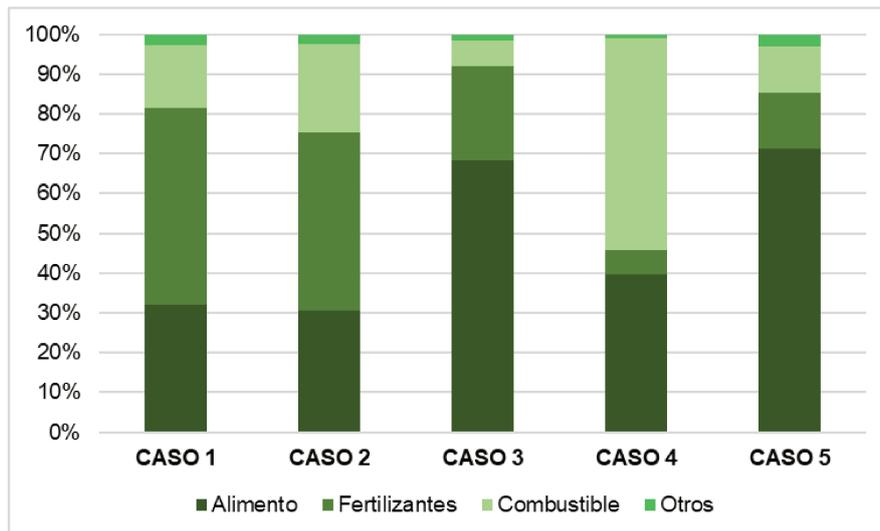


Figura V.7: Resultados de impacto degradativo de tambos mediante la categoría eutrofización acuática.

La contribución total al impacto por Eutrofización acuática de dicho proceso principal estuvo comprendida entre 0,0001 (CASO 5) y 0,0005 kg de P eq /UF (CASO 4). En un estudio realizado en el Valle Central de Costa Rica por Coto Fonseca (2023), el resultado de impacto por uso degradativo a partir de la categoría eutrofización acuática osciló en 0,000031025 P eq/kg LCGP, es decir, muy por debajo del obtenido en el presente estudio. Se supone que el motivo de la diferencia radica en el caudal de efluentes obtenidos, considerando que las fincas analizadas en Costa Rica poseen una escala productiva familiar de no más de 50 vacas en ordeño promedio anual.

Bragaglio *et al.* (2023) reportaron valores similares entre sí, también en esta categoría en los sistemas estudiados, aunque la explotación lechera con agricultura de precisión resultó ser mejor en términos de sostenibilidad. La comparación mostró los siguientes resultados 0,00789 kg y 0,00994 kg de PO_4^{3-} eq. para la de agricultura de precisión y convencional respectivamente, los cuales son inferiores a la media del rango europeo (0,010 a 0,012 kg/kg de LCGP, para sistemas convencionales) que informaron Pirlo y Lolli (2019). Estos resultados con mayores a los estimados en el presente estudio.

Noya *et al.* (2018) realizaron un ACV en una explotación ganadera vacuna en un ambiente mediterráneo (España), distinguiendo eutrofización de aguas marinas y dulces. Los autores informan que las categorías se vieron afectadas principalmente por las emisiones en los predios (80%) y los alimentos para animales (75%). Bacenetti *et al.* (2016), al investigar una granja lechera intensiva convencional en el norte de Italia, encontraron también valores de eutrofización superiores a los reportados en el presente

estudio (0,00562 kg PO₄³⁻ /kg de LCGP) donde el alimento comprado mostró la proporción más alta (60%) seguido de las emisiones animales (35%).

➤ Evaluación de impacto por WIIX

Como se mencionó al inicio de esta sección de resultados, para el indicador WIIX no se obtuvieron valores modelizados en el SimaPro. Este procedimiento se realizó para el período 2019-2020, previo a la disponibilidad del programa obteniendo como resultado, una primera aproximación al estudio de impacto ambiental con enfoque de ciclo de vida por parte de los establecimientos tamberos sobre el uso del agua. Para ello se siguió el criterio propuesto por Fundación Chile y Agualimpia (2016) y se empleó su base de datos y una calculadora basada en planillas de Excel.

Si bien, la información arrojada a partir del criterio de cálculo empleado para WIIX no entrega los resultados de la misma manera como se exportan en el SimaPro (Tabla V.6.), se elaboró la Figura V.8, donde se presenta la contribución que representan cada una de las etapas evaluadas del proceso de producción de leche cruda. Es importante recordar que, para este indicador, se emplea el factor WSI, con lo cual, el resultado expresado en m³ eq WIIX/UF posee las mismas características que m³ eq WSI/UF.

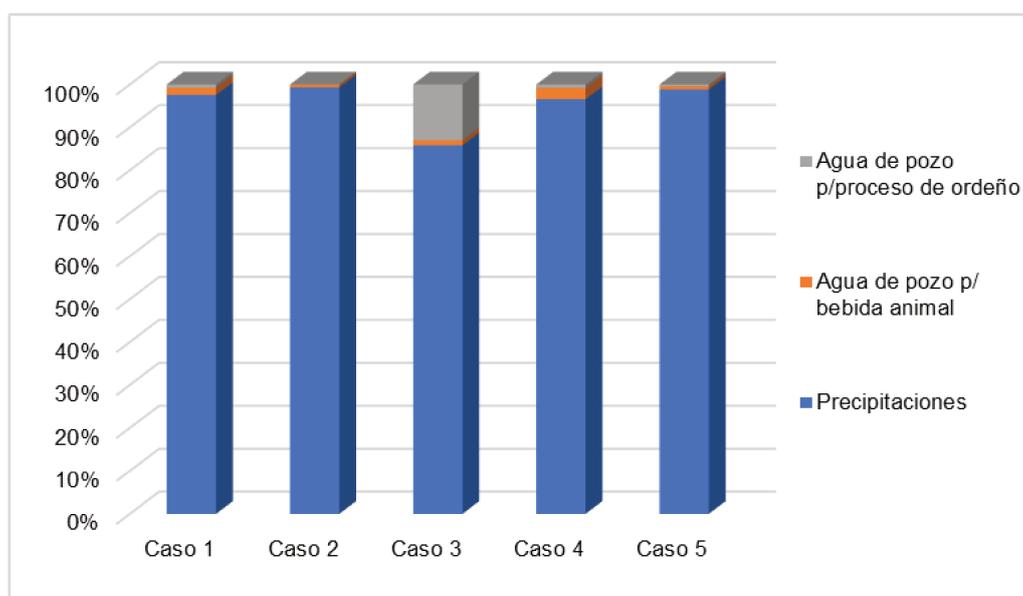


Figura V.8: Resultados de impacto por escasez de agua de tambos mediante el indicador WIIX.

Como era de esperarse, la etapa que presentó en todos los casos mayor impacto al ciclo hidrológico por uso consuntivo fue el agua proveniente de las precipitaciones captada para la elaboración de alimento del ganado. Como se puede observar, otra situación que coincide con los resultados obtenidos a través del WSI o AWARE donde el CASO 3 presentó el mayor impacto por consumo de agua proveniente del proceso de ordeño. El impacto a este indicador, debido al consumo de agua de pozo empleada para bebida animal fue mayor para los CASOS 1 y 4 (dos de los cuales presentan mayor extracción directa de la bomba para este uso), considerando que ésta se compone del agua empleada en la placa de preenfriado de leche más el faltante extraído directo de la bomba sumergible.

Los resultados empleando este método, proporcionaron un escenario diferente al obtenido mediante el uso del indicador WSI y AWARE. Mientras que en los anteriores el de mayor impacto fue el CASO 3 y el de menor el CASO 2, empleando WIIX, coincidió el de mayor contribución por escasez de agua (CASO 3), no así el de menor, ya que con este método resultó ser CASO 1. No obstante, como se mencionó anteriormente, vale destacar que, para este método, al momento en el que fue realizado, sólo se tuvo en cuenta los flujos elementales o usos directos de agua y no el consumo asociado a la cadena de suministros. Con esto se supone que, si el balance hídrico hubiera contenido las mismas entradas y salidas, los resultados hubieran sido otros y posiblemente coincidido con los obtenidos mediante los indicadores anteriores.

El consumo de agua proveniente del uso de fertilizantes fue una de las entradas indirectas que no se consideró para la elaboración del balance hídrico, entendiendo esto como un beneficio para aquellos casos que realizan la mayor aplicación de estos (CASO 2 y 1).

Evaluando la diferencia entre los casos de menor impacto (según WSI y AWARE el CASO 2, según WIIX el CASO 1), puede inferirse que el método que emplea WIIX para medir el impacto a la escasez de agua producido por el agua residual descargada a la cuenca, difiere del utilizado en los otros dos indicadores. El CASO 1 es uno de los sistemas que mayor caudal genera y sin embargo a través de WIIX no se reflejó.

Otra fuente de agua indirecta no considerada en este indicador fue la asociada a la producción de balanceados, con lo cual, siguiendo la misma lógica planteada anteriormente, el CASO 3 o 5, que son

algunos de los sistemas tamberos que mayor consumo presenta, pudieron también estar favorecido en los resultados de WIIX.

Al igual como se plantea en el Manual elaborado por Fundación Chile y Agualimpia (2016) bajo el marco del proyecto SuizAgua Andina Chile y Perú para la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), el método WIIX tiene la desventaja de presentar pocas evaluaciones y retroalimentación acerca de su validez.

Análisis de todas las contribuciones evaluadas para cada caso

En las Figuras V.9 a V.13., se presentan los diferentes impactos y sus contribuciones correspondientes a cada caso, distribuido en las entradas ingresadas al inventario.

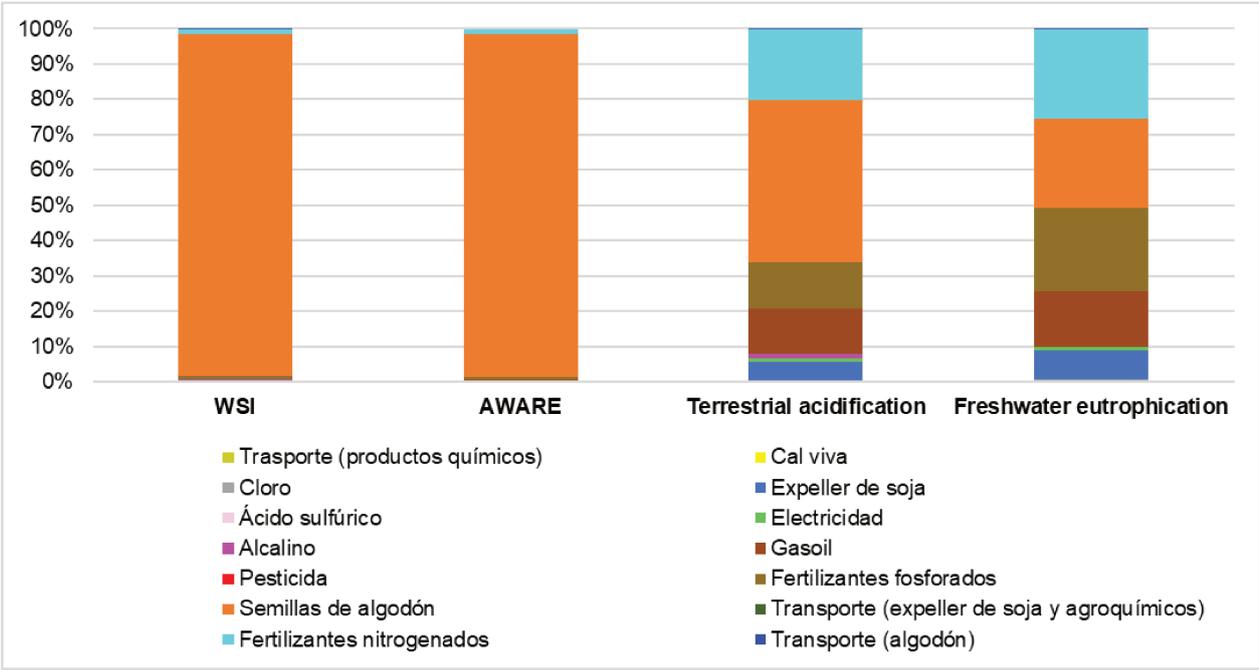


Figura V.9: Perfil de HA de CASO 1.

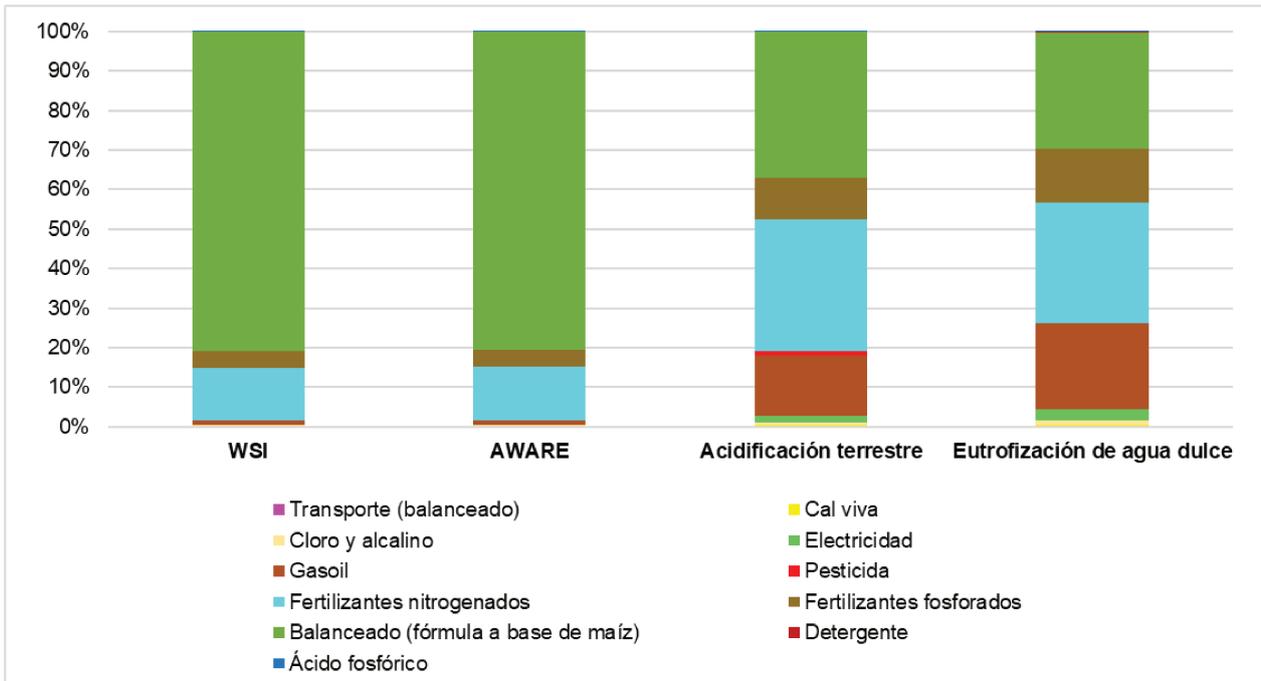


Figura V.10: Perfil de HA de CASO 2.

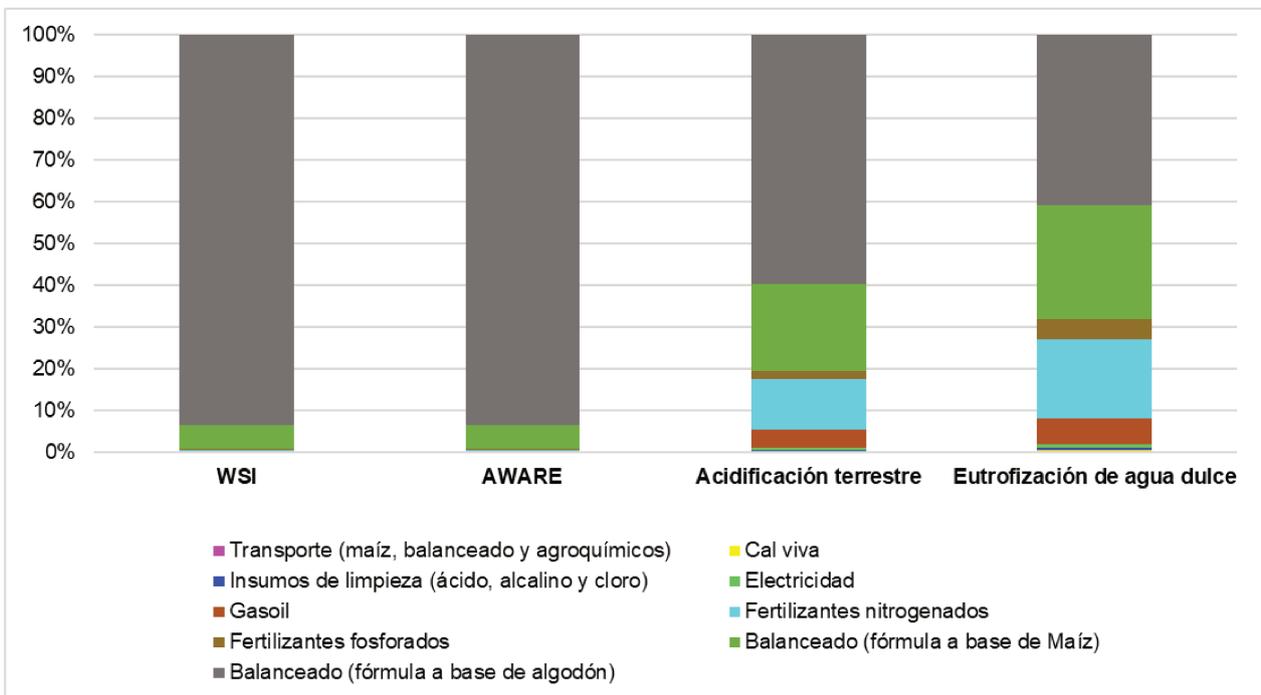


Figura V.11: Perfil de HA de CASO 3.

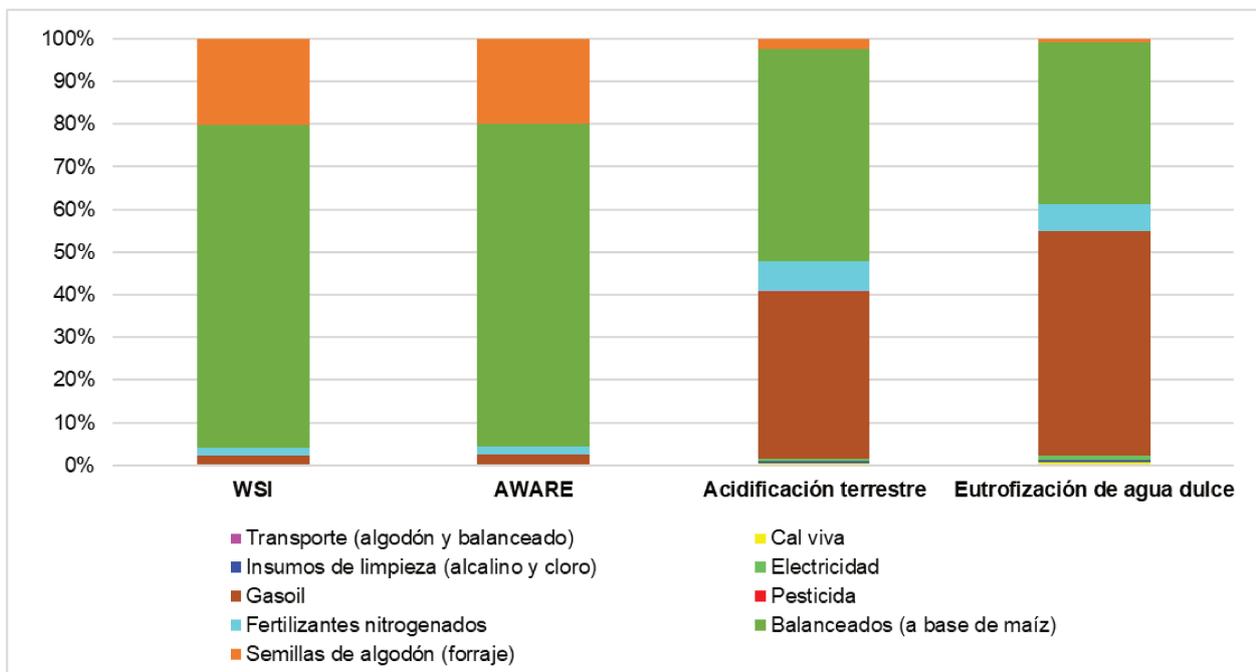


Figura V.12: Perfil de HA de CASO 4.

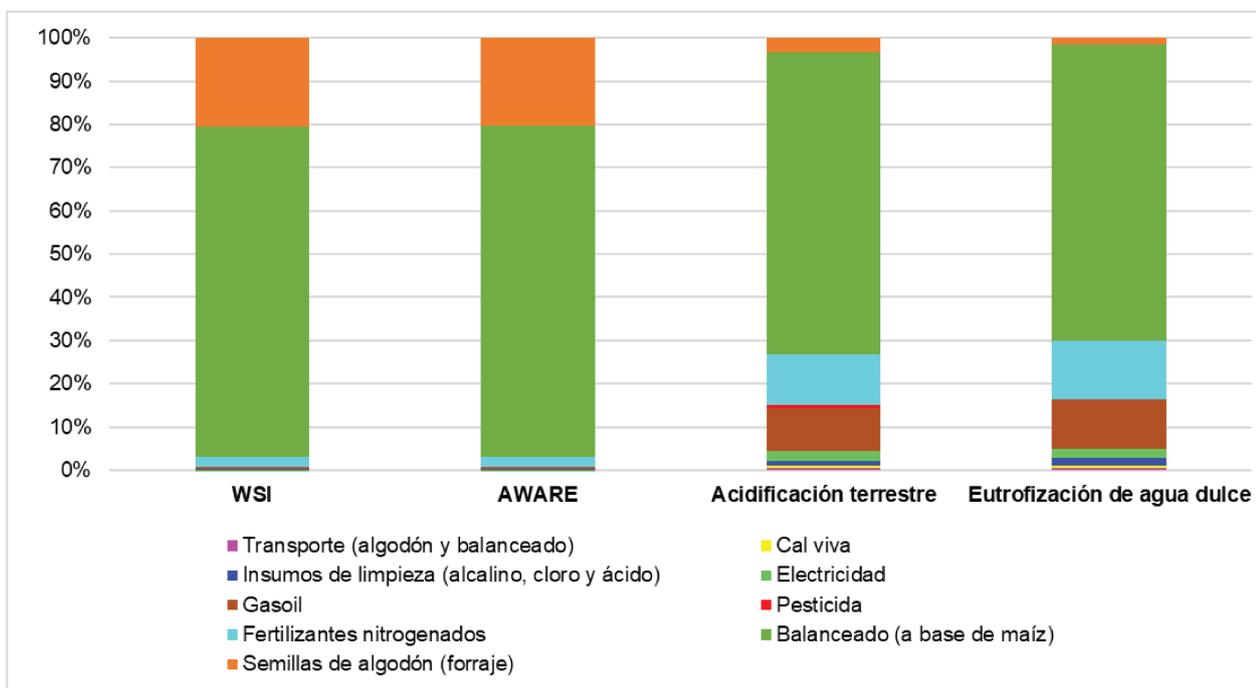


Figura V.13: Perfil de HA de CASO 5.

Al comparar los resultados obtenidos en los 5 casos para WSI y AWARE, las contribuciones más importantes estuvieron vinculadas a los balanceados a base de maíz y algodón. La contribución asignada al uso de fertilizantes estuvo sólo en el CASO 2, en el orden del 17% para ambos indicadores. Los sistemas tamberos restantes, presentaron apenas un 1 o 2% aproximadamente.

Finalmente, el último de los 3 subprocesos más significativos de todos los inventarios fue el consumo de combustible, representando en la huella de agua de escasez (WSI) o por uno disponible remanente (AWARE), sólo un 1% y únicamente en el CASO 4 y 2.

Con respecto a la categoría de impacto de Acidificación terrestre, se considera que los procesos que presentan mayor contribución son los alimentos, predominantemente los balanceados. No obstante, en esta categoría de impacto las variaciones entre casos son mayores. Contribuyen a generar entre un 80% y un 30% del total del impacto en la categoría. El CASO 2, presentó un 36% mientras que los restantes entre un 50 (CASO 1 y 4) y un 80% siendo el CASO 3 el de mayor contribución.

Por otro lado, si analizamos el subproceso fertilizantes nitrogenados y fosforados y su contribución al impacto por acidificación terrestre, los resultados varían desde el 44% al 6% (valores extremos que corresponden al CASO 2 y CASO 4 respectivamente). Algo similar ocurre con el resultado de porcentajes que representa al impacto total de esta categoría el consumo de agua indirecto asociado a la producción del combustible usado. Los resultados varían ampliamente, desde un 39% (CASO 4) a un 4% (CASO 3).

Así mismo, tal como expresan Ridoutt y Hodges (2017), es de suma importancia declarar cuál es el indicador o método empleado para el estudio de impacto por consumo de agua, ya que con los mismos casos de estudio y fuente de datos, los escenarios pueden resultar distintos. Tal es así que, por ejemplo, para el CASO 1, la contribución por consumo de fertilizantes nitrogenados fue la mayor a través del indicador WSI, mientras que, mediante el indicador AWARE, el resultado fue igual que el CASO 2 y 3. A partir de los resultados exportados del software, el subproceso que mayor impacto presentó en la categoría eutrofización acuática fue el uso de fertilizantes para el CASO 3 y 5 con un 70% aproximadamente. Para el CASO 1 el impacto mayoritario a dicha categoría estuvo atribuido al subproceso de fertilizantes (49%) y, el CASO 4 representó un 52% del impacto total por eutrofización acuática a través del uso del combustible. El CASO 2, presentó una distribución más pareja, representando un 30-43-22% asociada al consumo de balanceados, fertilizantes y combustible respectivamente.

b) Problemas significativos y puntos críticos

En el caso de la categoría Eutrofización de agua dulce, se conoce que, en sistemas con estas características, el impacto proviene principalmente de la generación de efluentes debido a la gran carga orgánica que representa y su respectiva demanda de oxígeno en un cuerpo de agua. Sin embargo, en este estudio, no se ingresó al inventario la composición de estos con sus factores de emisión específicos. Se ingresó solamente el caudal generado tomando por default valores preestablecidos que define el programa para el tipo de efluente seleccionado y el sistema analizado.

A su vez, en esta categoría de impacto es importante resaltar que (al igual como ocurre en otros estudios de producción animal- Hilbert *et al.*, 2019), incorporar al inventario animales muertos y los factores de emisión del caudal de efluente, podrían haber variado significativamente estos resultados.

V. III) CONCLUSIONES

En cuanto a los resultados del presente Capítulo, puede concluirse que en los predios lecheros estudiados el consumo de agua asociado a la producción de alimentos balanceados fue el que presentó las mayores contribuciones en todas las categorías de impacto evaluadas, salvo en la que corresponde a eutrofización.

En segundo lugar, se encuentra el agua asociada a la producción de fertilizantes utilizados y en la categoría eutrofización la principal contribución fue este subproceso.

En los resultados obtenidos aplicando la metodología de huella de agua, no se encontraron amplias diferencias de escenarios según el sistema productivo que desarrollan los diferentes casos estudiados.

No obstante, de acuerdo a la observación detallada, aquellos que poseen sistemas más intensivos con mayor suplementación presentaron mayor contribución por consumo de balanceado y menor en uso de fertilizantes y viceversa para los casos más extensivos con mayor producción de cultivos y laboreo del suelo.

Por otro lado, independientemente de la categoría de impacto estudiada y del caso de estudio, en todos los sistemas el impacto por consumo de fertilizantes estuvo predominantemente representado por aquellos de origen nitrogenado, asumiendo que algunas de las posibles causas sean: que su carga contaminante sea mayor, su consumo sea en cantidades más elevadas y/o que este sea el fertilizante más difundido y aceptado mundialmente.

Referido a la validez de la metodología puede concluirse que su aplicación brindó un resultado de impacto más robusto y completo, demostrando que efectivamente dicho método posee mayor alcance y representa un estudio de impacto degradativo de fuentes de agua subterránea más representativo.

12- CAPÍTULO VI

HUELLA DE AGUA (HA) EN SISTEMAS SECUNDARIOS

(INDUSTRIAS LÁCTEAS)

VI. I) MATERIALES Y MÉTODOS

1- Fase 1. Definición de Objetivos y Alcance en estudio de impacto ambiental de queso pategrás.

- a) Objetivo del estudio
- b) Alcance del estudio
- c) Función del sistema
- d) Requerimiento de Datos

2- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida (Sistemas Productivos Secundarios)

- a) Descripción del sistema- Límites, criterios de corte y asignación.
- b) Documentos guía utilizado para llevar adelante el inventario
- c) Lista de recopilación de datos de inventario en queso pategrás
- d) Modelo de Inventario
- e) Método de registro de información (herramientas empleadas)

3- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

- a) Selección de impactos a evaluar
- b) Método de evaluación de impactos
- c) Factores de caracterización

VI. II) RESULTADOS y DISCUSIÓN

1- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida

- a) Inventario de industrias lácteas en estudio

2- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

Perfil de huella de agua (HA) en sistemas de producción de queso pategrás.

3- Fase 4. Interpretación

- a) Análisis y comparación de resultados
- b) Problemas significativos y puntos críticos.

VI. III) CONCLUSIONES

VI. I) MATERIALES Y MÉTODOS

VI.I) 1- Fase 1. Definición de Objetivos y Alcance en estudio de impacto ambiental de queso

pategrás.

a) Objetivo del estudio:

Conocer el perfil de huella de agua (HA) del queso pategrás elaborado en 2 industrias de diferentes características ubicadas en el Departamento Castellanos, provincia de Santa Fe (Argentina).

b) Alcance del estudio:

En el estudio se consideran aquellas actividades vinculadas netamente al proceso de producción de queso pategrás “desde la cuna a la puerta”, es decir, desde la adquisición de las materias primas hasta la obtención del queso dentro de los límites de la industria. Por lo tanto, se incluyen las actividades que se desarrollan dentro del mismo (y los insumos/recursos que dichas actividades requieren), antes que el queso semiduro sea cargado al transporte y despachado a los centros de distribución.

c) Función del sistema:

Proveer de quesos semiduros al mercado nacional argentino, representados en unidades de 4,5 kilos de queso (hormas), en este caso pategrás. Para el CASO A, la función central es proveer al mercado local de diversos tipos de quesos cuya producción se distribuye según la demanda a lo largo del año y, en segundo lugar, venta de crema de leche. Para el CASO B la función primaria es abastecer al mercado nacional e internacional de leche en polvo entera en forma de cajas de 800 y 400 gr y de 800 gr para el caso de leche descremada. Como funciones secundarias, la planta elabora diversos tipos de quesos dentro de la clasificación de pastas semiduras.

En la Figura VI.1., se presenta un diagrama de flujo representativo para ambas industrias teniendo como referencia Suppen (2018), la misma metodología que para los establecimientos tamberos. Vale aclarar que la salida elemental atribuida al proceso de evaporación de agua no fue considerada en el CASO A, dada la complejidad en su estimación y teniendo en cuenta que no poseen un sistema de captación o acopio de esta donde pueda ser medido.

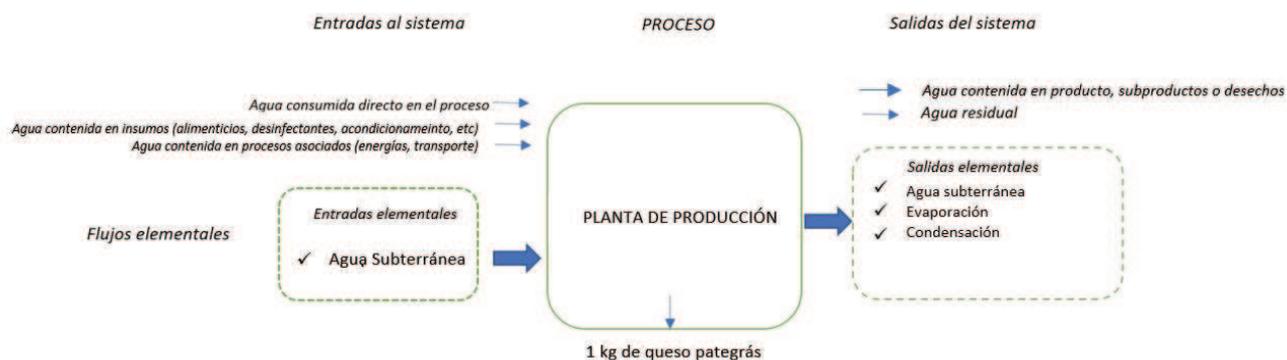


Figura VI.1: Diagrama de flujo representativo de sistemas secundarios evaluados (elaboración propia).

Unidad funcional:

1 kg de queso de vaca de pasta semidura (pategrás) producido en industrias lácteas del Departamento Castellanos (provincia de Santa Fe, Argentina).

d) Requerimiento de Datos:

Se recopilan datos acerca de los recursos e insumos utilizados para llevar a cabo la función del sistema (consumo de agua, productos de limpieza, insumos alimenticios, etc.), así como las salidas del sistema (productos y co-productos generados, efluentes, agua reciclada, etc.).

Datos excluidos y/o no solicitados:

- Recursos e insumos utilizados en área de descanso de personal, salas de despacho, oficinas administrativas, comedor y baños.

Fuentes de datos:

- Fuentes primarias para datos específicos del sitio (“site-specific data”):

Los datos correspondientes predominantemente a este grupo, fueron obtenidos mediante entrevistas realizadas a personal de las industrias. Esto incluye, desde los dueños y responsables del área de calidad hasta los operarios y responsables de planta. La caracterización del agua utilizada y efluentes generados fueron mediante muestreos. Para el consumo de electricidad se emplearon tal como recomienda la norma, documentos que brinden información verificable y reproducible. Se utilizaron facturas suministradas por los dueños y consumos registrados en planillas proporcionadas por las industrias. Se

contó con el registro anual e histórico de producción de ambas industrias que incluye información complementaria vinculada al consumo de otros insumos, recursos y generación de desechos.

- Fuentes secundarias para datos genéricos (“generic data”):

Los consumos de agua en algunas etapas del proceso para el CASO B, fueron obtenidos mediante datos teóricos (según el procedimiento indicado por la industria) provistos por el encargado de planta u operario responsable. Lo mismo ocurrió con la clasificación de los tipos de transportes de leche que recibe la fábrica para determinar el consumo de agua de limpieza.

La definición de los kilos producidos totales en el CASO A fue determinada por datos genéricos, de acuerdo con el peso promedio de la horma estacionada, pintada, etiquetada, lista para despacho (4,5 kg).

En el CASO B, se determinó mediante datos históricos en función del % asignado de leche para producción de queso pategrás y el rendimiento promedio de queso por cada litro de leche empleada.

- Fuentes terciarias para suposiciones/estimaciones:

Aproximadamente para un 20% de los datos se realizaron estimaciones por falta de registro o complejidad en su medición. Se emplearon valores de referencia para la cuantificación de agua de algunos flujos de entrada al sistema en ambas industrias (Caso A, consumo de agua en caldera; Caso B, consumo para lavado profundo de conos distribuidores de queso y consumo de agua para limpieza de prensas de quesos).

VI.I) 2- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida (Sistemas Productivos Secundarios)

a) Descripción del Sistema - Límites, criterios de corte y asignación:

Al igual como se planteó en los estudios de casos de sistemas primarios, la descripción detallada de los sistemas secundarios, se encuentran enunciados en el Capítulo I, Punto II. Aquello importante para destacar en este ítem, es que ambos sistemas desarrollan funciones secundarias o paralelas, es decir, tienen la generación de otros productos que son coproductos y a su vez subproductos. Se estableció aplicar asignación por masa, de acuerdo con lo que representan cada uno de ellos según su peso (kilos) generado o producido.

b) Documentos guía utilizado para llevar adelante el inventario:

- Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for Dairy Products.
- Resultados de encuestas y entrevistas realizadas a los responsables que dirigen las distintas áreas de las unidades productivas y personal profesional de las empresas.
- Registros en planillas Excel, provistos por las industrias (datos físico-productivos, consumos de insumos y energía).
- Informes de análisis fisicoquímicos de los efluentes generados en cada industria, elaborados por el Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela (UTN, FRRa).
- Suppen (2018): Balance hídrico de un proceso productivo, conforme a las directrices propuestas por las normas ISO 14046.

c) Lista de recopilación de datos de inventario en queso pategrás:

- Tipo, cantidad y composición del agua utilizada.
- Cantidad y origen de agua reciclada.
- Cantidad y destino de uso de agua reutilizada.
- Cantidad de materia prima ingresada a la planta.
- Tipo y cantidad de insumos alimenticios utilizados: Colorantes, Coagulantes, Cloruro de calcio, Fermentos.
- Tipo y cantidad de otros insumos empleados: desinfectantes y de limpieza, acondicionamiento de producto para estacionamiento, almacenamiento, etc.
- Tipo y cantidad de energía calórica utilizada (gas natural, gas licuado, leña).
- Energía eléctrica.
- Tipo, cantidad, composición y destinos de efluentes generados.
- Tipo y cantidad de productos y co-productos generados.
- Transporte de insumos hasta las plantas.

Faltantes en el inventario:

- Consumo de agua en salmuera para ambas industrias.
- Enjuague de cajones plásticos en el CASO B.
- Consumo de agua evaporada en el CASO A.
- Insumos para elaboración de etiqueta en ambos casos.

d) Modelo de Inventario:

Los inventarios correspondientes al sector secundario (para cada industria) se encuentran enunciados en el Punto II.1.b) del presente capítulo. La información necesaria para su elaboración, específicamente en consumos asociados a la cadena de suministro se distribuyó según las etapas de proceso de elaboración de queso pategrás (Figura VI.2). Este estuvo compuesto por: consumo acarreado en insumos empleados en la etapa de Producción, los insumos afectados a la etapa de empaque y acondicionamiento y, una última clasificación, atribuida al consumo de agua asociada al transporte de dichos insumos.

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN			
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Consumo de agua asociada a la cadena de suministros			
Producción			
Empaque			
Transporte (insumos)			
SALIDAS			
Salidas directas (flujos elementales)			
Salidas de agua contenida en productos y desechos			

Figura VI.2: Estructura empleada para elaboración de inventario de queso pategrás.

e) Método de registro de información (herramientas empleadas):

Al igual que en los establecimientos tamberos, se diseñaron planillas en formato Excel para el registro de los datos recopilados. En ellas se realizaron las adaptaciones correspondientes a la información disponible y complementariamente, a pesar de la información faltante, se realizó una simulación del sistema en SimaPro 9.5, utilizando Ecoinvent v3.8 como base de datos.

VI.I) 3- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida

Para la evaluación de impacto de los sistemas productivos secundarios seleccionados, las características de los elementos obligatorios del estudio fueron los siguientes:

a) Selección de impactos a evaluar:

Las categorías de impacto seleccionadas para el estudio fueron de punto medio o “midpoint”:

- 1) Uso extractivo de agua dulce que afecta a la disponibilidad del recurso en una región, expresado en m³ equivalente (Ecuación V.2, V.3, V.4 y V.5, del Capítulo V).

Los impactos asociados a la degradación del volumen consumido:

- 2) Emisiones de gases que generan acidificación, expresadas como la suma del potencial de acidificación en kg SO₂-equivalente (Ecuación V.7, del Capítulo V).
- 3) Emisiones de sustancias al agua que contribuyen al agotamiento del oxígeno (eutrofización), expresadas en kg P-equivalente (Ecuación V.8, del Capítulo V).

Cuanto más alejado del cero se encuentra el resultado de estos indicadores, mayor es el impacto sobre el recurso.

b) Método de evaluación de impactos:

- Los métodos empleados para la evaluación de impacto asociado al consumo de agua fueron el AWARE o Agua disponible remanente (Boulay *et al.*, 2015) comparativamente con el índice de estrés hídrico o Water Stress Index- WSI (Pfister *et al.*, 2009).

- La metodología de ReCiPe Midpoint Hierarchist (Goedkoop *et al.*, 2008) fue escogida para evaluar la degradación del recurso hídrico, dado que este es considerado el enfoque de indicadores más reciente y armonizado disponible en la evaluación del impacto del ciclo de vida.

Los objetivos de cada método fueron ya debidamente descritos en el Capítulo V, en el estudio de impacto de los establecimientos tamberos.

c) Factores de caracterización:

Se utilizaron los factores de caracterización de la perspectiva jerárquica o “Hierarchist” ya que usualmente es considerada como la perspectiva por “default”, basada en un modelo de consenso, como se suele encontrar en los modelos científicos (ReCiPe, 2017).

Resumiendo, al haberse elegido AWARE, WSI y ReCiPe H, las categorías de impacto a utilizarse fueron:

- Uso de agua (“water use”)
- Agotamiento de agua dulce (“water depletion”)
- Acidificación terrestre (“terrestrial acidification”)
- Eutrofización de agua dulce (“freshwater eutrophication”),

y los métodos de cálculo asociados a tales categorías se expresan en el Capítulo V en las Ecuaciones V.2, V.3, V.4, V.5, V.7 y V.8.

VI. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI.II) 1- Fase 2. Inventario de Ciclo de Vida de industrias lácteas en estudio.

En las Tablas VI.1 y VI.2, se resumen los resultados de inventario obtenidos para cada caso. Se presentan primeramente los resultados totales anuales según su unidad correspondiente y en la última columna los resultados de cada entrada al inventario asociado a la unidad funcional definida, kg de queso pategrás.

Tabla VI.1: Inventario de ciclo de vida CASO A (resultados anuales)

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	4.800	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de pozo para limpieza	L	149.130,5	31,068
Entrada de agua asociada a la cadena de suministros			
PRODUCCIÓN			
Electricidad	Kwh	1.548,3	0,322
Ácido	L	18,2	0,003
Alcalino	L	18,2	0,003
Detergente neutro	L	3,6	0,0007
Cloro	kg	36,5	0,007
Colorante	L	1,9	0,0004
Coagulante	kg	2,8	0,0006
Cloruro de calcio	kg	1.843,2	0,384
Fermento	kg	34,5	0,007
Natamicina	kg	1,7	0,0003
EMPAQUE			
Pintura	kg	28,3	0,005
TRANSPORTE			
Insumos de limpieza (Rafaela)- 10Km	tKm	0,000079	0,0000000166
Insumos de limpieza (Alicia, Córdoba)- 190Km	tKm	0,0015	0,0000003160
Cloruro de calcio (Rafaela)- 10 Km	tKm	0,0038	0,0000008
Fermentos (Rafaela) 10 Km	tKm	0,000072	0,000000015
Natamicina (Alicia, Córdoba)- 190Km	tKm	0,0000068	0,0000000142
Pintura roja (Villa María)-entre 300 y 260 Kg	tKm	0,0016	0,0000003446
Salidas directas			
Agua residual	L	128.451,6	26,760
Agua evaporada o retorna a cuerpo de agua	L	1.200	0,25

Tabla VI.2: Inventario de ciclo de vida **CASO B** (resultados anuales).

	Unidad	Cantidad	Cantidad/UF
PRODUCCIÓN	kg	864.000	1
ENTRADAS			
Extracciones de agua y uso directo			
Agua de pozo para limpieza	L	19.268.314,1	22,301
Agua de condensado para limpieza	L	3.552.000	4,111
Entrada de agua asociada a la cadena de suministros			
PRODUCCIÓN			
Electricidad	Kwh	3.800.876,2	4,399
Gas	nm ³	3.496.259,5	4,046
Ácido	L	1.003.750	1,161
Soda cáustica	L	1.140.625	1,320
Cloro	L	10.500	0,012
Alcalino	kg	333	0,0003
Fermentos	kg	655	0,0007
Coagulante	kg	1.920	0,002
Colorante	kg	5.810	0,006
Cloruro de calcio	kg	57,6	0,00006666
Antifúngico	kg	15.890	0,0183
EMPAQUE			
Pintura	kg	148.000	0,171
Pallet de madera	kg	140.000	0,162
TRANSPORTE			
Transporte de insumos de limpieza 10 km	tKm	0,012	0,0000000143
Transporte de insumos de limpieza 190 km	tKm	0,23	0,000000272
Salidas directas			
Agua residual	L	19.268.314,1	22,301

En el Capítulo Anexos, se encuentran los inventarios tal y como se configuran en el software SimaPro para su modelizado y posterior medición de impacto (ANEXO 8).

VI.II) 2- Fase 3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida.

El perfil de HA se obtuvo luego de calcular los resultados de categoría para todas las categorías de impacto ambiental que se estudiaron. En este caso, serían tres resultados de categoría que en conjunto representan el perfil ambiental asociado al consumo y contaminación del recurso hídrico, evaluado por Método AWARE o WSI y, Recipe (H), utilizando el software SimaPro.

Perfil de huella de agua (HA) en sistemas de producción de queso pategrás.

En la Tabla VI.3, se presentan los resultados de impactos asociados al uso y consumo del agua proveniente del proceso productivo industrial, entendiendo este como el sistema de producción de queso pategrás. Todos los valores presentados en esta tabla fueron obtenidos mediante la simulación del inventario en el software SimaPro 9.5.

Tabla VI.3: Resultados de categorías de impactos en sistemas productivos secundarios evaluados.

	Unidad	CASO A	CASO B
AWARE	m³ eq. AWARE	1,88	5,3
WSI	m³ eq. WSI	0,0297	0,0726
ACIDIFICACIÓN	kg SO₂ eq.	0,00264	0,0249
EUTROFIZACIÓN	kg P eq.	0,000372	0,00118

Independientemente al método empleado (WSI o AWARE), los resultados expresados presentan el mismo escenario. El CASO A representa menor impacto por escasez de agua o uso de agua disponible remanente que el CASO B.

En los impactos asociados al deterioro del recurso hídrico, la industria que presentó mayor contribución también fue el CASO B (la industria de mayor escala), ya sea en el potencial impacto por acidificación terrestre como en eutrofización acuática.

VI.II) 3- Fase 4. Interpretación

a) Análisis y comparación de resultados

➤ Según WSI y AWARE:

La HA por escasez correspondiente a la producción de 1 kg de queso pategrás, según el modelo realizado en SimaPro, contabilizó un total de 0,0297 m³ eq. WSI para el CASO A y 0,0726 m³ eq. WSI, lo mismo que decir, 29,7 y 72,6 L. de agua eq. WSI/kg de queso. Con la HA por uso de agua disponible remanente, el resultado fue de 1.880 L de agua eq. AWARE/kg de queso para el CASO A y para el CASO B 5.300 L de agua eq. AWARE/kg de queso.

A través de ambos indicadores de consumo de agua, el CASO B fue la industria que presentó mayor impacto. Este, es un escenario que podía esperarse considerando que la misma presenta un mayor consumo debido a la escala productiva que posee lo cual se traduciría a una mayor presión sobre la escasez de agua o la disponibilidad de uso remanente de la región.

➤ Comparación con otros estudios:

En un estudio de evaluación de HA en queserías de la región de Tandil, Nogoyá y La Punilla (Falabella *et al.*, 2018), obtuvieron según la metodología de Pfister (indicador WSI), un resultado de huella de agua por escasez de 5,2; 0,8 y 1,2 L de agua eq. WSI/kg de queso respectivamente. Si bien, estos casos no son comparables con el CASO A y B debido a que el procesamiento diario de leche de las queserías citadas no supera los 700 L/día, se pudo observar e inferir que, a mayor escala productiva, el impacto por escasez aumenta suponiendo que a mayor uso extractivo mayor es la presión ejercida sobre la cuenca.

Los resultados obtenidos por Falabella *et al.* (2018), a partir del indicador AWARE fueron 321,8; 22,8 y 77,5 L de agua eq. AWARE/kg de queso, es decir, menores a los obtenidos para el CASO A y B, suponiendo la misma situación. A mayor dimensión de las fábricas, mayor es el consumo de agua y mayor es la carga que representa sobre la disponibilidad de uso remanente, por lo que podrían considerarse coherentes los resultados del presente trabajo.

➤ A partir de impactos degradativos del agua:

Con respecto a la categoría de impacto de Acidificación terrestre, el resultado fue mayor para el CASO B respecto al CASO A. Esto podría relacionarse a un mayor consumo energético, ya sea eléctrico, de gas o combustible asociado al transporte proveniente de la compra de insumos. En esta instancia del trabajo, se consideró sólo este transporte y no el asociado a la etapa de recibo de leche por la complejidad en su estimación debido al amplio número de productores que venden a la industria y a la variabilidad existente en las distancias y recorridos que realizan cada uno de los camiones que llegan a la misma.

Coincidiendo con Falabella *et al.* (2018) el CASO A, se supone que presentó mayor impacto asociado al uso de leña y en menor proporción eléctrico mientras que, en el CASO B, el mayor impacto por acidificación terrestre se considera que estuvo representado por el consumo eléctrico considerando las dimensiones que esta representa.

En el caso de la categoría Eutrofización de agua dulce, el impacto proviene principalmente de los efluentes generados, dato coincidente con Falabella *et al.* (2018) , dentro de sus resultados de contribución en la etapa de producción de queso. La industria que obtuvo mayor resultado fue el CASO B, pese a que esta presenta sistema de tratamiento de efluentes. Sin embargo, se supone que el impacto es mayor por el caudal que representa y la carga contaminante asociada que, aunque posea tratamiento, aún no cumple con la normativa local. Se cree que en caso de que las condiciones de dicho efluente mejoren, el escenario podría invertirse.

A su vez, evaluando el estudio de Falabella *et al.* (2018) y considerando que el CASO A, presenta cierta similitud con la quesería de Tandil, otra de las contribuciones del inventario para esta categoría fue el uso de leña y en segundo lugar la generación de efluentes pudiendo considerar otra coincidencia con los autores en este aspecto.

➤ Comparación con otros estudios:

En la investigación antes mencionada, realizada por Falabella *et al.* (2018), obtuvieron un resultado de impacto asociado a la categoría acidificación terrestre de 0,230 kg SO₂ eq. para la localidad de Tandil; 0,202 kg SO₂ eq. para la localidad de Nogoyá y 0,073 kg SO₂ eq. para La Punilla. Considerando que dicho estudio incluyó la etapa de producción animal y tambo dentro del análisis de producción de queso, se identificó qué proporción del impacto por acidificación terrestre estuvo representada por la etapa en fábrica y el resultado fue 0,0874 kg SO₂ eq. para Tandil (38% del total del impacto), 0,0202 kg SO₂ eq. para Nogoyá (10% del impacto total) y contribución nula para La Punilla. Con estos resultados se puede observar que los valores obtenidos para el CASO B, presentan similitud con este estudio (0,0249 kg SO₂ eq.) siendo el CASO A, menor a dichos resultados.

Lo mismo ocurre con la categoría eutrofización acuática. El resultado de impacto para esta fue de 0,013 kg P eq para Tandil; 0,009 kg P eq. para Nogoyá y 0,007 kg P eq. para La Punilla. Nuevamente, se observó qué porcentaje del impacto por eutrofización de agua dulce estuvo asignado a la etapa de fabricación en la quesería y el resultado fue de 0,00234 kg P eq. para Tandil (18% del total), descartando el caso de Nogoyá y La Punilla que porcentualmente no presentaron contribución para esta categoría. Por lo tanto, teniendo en cuenta estos resultados, se puede decir que el CASO B (0,00118 kg P eq.) presentó valores similares a los de la quesería en Tandil y el CASO A, de menor impacto.

a) Problemas significativos y puntos críticos.

No fue posible exportar del simulador una evaluación de impactos en forma desagregada por subprocesos ingresados al inventario. En el CASO B, no se consideró el transporte en la etapa de recibo de leche cruda. De haberlos considerado, sin dudas que hubiera sido otro subproceso que represente gran proporción. En ambos puntos se considera importante evaluar la posibilidad de futuros estudios que permitan ampliar la evaluación de impactos.

VI. III) CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología con enfoque de ciclo de vida, mediante la estimación de la Huella de Agua, permitió obtener una caracterización de las empresas más amplia, contribuyendo en forma complementaria al Capítulo IV. El enfoque de ISO permitió brindar un perfil de huella de agua que no sólo incluye la evaluación de impacto por el uso del agua, sino también la degradación y/o contaminación del recurso.

Si bien en este caso no fue posible evaluar en el software SimaPro, los impactos desagregados por subprocesos, permitió una aproximación considerable de escenarios posibles. Tanto para los impactos asociados al uso del agua como los referidos a impactos degradativos de la misma, la mayor contribución estuvo en la industria de mayor escala productiva coincidiendo con otras experiencias y suponiendo que el aumento en las dimensiones de una industria puede influir en mayores impactos.

En el caso de la categoría Eutrofización de agua dulce se consideró que la contribución más alta en ambas industrias fueron los efluentes mientras que en la categoría Acidificación predominó el consumo asociado a la producción de energía, siendo mayoritario el uso de leña en la industria pequeña y el consumo eléctrico en la de mayor escala.

13- CAPÍTULO VII

VALORACIÓN MONETARIA DEL USO DEL AGUA EN SISTEMAS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS LECHEROS BOVINOS

VII. I) MATERIALES Y MÉTODOS

- 1- Enfoque según el Valor Económico Total- VET- Estimación de costos ambientales asociados al uso o deterioro del recurso hídrico.

SISTEMAS PRIMARIOS:

- A) Costos de reemplazo
- B) Costos de preservación
- C) Costos preventivos

SISTEMAS SECUNDARIOS:

- A) Costos de reemplazo
 - B) Costos preventivos
- 2- Costos de ciclo de vida del producto (leche cruda).
 - 3- Costos de ciclo de vida del producto (queso pategrás)

VII. II) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 1- Valor Económico de uso directo e indirecto del agua en establecimientos tamberos.
- 2- Valor Económico de uso directo e indirecto del agua en industrias.
- 3- Costos de ciclo de vida del producto (leche cruda).
- 4- Costos de ciclo de vida del producto del CASO A (queso pategrás).

VII. III) CONCLUSIÓN

VII. I) MATERIALES Y MÉTODOS

Los costos son un aspecto central de las medidas de ecoeficiencia, ya sea como medio para evaluar el valor de la producción o bien, como una dimensión del índice de eficiencia. Al mismo tiempo, aspectos como el tiempo, el espacio y la confidencialidad, son uno de los mayores problemas al momento de definir la calidad de los datos y la utilidad de las metodologías de valoración económica de impactos ambientales. Como introducción a los métodos y marcos de referencia empleados para la determinación de los CCV, se presenta una infografía para cada sistema evaluado (Figura VII.2a y 2b).



Figura VII.1a: Descripción de metodologías a aplicar en tambos.



Figura VII.1b: Descripción de metodologías a aplicar en industrias.

VII.I) 1- Enfoque según el Valor Económico Total (VET). Estimación de costos ambientales asociados al uso o deterioro del recurso hídrico.

Una de las herramientas de valoración, aunque no ampliamente validada, es la determinación del VALOR ECONÓMICO TOTAL (VET) de un bien o servicio ambiental, siendo este un método de valoración monetaria de bienes públicos y servicios ecosistémicos. En el caso de la producción primaria de alimentos, es muy importante la intervención de servicios del ecosistema carentes de un valor de mercado tales como: la provisión de agua subterránea y de nutrientes del suelo, la polinización y el control biológico de plagas (Cristeche y Penna, 2008). Para la etapa primaria de producción de leche, se seleccionó la categoría de Valor Económico de Uso Directo (VEud) y Valor Económico de Uso Indirecto (VEui).

Tanto para la estimación del Valor de Uso Directo como Indirecto, el enfoque mayormente empleado fue por costos de reemplazo seguido de costos de preservación (genéricamente considerados costos de oportunidad) y costos preventivos.

Es importante aclarar que, para la aplicación de cada método seleccionado, se plantearon escenarios hipotéticos donde los casos, tuvieran que afrontar determinados costos tendientes a favorecer un uso más sostenible del ambiente y los servicios ambientales involucrados o bien, compensar el daño generado. Se incluyeron estos costos en la evaluación económica de cada uno de los casos observando las variaciones en su resultado final y el impacto sobre su rentabilidad.

El criterio para su selección partió del concepto de costos evitados o inducidos, el cual corresponde al caso en que el bien o servicio ambiental bajo análisis no se comercia en el mercado, pero está relacionado con un bien que sí lo es, o sea, que posee un precio. Supone que los costos de evitar ciertos daños sobre el medio ambiente o reemplazar ecosistemas o servicios que éstos proveen, constituyen estimaciones útiles de su valor (Cristeche y Penna, 2008).

SISTEMAS PRIMARIOS

A) Costos de reemplazo:

Esta técnica descansa en el supuesto de que es posible calcular los costos en los que se incurre para sustituir los activos ambientales dañados a causa del desarrollo de alguna actividad humana. Por lo tanto, se estimó el valor de uso directo del agua subterránea incorporada considerada un insumo elemental del proceso de producción de leche cruda. A través del costo de reemplazo, se representó el valor económico en el que se incurriría si existiese faltante de agua de napa y debiera consumirse agua de red.

También es posible estimar el valor económico del m³ consumido de agua en base a la determinación del costo económico total del agua (CET) planteado por Manazza (2012), el cual considera el costo de extracción de la misma (costos directos e indirectos que se describen en la Ecuación VII.3) y el costo-eficiencia hídrica (también denominado por el autor como pérdida económica por unidad de agua) (Ecuación VII.4). En este estudio no se dispuso de la totalidad de la información y en forma precisa en todos los casos debido a los años de antigüedad que poseen algunos pozos de agua.

Por lo tanto, en línea con lo planteado y partiendo a su vez del concepto de costo de reemplazo como el valor que se contraería producto de la sustitución de un activo ambiental dañado o agotado (Pérez Jaramillo, 2009), se resolvió:

- Asignar al consumo de agua subterránea el valor tarifario de agua de red obteniendo un valor económico de uso directo del agua ($VEud_T$ - Ecuación VII.1) y complementariamente,
- Comparar el $VEud_T$ con la visión de Manazza (2012); con la salvedad de que será un valor referencial del CET del agua obtenido a partir de la conjunción de datos reunidos entre los 5 tambos (Ecuación VII.2).

$$VEud_T (\$/L \text{ anuales}) = HHa_{(L \text{ anuales})} \times (Vt_a (\$/m^3) \times 1000) \quad (\text{Ecuación VII.1})$$

Donde,

$VEud_T (\$ \text{ anuales})$, valor económico de uso directo del agua según valor tarifario de agua de red.

$HHa (L \text{ anuales})$, consumo directo de agua subterránea.

$Vt_a (\$/m^3)$, valor tarifario del agua de red expresado en pesos argentinos por m^3 .

$$CET_{(\$/L \text{ de agua})} = CEf_{(\$/L \text{ de agua})} + CeH_{(\$)} \quad (\text{Ecuación VII.2})$$

$$CEf_{(\$/L \text{ de agua})} = \frac{(CCe + R + M + A)_{(\$ \text{ anuales})}}{HHa_{(L \text{ anuales})}} \quad (\text{Ecuación VII.3})$$

$$CeH_{(\$/L \text{ de agua})} = Pl \times (PGA^p - PGA^a) \quad (\text{Ecuación VII.4})$$

Donde,

$CET (\$/L \text{ de agua})$, costo económico total del consumo de agua.

$CEf (\$/L \text{ de agua})$, costo efectivo del agua a partir del costo de extracción.

$CeH (\$/L \text{ de agua})$, costo-eficiencia hídrica o pérdida en pesos por unidad de agua.

$CCe (\$ \text{ anuales})$, costo del consumo eléctrico de la bomba el cual está medido según el consumo de kW por hora de uso.

$R (\$ \text{ anuales})$, reparaciones realizadas en un año.

$M (\$ \text{ anuales})$, gastos de mantenimiento promedio en un año.

$A (\$ \text{ anuales})$, amortizaciones equivalentes año.

$CeH (\$/L \text{ de agua})$, costo-eficiencia hídrica.

$Pl (\$/kg \text{ LCGP})$, precio de la leche (en $\$$ argentinos).

$PGA^p (kg \text{ LCGP/L de agua})$, productividad global potencial del agua en el sistema.

$PGA^a (kg \text{ LCGP/L de agua})$, la productividad global actual del agua en el sistema.

Es necesario aclarar los siguientes aspectos:

- En cuanto a la variable V_{ta} , el valor empleado fue 47 $\$/m^3$ según valores de octubre de 2023 y luego se lo expresó en litros.
- Para determinar el CCe , se consideró según las características de cada bomba el consumo expresado en kW/h de uso de la misma. El costo por kW/h de consumo empleado fue 7,36 $\$$ argentinos/kW (valor de octubre 2023).
- Respecto a la variable HHa , se consideraron los L de H_2O para bebida animal + L H_2O rutina de ordeño.
- Para el análisis comparativo del $VEud_T$ y el CET en la sección Discusión de este capítulo, ambos resultados fueron expresados como valor económico por unidad de producto ($\$/kg$ LCGP).

B) Costos de preservación:

Es posible interpretarse que estos costos pueden ser estimados mediante el enfoque del costo de oportunidad, el cual calcula el costo de destinar recursos para la conservación del medio ambiente, contabilizando todos los ingresos perdidos por no asignar esos recursos a otras funciones. Es decir, se mide el beneficio que se deja de percibir por dedicarse a actividades de preservación (Cristeche, Penna 2008).

Para este caso, se evaluó el costo de destinar recursos financieros a la conservación del recurso hídrico. Se simuló la adquisición de tanques como respuesta a la capacidad deficitaria de acopio de agua empleada en la placa de preenfriado de leche durante el ordeño. Se relevó información y seleccionó un tamaño aproximadamente acorde a la necesidad insatisfecha de cada establecimiento. Los valores de consumo fueron tomados a partir de la información obtenida de las visitas y mediciones y los costos de los tanques según un promedio de presupuestos obtenidos de 3 empresas argentinas. El costo de los mismos fue en dólares siendo unificado a una misma moneda (la más predominante en los datos disponibles), pesos argentinos (ARS\$). El valor de cambio fue el de agosto de 2023, según dólar oficial.

C) Costos preventivos:

Consiste en calcular los gastos que realizan los agentes para tratar de impedir los perjuicios causados por la contaminación y la degradación. Este enfoque supone que la percepción individual del costo que genera el daño ambiental es, por lo menos, el monto que el individuo paga para evitar el daño.

Aquí se estimó el costo de acondicionamiento del efluente necesario para reducir la carga contaminante. Para eso se estimó un sistema de tratamiento para aquellos tambos que no disponen de este (CASO 3, 4 y 5) y una mejora en los que sí poseen (CASO 1 y 2).

Para la modelización de los sistemas de tratamiento o mejoras propuestas, se analizaron antecedentes con características similares. A continuación, se elaboró un cuadro resumen (Figura VII.2), donde se describe el modelo propuesto por Mandrile (2022) y cuyo trabajo fue empleado como marco de referencia para este estudio.

Figura VII.2: Ejemplo de sistema de tratamiento.

Datos físicos	Valor	Unidad
<i>Efl diario</i>	5600	<i>Litros</i>
<i>VO</i>	112	<i>cabezas</i>
<i>L efluentes/VO</i>	50	<i>L/vaca/día</i>
Sist propuesto:	Decantador de sólidos + laguna aeróbica	
Hormigón requerido para el decantador	18	m^3
Dimensión del decantador:	6 m de largo y 3 m de altura con 1 m de prof	
Capacidad de la laguna	70	m^3
Dimensión de la laguna:	8,4 m de largo, 7 m de ancho y 1,2 m de prof	
INVERSIÓN LAGUNA	\$ 597.600,00	
INVERSIÓN DECANTADOR	\$ 555.840,00	
TOTAL INVERSIÓN	\$ 1.153.440,00	

Para determinar las dimensiones de los sistemas de tratamiento modelizados, se tuvieron en cuenta una serie de características prefijadas las cuales fueron adaptadas mediante proyecciones. En los escenarios propuestos se tuvo en cuenta el efluente diario generado al igual que el trabajo citado.

Características importantes a tener en cuenta:

- Los costos presentados por Mandrile (2022), corresponden a octubre de dicho año, por lo cual, para este estudio fueron actualizados según la inflación acumulada hasta octubre de 2023, registrada y declarada en el Informe técnico mensual del Instituto Nacional de Estadística y Censos- I.N.D.E.C. (2023), cuyo valor fue de 142,7%.
- Según las dimensiones del decantador que propone la autora, supone un proceso de vaciado y limpieza cada 4-5 días conforme al efluente producido.
- Respecto a las medidas de la laguna que modeliza, responde a características de una de tipo aeróbica con una capacidad máxima de retención de 12 días. Para este trabajo fue considerado el equivalente a 2 lagunas de estas dimensiones.

SISTEMAS SECUNDARIOS (INDUSTRIAS):

A) Costos de reemplazo:

Para la etapa secundaria de estudio, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en los establecimientos primarios. No obstante, es importante aclarar que, para este capítulo, se desarrolla la metodología de VET sólo para el CASO A. En cuanto a la segunda industria en estudio (CASO B), no se realizó ninguna estimación de costos ni recopilación de información de tipo económica meramente por decisiones particulares de la empresa vinculadas a su confidencialidad en los datos.

En el CASO A, para la valoración del consumo directo de fuentes de agua subterránea a través del costo del agua de red, se tendrá en cuenta las mismas características que en la etapa primaria y el consumo de agua considerado, será el promedio obtenido de las mediciones puntuales.

B) Costos preventivos:

Este tipo de costo, también se implementó con la misma finalidad que para los establecimientos tamberos. El CASO A, no presenta tratamiento de efluentes, por lo que se diseñó para esta industria un modelo de sistema de tratamiento de aguas residuales producidas durante el proceso de elaboración del queso pategrás.

Teniendo en cuenta la escala productiva que representa (pequeña empresa) y a su vez, considerando las limitaciones y alcance de este trabajo, se estableció utilizar la misma fuente bibliográfica para la modelización del sistema de lagunas. Pese a tratarse de sistemas diferentes y características de efluentes distintos (aguas residuales de origen primario vs. aguas residuales industriales), se asumió utilizar el criterio de Mandrile (2022) y proporcionalmente estimar las dimensiones según el caudal diario generado por la industria.

VII.I) 2- Costos de ciclo de vida del producto (leche cruda).

Luego de la estimación de costos ambientales, se procedió al estudio de Costos de ciclo de vida (CCV) del producto. Para eso fue necesario consultas a expertos y/o valores de referencia para la zona evaluada disponibles en el mercado. En el transcurso del Capítulo, se especificará lo que corresponde para cada situación (de dónde fue extraído o qué referencia fue considerada) y todos los datos ingresados que permitieron la estimación de los costos del ciclo de vida (CCV) de 1 kg de leche cruda.

Al igual como se plantea en numerosos estudios previos Prevention (2006), Swarr *et al.* (2011), Alejandrino (2020), la mayoría de los datos empleados estuvieron expresados en diferentes monedas y obtenidos a partir de información brindada en diferentes momentos (años) de la elaboración del presente trabajo.

Por tal motivo, se consideró realizar una actualización de los mismos a valor presente (octubre 2023), expresados en una misma moneda (en pesos argentinos) y con una tasa de descuento como variable de ajuste que, en este caso, corresponde a un ajuste por la tasa de inflación acumulada anual registrada según el INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina).

La actualización y normalización de los costos, fue de acuerdo con el indicador propuesto por la Prevention (2006) (Ecuación VII.5). En la medida de lo posible, se consideraron costos y tasas reales, debido a que Argentina, un país en desarrollo, está sujeto a procesos inflacionarios de gran inestabilidad económica, como sugiere la CE para países de estas características.

$$cost_x = \sum_t^n = 0 \left(\frac{cost_t}{(1+r)^t} \right) \quad (\text{Ecuación VII.5})$$

Donde:

cost_x, costo desembolsado en año t

t, años desde 0 a n

n, tiempo de vida considerado

r, tasa de descuento

De acuerdo con lo mencionado anteriormente sobre las tasas reales, si bien en la ecuación plantea el uso de una misma tasa para todos los años estudiados, en este caso, por cada año que se evaluó, se realizó una estimación interanual con una tasa de inflación acumulada anual diferente (real, correspondiente a cada año) y luego finalmente se realizó la sumatoria de los mismos.

El estudio abarca costos desde el año 2020 a 2023, y las tasas de inflación acumulada anual fueron 0,42; 0,509; 0,948; y 0,465 respectivamente (acumulada hasta julio del 2023) o bien 1,427 (acumulada hasta octubre del 2023) para la estimación de costos preventivos. Dado que la relatividad de los precios no se comporta en todos los costos en función a la inflación, pero algunos se encuentran por debajo de la misma y otros por encima (como ser, salarios, impuestos, gasoil), se estableció aplicar a todos el mismo tipo de tasa (inflación) como un método simplificado para el alcance de este trabajo.

Descripción por fases

A continuación, y según la metodología propuesta por Venkatesh (2019), se enumeran los costos seleccionados para las diferentes fases del estudio de costos de ciclo de vida de 1 kg LCGP. Es importante mencionar que no fue considerada la FASE 1 o Período de preadquisición y FASE 4 o Período de reemplazo de la actividad y disposición final o desmontaje (eliminación).

En la FASE 1, se encuentran los Costos de preadquisición que hacen referencia no sólo a costos que ningún propietario dispuso como ser: costos de asesoramiento para el diseño de la actividad y costos de planos, sino, además, el costo de compra de terreno para el cual definir un valor de mercado representativo y confiable, resultó de gran controversia y ninguno de los casos que disponían de alguna o la totalidad de tierras propias, tenían tasadas sus propiedades.

La FASE 4 incluye el costo de dar de baja la actividad, dismantelar las instalaciones según lo indica las normativas, exigencias medioambientales y de seguridad vigentes; su disposición final y limpieza de desperdicios, saneamiento ambiental de la zona de producción, manejo y almacenamiento de productos de desecho. Dada su complejidad en la búsqueda de información confiable y conforme a un reglamento, no se alcanzó en esta instancia a investigar.

FASE 2: Período de construcción:

- a. Costo de adquisición: costo de inversión para montaje de la unidad productiva, es decir todo el inmueble (tambo y corrales de espera, techados) y equipamiento (equipo de ordeño, tanque de almacenamiento, silos para distribución del alimento durante el ordeño, tanques de agua, entre otros).
- b. Costo de instalación: costos de diseño del sistema (corrales, alambrado, instalaciones eléctricas, instalación de la bomba, bebederos, sistema de conexión y distribución de agua, compra de animales, compra de maquinarias).

FASE 3: Período de servicio (ejecución) operación, mantenimiento, renovación

- a. Costo de operación: Costos variables y fijos (Salarios, impuestos varios, pago de cuotas de créditos, pago de cuotas de otro producto o servicio tomado. Alquiler (en caso de que tenga alguna fracción de tierra o toda), compra de semillas, costo fumigaciones, fertilizaciones, costos de labores contratadas (cosecha, siembra, entre otros, según corresponda), costos confección de reservas (rollos silo bolsas), costo de compra de balanceado u otro alimento que se adquiriera fuera del establecimiento, compra de medicamentos, vacunas, productos químicos, productos de limpieza.
- b. Costo de interventoría: Costos de asesoramientos profesionales como ser contables, veterinarios, agrónomas, administrativos, jurídicos, costos de servicios externos como por ejemplo toma de muestras, realización de pruebas en leche, animales.
- c. Costo del inventario de repuestos: cambio de alguna unidad del equipo o sistema de ordeño (repuestos del sistema de ordeño: tuberías, mangueras, picos, pezoneras, unidad de vacío, etc); cambio o compra de bomba centrífuga, costos de reparaciones eléctricas. Repuestos para las maquinarias. Existencia de stock para reparaciones de corrales y alambrados.

d. Costo de energías varias: boleta de luz, costos de gasoil, nafta.

e. Costo de mantenimiento: Costos de reparaciones de maquinarias (promedios anuales), costos de reparaciones de camionetas. Costos de reparaciones, modificaciones y/o modernizaciones a nivel infraestructura (de los últimos 5 años) como ser, ampliación de alguna zona techada, instalación de aspersión para estrés térmico de animales o ventilación). Amortizaciones de maquinarias, vehículos e instalaciones.

f. Costos ambientales:

Costos de reemplazo, Costos de preservación y Costos preventivos.

Método de cálculo:

En la siguiente expresión (Ecuación VII.6), se enuncia la agregación de todos los costos seleccionados si el objetivo es realizar un análisis del costo del ciclo de vida de un producto.

$$CCV = \sum_{e1}^{en} \sum_{p1}^{pi} \sum_{c1}^{cm} ec_i \quad (\text{Ecuación VII.6})$$

Donde,

el a en, etapas del ciclo de vida 1 a n

pl a pi, procesos de 1 a i

cl a cm, categoría de costos de 1 a m

ec_i, elemento de costo i – ésimo

VII.I) 3- Costos de ciclo de vida del producto (queso pategrás).

Luego de la estimación de costos ambientales asociados al consumo o impacto degradativo sobre el agua subterránea empleada para la producción de queso pategrás, se procedió al estudio de costos de ciclo de vida del producto. Para eso se realizaron consultas directamente con el dueño de la empresa. En el transcurso del trabajo, se especificará lo que corresponde para cada situación (de dónde fue extraído o qué referencia fue considerada).

A diferencia del estudio en la etapa primaria, la mayor parte de los datos empleados estuvieron expresados en la misma moneda (pesos argentinos- \$), aunque sí fueron obtenidos a partir de información en diferentes momentos (años) de la elaboración del presente trabajo.

Por tal motivo, se consideró realizar una actualización de estos a valor presente, con una tasa de descuento (tasa de inflación acumulada anual registrada) según el INDEC. La actualización y normalización de los costos, fue de acuerdo con el indicador propuesto por Prevention (2006) ya mencionado en la descripción de los sistemas primarios (Ecuación VII.5) y coincidente con el mismo procedimiento. Al igual que en los tambos, el estudio contempló costos desde el año 2020 a 2023, y las tasas de inflación acumulada anual empleadas fueron las mismas, salvo para la estimación de costos preventivos donde se utilizó 1,427 (acumulada hasta octubre del 2023).

A continuación, y según la metodología propuesta por Venkatesh (2019), se enumeran los costos seleccionados para las diferentes fases del estudio de costos de ciclo de vida (CCV) de 1 kg de queso pategrás para el cual tampoco se ha considerado la FASE 1 o Período de planeación y FASE 4 o Período de reemplazo de la actividad y disposición final o desmontaje.

FASE 2: Período de construcción:

- a. Costo de adquisición: costo de inversión para montaje de la unidad productiva, es decir todo el inmueble (construcción edilicia y sus intermediaciones) y equipamiento (equipo de cámaras y refrigeración, pasteurizador, desnatadora, tinas, prensa de quesos, caldera y herramientas varias empleadas para la manipulación de los productos en las diferentes etapas productivas, tanques de agua).
- b. Costo de instalación: costos de diseño del sistema (instalaciones eléctricas, instalación de la bomba, sistema de conexión y distribución de agua).

FASE 3: Período de servicio (ejecución) operación, mantenimiento, renovación:

- a. Costo de operación: Costos variables y fijos (aditivos y otros insumos para la elaboración del queso, materiales varios de uso diario, productos químicos, productos de limpieza, salarios, impuestos).

- b. Costo de interventoría: Costos de asesoramientos profesionales como ser contables, administrativos, jurídicos, costos de servicios externos como por ejemplo toma de muestras, realización de pruebas en leche o productos terminados.
- c. Costo del inventario de repuestos: cambio de alguna unidad del sistema de producción (tuberías, mangueras, picos, bomba succionadora de efluente, etc.); cambio o compra de bomba centrífuga, costos de reparaciones eléctricas. Repuestos para las instalaciones en cada sala/etapa. Existencia de stock para reparaciones en el suministro de agua y distribución de vapor y agua caliente.
- d. Costo de energías varias: boleto de luz, costos de gasoil, nafta.
- e. Costo de mantenimiento: Costos de reparaciones de equipos (promedios anuales), costos de reparaciones de vehículos afectados a la actividad. Costos de reparaciones, modificaciones y/o modernizaciones a nivel infraestructura (de los últimos 5 años) como ser, ampliación de planta, ampliación de capacidad productiva, modificación del sistema de suministro de agua, actualización en la producción de energía calórica). Amortizaciones de máquinas, vehículos e instalaciones.
- f. Costos ambientales: Costos de reemplazo y Costos preventivos.

VII. II) RESULTADOS y DISCUSIÓN

VII.II) 1- Valor Económico de uso directo e indirecto del agua en establecimientos tamberos.

Determinación de costos de reemplazo:

Como se mencionó al inicio de este Capítulo, pueden existir diferentes criterios para asignar un valor monetario al uso directo del agua. Uno de ellos puede ser mediante la tarifa del agua de red medida en $\$/m^3$ y/o mediante la estimación del CET según Manazza (2012), recordando que su visión surge de la suma del CEF de extracción del agua y el CeH.

En la Tabla VII.2, se presentan los $VEud_T$ para cada establecimiento tamero analizado, teniendo en cuenta única y principalmente la variable: costo tarifario del m^3 de agua de red. Los valores presentados fueron en $\$$ argentinos/L total anual de agua consumida.

Tabla VII.1: Estimación anual de costos de reemplazo.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
$VEud_T$ ($\\$/L$ totales)	994.040,9	618.526,6	991.806,1	680.563,3	461.560,9

Respecto a los costos de reemplazo, los que presentaron mayor resultado fueron aquellos que presentaron un desperdicio más alto de agua de placa de refrescado (Caso 3 y Caso 1). También se observa levemente mayor el Caso 1 y eso es porque corresponde a los casos que mayor consumo total de agua presenta por su escala productiva.

En la Tabla VII.3, se presentan en forma complementaria a este análisis, la estimación teórica del CET del uso directo del agua de napa según la metodología citada. Para la estimación del $CEf_{(\$L \text{ de agua})}$ de extracción de agua el autor considera no sólo el costo del consumo eléctrico asociado a la bomba durante las horas de ordeño, sino también el costo de mantenimiento del pozo y sus amortizaciones. Vale aclarar que la información reunida, surgió a partir de la conjunción de datos provistos por los 5 casos estudiados,

modelizando según las características propias de cada establecimiento y estimando valores proporcionales a estos obteniendo finalmente un resultado teórico referencial.

Tabla VII.2: CET del agua según su costo de extracción.

CET		CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
1- COSTO EFECTIVO (CEf)		(Ecuación VII.3)				
<i>Costo consumo energético (\$/kW)</i>		<i>\$ 7,35 (valor de octubre de 2023)</i>				
<i>Consumo bomba (kW/h)</i>		1,5	1,5	0,75	0,375	0,5625
<i>Uso de bomba en ordeño</i>		2h37'	2h39'	3h13'	2h42'	2h06'
<i>Costo consumo eléctrico de la bomba (\$/día)</i>		\$28,87	\$ 29,23	\$ 17,74	\$ 7,44	\$ 8,68
Costo anual de extracción		\$ 10.538,25	\$ 10.672,5	\$ 6.477,32	\$ 2.718,46	\$ 3.171,54
Costo anual de reparac y mantenim		\$ 127.816,42	\$ 127.816,4	\$ 85.210,9	\$ 42.605,5	\$ 63.908,2
Amortización pozo y bomba		\$ 55.500,00	\$ 55.500	\$ 37.000	\$ 18.500	\$ 27.750
CEf	(\$/L de agua)	0,00916	0,014740	0,00609	0,00440	0,00965
CEf	\$ totales	193.854,66	193.988,91	128.688,27	63.823,93	94.829,75
2- COSTO-EFICIENCIA HÍDRICA (CeH)		(Ecuación VII.4)				
Precio de la leche- PI (\$/kg LCGP) *		158,98	92,92	150,75	143,71	168,24
PGA ^a (L de agua/kg LCGP)		0,0040437	0,0010237	0,0018537	0,0025272	0,0023652
CeH (\$/L de agua)		0,00	0,28	0,33	0,22	0,28
CeH (\$ totales)		0,00	3.692.902,9	6.966.651,4	3.155.659,1	2.773.203,7
CET	\$/L de agua	0,00916	0,295	0,336	0,222	0,292
CET	\$ totales	193.854,66	3.886.891,8	7.095.339,7	3.219.483,1	2.868.033,5

*Cotización en octubre de 2023.

En la Tabla VII.2, se presentan los resultados de los 5 casos para dichos indicadores. Como se puede observar, el CASO 1 fue el que presentó el mayor costo económico total (CET) del uso directo del agua subterránea. Si se analizan de forma individual las variables que lo conforman, el CEf total anual fue mayor en el CASO 2 y menor en el CASO 4. Distinto es lo que ocurre con el CeH total anual, el cual resultó mayor en el CASO 1 y menor en el CASO 5.

Si se evalúan las mismas variables expresadas por unidad de consumo (\$/L de agua), se obtiene el mismo escenario para el caso del CEf; no así para los resultados del Costo-Eficiencia Hídrica (CeH (\$/L de agua)). Este, resultó mayor en el CASO 1 pero menor en el CASO 3 y no el CASO 5. En la tabla se pueden ver las particularidades de cada sistema, y los escenarios anteriormente descritos.

En cuanto a la diferencia de escenarios obtenidos para el CeH, si se lo analiza expresado en \$/L de agua, el resultado fue mayor el CASO 5 que el CASO 3, debido a que el primero presenta mayor productividad global (PGA^a) y mayor precio de venta de su producto. En cambio, evaluando el CeH expresado en \$ totales anuales, el CASO 3 presentó mayor resultado que el CASO 5 y se debió exclusivamente a la incidencia del consumo del agua, siendo ampliamente mayor el del CASO 3, lo que invierte el escenario al asociar dicha variable.

En la Tabla VII.3 se presentan resultados obtenidos en este estudio comparándolos con los resultados presentados por Manazza (2012).

Tabla VII.3: Costo Económico Total (CET) del uso de agua subterránea en sistemas primarios.

CET	Manazza (2012)	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
CEf (\$/L de agua)	0,000667*	0,009165	0,014740	0,006098	0,004407	0,009656
CeH (\$/L de agua)	0,355**	0,00	0,28	0,33	0,22	0,28

*El valor es el promedio resultante del CEf de cuatro modelos diferentes de tambos: Modal 0,00037; Extensivo 0,00040; Intensivo 0,00132 y Megatambo 0,00058 \$/L de agua.

**El valor es el promedio resultante del Costo-Eficiencia hídrica (CeH) de cuatro modelos diferentes de tambos: Modal 0,13; Extensivo 0,21; Intensivo 1,08 y Mega tambo 0,00.

Respecto a la comparación de los resultados asociados al CEf en el estudio de Manazza (2012), sólo se consideró un valor promedio resultante de sus casos analizados, ya que era de esperarse no encontrar similitud en la totalidad de los valores debiéndose concretamente a la falta de precisión y ausencia de datos en los sistemas primarios evaluados en el presente estudio. Sólo presentaron similitud con los resultados del MODELO INTENSIVO, sin embargo, no todos los casos analizados en este trabajo presentan dichas características en cuanto al sistema de producción. Esto refuerza la aclaración hecha anteriormente sobre la modelización de datos y obtención de un valor referencial para dicha fracción de la fórmula.

Se estima que uno de los factores más influyentes fue el bajo costo considerado para este trabajo en: reparación, mano de obra y/o mantenimiento del pozo y la bomba. Por otro lado, se admite una posible diferencia a causa del costo del consumo eléctrico utilizado, suponiendo que éste difiere por la región del país donde se sitúan los establecimientos analizados por el autor (provincia de La Pampa). Otro factor puede ser la productividad anual de los sistemas analizados, considerando que sus resultados de CEf pudieron ser menores debido a que su producción en kg de leche fue mayor.

Otro de los aspectos al que puede estar vinculada la diferencia entre estudios, es el tamaño de las bombas. Se conoce que cuanto mayores son las potencias o capacidad de estas para extracción de agua, mayor es el consumo de energía demandado y mayor será el costo eléctrico asociado a su uso. Considerando que los establecimientos estudiados en el presente trabajo poseen bombas de poca potencia, puede suponerse que los sistemas estudiados por Manazza (2012) puedan presentar unas de menor tamaño aún. No obstante, el autor no menciona el tamaño de las bombas y el tiempo de uso diario, ni especifica el cálculo

realizado para el CEF, por lo cual se admite un grado de incertidumbre.

Contrariamente a lo descrito, en la comparativa de resultados asociados al CeH, sí se observaron amplias similitudes considerando oportuno analizar en detalle los resultados para cada sistema que el autor evaluó (Manazza, 2012). El sistema definido como Mega Tambo, fue el que presentó mayor PGA^a por lo cual se lo consideró el mejor sistema y su CeH adoptó valor cero. Lo mismo ocurrió en el presente estudio, siendo el CASO 1 el mejor sistema (la PGA^a más elevada) y también el de mayor escala productiva. Luego el CASO 4 y 2, presentaron un valor muy cercano al del sistema que denominó como Extensivo, lo cual coincide con el tipo de modelo productivo de dichos casos. El CASO 5, presenta una pequeña diferencia en uso de concentrados, pero se encontró en este grupo también. Finalmente, el CASO 3 (el sistema productivo con mayor uso de concentrados), el cual si bien su CeH no se acerca al obtenido en el sistema definido por el autor como modelo intensivo, sí es el que presenta el mayor costo al igual que este.

En la Figura VII.3 se presenta la comparación entre el VET obtenido mediante el criterio de VEud_T (criterio empleado en este estudio mediante el valor tarifario de agua de red) y el propuesto por el autor mediante el CET.



Figura VII.3: Comparativa entre metodologías de valoración económica del uso del agua.

En cuanto a la comparativa entre metodologías adoptadas para la determinación de un valor económico del uso de agua subterránea, se puede observar que, si bien los resultados monetariamente son diferentes,

la tendencia que adoptan el 90% de los casos en estudio es prácticamente la misma (Figura VII.3). Sólo el CASO 1 presenta diferencia entre un método y otro y se debe exclusivamente al criterio aplicado en la relación que establece entre la PGA^a y la PGA^p para la estimación del CeH.

Aunque los casos representen costos diferentes mediante el método aplicado por Manazza (2012), puede considerarse que el criterio empleado mantiene coherencia y permite realizar una comparación entre sistemas. A partir de esto, puede decirse que por medio del $VEud_T$ donde sólo interviene el consumo de agua, CASO 1 y 3 presentaron mayor impacto económico y el CASO 5 el menor. Mientras que, mediante el CET, continúa siendo el mismo orden, salvo el CASO 1, donde el impacto económico por uso del agua estuvo dado sólo por los costos efectivos de extracción (CEf) y no por los costo-eficiencia hídrica (CeH) por lo que resultó el menor.

Determinación de costos de preservación:

Como se mencionó anteriormente, este tipo de costo se empleó como respuesta a la ineficiencia en el sistema de acopio de agua de cada caso en estudio. Debido a que la mayor parte de los establecimientos no posee almacenamiento o reutilización total del consumo de agua utilizada para el enfriado de la leche, presentan un consumo extra en la recarga de bebederos de los animales que podría evitarse.

Para eso se escogió la adquisición de tanques de polietileno virgen y sus capacidades fueron dimensionadas de acuerdo con el consumo de agua de placa de preenfriado de la materia prima, cuyo valor se determinó previamente en las mediciones.

En la Tabla VII.4, se presentan las principales características de dichos escenarios, seguido del importe correspondiente a la compra de los tanques seleccionados (en pesos argentinos- \$) y por último, la disminución del costo de reemplazo de extracción del agua subterránea (equivalente al potencial ahorro del consumo de agua) y el eventual ahorro energético asociado a dicho volumen agua evitado.

A su vez, se supone que a partir de este escenario hipotético donde aumentan su capacidad de reserva de agua, la HHa se vería reducida. A continuación, se muestran dichos escenarios, donde se encuentran representados los ahorros que se asociaría a tal disminución del consumo de agua.

Tabla VII.4: Determinación de costos de preservación para reducir la HHa.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
Capacidad del tanque (L)	10.000	5.000	10.000	5.000	5.000
Compra del producto	\$ 965.703,7	\$ 523.736,9	\$ 965.703,7	\$ 523.736,9	\$ 523.736,9
Consumo de agua de placa (L/día)	13.530	13.800	25.753,84	8.740	8.400
Consumo de bebida animal (L/día)	29.777,24	18.789,51	21.616,76	20.658,91	13.525,62
<i>Ahorro potencial de agua (\$ anuales)</i>	<i>\$ 216.153,0</i>	<i>\$ 257.325,0</i>	<i>\$ 427.555,4</i>	<i>\$ 224.792,9</i>	<i>\$ 134.256,5</i>
<i>Ahorro de energía (\$ anuales)</i>	<i>\$ 4.714,02</i>	<i>\$ 9.272,01</i>	<i>\$ 4.459,82</i>	<i>\$ 1.873,6</i>	<i>\$ 1.855,1</i>
<i>Reducción de HHa (L de agua/ kg LCGP)</i>	<i>5,880 (23%)</i>	<i>11,267 (41%)</i>	<i>19,424 (44,6%)</i>	<i>6,703 (30,6%)</i>	<i>6,542 (30,8%)</i>

Los valores de compra que figuran en esta tabla estarán luego en la confección de inventario y estimación de Costos de Ciclo de Vida para 1kg LCGP. Además, se presentó el consumo diario de la placa de refrescado y el aproximado diario de bebida animal con la finalidad de orientar acerca del aporte que podría brindar el primero a la recarga de bebederos que, como se puede observar, es un volumen considerablemente significativo.

Los costos de preservación de agua subterránea por la adquisición de tanques fueron más altos en el Caso 1 y 3 (tanques seleccionados de mayor capacidad), los cuales no sólo representan la mayor demanda de agua para bebida animal sino a su vez, consumen mayor volumen de agua por día en el ordeño debido a su escala productiva.

Como era de esperarse, en caso de que se realice un acopio del 100% del agua empleada por la placa de preenfriado de leche, el CASO 3 es el que presentaría la mayor reducción de HHa, dado que presentaba no sólo el mayor volumen por unidad funcional sino además el mayor consumo total por día.

En la Tabla VII.5, considerando el VET según el método VEud_T, se estimó el costo-beneficio de la reducción del desperdicio de agua. Según cómo plantea Cristeche y Penna (2008), analizar el costo-beneficio supone la comparación de los costos y beneficios asociados a una acción particular para determinar si vale la pena o no realizar la misma. Por lo tanto, por un lado, se enunciaron los costos de

amortización del sistema de acopio (compra del tanque) afectados a un ejercicio económico y por otro, el beneficio asociado al ahorro económico de agua subterránea que se obtendría evitando su desperdicio.

Tabla VII.5: Costo-beneficio de la ampliación del sistema de acopio de agua subterránea.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
<i>Amortización del sistema de acopio</i>	\$ 193.140,74	\$ 104.747,37	\$ 193.140,74	\$ 104.747,37	\$ 104.747,37
<i>Ahorro de agua anual</i>	\$ 216.153,0	\$ 257.325,0	\$ 427.555,4	\$ 224.792,9	\$ 134.256,5
<i>Costo-beneficio</i>	0,890	0,410	0,452	0,466	0,780

Se demostró la conveniencia de esta herramienta de mitigación empleando información obtenida de la valoración económica del consumo de agua subterránea. El costo-beneficio en todos los casos analizados presentó un resultado menor a 1, lo que significa que el ahorro o beneficio económico por evitar el desperdicio de agua, fue mayor que el costo requerido para realizar dicha acción. El caso que tendría asociado el mayor retorno por cada peso invertido fue el Caso 2, que, si bien su volumen de acopio insatisfecho es más pequeño que en otros casos, el consumo de agua de placa es uno de los más elevados. En segundo lugar, se encuentra el Caso 3 que, siendo el establecimiento con el mayor consumo de agua de placa y mayores desperdicios, era de esperarse que se encuentre dentro de los establecimientos con mayor beneficio o retorno económico derivado del agua consumida.

Determinación de costos preventivos:

En este último costo, se propuso mediante una modelización, diseñar un sistema de tratamiento de efluentes como método preventivo de reducción de impacto. Esta alternativa, no sólo reduciría la afectación a fuentes de aguas superficiales producto de la escorrentía y aguas subterráneas por filtración en la tierra, sino también disminuiría el impacto existente en el suelo por aquella porción de efluentes que se esparcen como fertilizante orgánico. Es importante recordar que sólo dos de los casos estudiados (CASO 1 y 2) poseen sistemas de lagunas, y los restantes desechan el agua residual del ordeño al suelo dirigido por canales o bien, lo recogen y distribuyen por el campo sin tratar.

No obstante, ninguno de ellos (aun así, el CASO 1 y 2) cumplen con la normativa de volcamiento empleada como marco de referencia para la determinación del impacto asociado a la producción de efluentes. Es por eso que a continuación, en la Tabla VII.6, se detalla la inversión potencial asociada a los sistemas de tratamiento diseñados para una disminución de la carga contaminante.

Tabla VII.6: Resultado de costos asociados a la modelización de sistemas de tratamiento (TAMBOS).

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
Sistema propuesto	Decantador	Decantador	Decantador + 2 lagunas	Decantador + 2 lagunas	Decantador + 2 lagunas
Efluentes diarios (L efl/día)	12.190,7	2.252	10.414,7	5.455,9	6.122,1
Capacidad del decantador (m ³)	43,07	20,89	30,05	25,71	20,57
Capacidad de las lagunas (m ³)	-	-	116,9	100	80
Costo total estimado	\$ 1.708.577,7	\$ 315.627,2	\$ 4.598.319,4	\$ 2.408.899,9	\$ 2.703.013,7

Observando los resultados de costos preventivos, los valores más altos fueron obtenidos por aquellos que no disponen de sistema de lagunas, seguido del Caso 1, que sí posee, pero ante un gran caudal de

efluente generado, la modelización del decantador resultó ser el de mayor tamaño lo cual elevó los costos de diseño del mismo a diferencia de los restante establecimientos.

VII.II) 2- Costos de ciclo de vida del producto (leche cruda).

Resultados y consideraciones en la confección del inventario de costos.

- Como se mencionó en la metodología, los costos de la FASE 1 y 4, no fueron incluidos en este estudio.
- Los costos de la FASE 2 o Costos de adquisición correspondientes a la construcción edilicia del tambo, estuvieron definidos por un conjunto de variables: aproximaciones al valor de venta en el mercado, promedio de costo de venta del equipamiento según su antigüedad (ya sea la ordeñadora, el equipo de frío o el tanque de almacenamiento de leche) y, por último, en alguno de los casos tasación realizada por los propietarios.
- Respecto a la valoración de maquinarias, herramientas y/o vehículos disponibles, se realizó un inventario de existencia en cada caso y de acuerdo con lo declarado, se exploraron valores de mercado para cada uno de ellos según los años de uso. En algunos de los casos, fue información provista directamente por el propietario y luego cotejada con búsquedas y cotizaciones solicitadas a fábrica.
- Dentro de la FASE 3, se encuentran los costos de alimentación, que incluyen no sólo la compra de semillas, balanceado y rollos, sino también costos asociados a implantación, mantenimiento de pasturas, cosecha, y confección de reservas (dependiendo cada caso lo que realice). Respecto a los insumos, la información proveniente de los dueños, en su mayoría, fueron sólo los consumos, por lo que seguidamente, se consultó el costo de cada uno a las empresas de acopio proveedoras. En cuanto a las prácticas agrícolas, cada productor informó su costo por hectárea ya sea, servicio contratado o labor propia.
- En relación con los costos de mantenimiento, ubicados en la FASE 3, la situación fue particular en cada caso, dependiendo la asiduidad en el registro de gastos de este rubro o el grado de precisión en la información disponible.

- Específicamente con las amortizaciones, se realizó una investigación de mercado exhaustiva y se seleccionó un Valor a Nuevo para cada bien material declarado en sus inventarios. La clasificación básica de aplicación para la depreciación fue la siguiente: INMUEBLE 50 años; MUEBLES, MAQUINARIAS e INSTALACIONES 10 años; y, RODADOS 5 años.
- En cuanto a los costos ambientales y específicamente con el costo de reemplazo del consumo de agua, se emplearon para el CASO 1 y 3, valores de referencia a partir de consultas, presupuestos de reparaciones y costos proporcionales a las horas de uso de la bomba tomados de los otros casos.
- En el Capítulo Anexos (ANEXO 8) se presenta en forma detallada los resultados de las encuestas, las cuales permitieron reunir los datos necesarios para la estimación de los costos del ciclo de vida (CCV) de 1 kg de leche cruda.

En la Tabla VII.7 se presentan los resultados en los 5 establecimientos tamberos analizados. Los valores en dicha tabla están expresados en \$ totales (pesos argentinos) registrados en el lapso de un año o un período productivo.

Tabla VII.7: CCV en sistemas primarios lecheros bovinos (\$ anuales/proceso productivo).

Costos de	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
FASE 2 ADQUISICIÓN	\$ 210.138.479,0	\$ 304.159.957,7	\$ 259.662.042,1	\$ 193.876.432,6	\$ 164.003.798,2
FASE 3 UTILIZACIÓN en el proceso	\$ 148.549.356,1	\$ 42.297.246,1	\$ 98.691.026,9	\$ 67.788.885,7	\$ 65.248.536,3
FASE 4 MANTENIMIENTO	\$ 26.606.759,1	\$ 41.641.285,1	\$ 25.743.702,5	\$ 53.310.366,4	\$ 44.610.498,2
AMBIENTAL (asociado al recurso hídrico)	\$ 5.225.631,9	\$ 1.457.890,7	\$ 6.555.829,2	\$ 3.613.200,1	\$ 3.688.311,5

A primera vista, puede observarse que la FASE 2 o Costos de Adquisición poseen la mayor proporción del valor económico total, lo cual era de esperarse dado el peso que representa la valoración del capital invertido. En segundo lugar, se encuentran los Costos de Utilización o costos productivos, donde interviene el valor invertido en alimentación, considerando este aspecto como uno de los costos de mayor incidencia dentro de esta fase. No obstante, se distinguen amplias diferencias que describen precisamente las características específicas de cada sistema productivo y serán evaluadas a continuación en la caracterización detallada de los costos dentro de cada fase.

En tercer lugar, por orden de magnitud dentro del valor económico total, se encuentran los costos de mantenimiento con un margen de diferencia notablemente más pequeño entre los casos y, por último, los costos ambientales. Este último es importante aclarar que sólo representan costos asociados al consumo o deterioro del recurso hídrico sin considerar valoraciones económicas de mitigación o prevención de impactos ambientales al aire o al suelo. A su vez, los tipos de costos que pueden representar el impacto sobre el consumo o contaminación del agua subterránea son diversos, pero para este estudio se representaron sólo 3 valoraciones. El enfoque de esta fase dependerá del objetivo del estudio y del grado de alcance y precisión de la información posible de obtener.

Comparativa entre resultados de CCV.

Las características específicas que adopta y define cada establecimiento para el desarrollo de su empresa explican las diferencias entre sí, las cuales pueden vislumbrarse a partir de la Figura VII.4.

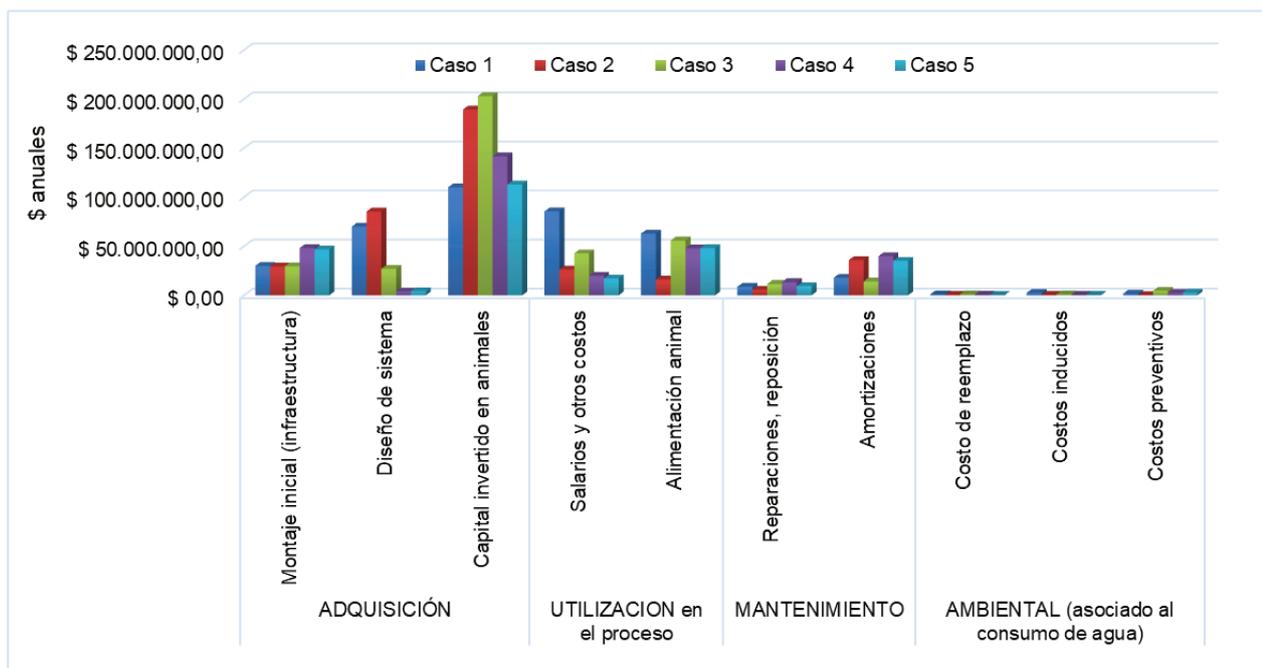


Figura VII.3: CCV de establecimientos tamberos analizados.

En la Figura VII.4 se presentan los resultados correspondientes a cada fase que conforma el CCV de los casos estudiados y los costos que se encuentran dentro de cada una de ellas. Como se puede observar, el costo de mayor incidencia sobre el total es la valoración del capital invertido en animales, siendo el Caso 3, seguido del 2 los que posee el valor más alto. Esto supone que corresponde al elevado stock de cabezas de reposición, dado que estos tambos son los que disponen de mayor número de cría y recria de terneras. El Caso 4, es el que presentó el menor valor, lo cual se puede relacionar con el hecho que es uno de los establecimientos que posee el menor número de vacas en ordeño, ya que se trata de un sistema lechero más pequeño.

Se encuentran en segundo lugar, los costos asociados al diseño del sistema que como puede observarse, los más altos los presenta el Caso 2 seguido del 1 y, los más bajos (considerablemente más bajos que los demás) el Caso 4 y 5. Esto se debe a que el Caso 2, desarrolla sus prácticas agrícolas con un 90% de maquinarias propias, lo cual representa en este caso una alta carga monetaria en capital inmovilizado

(equipamiento). Distinto es el Caso 4 y 5, donde la totalidad de sus actividades son realizadas mediante contratación a terceros. Por último, los valores elevados del Caso 1, se deben no sólo a la valoración de las maquinarias (menor que el Caso 2) sino además por la disponibilidad de otras herramientas, bebederos, tanques de agua móviles (o estercoleras) y sistemas de sombra y destete de terneras con mayor tecnología.

En tercer lugar, con una menor variación pueden distinguirse los Costos de Montaje, los cuales están atribuidos a la infraestructura del tambo (construcción) y a los equipos de ordeño (máquina ordeñadora y tanque de frío de leche). Los Casos 4 y 5 poseen un valor económico asociado más alto que los demás debido a la disponibilidad de un equipamiento de mayor capacidad productiva y refrigeración, a su vez de estructuras edilicias más modernas y mayor tecnología en el sistema de alimentación dentro de la sala.

Aproximadamente en la misma proporción a los Costos de Montaje, se encuentran los Costos de alimentación ubicados en la FASE 3 (operación). Este es otro aspecto que explica las características particulares de cada tipo de sistema adoptado. El CASO 2 posee un sistema totalmente pastoril, su confección de reservas, mantenimiento de pasturas y siembras son mediante maquinarias propias, lo cual explica costos más bajos en alimentación y representa un valor notablemente inferior al resto. Distinto es el caso de la totalidad de los tambos restantes, que poseen mayor carga monetaria debido a los gastos de contratación de servicios de prácticas agrícolas y a su vez por poseer sistemas más intensivos con mayor proporción de granos y balanceados en las dietas.

Otra de las características que diferencian a cada establecimiento y que puede observarse en la Figura VII.4, es el rubro Salarios y otros costos, donde se incluyen asesoramiento profesional (ingeniero agrónomo, veterinario, contador, administrador rural), consumo de luz, insumos veterinarios, vacunación, productos de limpieza. El CASO 1, en particular, declaró mayores gastos en asesoramiento profesional contratado que en otros casos y mayor costo en alquiler de parcelas.

En cuarto lugar, y representando menores proporciones se encuentran los Costos de Mantenimiento situados en la FASE 3. Éstos van a depender en cada caso, de la disponibilidad o no de mayor capital inmovilizado en maquinarias o equipamiento en la sala de ordeño. En este sentido, ya sea el CASO 2

por disponer de más unidades o el CASO 4 y 5, por poseer modelos más actuales, las amortizaciones estimadas resultaron mayores.

Por último, se presentan los costos ambientales, cuyos resultados son los menores debido a que el estudio fue acotado a determinados rubros o tipos de valoraciones económicas de impactos sobre el ambiente que, a su vez, estuvieron enfocados sólo al recurso hídrico.

En la Figura VII.5 se presentan de manera porcentual los CCV de cada establecimiento distribuidos según las fases analizadas. Como puede observarse, en todos los casos, los costos de adquisición son los que representan mayor proporción en el ciclo de vida de la leche cruda. Seguido de este, se encuentran los costos de utilización, en tercer lugar, los costos de mantenimiento y por último los costos ambientales. No obstante, estos costos estarían encuadrados dentro de los costos de mantenimiento, pero dado el interés de un análisis focalizado en este aspecto, se presentan en forma independiente.

Pese a la generalidad descrita, las proporciones particularmente en cada caso presentaron variaciones. El CASO 2, presentó más del 75% del CCV en costos de adquisición; el CASO 3, 4 y 5, entre un 60 y un 70% aproximadamente y el CASO 1 un 50% en dicha fase. Por lo tanto, este último establecimiento es el único que presenta mayor proporción en otras fases (por ejemplo costos de utilización un 38%). El CASO 3, 4 y 5 presentan alrededor del 23% en costos de utilización. El CASO 2 presenta en iguales proporciones los costos de utilización y de mantenimiento (11%), y para el CASO 4 y 5 fueron aproximadamente iguales, entre un 17 y un 24% (además de ser notablemente similares estos 2 sistemas entre sí).

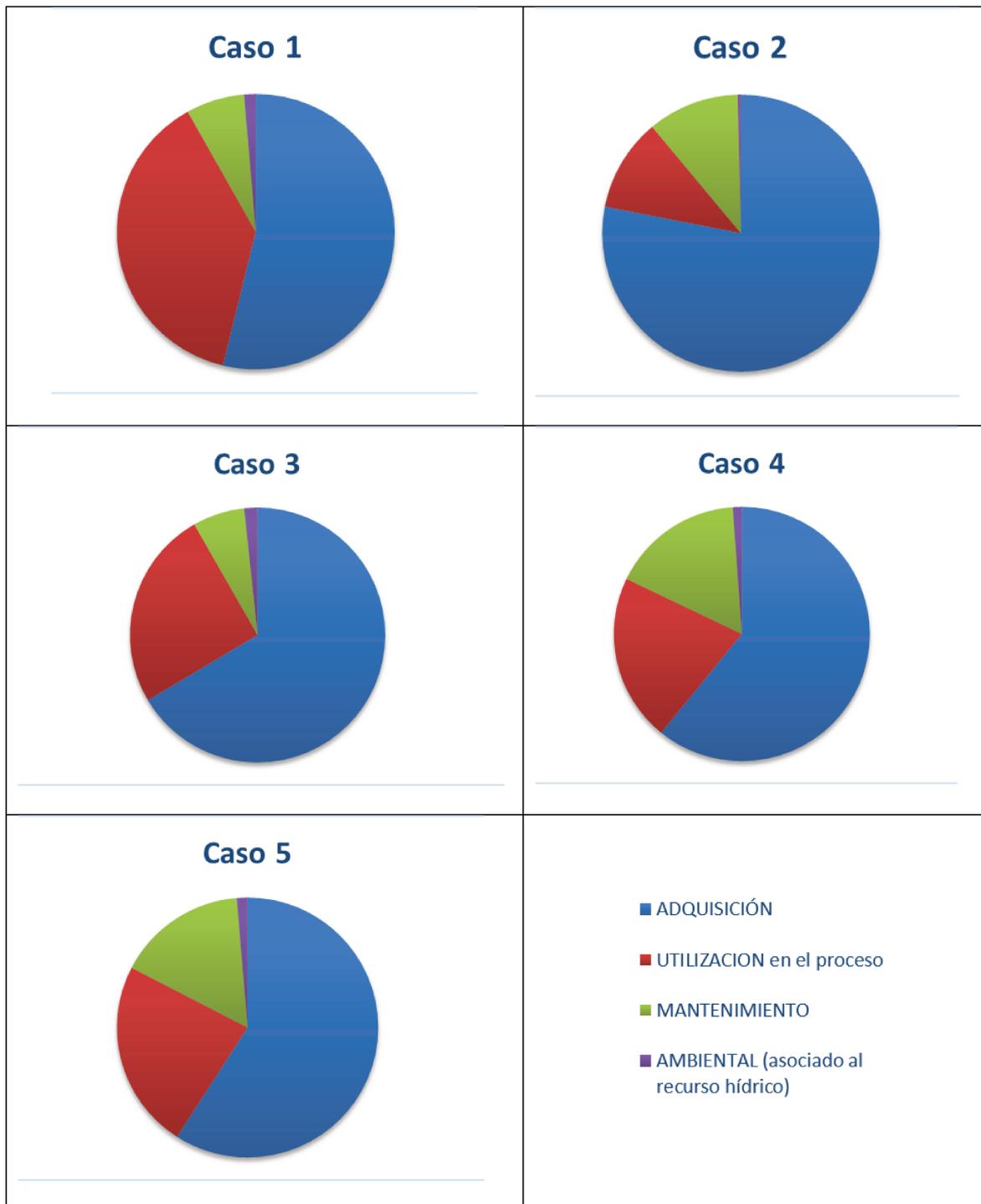


Figura VII.4: Representación del CCV para cada Caso Primario estudiado según las fases analizadas.

En la Tabla VII.9 se presentan los costos del ciclo de vida de un 1 kg de LCGP, por lo que, se encuentran afectados a la unidad productiva en cuestión, es decir, la unidad funcional seleccionada para este trabajo.

Tabla VII.8: CCV de 1 kg de LCGP en sistemas lecheros bovinos del Departamento Castellanos y Las Colonias.

Costos de	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
ADQUISICIÓN	\$ 86,4	\$ 383,9	\$ 196,6	\$ 138,6	\$ 118,1
UTILIZACIÓN en el proceso	\$ 61,1	\$ 53,4	\$ 74,7	\$ 48,5	\$ 46,9
MANTENIMIENTO	\$ 10,9	\$ 52,5	\$ 19,5	\$ 38,1	\$ 32,1
AMBIENTAL (asociado al recurso hídrico)	\$ 1,51	\$ 1,8	\$ 4,9	\$ 2,6	\$ 2,6
TOTAL	\$ 160,5	\$ 491,6	\$ 295,8	\$ 227,8	\$ 199,8

Como puede observarse la variación entre las Fases y los escenarios cambian notablemente al estar vinculados a la productividad de la empresa, lo que puede convertir a un sistema como el más eficiente económicamente, aun representando el mayor costo de ciclo de vida como establecimiento. Tal es así que, mientras en la Tabla VII.8, el que representó el mayor resultado fue el Caso 1 y el 3, en la Tabla VII.9 corresponde al Caso 2. Aunque el Caso 1 y 3 presentan el mayor CCV a nivel establecimiento, por unidad de producto poseen menor costo asociado, resultado de una mayor producción de leche.

Es importante aclarar, que todos los resultados presentados, están sujetos a lo que cada productor declaró tener a disposición y los años de antigüedad que poseen. Por lo tanto y como ya se mencionó al inicio de este capítulo, los resultados siempre estarán supeditados a la posibilidad de acceso a la información requerida y al nivel de precisión de los datos obtenidos. Cuanto mayor sea el grado de interés de la figura empresarial en realizar este tipo de estudios y mayor sea el compromiso con las problemáticas ambientales presentes en la empresa, mejores o más representativos serán los diagnósticos.

En la Figura VII.6 se representan sólo los costos asociados al VET de un bien público (agua subterránea). Se puede observar que los Casos 3, 4 y 5 fueron los que presentaron mayores costos ambientales, independientemente a que presenten menor consumo total de agua o menor caudal anual de efluentes producidos. Estos son los que generan mayor impacto degradativo al ambiente, por lo que era de esperarse este resultado como consecuencia de la estimación de costos preventivos.

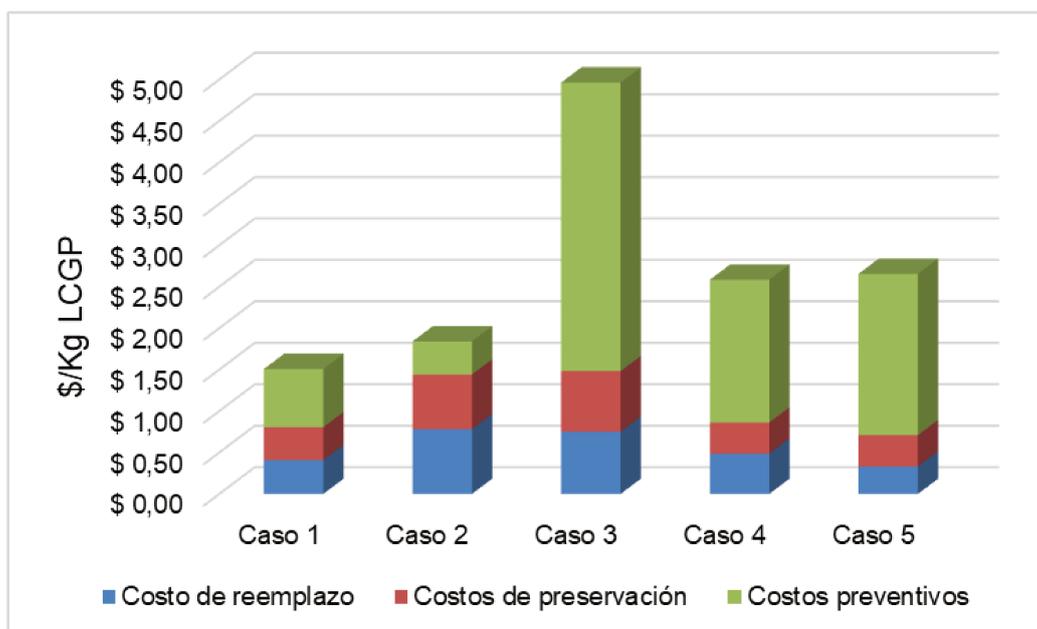


Figura VII.5: Costos ambientales (\$/kg LCGP).

VII.II) 3- Valor Económico de uso directo e indirecto del agua en industrias

Costos de reemplazo:

Continuando con el concepto de que el resultado de un daño generado por la actividad del hombre al medio ambiente posee un costo, se estimó el valor de uso directo del agua subterránea incorporada, considerando este un insumo elemental del proceso de producción de queso. A través del costo de reemplazo, se representó el valor económico en el que se incurriría si existiese faltante de agua de napa y debiera ser reemplazada por agua de red.

En la Tabla VII.10, se presentan los $VEud_T$ para cada establecimiento tambero analizado, teniendo en cuenta única y principalmente la variable: costo tarifario del m^3 de agua de red. Los valores presentados fueron en \$ argentinos/L total anual de agua consumida.

Tabla VII.9: Estimación anual de costos de reemplazo.

	CASO A	CASO B
$VEud_T$ (\$/L totales)	\$ 6.318,04	\$498.435,38

Los resultados representan la fracción del costo asociado solamente al proceso de elaboración de queso pategrás excluyendo los demás productos que realicen las industrias. El que presentó mayor resultado fue lógicamente el CASO B por tratarse de una industria con mayor requerimiento hídrico.

Al igual como se realizó con los establecimientos tamberos, se presentan en forma complementaria (Tabla VII.10), la estimación teórica del CET del uso directo del agua de napa según la metodología de Manazza (2012). Para la estimación del $CEf_{(S/L \text{ de agua})}$ de extracción de agua (Ecuación VII.3) el autor considera el costo del consumo eléctrico asociado a la bomba durante las horas de producción, el costo de mantenimiento del pozo y sus amortizaciones. Respecto a estos últimos dos costos, se tomó como referencia la información reunida en los sistemas primarios y se lo adaptó al tamaño de las bombas que posee cada industria. La otra componente empleada para la determinación del CET, es el CeH o pérdida económica por unidad de agua, cuya fórmula empleada coincide con la Ecuación VII.4. En ella se requiere el precio de venta del producto analizado y la productividad de las empresas.

Tabla VII.10: CET del agua según su costo de extracción.

CET		CASO A	CASO B
1- COSTO EFECTIVO (CEf)		(Ecuación VII.3)	
<i>Costo consumo energético (\$/kW)</i>		\$ 32,66 (valor de octubre 2023)	
<i>Bombas:</i>	<i>- unidades</i>	1	6
	<i>- potencia</i>	1,5 HP	5 HP
<i>Consumo bomba (kW/h)</i>		1,5	3,7
<i>Uso de bomba (afectada solo a pategrás)</i>		59'	120'
<i>Costo consumo eléctrico de la bomba (\$/día)</i>		\$ 48,17	\$ 241,68
Costo anual de consumo Energ. Bomba		\$ 2.745,89	\$ 58.970,90
Costo anual de reparac y mantenimiento		\$ 127.816,42	\$ 223.678,74
Amortización pozo y bomba		\$ 55.500	\$ 77.700
CEf	(\$/L de agua)	\$ 0,12089	\$ 0,0033
CEf	\$ totales anuales	\$ 186.062,31	\$ 360.349,63
2- COSTO-EFICIENCIA HÍDRICA (CeH)		(Ecuación VII.4)	
Precio de la leche- Pl (\$/kg LCGP) *		\$ 2.894	\$ 2.894
PGA ^a (L de agua/kg LCGP)		0,4278	0,6853
CeH (\$/L de agua)		\$ 745,351	\$ 0,00
CeH (\$ totales anuales)		\$ 100.194.791,81	\$ 0,00
CET	\$/L de agua	\$ 746,7	\$ 0,0033
CET	\$ totales	\$ 100.380.854,12	\$ 35.050,54

*Cotización en octubre de 2023.

En la Tabla VII.10, se presenta la información utilizada y los resultados de las 2 industrias analizadas que como se puede observar, el CASO A fue el que presentó el mayor costo económico total (CET) del

uso directo del agua subterránea. Si se analizan de forma individual las variables que lo conforman, el Cef total anual sí fue mayor en el CASO B ya que está vinculado directamente al consumo de agua y en esta industria fue mayor. En cambio, en la CeH (Costo-Eficiencia Hídrica), tanto por consumo anual (\$ anuales) como por unidad de consumo (\$/L de leche procesada), se obtuvo que el mayor fue el CASO A debido a que presenta la menor productividad del agua por ende, la mayor ineficiencia hídrica.

En cuanto a la diferencia de escenarios obtenidos para el Cef, expresado en \$ totales anuales, el CASO B presentó mayor resultado como ya se mencionó. En cambio, expresado en \$/L de leche procesada, el resultado fue mayor en el CASO A, debido a que presenta menor producción de queso con lo cual al afectar el costo a la unidad funcional, el CASO A tendría asociado mayor costo efectivo del agua por unidad de producto obtenido.

En cuanto a los resultados de CeH y respecto a las industrias de este trabajo, el CASO B presentó un valor cero ya que presentó la PGA^a más alta, por lo que se le asignó la variable PGA^p . Siguiendo el criterio del autor, se interpreta que es mayor el riesgo que asume una empresa a menor productividad. El caso en estudio analizado por Manazza (2012), presentó una PGA^a menor a la de estos casos (0,3664); una bomba sumergible del mismo tamaño como el CASO B (5 hp) y una producción diaria de 800 kg de queso de pasta semidura (mayor a la del CASO A). La dimensión de dicha industria se encuentra en un punto intermedio entre el CASO A y B y podría suponerse, siguiendo el concepto del indicador CeH que, dado que presenta la productividad global actual más baja y no es la empresa más pequeña, presentaría la mayor ineficiencia hídrica. Esto no es posible verificarlo dado que el estudio considera la figura de la industria dentro de la cadena láctea, por lo que se incluye la componente verde asociada a la etapa primaria y no están discriminados sus resultados.

En la Tabla VII.11 se elaboró una comparación del VET obtenido mediante el criterio de $VEud_T$ (mediante el valor tarifario de agua de red) y el propuesto por Manazza (2012) mediante el CET para los 3 casos en estudio, realizando un escenario hipotético para la industria del trabajo citado y teniendo presente las siguientes consideraciones:

- El resultado de Cef sí es un valor provisto en el estudio,
- El CeH se determinó mediante la búsqueda de datos disponibles en el estudio sobre la caracterización del sistema productivo del queso.

- Las variables monetarias consideradas en el trabajo citado (precio de venta del kg de queso: \$25 en 2012) se sustituyó conforme al valor declarado por el CASO A en la fecha octubre del 2023. Se dispuso la tasa de inflación acumulada registrada en el período comprendido entre 2012-2022 según Zanini *et al.* (2022) y la inflación acumulada registrada desde 2022 hasta octubre 2023 totalizando un porcentaje total de 3427%. Sin embargo, a partir de este criterio no arrojaba un precio de venta que sea representativo ni cercano al valor de referencia, por lo tanto, fue desestimado el ajuste del precio mediante actualización.
- Finalmente, para aportar mayor grado de certidumbre en este escenario y validar supuestos, los resultados del CET fueron expresados en \$/kg de queso producido, con la finalidad de asociar los costos a la productividad anual de cada fábrica y aplicar el concepto que el autor define como costo-eficiencia hídrica (relativa- por unidad de producto) o costo de oportunidad de la productividad del agua.

Tabla VII.11: Comparación de resultados de valoración económica del agua subterránea con trabajo citado.

		CASO A	CASO B	Manazza 2012
VEud_T (\$/kg de queso)		\$ 1,54	\$ 0,686	\$ 1,28
CET (\$/ L de agua)	CEf (\$/L de agua)	\$ 0,121	\$ 0,0033	0,00034
	CeH (\$/L de agua)	\$ 745,35	\$ 0,00	\$ 922,93
CET (\$/kg de queso)		\$ 24.417,896	\$ 0,0048	\$ 25.184,04

Como se puede observar en la comparación de métodos, sus resultados coinciden al igual que en los sistemas primarios, lo cual valida la utilidad del criterio mediante el valor tarifario del agua de red. Tanto en la VEud_T como el CET por kg de queso producido fue mayor en el CASO A, lo que difiere es el valor arrojado por cada metodología dada las variables que considera. Aunque el CET haya sido modelizado mediante valores de referencia, podría asumirse que el método propuesto por Manazza (2012) es más completo ya que involucra variables que tienen que ver con la eficiencia del consumo del agua por un

lado y la relación costo-beneficio de su uso por otro; recordando que los valores serán más precisos aún si se toman datos propios de las empresas.

Comparando los resultados del presente estudio y el caso analizado por Manazza (2012), se verifica el supuesto de que el desempeño de dicha empresa en cuanto al uso del agua, la posicionaría en un punto inferior al CASO A y B, ya que no sólo el CET fue mayor que estos, sino además el CeH fue el más elevado, es decir, presentó la menor productividad del agua y en consecuencia el mayor costo asociado a ella. Sólo el valor de CEF fue menor (valor extraído del trabajo), considerando que el motivo fue la no incorporación de los gastos de reparaciones y mantenimiento de la bomba y el pozo, dado que se menciona en la metodología, pero no se identificó en la tabla de costos. Esto supone un valor menor de gastos efectivos asociados a la extracción de agua resultando en un valor de CEF notablemente menor.

Por último, evaluando los resultados de CET del uso del agua por kg de queso producido, se consideró que, de las industrias seleccionadas en este estudio, el CASO A sería quien tendría asociado mayores pérdidas económicas o menor eficiencia económica del consumo hídrico por cada kilo de queso obtenido. Por lo tanto, siguiendo el criterio de Manazza (2012), 24.417,89 \$/kg de queso, representaría el costo de oportunidad de cada unidad monetaria perdida por menor productividad del agua en el sistema. En este sentido, el CASO B, que se constituye fundamentalmente de costos efectivos de extracción, presentó un valor de CET cercano al cero porque su PGA^a fue la mayor, por lo cual se la consideró la PGA^p , calificó como el mejor sistema y la componente CeH tomó el valor cero. Podría decirse que, por cada kg de queso obtenido, el CASO B tendría asociado menor CET del consumo de agua subterránea o menor riesgo de pérdidas de ingreso bruto.

Costos preventivos:

Se propuso mediante una modelización, diseñar un sistema de tratamiento de efluentes como método preventivo de reducción de impacto (Tabla VII.12). Esta alternativa, no sólo reduciría la afectación a fuentes de aguas superficiales producto de la escorrentía y aguas subterráneas por filtración en la tierra, sino también disminuiría el impacto existente en el suelo por aquella porción de efluentes que se esparcen como fertilizante orgánico. Es importante recordar que sólo el CASO B posee sistemas de lagunas, y el CASO A lo dirige a una fosa la cual se conecta directo a un canal.

No obstante, ninguno de ellos cumple con la normativa de volcamiento empleada como marco de referencia para la determinación del impacto asociado a la producción de efluentes. Es por eso que a continuación, se detalla la inversión potencial asociada a un sistema de tratamiento diseñado para el CASO A para una disminución de la carga contaminante.

Tabla VII.12: Resultado de costos asociados a la modelización de sistemas de tratamiento (INDUSTRIA).

	CASO A
Sistema propuesto	Decantador + 2 lagunas
Efluentes diarios (L/día)	12.190,7
Capacidad del decantador (m ³)	39,18
Capacidad aproximada de cada laguna (m ³)	152,38
Costo total estimado	\$ 8.145.533,58

No se presentó una propuesta de costos preventivos para el CASO B debido a que ya posee un sistema de tratamiento de efluentes primario y secundario. Sin embargo, evaluando que sus resultados de análisis de efluentes en el Capítulo II no estuvieron por debajo de lo permitido por la normativa local empleada, debería considerarse la posibilidad de un sistema de tratamiento terciario como etapa final que mejore la eficiencia de remoción de contaminantes.

Respecto al CASO A, analizado la Tabla VII.13, se propuso como costo preventivo al daño producido por volcamiento de aguas residuales directo al canal, la cotización de un modelo de tratamiento de efluentes de tipo primario a partir de un decantador para separación de sólidos (grasas), seguido de un sistema de 2 lagunas, una anaeróbica primero y otra aeróbica luego.

VII.II) 4- Costos de ciclo de vida del producto del CASO A (queso pategrás).

En la Tabla VII.14, se presentan los resultados de costos identificados a lo largo del ciclo de vida de la producción del queso, correspondiente a la industria analizada de tipo familiar (CASO A). Como se mencionó en el presente Capítulo, pudo accederse a información de este tipo y por eso fue posible a partir de datos primarios, la estimación del CCV del queso pategrás con enfoque de ciclo de vida.

Tabla VII.13: CCV en industria láctea de pequeña escala (CASO A).

CASO A	FASE 2 ADQUISICIÓN	FASE 3 UTILIZACIÓN en el proceso	FASE 4 MANTENIMIE NTO	AMBIENTAL (asociado al recurso hídrico)
\$ totales anuales	\$ 28.379.990,00	\$ 2.964.335,82	\$ 2.380.315,36	\$ 1.635.424,76
\$/ kg de queso	\$ 6.915,20	\$722,30	\$580,00	\$398,5

A diferencia de los sistemas primarios, en este caso, no pueden establecerse comparaciones de escenarios entre los resultados anuales de CCV y los afectados a la unidad funcional, debido a que sólo se analizó el CASO A. Este es el principal punto crítico del estudio realizado en los sistemas secundarios. Lo que sí puede observarse es que los costos ambientales representaron mayor impacto sobre el valor total de CCV/kg de queso. Distinto es el caso de los establecimientos tamberos donde la carga monetaria ejercida por las fases iniciales es notablemente mayor ya sea por los costos asociados a la producción de alimentos para ganados en la fase de utilización, como los de mantenimiento y amortizaciones de maquinarias agrícolas disponibles. No obstante, se recuerda que el estudio realizado al CASO A, sólo considera lo que refiere a la producción de queso pategrás (el 20% de la capacidad productiva).

Como observación general sobre las estimaciones realizadas, es importante mencionar que no se ha podido encontrar experiencias anteriores que realicen un estudio de CCV de queso pategrás, por lo cual sólo fue posible realizar análisis comparativos en la estimación de costos ambientales con la bibliografía citada (Manazza, 2012). En la Figura VII.7, se presentan los resultados del CCV de la producción de queso pategrás para el CASO A, representados porcentualmente.

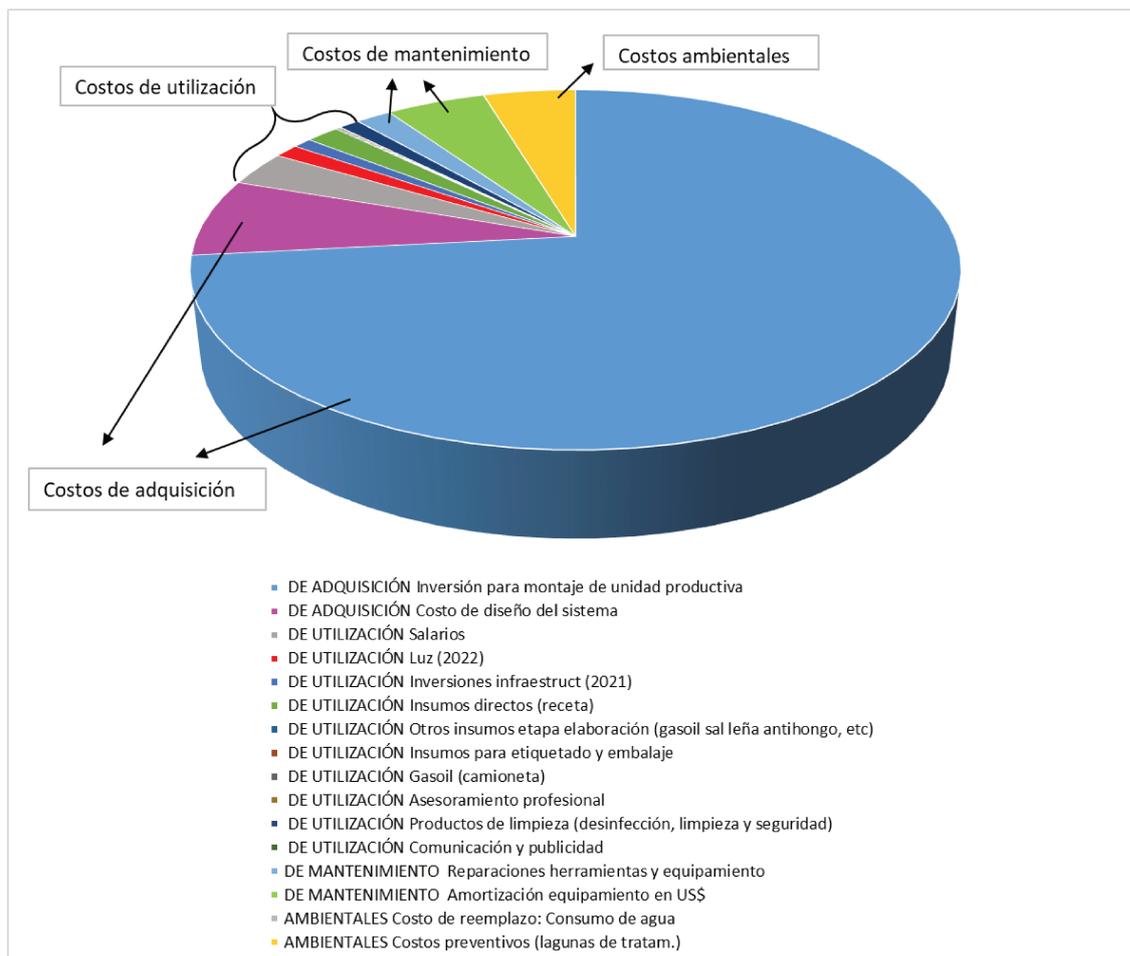


Figura VII.6: Clasificación de costos de ciclo de vida por fases- CASO A.

Era de esperarse, que, si se considera en los CCV la Fase de adquisición, principalmente con la asignación del valor del inmueble, ésta será la que predomine dentro del total afectado. Sin embargo, si se considerara sólo las amortizaciones de dicho inmueble y el equipamiento contabilizado (lo que estaría representado por la Fase de mantenimiento) sumado a los costos ambientales asociados a la valoración del uso consuntivo del agua subterránea, estos serían los que representan mayor proporción a diferencia de las unidades productivas primarias, donde la Fase de utilización es la que tiene mayor importancia. La representación de cada fase dentro del CCV de un producto, lo definirá la naturaleza de cada sistema.

VII. III) CONCLUSIÓN

Analizando los resultados de los establecimientos primarios, los Casos estudiados que resultarían más sostenible en términos económicos, o bien, a los cuales podría asociarse la mayor ecoeficiencia, fueron los Casos 1 y 5. Estos no sólo disponen de menor carga en capital inmovilizado en maquinarias (costos de adquisición) sino, además, poseen las mayores productividades por vaca. Contrario al Caso 2, por ejemplo, que sus costos de adquisición y mantenimiento son los más elevados por disponer de la mayor inversión en equipamiento y herramientas. No se han encontrado al momento, trabajos similares.

A diferencia de estos sistemas, los establecimientos primarios si bien poseen un costo altamente elevado por la tenencia de tierras o maquinarias, la Fase de utilización presentó mayor importancia convirtiéndose en un área fundamental con un campo de acción amplio donde aplicar herramienta de optimización de recursos (formulación de dietas, rotación y tipo de manejo de cultivos, consumo de combustibles, servicios contratados, gastos de transportes).

No fue posible realizar el estudio de CCV a ambos sistemas secundarios analizados, pero se alcanzó un análisis completo y detallado del CASO A, identificando que las mayores cargas económicas (exceptuando la valoración del inmueble) están dadas en la etapa de Diseño del sistema, que corresponde a la Fase de adquisición y luego la Fase de mantenimiento. Esto permite suponer que ante la posible intención de mejorar indicadores ambientales y optimización del uso de recursos (agua, energía eléctrica, leña), las medidas adoptadas en sistemas de producción de quesos deberán estar apuntadas al planeamiento estratégico del diseño del proceso, determinación de equipos sin capacidad ociosa, sistemas de almacenamiento dirección y desagote de agua eficiente.

El método de CCV presenta algunas controversias ya que el nivel de validación y réplica no es elevado. Sin embargo, sirve como una instancia intermedia a una futura evaluación de inversión de cada empresa o un cambio de paradigma que motive a la mejora de indicadores ambientales, siendo la valoración económica de bienes públicos y servicios ecosistémicos, herramientas metodológicas fundamentales para eso.

14- DISCUSIÓN GENERAL

A lo largo de los Capítulos de la tesis se presentó la aplicación y los resultados de HH, HA y CCV tanto para sistemas primarios como para las industrias lácteas de origen bovino. Además, se analizaron los mismos y compararon con bibliografía similar. En este Capítulo, el objetivo es realizar una comparación entre los indicadores BIOFÍSICOS (HH y HA) y un análisis de todos los resultados alcanzados de manera conjunta.

Respecto a los valores que arrojó la HH, se verificó que ésta provee una medida de impacto del uso del agua sólo volumétricamente, pero, además, proporciona un dato aislado sin interactuar con el medio, es decir, no representa el nivel de afectación que el consumo de una empresa genera sobre la cuenca hidrográfica donde se encuentra ubicada. Mientras tanto, los resultados de HA, mediante el estudio de categorías de impacto por uso del agua, por el contrario, incluye al mismo tiempo evaluación de impacto en su calidad y no sólo en su disponibilidad en la cuenca.

A partir de esto surge la problemática de que ambas metodologías, de esa manera, no puedan ser comparables. Para que esto sea posible, numerosos trabajos sugieren que la metodología de HH debe aplicarse con una adaptación en su expresión. Hasta el momento, en este trabajo se presentó la aplicación de HH según el enfoque de Hoekstra *et al.* (2011). Sin embargo, dicho autor un año más tarde propone la visión de ésta como la relación consumo-disponibilidad de agua (BWS- por sus siglas en inglés Consume to Availability) de una determinada cuenca hidrográfica, calculada como la fracción entre el agua consumida (referenciada como HHa de una cuenca) y la disponibilidad de agua azul. A esta relación Hoekstra (2012) la definió como el índice de escasez de agua azul (Blue Water Scarcity BWS por sus siglas en inglés).

La disponibilidad de agua azul considera todas las aguas de escorrentía natural, de las cuales el 80% se resta para tener en cuenta las necesidades ambientales de agua destinadas a sostener las funciones ecológicas críticas, denominado caudal ecológico (Falabella, 2018). Utiliza el índice de escasez de agua azul de Fekete *et al.* (2002) para la escorrentía natural del agua, y de Mekonnen *et al.* (2010, 2011, 2012) para el consumo de agua azul, cuyos resultados están disponibles para las principales cuencas del

mundo, clasificadas en cuatro niveles. El BWS para la Argentina es de 0,236 m³ de agua azul consumida/m³ de agua azul disponible total, lo que equivale a un 23,6%. El factor de caracterización que utiliza este método no distingue regiones ni temporalidad, sino que presenta un solo valor característico del país (Falabella 2018).

Escasez de huella azul (BWS) en sistemas primarios

En la Tabla D.1 se presentan los resultados de impacto de la HHa (L consumidos de agua azul por unidad funcional) sobre la disponibilidad total de agua en la región, siendo afectado el volumen consumido al factor de caracterización de escasez según el indicador BWS (Hoekstra, 2012). Este está expresado en L de agua/kg LCGP, arrojando un valor de impacto sobre el agua azul disponible en la cuenca. El caso que presente mayor número sería el que presente mayor impacto. Luego estos resultados fueron comparados con los obtenidos mediante el indicador WSI y AWARE.

Tabla D.1: HHa totales de los sistemas primarios lecheros analizados.

Casos en estudio	HHa (L/kg LCGP)		HHa total (L/kg LCGP)	Escasez de huella azul (BWS) (L/kg LCGP)
	Bebida animal	Rutina de ordeño		
Caso 1	12,94	12,24	25,19	5,94
Caso 2	13,02	14,09	27,09	6,39
Caso 3	16,30	27,25	43,49	10,26
Caso 4	14,07	7,88	21,89	5,16
Caso 5	10,53	10,64	21,19	5,00

El establecimiento tambero que presentó mayor impacto fue el CASO 3, como era de esperarse, considerando que este fue el sistema donde se registró mayor consumo de agua azul. Comparativamente con los indicadores restantes, es posible suponer que el escenario arrojado podría ser el mismo ya que

en los 3 indicadores están afectados los consumos a un factor de caracterización de impacto por escasez de agua azul.

En la Figura D.1, se presentan los resultados obtenidos según los métodos declarados anteriormente. Los valores correspondientes al WSI y AWARE, fueron adaptados a la misma unidad de medida que el BWS (L eq/kg LCGP).

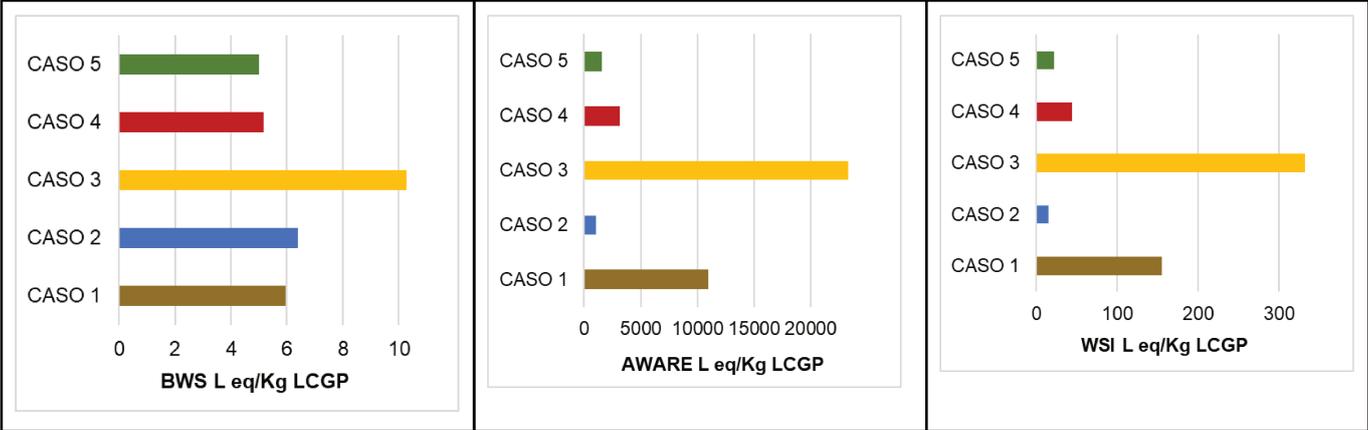


Figura D.1: Comparación de métodos de impacto por escasez de agua (BWS, AWARE y WSI) en sistemas lecheros primarios.

Se observa que el caso con mayor complejidad en el manejo del agua azul (CASO 3), contribuyó por su consumo de agua con el mayor impacto sobre la disponibilidad de ésta para otros usos dentro de la misma cuenca hidrográfica. Luego siguió el CASO 1 y en tercer lugar el CASO 4 para el indicador WSI y AWARE; mientras que, para el indicador BWS, los restantes presentaron resultados cercanos siendo el CASO 1 superado levemente por el CASO 2. Por lo tanto, se demostró que los 3 escenarios fueron iguales respecto al caso de mayor impacto, con algunas variaciones en el orden de los restantes casos (dependiendo el indicador). Se consideró que las variaciones en los escenarios pudieron deberse a que el WSI y el AWARE fueron determinados mediante el modelizado del inventario en el SimaPro incluyendo otros consumos de agua subterránea (cadena de suministros). En cambio mediante el indicador de escasez de la huella azul se afectó sólo el consumo azul directo al factor de caracterización. Un estudio realizado por Higham *et al.* (2023) analizó el impacto del consumo del agua en establecimientos tamberos de diferentes zonas de Nueva Zelanda a partir del indicador de escasez de la

huella azul (BWS) y AWARE. En él, se estudiaron 4 zonas geográficas diferentes con prácticas y manejo del agua distintas. Los casos que presentan características similares a los sistemas en estudio de esta tesis (precipitaciones superiores a 1000 mm/ha., dietas conformadas por silajes en forma predominante y uso exclusivo de agua de lluvia para el crecimiento de pasturas sembradas), arrojaron un valor BWS promedio de 6,29 L de agua/kg LCGP, siendo notablemente similar a los obtenidos en la mayoría de los modelos analizados en este estudio.

Escasez de huella azul en sistemas secundarios

Se llevó a cabo el mismo procedimiento con las industrias, pudiendo ser comparados sus resultados con el estudio realizado por Falabella (2018), ya que el mismo analiza el impacto asociado a un kg de queso de pasta semidura. En la Tabla D.2, se presentan los resultados de impacto de la HHa (L consumidos de agua azul por unidad funcional) sobre la disponibilidad total de agua en la región, siendo afectado el volumen consumido al factor de caracterización de escasez según el indicador BWS (Hoekstra, 2012). Este fue expresado en L de agua/kg de queso, arrojando un valor de impacto sobre el agua azul disponible en la cuenca.

Tabla D.2: HHa totales de los sistemas secundarios lecheros analizados y cálculo de BWS.

	HHa (L de agua/kg queso)	Escasez de huella azul (BWS) (L de agua/kg de queso)
CASO A	26,535	6,262
CASO B	15,025	3,546

Hay que recordar que el valor de HHa que se encuentran en la tabla corresponden al consumo directo de agua subterránea empleada sólo para limpieza y elaboración del queso (porción que se puede medir in situ). Por tal motivo, el impacto a la escasez de la huella azul fue mayor para el CASO A, considerando que, aunque ésta presente menor consumo por su escala productiva, al afectar a la producción, su HHa fue mayor.

Sin embargo, al observar la Figura D.2, se presentan diferencias respecto a los resultados a partir del WSI y AWARE. Los valores fueron expresados en L de agua/kg de queso.

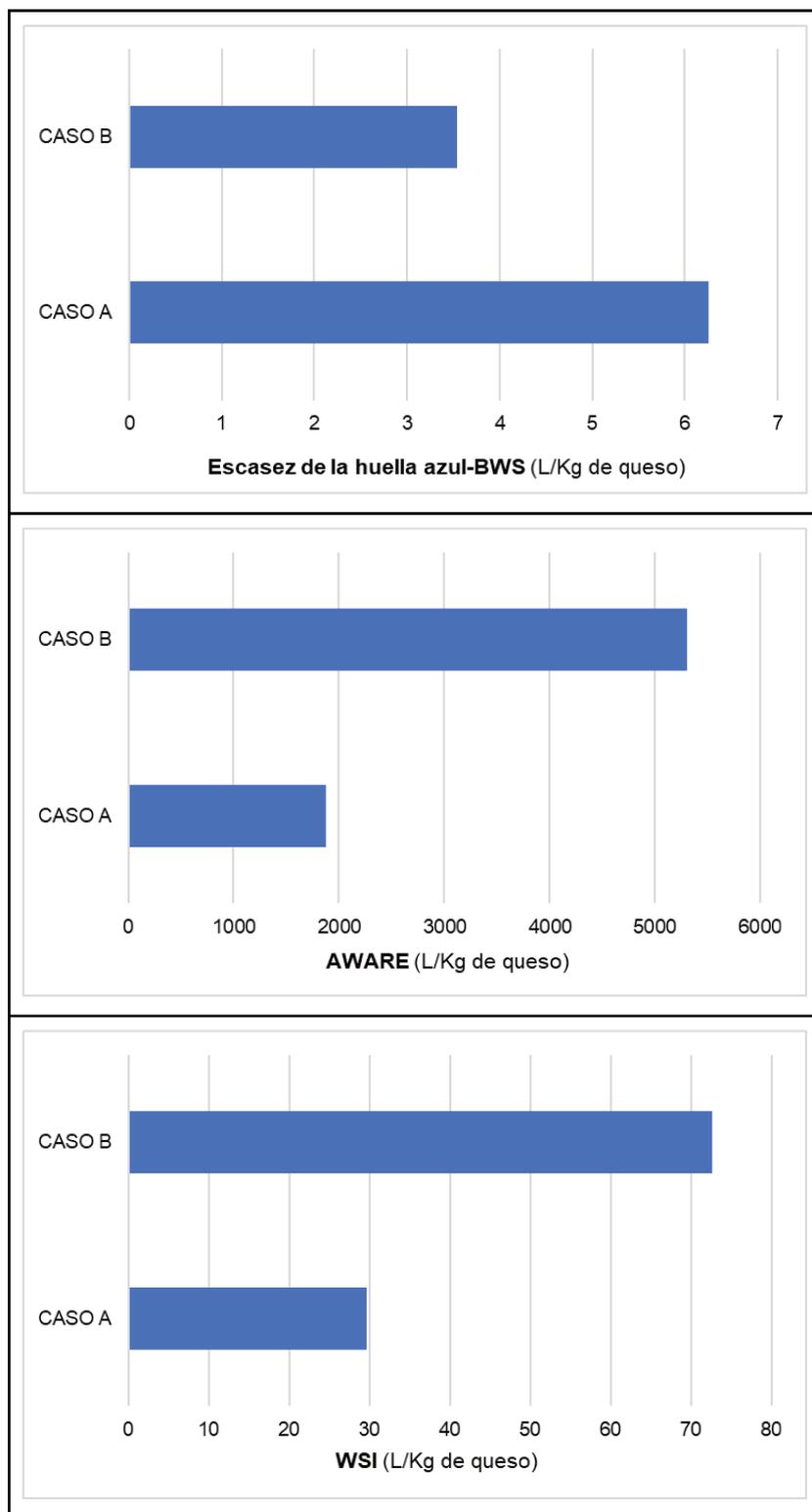


Figura D.2: Comparación de métodos de impacto por escasez (BWS, AWARE y WSI) en industrias evaluadas.

Como puede observarse, no se encontró coincidencia de escenarios entre la evaluación de impacto por escasez de agua mediante el método Hoekstra (2012) y los de Pfister (2009) y Boulay *et al.* (2017). Se considera que la diferencia estuvo dada por la incorporación de consumos de agua azul asociado a subprocesos en los dos últimos, a diferencia del método de Hoekstra, donde sólo se afectó el factor de caracterización (0,236 ó 23,6%) al consumo de agua azul directo en fábrica.

Analizando los resultados comparativamente con los de Falabella *et al.* (2018), en los métodos AWARE y WSI, los valores obtenidos en este trabajo fueron más altos que en el citado, mientras que en el BWS surge la situación inversa. En cuanto a la primera comparación de indicadores, la diferencia se cree que pudo deberse a que en el estudio de antecedentes declaran no haber incluido las materias primas constituyentes del queso, usadas en baja cantidad, como por ejemplo los coagulantes, fermentos y colorantes, así como sus envases, embalajes y etiquetas por su baja incidencia en el peso total del producto, y por no contar con información detallada. Por lo tanto, este punto es considerado una ventaja comparativa para el estudio de casos del presente trabajo. En cuanto a la comparación en los resultados del indicador de escasez de la huella azul- BWS, se consideró que los autores obtuvieron mayor resultado que en este trabajo debido a los flujos de entrada de agua considerados en el estudio teniendo en cuenta que incluyen la etapa primaria y en esta investigación no.

Otra cuestión para destacar es que, si bien los resultados no se encuentran cercanos entre sí, tanto en el trabajo citado como en esta investigación, se observó que, a mayor escala productiva, representan mayor impacto. En el caso de Falabella *et al.* (2018), la industria de mayor contribución en todos sus indicadores de impacto por escasez fue la que presentó el volumen de leche diario más alto (Tandil: 2.250 L/día) y en este trabajo lo fue el CASO B.

Se demostró en el transcurso del trabajo, que existen etapas en ambos sistemas (leche cruda y queso) que son críticos ya sea por extracción directa o por degradación de la napa freática. Algunos de ellos son: el agua residual de ambas y el consumo de bebida animal en la etapa primaria, la cual como se observó, es considerablemente elevada y presenta grandes variabilidades y factores que lo condicionan (como la calidad de esta).

Análisis general de resultados finales

En las Tablas D.3 y D.4, se presentan los resultados obtenidos en los sistemas primarios y secundarios analizados respectivamente, para cada uno de los métodos aplicados a lo largo del presente trabajo.

Tabla D.3: Resumen de resultados finales en sistemas primarios.

		<i>Unidad</i>	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
Escasez de la huella azul (BWS)		<i>L eq</i>	5,94	6,39	10,26	5,16	5,00
Enfoque de ciclo de vida	WSI	<i>L eq</i>	155,64	15,00	332,33	44,42	21,79
	AWARE	<i>L eq</i>	10.933,2	1.066,8	23.372,0	3153,1	1.544,3
	ACIDIFICACIÓN	<i>kg SO₂ eq</i>	0,006	0,004	0,010	0,007	0,003
	EUTROFIZACIÓN	<i>kg P eq</i>	0,0003	0,0002	0,0003	0,0005	0,0001
Costos de ciclo de vida (CCV)		<i>\$/kg LCGP</i>	159,89	491,64	295,75	227,81	199,79

De acuerdo con lo observado en la Tabla D.3 puede decirse que el CASO 3 es el que presenta mayor impacto sobre el ambiente a uno de los mayores costos por unidad funcional obtenida. Presenta el resultado más alto en todos los métodos aplicados a lo largo del trabajo sobre estudio de impacto ambiental (BWS, WSI, AWARE, Acidificación y eutrofización) y el segundo más elevado en CCV del kg de leche cruda corregido por grasa y proteína.

Tabla D.4: Resultados de categorías de impactos en sistemas productivos secundarios evaluados.

		<i>Unidad</i>	CASO A	CASO B
Escasez de la huella azul (BWS)		<i>L eq.</i>	6,26	3,54
Enfoque de ciclo de vida	AWARE	<i>L eq.</i>	1.880	5.300
	WSI	<i>L eq.</i>	29,7	72,6
	ACIDIFICACIÓN	<i>kg SO₂ eq.</i>	0,00264	0,0249
	EUTROFIZACIÓN	<i>kg P eq.</i>	0,000372	0,00118

De acuerdo con lo observado en la Tabla D.4 el CASO B es el que presenta mayor impacto sobre el ambiente por unidad funcional obtenida. Presenta mayoritariamente el resultado más alto en todos los métodos aplicados sobre estudio de impacto ambiental salvo mediante el indicador de escasez de la huella azul- BWS.

Como se mencionó en el Capítulo VII, el estudio de CCV del CASO B no pudo ser realizado, por lo tanto, no pueden ser comparados. No obstante, se destaca la importancia de haber logrado en al menos una de las industrias, recopilar datos específicos y un inventario preciso sobre los costos del ciclo de vida del queso pategrás producido. Esto permitió obtener y proveer de información valiosa al área de gestión de la empresa y la toma de decisiones orientadas a la optimización de procesos con enfoque de ecoeficiencia.

En cuanto al resultado más alto de CCV en los sistemas primarios (CASO 2), se lo consideró como el de menor eficiencia en la relación costo-efectividad y costo-beneficio, dada la alta representatividad que presenta su capital invertido en equipamiento y la menor productividad en estudio. Por eso, y siguiendo lo planteado por Jaramillo (2009), existen beneficios que brinda el método enfocado hacia un sistema productivo más sostenible que son importantes mencionar tanto para el sector primario estudiado como para la industria. Entre ellos, algunos son: reducir los costos asociados a la propiedad, reducir el riesgo de gastos imprevistos en la fase de utilización, maximizar el valor que posee la etapa de operación, propiciar a la generación de un espacio de trabajo dentro del cual se puedan comparar diferentes opciones y controlar costos y un mecanismo a partir del cual sea posible identificar y reducir los principales generadores de estos.

Líneas futuras

Vinculadas a mejoras en resultados obtenidos:

- Con respecto a los costos ambientales estimados (Capítulo VII), en el marco del enfoque de costos evitados e inducidos se distinguen varios métodos de valoración. Uno de ellos y el cual se utiliza en estimaciones de tipo experimental, es el método de **cambio de productividad**. Este, está asociado a funciones de dosis-respuesta o funciones de daño, donde la finalidad es medir cómo un determinado nivel de contaminación y/o degradación repercute en la producción, el capital, los ecosistemas, la salud humana, etc. Teniendo en cuenta que en la totalidad de los casos estudiados se registraron desperdicios de agua, cuyo volumen en el 90% de los casos es dirigido hacia la fosa de aguas residuales, sería interesante considerar como línea futura medir a partir de este enfoque la reducción de la HHg proporcionado por los efluentes en cada unidad productiva.

Para eso sería necesario, por ejemplo, la adquisición de tanques de depósito de agua los cuales funcionarían como contención del excedente de agua utilizada en la placa de preenfriado de leche que se desecha y verificar la reducción del agua residual (agua de limpieza). Otra alternativa sería la adopción de un sistema de tratamiento de efluentes, a partir del diseño de un modelo del mismo, pero con datos específicos y adaptado con mayor precisión a la necesidad de cada establecimiento. En ambos casos, ya sea por reducción del volumen generado o por remoción de contaminantes presentes en él, se evaluaría cómo repercute dicho cambio en el capital, mediante una evaluación de un proyecto de inversión y en el ecosistema, mediante análisis fisicoquímicos en el tratamiento del efluente.

- En la Industria CASO B, queda pendiente incorporar al estudio la evaluación a escala piloto (si fuera posible), de una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de efluentes actual, proponiendo un tratamiento terciario como sistema complementario para eliminación de contaminantes remanentes.

- En relación al estudio de impacto ambiental mediante el enfoque de la ISO 14046, se prevé en todos los casos continuar mejorando la confección de los inventarios y adicionar inputs que fueron excluidos en el alcance de este estudio.

Vinculadas a futuros trabajos de investigación:

- Respecto a la estimación de las HH en los sistemas primarios, podría determinarse en forma teórica y práctica (si fuera posible), el volumen de agua de lluvia captado en un período de un año a partir de áreas cubiertas disponibles en cada establecimiento. Para verificar dicho volumen en forma práctica, sería necesario desarrollar un sistema de canalización y reservorio de agua y de este modo, favorecer el aprovechamiento de uso de agua de lluvia y reducción de la HHa a partir de la extracción de agua subterránea.
- En cuanto a la optimización de la HHa de los sistemas secundarios, y considerando como un propósito con doble beneficio, se podría estimar en la industria quesera CASO A, el aporte que realiza el vapor a la producción de aguas residuales. Para eso debería medirse el agua de condensado generada y de esta manera, no sólo la industria tomaría conocimiento de dicho volumen, antes desconocido, sino a su vez estaría generando un sistema de captación y futuro aprovechamiento de una nueva entrada de agua al sistema, actualmente no considerada.
- Como se planteó en el Capítulo de industrias (Capítulo VI), no se pudo realizar en el software SimaPro, una evaluación desagregada que permita con mayor seguridad determinar cuál de cada subproceso contribuye en mayor o menor medida. Se propone como próxima línea de investigación repetir el estudio considerando este aspecto, lo cual permitirá obtener mayor información y proveer a las industrias posibles líneas de acción concretas que favorezcan su desempeño a un menor costo ambiental. A su vez, se plantea modelizar en dicho programa, el caudal generado de efluente a partir de la composición química analizada en los muestreos (Capítulo II), y comparar sus resultados de Perfil de Huella con los obtenidos en el presente estudio.
- En cuanto al método de CCV, teniendo en cuenta que no fue considerada la FASE 4 o Período de reemplazo de la actividad y disposición final o desmontaje (eliminación), sería interesante

incluirlo en una futura investigación. La FASE 4 incluye el costo de dar de baja la actividad, desmantelar las instalaciones según lo indica las normativas, exigencias medioambientales y de seguridad vigentes; su disposición final y limpieza de desperdicios, saneamiento ambiental de la zona de producción, manejo y almacenamiento de productos de desecho. Podría realizarse una búsqueda de información exhaustiva sobre costos estándares en la zona o la existencia o no de reglamentos que indiquen requerimientos y condiciones específicas que se adapten a la actividad analizada.

- Por otro lado, y con relación al criterio del costo-beneficio, Cristeche y Penna (2008) sostienen que es una herramienta apropiada para el análisis económico de impactos ambientales y se utiliza generalmente para comparar distintas alternativas o proyectos, para lo cual es preciso identificar los impactos ambientales asociados y asignar un valor económico a los resultados que se deriven de los mismos. Un ejemplo que sería de suma importancia para ambos niveles productivos estudiados, pero por sobre todo para los establecimientos tamberos, puede ser el análisis de distintas calidades de agua subterránea o de tecnologías de tratamiento de agua y las mejoras en la salud animal o la calidad del suelo que las mismas pueden generar.

15- CONCLUSIONES

En línea con el objetivo general planteado para esta tesis, es posible concluir que ha sido posible evaluar técnica-económica y ambientalmente el uso del agua proveniente de cinco establecimientos tamberos característicos de la zona centro-oeste de la provincia de Santa Fe. Respecto al desempeño con el uso del agua en industrias lácteas, ubicadas en la misma zona, sólo en una de ellas fue posible el estudio completo mientras que en la otra no se incluyó el enfoque económico.

De acuerdo con los objetivos específicos declarados, se logró cuantificar el consumo de agua en los establecimientos tamberos e industrias lácteas mediante el indicador de HH, y comparar entre sí sus comportamientos según la eficiencia de uso. Al mismo tiempo, se cumplió con la realización de un estudio de impactos ambientales asociados a la degradación del recurso hídrico. Este se definió mediante la estimación del Perfil de Huella de Agua, con enfoque de ciclo de vida, siendo de manera satisfactoria en los establecimientos tamberos y parcial en los sistemas de producción de queso.

Por otra parte, se determinó conforme a lo planificado, la valoración monetaria del consumo de agua en ambos sistemas analizados y se diseñó (desde un enfoque económico) alternativas de mejora el manejo de aguas residuales. Complementaria y finalmente, se logró realizar un estudio de costos de ciclo de vida (CCV) en ambos procesos productivos incluyendo métodos de asignación de valor económico al uso o degradación de bienes públicos y servicios ambientales, en este caso asociados al agua subterránea.

Relativas a las metodologías empleadas:

Con respecto a las metodologías aplicadas, la componente verde (HHv) brindó un escenario claro sobre el requerimiento hídrico de los recursos forrajeros, en el cual se empleó información de manejo de cultivos real de cada establecimiento, uso de recursos, insumos específicos e información edafoclimática precisa de la región. Se obtuvieron resultados coherentes y se comprobó que los sistemas, cuanto mayor es su base pastoril que lo conforma, más elevada es su HHv.

La estimación de la HHa proporcionó un esquema de sistematización del registro de datos y consumos de recursos en caso de que a futuro alguno de los establecimientos desee realizar una certificación. Esto

se plantea considerando que cuestiones como la higiene, la salud animal y humana y el compromiso con el ambiente fueron las variables de mayor incidencia. Estas no dependen del nivel tecnológico que presenten cada uno y sí son fundamentales y básicas para el desarrollo de un plan de buenas prácticas.

En el caso de la estimación de la HHg asociada a la etapa de limpieza, propició la toma de conocimiento sobre la composición de los efluentes y la calidad de fuentes de agua superficiales o subterráneas. Si bien a través de este indicador quedó demostrado, una vez más, que no refleja un impacto asociado al poder degradativo de un proceso o empresa sobre el recurso hídrico, representó una herramienta sencilla de comparación del grado de contaminación en forma indirecta; ya sea dentro de una misma empresa en diferentes momentos o entre distintas industrias.

La metodología de ACV, como era de esperarse, brindó una visión más amplia y completa del análisis del uso del agua en los sistemas productivos analizados, sin embargo, es una herramienta compleja que exige revisión permanente sobre sus avances para elaborar recomendaciones que estuvieran actualizadas. Por tal motivo, si la finalidad es obtener resultados con mayor precisión y menor grado de incertidumbre, las exigencias en su uso son mayores. En este sentido, es imprescindible la apoyatura en softwares avalados por las normas ISO o la disposición de bases de datos validados internacionalmente y disponibles en dichos programadores.

El método de CCV en general, presenta algunos cuestionamientos por falta de validación y réplica. Sin embargo, es una herramienta robusta que permitió caracterizar en forma general la economía de cada empresa e identificar puntos críticos y potencialidades, que permitan optimizar indicadores de ecoeficiencia y circularidad. Con respecto a los costos ambientales, fundamentalmente en la valoración económica del uso del agua, se analizaron aquellos parámetros que afectan la calidad de la información y se propone evaluar a futuro mejoras en este aspecto que permitan repetir y brindar mayor precisión.

Relativas a las conclusiones de los resultados de cada capítulo:

Respecto a los resultados del monitoreo del manejo del agua, se comprobó la complejidad que existe en la evaluación de casos en forma detallada, siendo proporcional el nivel de exigencia en la búsqueda de información y el grado de precisión deseado en el análisis. Esta etapa inicial introdujo al conocimiento

de las empresas, diagnóstico y organización de la información disponible en cada una, obteniendo como resultado un primer plan de acción con puntos críticos y alternativas correctivas que pueda serles proporcionado, tendientes a una mejora en la gestión del uso consuntivo del agua.

En el estudio de los establecimientos tamberos, referido a la obtención de los granos y pasturas para alimentación, es necesaria una mejora en las prácticas del manejo de los cultivos, del suelo y de los insumos empleados. La mayor proporción del consumo de agua para la obtención de la leche cruda pertenece a la componente verde y el de mayor consumo fue el sistema extensivo que posee mayor porcentaje de pasturas.

Sin embargo, en cuanto a la componente azul en el sistema de ordeño, los resultados más altos estuvieron asociados a uno de los sistemas de mayor intensificación, debiéndose en gran parte a factores de manejo. Pese a eso, la HHa en esta etapa presentó mayor variabilidad, asociado a características propias de las instalaciones (condiciones del corral de espera para su lavado, potencias de las bombas sumergibles, capacidad de almacenamiento, condiciones del tanque de frío de leche). Mientras que la fracción asociada a bebida animal dependió directamente de la composición de las dietas, siendo mayor en aquellos casos donde el aporte de materia seca y/o suplementación con reservas forrajeras aumenta.

Respecto a las HHg, el mayor resultado correspondiente a la porción asociada al agua residual generada fue el mismo caso que presentó la HHa más elevada en el ordeño; aclarando a su vez, que no presenta tratamiento de efluentes. Mientras que, para la porción de la HHg asociada al uso de fertilizantes, este mismo caso en estudio presentó la menor huella. Esto se debió a que, dada las condiciones favorables del suelo, no destinan un alto consumo de agroquímicos y su vez, recurren considerablemente a la adquisición externa de reservas forrajeras.

En el estudio de las industrias, referido a la cuantificación del uso extractivo del agua, el caso de menor escala productiva presentó la menor eficiencia de uso del recurso por kg de queso producido. Ambas componentes, tanto azul como gris, fueron menos en la industria de mayor escala, debiéndose fundamentalmente a sus sistemas de recirculación y reutilización de agua no contaminada. Mientras que, en la evaluación de impactos sobre la disponibilidad hídrica total en la región y el deterioro de su calidad, el caso de mayor estructura, producción y manejo automatizado fue el de mayor contribución.

En relación con los resultados del Perfil de HA, se comprobó que es una herramienta más apropiada para diagnosticar impactos potenciales al recurso, sin embargo, requirió que el nivel de especificidad de los datos empleados sea aún mayor. Contar con mayor información, mejorando la precisión, regionalización y análisis desagregado por subprocesos, permitió generar nuevos hallazgos.

Tal es así que, en los establecimientos tamberos se obtuvo que las mayores contribuciones estuvieron representadas en 2 insumos fundamentales: el alimento balanceado y el consumo de fertilizantes. El caso que presentó una de las más bajas productividades del agua fue el que presentó el mayor impacto total, tanto por consumo como por degradación del recurso hídrico, seguido del caso de mayor complejidad tecnológica y producción total de leche. En las industrias, se concluyó que las variables de mayor impacto fueron la generación de efluentes en ambas, el consumo eléctrico en la industria de gran escala y el consumo de leña en la pequeña, para funcionamiento de la caldera.

Vinculado a los resultados económicos se verificó la complejidad al momento de aplicar metodologías que dieran cuenta del impacto monetario que podría tener asociado el uso de un bien público como lo es el agua subterránea y superficial. Sus aplicaciones en este trabajo sirvieron para demostrar al productor o empresario, la importancia de optimizar la eficiencia hídrica a través de la maximización de las productividades de sus sistemas. El estudio económico se vio favorecido por el estudio de la HA ya que brindó recomendaciones más precisas que incluyeron herramientas de mitigación y planes de inversión asociados para la reducción de impactos. Los escenarios hipotéticos planteados son oportunidades de mejora contribuyendo en su competitividad, viabilidad y sostenibilidad económica a un menor impacto al ambiente.

Relativas a recomendaciones y beneficios del estudio para los casos estudiados

Para ambas etapas productivas, es urgente la disminución de impactos por degradación, enfocado principalmente en el tratamiento de efluentes líquidos. Esto es en especial en los tambos y la industria pequeña que no presenta tratamiento alguno, pero también optimizar los ya existentes.

La estimación de la HHg podrán emplearla como un instrumento de concientización, de toma de decisiones para la optimización y disminución del consumo del agua y como un elemento que refleje los efectos positivos obtenidos luego de la aplicación de dichas prácticas (incluyendo la aplicación de sistemas de tratamiento de efluentes o mejoras de los existentes).

En el caso de los tambos, es indispensable implementar tecnologías para la recuperación de agua no contaminada, como así también el aprovechamiento de otras fuentes (agua de lluvia, depósitos de aguas superficiales, agua de enjuagues, entre otras). Esto disminuiría drásticamente los impactos asociados a la disponibilidad de agua en la cuenca debido a su elevada extracción directa del agua subterránea. Es indiscutible la necesidad en todos los tambos de generar suficiente capacidad de acopio del agua utilizada para la placa de refrescado.

Para las industrias, es fundamental que la gestión de sus efluentes se ajuste a la normativa existente para estas, la utilización de nuevas fuentes de generación de energía y el cambio del uso de leña por un combustible líquido o gaseoso. En el caso de la industria de mayor escala, es fundamental contemplar la alternativa de reutilizar el agua proveniente del filtrado y deshidratación del suero, aprovechando la capacidad disponible a nivel infraestructura para la elaboración de sistemas de almacenamiento y/o recirculación interna. En cambio, en el caso de la pequeña industria, la reducción del consumo de agua sería significativamente diferencial si empleara un sistema de captación de vapores en el área de tinas.

El abordaje del análisis de CCV les provee un enfoque preventivo en las empresas, teniendo en cuenta que la reducción del impacto sobre el ambiente significará a futuro beneficios económicos para las mismas. Permite eliminar costos antes de que se incurra en ellos y tomar decisiones orientadas a la prevención de gastos futuros no deseados o daños no compensados. Estos se reflejan a partir de la estimación de costos ambientales que, en definitiva, son las herramientas que permitirán adoptar medidas mejoradoras en términos económicos y conlleven a los productores e industrias implementar un análisis exitoso de costos de ciclo de vida enfocado en la sostenibilidad y circularidad de sus procesos.

Relativas a la potencialidad del estudio en general:

Como característica distintiva y comparativa a otros trabajos, el presente generó una nueva (o al menos no aplicada) herramienta de monitoreo de consumo de agua (horómetro), cuya alternativa resultó ser ampliamente validada comprobando que, a pesar de no utilizar un caudalímetro, sus resultados fueron robustos. Fue un recurso sencillo en su manejo para los tamberos, pero, además, de bajo costo en su instalación, materiales y mantenimiento y, cero intervenciones sobre la rutina de ordeño y/o planta de quesos al momento de su conexión. Esto lo transforma en una propuesta significativamente interesante para el sector, como instrumento de gestión del consumo de agua y fugas o desperdicios de esta.

Observando los resultados totales finales de cada metodología, por un lado, se verificó que la segunda y tercera hipótesis se cumplen, no así la primera. Este estudio proveyó de un aparato de datos reales, que permiten caracterizar de manera fehaciente el vínculo e impacto del sector productivo lechero característico del centro-oeste de la provincia de Santa Fe sobre el recurso hídrico, concretamente del Departamento Castellanos y Las Colonias. En cuanto al aporte al conocimiento científico, la mejora continua de los inventarios elaborados para la determinación de la HA y la réplica de este estudio con otros establecimientos contribuirá a la caracterización de la cadena láctea en una región específica.

Se destaca que el estudio ambiental y económico del uso del agua de los casos estudiados, estuvo realizado a partir de datos predominantemente primarios lo cual resulta de gran dificultad en la mayoría de las oportunidades. Hubo acceso a datos sensibles como lo son los registros contables y económicos y cualidad no menor, se generó información nueva que los establecimientos y empresas no disponían. Estos registros permitieron aplicar análisis de valoración económica del agua subterránea para los que no existen numerosos antecedentes locales e internacionales.

Para los productores y empresarios de este estudio se generó un instrumento de análisis de gran valor para la toma de conciencia. Les permitió: conocer en profundidad su propio circuito del agua, identificar áreas de desperdicio, reconocer problemáticas ignoradas hasta el momento, implementar alternativas de nuevos y posibles reúsos de agua que promuevan un enfoque sustentable y por último, descubrir los beneficios económicos que estarían asociados a una reducción del impacto ambiental que generan.

16- BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y CITADA

- Adams, R.S. (1986). Water Quality for Dairy Cattle. Pennsylvania State University.
- Ahmad, T., Aadil, R.M., Ahmed, H., Ur Rahman, U., Soares, B.C.V., Souza, S.L.Q., Pimentel, T.C., Scudino, H., Guimarães, J.T., Esmerino, E.A., Freitas, M.Q., Almada, R.B., Vendramel, S.M.R., Silva, M.C., Cruz, A.G. (2019). Treatment and utilization of dairy industrial waste: a review. Trends Food Sci. Technol. 88, 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>.
- Aimar, M. V., Amalfi, J. M., Campos Carlés, S., Charlon, V., Cristiano, G., Delbino, F., ... & Varaldo, E. (2021). Buenas prácticas lecheras: guía para la implementación en la producción de leche bovina. Red de Buenas Prácticas Agropecuarias-BPA.
- Akansha, J., Nidheesh, P. V., Gopinath, A., Anupama, K. V., & Kumar, M. S. (2020). Treatment of dairy industry wastewater by combined aerated electrocoagulation and phytoremediation process. Chemosphere, 253, 126652.
- Alejandrino C. (2020). Evaluación de costos de ciclo de vida en el marco del desarrollo sostenible. Jornadas de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNCuyo (1º virtuales 2020: Mendoza, Argentina). Disponible en: <https://bdigital.uncu.edu.ar/15482>
- Alimentarius, C. (2004). Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos. CAC/RCP 57-2004. Artículo publicado en pdf.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Alvarez A., Morábito J. A., Schilardi C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. Revista FCA UNCUIYO. 2016. 48(1): 161-177.
- Andrade, L. H., Motta, G. E., & Amaral, M. C. S. (2013). Treatment of dairy wastewater with a membrane bioreactor. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 30, 759-770.

- Anschau, R.A., Bongiovanni, R., Tuninetti, L. y Manazza, F. (2015). Huella hídrica de la cadena de maní en argentina. Avances y Estado de Situación en Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales en Argentina, Actas IV Encuentro Argentino de Ciclo de Vida – III Encuentro Argentino de Huella Hídrica. Primera Edición.
- Anzecc, A. (2000). Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, 1, 1-314.
- APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.
- Argentino, C. A. (2017). Capítulo XII. Bebidas hídricas, agua y agua gasificada”. Agua potable. Artículo, 982.
- Arrien M.M. (2019). Huella hídrica del cultivo de maíz en los partidos de Tandil y Balcarce. Tesis de la Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires Facultad de Ciencias Humanas.
- Asunis, F., De Gioannis, G., Dessì, P., Isipato, M., Lens, P. N., Muntoni, A., ... & Spiga, D. (2020). The dairy biorefinery: Integrating treatment processes for cheese whey valorisation. Journal of environmental Management, 276, 111240.
- Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality (2000). Chapter 4. Primary Industries. Livestock drinking water quality. En línea: http://www.mincos.gov.au/data/assets/pdf_file/0020/316127/wqg-ch4.pdf.
- Bacenetti, J., Bava, L., Zucali, M., Lovarelli, D., Sandrucci, A., Tamburini, A., & Fiala, M. (2016). Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system. Science of the total environment, 539, 450-459. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.015>.
- Baldini, C., Gardoni, D., Guarino, M. (2017). A critical review of the recent evolution of Life Cycle Assessment applied to milk production. J. Clean. Prod. 140, 421–435. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.078>.

- Baird, R., Rice, E., & Eaton, A. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewaters. Water Environment Federation, Chair Eugene W. Rice, American Public Health Association Andrew D. Eaton, American Water Works Association.
- Bava, L., Sandrucci, A., Zucali, M., Guerci, M., Tamburini, A. (2014). How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? *J. Dairy Sci.* 97 (7), 4579–4593. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7530>.
- Bavera G., Rodríguez E., Beguet H., Bocco O. & Sánchez J. (2001). Manual de aguas y aguadas para el ganado. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 284 p.
- Bavera, G. A. (2002). ÉPOCA DE SERVICIO Y PARICIÓN Curso de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. (Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/16-epocas_de_servicio_y_paricion.pdf).
- Bayart, J. B., Worbe, S., Grimaud, J. & Aoustin, E. (2014). The Water Impact Index: a simplified single indicator approach for water footprinting. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(6), 1336-1344. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0732-3>.
- Beede, D., & Myers, Z. H. (2000). L'eau, un nutriment essentiel. 24e Symposium sur les bovins laitiers. Des fibres et d'eau fraîche, Québec, Canada.
- Boglione, R., Panigatti, M.C., Griffa, C. y Cassina, D. (2009). Estudio de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca oeste de la provincia de Santa Fe. *Actas del XXII Congreso Nacional del Agua*. (1) 36-37. ISBN: 978-987-25369-0-9.
- Bonfatti A., Galassi R. (2012). Plan Estratégico Provincial Santa Fe- Visión 2030. Santa Fe: Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado de la Provincia de Santa Fe- 1a ed. - 500 p. ISBN 978-987-23560-9-5
- Boulay A., Bare J., Benini L., Berger M., Bulle C., Klemmayer I., Lathuilliere M., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Oki T., Ridoutt B., Worbe S., Pfister S. (2015). New scarcity indicator from WULCA: consensus to assess potential user deprivation. *BLCA XV Conference*, Vancouver.

- Boulay, AM., Bare, J., Benini, L., Berger M., Lathuillière M. J., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Valerie Pastor A., Ridoutt B., Oki T., Worbe S. & Pfister S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *Int J Life Cycle Assess* 23, 368–378. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- Bragaglio, A., E. Romano, M. Brambilla, C. Bisaglia, A. Lazzari, S. Giovinazzo, M. Cutini (2023) A comparison between two specialized dairy cattle farms in the upper Po Valley. Precision agriculture as a strategy to improve sustainability, *Cleaner Environmental Systems*, Volume 11. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2023.100146>
- Britz, T. J., Lamprecht, C., & Sigge, G. O. (2008). Dealing with environmental issues. *Advanced Dairy Science and Technology*, 262-293.
- Burneo, D. (2003). Métodos de valoración de los ecosistemas forestales. En X. Izko & D. Burneo (Comp.). *Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenido de los bosques sudamericanos*. (27-56). Quito, Oficina Regional para América del Sur. Unión Mundial para la Naturaleza (disponible en <http://www.iufro.org/sufro/publications/ws13contenido.pdf>)
- Cañada, P.; Herrero, M.A.; Dejtiar, A.; Vankeirsbilck, I. (2018). Guía de buenas prácticas para el manejo de purines en tambo.
- Carta de suelos de la República Argentina (1990). Hoja 3163- 36 y 35; SAN JORGE-LAS PETACAS.
- Castignani M., Castignani H., Osan O. y Cursack A. (2008). Caracterización de la producción primaria del complejo lechero de la provincia de Santa Fe, Argentina: Indicadores estructurales y tecnológicos. <http://www.fca.unl.edu.ar/tictambo/web/docs/CaracterizacionLecheriaSantaFe.pdf>
- Castignani H. (2011). Zonas Agroeconómicas Homogéneas Santa Fe. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Programa Estratégico “Economía de los Sistemas de Producción. Caracterización y Prospectivas”, INTA. Publicado en Sitio Argentino de Producción Animal. ISSN 1851-6955.

- CCME (1999). Canadian Environmental Qualities Guidelines, Canadian Council of Ministers of the environment, Manitoba Statuary Publications, Winnipeg, Canada, Updated in 2000.
- CEPAL. (2005). Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. Serie Medio ambiente y desarrollo n°118. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL (2009) Cambio Climático y Desarrollo en América Latina y el Caribe. Reseña 2009. Coordinador: Jose Luis Samariego.
- Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable CADIS, Embajada de Suiza en Colombia, Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo COSUDE. Martínez A., Chargoy J., Puerto M., Suppen N., Rojas D. Autores contribuyentes: Alfaro S, Ayes D., Barrantes L., Carrasco L., Castro J., Charlón V., Civit B., Conza A., Díaz C., Díaz L., Farell C., Francke I., García A., Gmünder S., González M., Grisales C., Laura R., Lloret P., Monteiro R., Naranjo C., Papi S., Peña C., Petrocelli N., Revilla V., Rodríguez L., Rosa E., Sacayón E., Toro C., Vera A., Victoria J., Villarraga J. (2016). Huella de Agua (ISO 14046) en América Latina, análisis y recomendaciones para una coherencia regional. 90 p.
- Charlón V., Taverna M., Herrero M.A. (2005). El agua en el tambo. Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2° ed., INTA.
- Charlón, V., Tieri M. P., Manazza, F., Engler, P., Pece, M. A. & Frank, F. (2014). Comparación de dos metodologías de cálculo de huella hídrica en un sistema de producción de leche de argentina. III Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y II Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV.
- Charlón V, J.F Manazza, M.P Tieri, (2015). Huella hídrica en tambos según diferentes sistemas de producción. Avances y estado de situación en el análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en Argentina- Actas de ENARCIV 2015.
- Charlón V., Tieri M. P., Frank F., Engler P. (2016). La huella del agua en la producción primaria de leche en Argentina. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica de producción animal 2016, publicación miscelánea año 4- N° 2.

- Charlón V. (2017). Efecto de los sistemas de producción de leche sobre el ambiente. Riesgos y pautas para una lechería sustentable. III Congreso nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental.
- Civit, B.; Piastrellini, R.; Curadelli, S. Arena, P. (2015). Medida del Impacto sobre la Calidad de Agua en la etapa de producción de productos. Avances y Estado de Situación en Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales en Argentina, Actas IV Encuentro Argentino de Ciclo de Vida – III Encuentro Argentino de Huella Hídrica. Primera Edición.
- Civit B. (2021). INTRODUCCIÓN HUELLAS AMBIENTALES: Huella Hídrica y Huella de Agua. Material de trabajo en el marco de un Curso Doctoral dictado en octubre de 2021 en la Facultad Regional Rafaela, Universidad Tecnológica Nacional. Docentes: Dra. Bárbara Civit, Dra. Cecilia Panigatti y Msc. Verónica Charlón.
- Código Alimentario Argentino (CAA) (2019). Capítulo XII: BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA.
- Comerón, E. (2007). “Eficiencia productiva de los sistemas lecheros en zonas templadas (con especial referencia a América Latina y a Argentina)” Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 (Supl. 1).
- Corredor-Camargo ES., Castro-Escobar ES., Páez-Barón EM. Estimación de la huella hídrica para la producción de leche en Tunja, Boyacá. Rev. Cien. Agri. (2017) 14(2): 7-17.
- Coria M.L., Fay J.P., Cseh S.B. & Brizuela M.A. (2007). Efecto de concentraciones elevadas de sales totales y sulfatos en agua de bebida sobre la degradabilidad ruminal in vitro de *Thinopyrum ponticum*. Archivos de Medicina Veterinaria, 39 (3): 261-267.
- Corredor-Camargo ES., Castro-Escobar ES., Páez-Barón EM. Estimación de la huella hídrica para la producción de leche en Tunja, Boyacá. Rev. Cien. Agri. (2017) 14(2): 7-17.
- Coto Fonseca A. F. (2023). Determinación de huella de agua: Evaluación de dos enfoques metodológicos y su aplicación para la producción de leche en finca. Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Posgrado en Ingeniería de Biosistemas. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- Cristeche, E.; Penna, J. (2008). "Métodos de valoración económica de los servicios ambientales" 55 pág. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.

- De Alba E, Reyes M (1998). Valoración económica de los recursos biológicos del país. En La diversidad biológica de México: Estudio de país. CONABIO. México. p. 212.
- De la Ossa- Oliveros C., Fonseca- Badillo S., Pájaro-Donado J., Salgado-Molina M., Suarez-Marengo J. (2018). AFORO DE CAUDALES. Laboratorio de Hidráulica, Grupo BD, Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad De La Costa, CUC Departamento de Civil y Ambiental. Barranquilla, Colombia.
- Dixon, R. K.; Brown, S.; Houghton, R. A.; Solomon, A. M.; Trexler, M. C.; Wisniewski, J. (1994). Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. Science, New Series, Vol. 263, No. 5144, pp. 185-190 Published by: American Association for the Advancement of Science.
- Duarte, E. (2011). Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I). Revista Plan Agropecuario, edición N° 139 agosto 2011. <https://www.planagropecuario.org.uy/web/magazine/view/id/149.html>
- Ecoinvent. Disponibilidad de base de datos ambientales del mundo. <https://ecoinvent.org/>
- Ecosystem Valuation (2006). Site funded by US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service and National Oceanographic and Atmospheric Administration- United States. Consultado por última vez el 20/10/23: www.ecosystemvaluation.org
- Eide, M. H. (2002). Life Cycle Assessment (LCA) of industrial milk production. The International Journal of Life Cycle Assessment 7:115.
- Escobar, J., Alfonso, L.; Gómez Olaya, Á.P. (2007). El valor Económico del agua para riego un estudio de Valoración Contingente. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 6, pp. 16-32 Universidad del Valle Cali, Colombia.
- Famiglietti J., Guerci M., Proserpio C., Ravaglia P., Motta M. (2019). Development and testing of the Product Environmental Footprint Milk Tool: A comprehensive LCA tool for dairy products. Science of the Total Environment 648 (2019) 1614–1626.
- Falabella, C., Garro, J., Korb, M., Minaglia, M., y Tuninetti, L. (2018). Evaluación de la huella de agua. Caso de estudio: quesos de pasta semidura. San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI.

- FAO (2010) 'CROPWAT 8.0 model', FAO, Rome, www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.
- FAO (2011). Manual para la valoración social de: impactos y daños ambientales de actividades agrícolas (Deisy Coromoto Rebolledo López – Venezuela, Caracas).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2002). FAO Irrigation and Drainage Paper 61. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. by K.K. Tanji and N.C. Kielen. Annex 2. Water quality guidelines for livestock and poultry production for parameters of concern in agricultural drainage water. Rome. En línea: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4263E/y4263e0f.htm>.
- Fekete, B.M.; Vörösmarty, C.J.; Grabs, W. (2002). High-Resolution Fields of Global Runoff Combining Observed River Discharge and Simulated Water Balances. *Global Biogeochem. Cycles* 2002, 16 (3), 15-1-15-10. <https://doi.org/10.1029/1999gb001254>.
- Fernández Cirelli, A. F., Schenone, N., Carrera, A. L. P., & Volpedo, A. V. (2009). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *AUGMDomus*, 1, 45-66.
- Fernández Cirelli, A., Schenone, N., Pérez, A., & Volpedo, A. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *AUGMDOMUS*, 1, 45-66.
- Fernández Mayer, A. (2017). Calidad del Agua para Consumo Vacuno. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Fontanetto H., Keller O. y Albrecht J. (2009). Fertilización nitrogenada en soja en la región central de Santa Fe. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica cultivos de verano. Campaña 2009, publicación miscelánea N° 115.
- Franke, N.A., Boyacioglu, H. and Hoekstra, A.Y. (2013). Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines, Value of Water Research Report Series No. 65, UNESCO IHE, Delft, the Netherlands.

- Fundación Chile y Agualimpia (2016). Manual Aplicación para Evaluación de HH acorde a la norma ISO 14046 2016. Elaborado en conjunto por Fundación Chile y Agualimpia. Primera edición en español: Santiago de Chile, enero 2016.
- Fuquay, J. W., McSweeney, P. L., & Fox, P. F. (2011). Encyclopedia of dairy sciences. Academic Press.
- Gigena G.G. (2021). Santa Fe, la provincia más tampera. Editora Agroclave. <https://www.agroclave.com.ar/edicion-impresa/santa-fe-la-provincia-mas-tampera-n2679261.html>
- Giménez, G. D., Frank, F. C., & Marini, P. R. (2018). Huellas de carbono y de agua en tambos con diferentes estrategias de intensificación.
- Goedkoop M.J., Heijungs R, Huijbregts M., De Schryver A.; Struijs J., Van Zelm R (2008). ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition Report I: Characterisation; 6 January 2009.
- Herrero, A. (2010). Efluentes del tambo, ¿algo molesto a eliminar o un recurso a utilizar. Sitio Argentino de Producción Animal. Producir XXI, Bs. As., 19(230):68-71.
- Higham, C.D.; Singh, R.; Horne, D.J. The Water Footprint of Pastoral Dairy Farming: The Effect of Water Footprint Methods, Data Sources and Spatial Scale. Water 2024, 16, 391. <https://doi.org/10.3390/w16030391>.
- Hilbert J. A.; Jennerich L.; Katz J.; Manosalva J. A.; Saporiti L. (2019). Análisis de ciclo de vida en la producción primaria porcina. Práctica aplicada en curso de capacitación. Publicado en Avances en Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales en Argentina: Actas ENARCIV 2019 / Clarisa Alejandrino ... [et al.]; compilado por Germán Rodolfo Henderson; Roxana Piastrellini ; editado por Roxana Piastrellini ; Alejandro Pablo Arena ; Bárbara María Civit. - 2a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2020. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-4998-48-4
- Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual Water. An Introduction. Virtual Water Trade. En: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Values of Water Research Report

Series n° 12. Delft, the Netherlands: UNESCO-IHE. Disponible en: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Publications> .

- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK.
- Holter, J. B., and W. E. Urban, Jr. (1992). Water partitioning and intake in dry and lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 75:1472– 1479.
- Huang, J., Xu, C. C., Ridoutt, B. G., Liu, J. J., Zhang, H. L., Chen, F., & Li, Y. (2014). Water availability footprint of milk and milk products from large-scale dairy production systems in Northeast China. *Journal of Cleaner Production*, 79, 91-97.
- Hufschmidt, M.M., D.E. James, A.D. Mesiter, B.T. y J.A. Dixon (1983). Environmental, natural systems and development an economic valuation guide. Johns Hopkins University Press Maryland.
- Imhoff S, A. Pires da Silva, P.J. Ghiberto,C.A. Tormena, M.A. Pilatti, P.L. Libardi 2016. Physical Quality Indicators and Mechanical Behavior of Agricultural Soils of Argentina. *PLoS ONE* 11(4): e0153827.oi: 10.1371/journal.pone.0153827. Editor: P.C. Abhilash, Banaras Hindu University, INDIA.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos- I.N.D.E.C. (2023). Índice de precios al consumidor (IPC) Vol. 7, N° 25. Informes técnicos / Vol. 7, N° 163 Julio de 2023. ISSN 2545-6725.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - I.N.D.E.C. (2021). Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados definitivos / 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos . Libro digital, PDF: descarga y online ISBN 978-950-896-607-0
- Instituto Nacional de Estadística y Censos- I.N.D.E.C. (2018). Censo Nacional Agropecuario: Resultados definitivos / 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC, 2021. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-896-607-0
- Instituto Nacional de Estadística y Censos- I.N.D.E.C. (2023). Informes técnicos. Vol. 7, N° 238 ISSN 2545-6636 Índices de precios. Vol. 7, N° 35 Índice de precios al consumidor. Cobertura nacional Octubre de 2023 ISSN 2545-6725.

- INTA (2018). Boletín Agrometeorológico mensual de Estación Experimental Agropecuaria Rafaela- 2017 y 2018.
- INTA (2018). Estadística meteorológica. Estación Experimental Valle Inferior. Marzo 2018 - Año 11 - N° 71. Informe mensual de la estación meteorológica - Valle Inferior - Pcia. Río Negro. Valores medios y absolutos registrados en 2017.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2020). Visor GeoINTA: Mapas de suelo, perfiles y coberturas de suelos, imágenes y bases de datos georeferenciadas. Available at: (<http://geointa.inta.gov.ar/visor2/?p=96>) [Accessed March. 11, 2020].
- IPEC (2015) ¿CIERRE DE TAMBOS O CONCENTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN? Sector Tambo de la Provincia de Santa Fe. Período 2008-2015. Secretaría de Planificación y Política Económica, Provincia de Santa Fe. www.santafe.gov.ar/ipec .
- ISO 14040:2006 (2006). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ISO 14046 (2015). Environmental management-Water footprint-Principles, requirements and guidelines.
- Jefferies, D., Muñoz, I., Hodges, J., King, V.J., Aldaya, M., Milà Canals, L., Hoekstra, A.Y. (2012). Water footprint and life cycle assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. *J. Clean. Prod.* 33, 155–165.
- Jones G. (2000). Abundant good quality water and milk production. *The Virginia Dairyman*, 64(7): 16-18.
- Kammerer, M., & Ganiere, J. P. (1998). QUALITE DE L'EAU D'ABREUVEMENT DES RUMINANTS. *Point vétérinaire*, 29, 1255-1262.
- Lazzarini B, J Baudracco, G Tuñon, L Gastaldi, N Lyons, H Quattrochi, N Lopez-Villalobos (2019). Milk production from dairy cows in argentina: Current state and perspectives for the future. *App. Anim. Sci.* 35, 426-432.
- Ley 24051 (1993). Régimen de Desechos Peligrosos. Decreto Nacional 831/93, Reglamentación de la Ley 24051. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/recurso/12830/texact/htm>

- Ley Provincial 11220 (1994). Transformación del sector público de agua potable, desagües cloacales y saneamiento. Provincia de Santa Fe, BO 12/12/1994.
- Lucas, S. M., & García, R. S. (2018). El agua en la industria alimentaria. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 33(2), 157-171.
- Manazza, J.F (2012). Cuantificación y valoración económica del uso consuntivo del agua en los principales productos de las cadenas lácteas de La Pampa y San Luis. – 1ª ed. – San Luis: Ediciones INTA, 2012.
- Manazza, J.F., Iglesias, D.H. (2012). Water footprint in milk agri-food chain in the subhumid and semi-arid central region of Argentina. *Proceedings of the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil, 18–24 August 2012.*
- Manazza, J.F y J.R Diaz (2013). Aproximación al análisis de eficiencia de uso de agua en sistemas ganaderos bovinos. <https://www.researchgate.net/publication/276919832>.
- Manazza, J.F., Iglesias, D.H. (2012). Water footprint in milk agri-food chain in the subhumid and semi-arid central region of Argentina. *Proceedings of the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil, 18–24 August 2012.*
- Mandrile Y. (2022). Análisis de inversión para la fertilización con efluentes de tambo. Repositorio Institucional Abierto UTN. Colecciones FRRA - Licenciatura en Administración Rural - Proyectos Finales de Carrera. URI <http://hdl.handle.net/20.500.12272/7509>
- Mansoorian, H. J., Mahvi, A. H., Jafari, A. J., & Khanjani, N. (2016). Evaluation of dairy industry wastewater treatment and simultaneous bioelectricity generation in a catalyst-less and mediator-less membrane microbial fuel cell. *Journal of Saudi Chemical Society*, 20(1), 88-100.
- Manual Aplicación para Evaluación de HH acorde a la norma ISO 14046 (2016). Elaborado en conjunto por Fundación Chile y Agualimpia. Primera edición en español: Santiago de Chile, enero 2016.
- Martínez-Lagos J. y Salazar S, F. (2015). Huella hídrica de la producción de leche en el sur de Chile. Congreso Latoniamericano de Agroecología. La Plata, Argentina.

- Mattsson, B. y Sonesson, U. (2003). Environmentally-friendly Food Processing. Woodhead publishing.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011). National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosistemas* 15, 401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Sci. Adv.* 2, e1500323.
- Meteoblue. Datos meteorológicos históricos por hora. <https://www.meteoblue.com/es/historyplus> . Última fecha de consulta: 20/08/2021
- Ministerio de Economía de la Provincia de Santa Fe (2014). SANTA FE EN CIFRAS. Secretaría de Planificación y Política Económica. <https://www.santafe.gov.ar/archivos/estadisticas/SantaFeenCifras2014.pdf>
- Moreno S., A. A. (1992). Valoración económica de proyectos con impactos ambientales. Ponencia presentada en el Seminario Interamericano sobre Economía ambiental. Programa Interamericano Organización de los Estados Americanos (OEA). Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente; Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), (185-218) Mérida.
- Mosconi, F. P.; Priano L.; Hein N.; Moscatelli G.; Salazar J.; Gutiérrez I.; Cáceres L. (1981). Mapa de suelos de la Provincia de Santa Fe. Tomo I. INTA-MAG. 245p.
- Moyano Salcedo A., Tieri M.P., Herrero M.A. (2015). Huella hídrica en establecimientos lecheros de Buenos Aires, Argentina. Avances y Estado de Situación en Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales en Argentina, Actas IV Encuentro Argentino de Ciclo de Vida – III Encuentro Argentino de Huella Hídrica. Primera Edición.

- Mu, W.; Van Middelaar, C.E.; Bloemhof, J.M.; Engel, B.; De Boer, I.J.M. (2017). Benchmarking the environmental performance of specialized milk production systems: Selection of a set of indicators. *Ecol. Indic.* 72, 91–98.
- Murphy, M. R., C. L. Davis, and G. C. McCoy. (1983). Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 66:35– 38.
- Murphy, B., P. Crosson, A. K. Kelly, R. Prendiville. (2017). An economic and greenhouse gas emissions evaluation of pasture-based dairy calf-to-beef production systems. *Agricultural Systems*. Vol 154,124-132.
- National Research Council. (2006). Mineral tolerance of animals. National Academies Press.
- NRC, I. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. National Research Council, 519.
- Negri Rodriguez, L. M., Aimar, M. V., Costamagna, D. A., Callieri, C., Herrero, M. A., Charlon, V., ... & Bontá, M. (2019). Guía de buenas prácticas para establecimientos lecheros: material de referencia de la Red de BPA. Ediciones INTA.
- Noya, I., Gonzalez-García, S., Berzosa, J., Baucells, F., Feijoo, G., Moreira, M.T. (2018). Environmental and water sustainability of milk production in Northeast Spain. *Sci. Total Environ.* 616–617, 1317–1329. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.186>.
- NRC- Nutrient Requirements of Dairy Cattle (2001). Seventh Revised Edition, 2001 Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture and Natural Resources National Research Council. National Academy Press Washington, D.C.
- Ontario Ministry of Agriculture, Food & Rural Affairs. (2007). Water Quality for Dairy Cattle. En línea: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/03-085.htm> .
- Osorio U., Alfonso (ed). (2013). Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos. 211 p. Serie Actas N° 50. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.
- Palhares J.C., Novelli T.I., Morelli M. (2020). Best practice production to reduce the water footprint of dairy milk. “Ambiente & Água”- An Interdisciplinary Journal of Applied Science. ISSN 1980-993X- doi:10.4136/1980-993X. www.ambi-agua.net

- Panigatti, J.L., Piñeiro, A., Mosconi, F., (1971). Manchones en cultivos en la zona central de Santa Fe. I. Causas edafoclimáticas. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 3, VIII, 141-154
- Panigatti, M. C.; Boglione, R.; Griffa, C.; Cassina, D.; Schierano, M. C.; Imoberdof, M. (2010). “Influencia de los predios lecheros en la calidad de las aguas subterráneas freáticas. Estudio de casos en tambos de la provincia de Santa Fe, Argentina”. Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua.
- Panigatti M. C., Boglione R., Griffa C., Gentinetta F., J. Melidoro, L. Medina, Schierano, M. C., Fabbiani M. G. (2017). “Codigestión anaeróbica de fangos DAF y efluentes de predios lecheros”. Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X. Vol 10, N°2, 136-150.
- Panigatti M.C. (2021). EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL. Material de trabajo en curso doctoral realizado en octubre del 2021. Docentes: Dra. Bárbara Civit MSc. Verónica Charlón Dra. Cecilia Panigatti.
- Papa J. C.1 ; Castellarín J. M. y Sánchez J. (2017). La calidad del agua subterránea en el distrito Monje (Departamento San Jerónimo) Santa Fe. Revista “Para mejorar la producción. N° 56”. INTA EEA Oliveros, Santa Fe, Argentina.
- Pellicer-Martínez F. y Martínez Paz J. M. (2014). La evaluación de la Huella Hídrica Gris en una Demarcación Hidrográfica. Congreso Nacional de Medio Ambiente. INUAMA.
- Pérez Jaramillo, C. (2009). Análisis del Costo de Ciclo de Vida. Estrategias para el ciclo de vida.
- Perez J. ; Arrien, M. M; Cisneros Basualdo, N.;Vuksinic, E. y Rodríguez, C. (2021). Huella hídrica de la leche y el queso: un caso de estudio en Tandil, Argentina. Revista Estudios Ambientales, 9(2), 28-48.
- Pfister, S., Koehler, A., & Hellweg, S. (2009). Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. Environmental science & technology, 43(11), 4098-4104. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es802423e>

- Pilatti M.A y J.A de Orellana (2016). Hacia una clínica de suelos: Mirando al suelo con ojos de planta. Edic. Colección 'Cátedra' UNL, 280 pp. ISBN: 978-987-657-959-9.
- Pirlo, G., Lolli, S. (2019). Environmental impact of milk production from samples of organic and conventional farms in Lombardy (Italy). *J. Clean. Prod.* 211, 962–971. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.070>.
- Prevention, I. P. (2006). Control. Reference Document on Economics and Cross–Media Effects, European IPPC Bureau. *Institute for Prospective Technological Studies*.
- Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for Dairy Products (2021). Dairy Products (raw milk, processed liquid milk and cream, milk powder, yoghurt, butter and cheese) product category classification: UN CPC 0221, 2211, 2212, 2221, 2223, 2224, 2225 <https://www.datocms-assets.com/37502/1622805404-pcr-newdairy-products-for-oc.pdf> Date 2021-03-29
- Product Category Rules- PCR according to ISO 14025. Raw milk (2019). Product category classification: UN CPC 022. Date 2017-05-29.
- ReCiPe 2016 v1.1. (2017). A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization. National Institute for Public Health and the Environment (<https://www.pre-sustainability.com/recipe>)
- Reinoso L. (2014). Rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro: Evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada. Tesis de Magíster en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca Argentina.
- Reinoso L. y Martínez R. (2017). Evaluación de Cultivares de Maíz en Viedma, Río Negro. Campaña 2016/17. Estación Experimental Agropecuaria de Valle Inferior (Convenio Prov. Río Negro) – INTA. Información técnica de Cultivos. Publicación Miscelánea 2017, año 10 - N° 68.
- Resolución N° 1089/82. (1982). Reglamento para el control del vertimiento de líquidos residuales. [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/28842/\(subtema\)/112857](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/28842/(subtema)/112857)

- Ridoutt, B., Hodges, D. (2017). From ISO14046 to water footprint labelling: a case study of indicators applied to milk production in south-eastern Australia. *Sci. Total Environ.* 599–600, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.176>
- Riera, P., García, D. y Kristrom, B. (2008). *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales*. Madrid: Ed. Paraninfo.
- Rivas J, Prazeres AR, Carvalho F, Beltrán F. (2010). Treatment of cheese whey wastewater: combined coagulation–flocculation and aerobic biodegradation. *J Agric Food Chem*; 58(13): 7871–7.
- Rodríguez, C. I.; Cisneros Basualdo, N.E.; Díaz, A.A.; Banda Noriega, R.; Tabera, A. E.; Arrien, M.; Barranquero, R.S.; Cifuentes, M.; Corengia, C.; Nicora, B.; Novo, J.; Pérez, J.; Rolando, R.; Ruiz De Galarreta, A. (2018). *EXTENSIÓN, DOCENCIA E INVESTIGACIÓN: LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y QUESOS*.
- Rodríguez Romero, P. C., Cubillos Gonzalez, A. (2017). Elementos para la valoración integral de los recursos naturales: un puente entre la economía ambiental y la economía ecológica *Gestión y Ambiente* [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2017] Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424101007>.
- Rodríguez Zurro T., Terré E. (2021). Radiografía del sector ganadero santafesino. Informativo Semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario- Mercado. ISSN 2796-7824. Dirección de Informaciones y Estudios Económicos. <https://www.bcr.com.ar/es/print/pdf/node/85706>
- Romano, E., Roma, R., Tidona, F., Giraffa, G., Bragaglio, A. (2021). Dairy farms and life cycle assessment (LCA): the allocation criterion useful to estimate undesirable products. *Sustainability* 13 (8), 4354. <https://doi.org/10.3390/su13084354>.
- Rosetti L. (2018) Evaluación de híbridos de maíz en fechas de siembra temprana y tardía en Rafaela, Santa Fe, campaña 2017/2018. INTA. Información técnica de Cultivos de Verano. Publicación Miscelánea año 2018/2019, edición VI, N° 2.
- Ruiz de Galarreta, V. A., Banda Noriega, R., Barranquero, R., Díaz, A. A., Rodríguez, C. I. y Miguel, R. E. (2010). Análisis integral del sistema hídrico, uso y gestión. Cuenca del arroyo Langueyú, Tandil, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 121 (4), 343-356.

- Sager, R. (2001). Calidad de agua de bebida. En relación con la suplementación mineral y problemas sanitarios. Herramientas para un negocio ganadero competitivo. Herramientas para un negocio ganadero competitivo. Congreso de Ganadería de Zonas Áridas y Semiáridas, San Luis, Argentina. www.producción-animal.com.ar.
- Salazar S., F (2012). Manual de manejo y utilización de purines de lechería. Publicación del Consorcio Lechero y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). 1ª Edición. Osoro, Chile.
- Salazar S, F., Martínez Lagos, J. (2013). Huella hídrica en leche y carne bovina [en línea]. La Serena: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 50. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/8643> (Consultado: 19 octubre 2021).
- Saraiva, C. B., Mendonça, R. C. S., de Lima Santos, A., & Pereira, D. A. (2009). Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 64(367), 10-18.
- Schierano, M.C; Maine, M.A Panigatti, M.C. (2016). “Dairy farm wastewater treatment using horizontal subsurface flow wetlands with *Typhadomingensis* and different substrates”. Publicado en: Environmental Technology. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2016.1231228>
- SEEA- Economic and Environmental Accounting System (2003). Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. United Nations Publication Sales No.E.06.XVII.8 ISBN 978-92-1-161489-3. European Communities Catalogue number KS7807264ENC ISBN 978-92-79-06394-7. New York, Luxembourg, Washington D.C., Paris 2007.
- SETAC. (1993). Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Bruselas.
- Swarr, T.E., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H.-L., Citroth, A., Brent, A.C., Pagan, R., (2011). Environmental life cycle costing: a code of practice.
- Taverna M., Charlón V., García K., Walter E. (2013). Una propuesta integral de manejo de efluentes. Sitio Argentino de Producción Animal. Trabajo presentado en: Jornadas Técnicas de la 8ª Muestra Internacional de Lechería (Morteros, Córdoba, Argentina).

- Tosolini R., Giorgi R., Sapino V., León C. y Chiavassa L. (2009). Mapa de Capacidad Productiva de las Tierras de la pcia. de Santa Fe. INTA. Estación experimental Rafaela. <http://rafaela.inta.gov.ar/.../capacidad.../index.htm>
- Treboux J. (2019). Área por tipo de cultivo: lo que nos deja el Censo Nacional Agropecuario 2018. Bolsa de Comercio. Informe semanal- Sección Commodities- N° Edición 1931 - 15 de noviembre de 2019. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/area-por-tipo>
- UN Environment. (2017). A framework for freshwater ecosystem management. Technical Guide for Classification and Target-Setting, 2.
- UNESCO, Naciones Unidas (2022). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2022: Aguas subterráneas, Hacer visible el recurso invisible. Francia, París. ISBN 978-92-3-300193-0. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382894>
- Van der Werf, H.M.G., Petit, J., (2002). Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicatorbased methods. Agriculture Ecosystems and Environment 93, 131-145.
- Venkatesh G. (2019). Life-Cycle Costing: A Primer. 1st edition. Bookboon, The eBook company. ISBN 978-87-403-2759-5. Peer review by Kenny Pettersson, Lecturer, Department of Engineering and Chemical Sciences, Karlstad University, Karlstad, Sweden.
- Villar J. L.y Benzi P. y Sillón M. (2014). Evaluación de cultivares de maíz en siembras tempranas y tardías, CAMPAÑA 2013/2014. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. CAMPAÑA 2014 Publicación Miscelánea N° 128.
- Zanini L., Camusso M.F., Jorge, R., Rodriguez A., Tonetti C. y Veglia M.E. (2022). Evolución de la inflación entre 2018-2022. Centro de Servicios y Estudios. Bolsa de Comercio de Santa Fe. file:///C:/Users/garbarino/Downloads/IE_2022_E.pdf

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y NO CITADA

- Adetoro A.A., Ngidi M., Nyam Y.S., Orimoloye, I. R (2021). Temporal evaluation of global trends in water footprint, water sustainability and water productivity research. Scientific African. Published by Elsevier B.V. on behalf of African Institute of Mathematical Sciences / Next Einstein Initiative. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00732>
- Boulay A.M., Drastig K., Amanullah, Chapagain A., Charlon V., Civit B., DeCamillis C., De Souza M., Hessi Y., Hoekstra A.Y., Ibidhi R., Lathuillière M.J., Manzardo A., McAllister T., Morales R.A., Motoshita M., Pascale Palharess J.C., Pirlo G., Ridoutt B., Russo V., Salmoral G., Singh R., Vanham D., Wiedemann S., Zheng W., Pfister S. (2021). Building consensus on water use assessment of livestock production systems and supply chains: Outcome and recommendations from the FAO LEAP Partnership. Ecological Indicators. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107391> . Published by Elsevier Ltd.
- Carra, S.H.Z.; Drastig, K.; Palhares, J.C.P.; Bortolin, T.A.; Koch, H.; Schneider, V.E. Impact Assessment of Livestock Production on Water Scarcity in a Watershed in Southern Brazil. Water 2023, 15, 3955. <https://doi.org/10.3390/w15223955>
- Folleco Rodriguez E. C. (2021). La huella del agua del proceso productivo de lácteos La Victoria. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Giovanni, A. (2021). Estudio de Caso: Consumo de agua en un sistema de producción de leche. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias Gestión Ambiental y Producción Sostenible.
- Giusti M. C. y Recuero A. R. (2018). Residuos en sistemas intensivos y concentrados de producción animal bovina. Trabajo Académico Integrador – Sistemas de Producción Pecuarias. UNC- Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba.
- Gutiérrez V. L. (2016). Huella Hídrica de Cítricos. Impacto sobre la disponibilidad de agua en la etapa de producción primaria de naranjas (*Citrus sinensis*) en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. Tesis de grado de ingeniería en recursos naturales renovables.

- Hoekstra, A. Y. Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field. *Water Resources Management*, v. 31, n. 10, p. 3061-3081, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-017-1618-5>
- Ibidhi R. y Ben Salem H. (2019). Water footprint and economic water productivity assessment of eight dairy cattle farms based on field measurement. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), Laboratoire des Productions Animale et Fourragère, Université de Carthage, Tunisia. *Animal* (2020), 14:1, pp 180–189 © The Animal Consortium 2019 animal doi:10.1017/S1751731119001526
- Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA) – CCT Mendoza CONICET -. <http://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal> . Lujan de Cuyo, Mendoza.
- Marano R.P. & Filippi R.A (2015). Water Footprint in paddy rice systems. Its determination in the provinces of Santa Fe and Entre Ríos, Argentina. *Ecological Indicators*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.027> Elsevier Ltd. All rights reserved.
- Minaglia M. (2018). Huella Hídrica. Un indicador de sustentabilidad en la cadena avícola. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Programa Sumar valor a un país de ideas. Material provisto en curso doctoral.
- Paredes Beltrán B. E. (2022). Propuesta de índices de escasez de recursos hídricos a escala regional en un entorno de cambio climático. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Tieri, M.P., Pece, M., Comerón, E.A., Maciel, M., Scándolo, D., Castignani, H., Salado, E., Romero, L., Berca, R., Vera, M., Herrero, M.A., Charlón, V. y García, K. (2014). Evaluación de la sustentabilidad de un tambo de alta productividad con especial énfasis en los aspectos ambientales. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación Miscelánea ISSN 2314-3126 Año 2 – N° 2 febrero 2014.
- Weidema B P, Bauer C, Hischer R, Mutel C, Nemecek T, Reinhard J, Vadenbo C O, Wernet G. (2013). Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3. Ecoinvent Report 1(v3). St. Gallen: The ecoinvent Centre.

CAPÍTULO II

ANEXO 2

LEY 11.220

TRANSFORMACIÓN DEL SECTOR PÚBLICO DE AGUA POTABLE, DESAGÜES CLOACALES Y SANEAMIENTO.

BOLETÍN OFICIAL, 12 de Diciembre de 1994

TÍTULO I - DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I - OBJETO Y FINALIDADES

ARTÍCULO 1.- Objeto: La presente Ley dispone la regulación de la prestación del servicio y prevé los sistemas para la autorización de la provisión del servicio por los prestadores en todo el ámbito de la provincia de Santa Fe; establece las formas, modalidades, alcances procedimientos para llevar a cabo la transformación del sector público de agua potable, desagües cloacales y saneamiento, y la privatización del servicio en el ámbito de la concesión, de acuerdo con lo prescripto por el ARTÍCULO 30 de la Ley 10.798 y demás disposiciones de la presente. Asimismo, se prevé, un sistema para la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente, y la creación de un organismo competente en la materia.

ARTÍCULO 2.- Finalidades. Las finalidades de esta Ley son:

- a) Garantizar el mantenimiento y propender a la rehabilitación, mejora y desarrollo del servicio en todo el ámbito de la provincia de Santa Fe.
- b) Establecer las normas que permitan asegurar niveles de calidad y eficiencia acordes con la naturaleza del servicio.
- c) Fijar un marco legal adecuado que permita conciliar un eficaz y efectivo suministro del servicio por parte de los prestadores, con el adecuado ejercicio de las facultades estatales relativas a la protección del interés sanitario, del bienestar de la población, y del medio ambiente y los recursos naturales en todo el ámbito de la provincia de Santa Fe.
- d) Proteger los derechos de los usuarios y conciliarlos con la acción, derechos y atribuciones de las autoridades regulatorias y de los prestadores.
- e) Tutelar la salud pública, los recursos hídricos y el medio ambiente con los alcances definidos en el Título V de esta Ley.

CAPÍTULO II - DEFINICIONES

ARTÍCULO 3.- Definiciones. A los efectos de la aplicación e interpretación de las disposiciones de esta Ley, los términos utilizados tendrán el significado que a continuación se indica:

Servicio: El servicio público de agua potable que consiste en la captación, potabilización, tratamiento, acopio, transporte, distribución y comercialización de agua potable, y el servicio público de desagües cloacales que consiste en la colección, tratamiento y disposición de efluentes cloacales, pluvio-cloacales y su comercialización, con inclusión de los barros y otros subproductos del tratamiento, y los efluentes industriales cuyo vertimiento al sistema cloaca- sea legal o reglamentariamente admisible. En ambos casos, el servicio incluye el mantenimiento, la construcción, rehabilitación y expansión de las obras necesarias para su prestación en las condiciones previstas en las normas aplicables.

TÍTULO IV - MARCO REGULATORIO DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

CAPÍTULO II - PRESTACIÓN DEL SERVICIO

ARTÍCULO 62.- Vertidos industriales. Los vertidos industriales deberán ajustarse a las normas de calidad, concentración de sustancias y volumen contenidas en el Anexo B de esta Ley y las normas aplicables. Los prestadores podrán negarse a recibir descargas de efluentes industriales que no se ajusten a las normas aplicables, o bien efectuar su tratamiento para adecuarlos a éstas. Asimismo los prestadores estarán facultados para cortar el servicio público de desagües cloacales en los casos en que los efluentes no se ajusten a las reglas de admisibilidad previstas en las normas aplicables. Sin perjuicio de ello, los prestadores podrán oponerse a la conexión de desagües industriales a la red cloacal por razones atinentes a la capacidad hidráulica de transporte y evacuación de las instalaciones existentes, y para proteger las instalaciones operadas. Será de aplicación lo dispuesto en el Art. 114 de esta Ley. Las normas aplicables podrán establecer reglas específicas de vertido respetando las prescripciones del marco regulatorio.

CAPITULO VI – CALIDAD DEL SERVICIO

g) Calidad y tratamiento de efluentes: Los efluentes que los prestadores viertan al sistema hídrico deberán cumplir con las normas de calidad y los requerimientos que se detallan en el Anexo B de esta Ley y los que se prevean en las normas aplicables, adecuando los sistemas de tratamiento a éstas y considerando tanto las que sean de aplicación para la descarga de líquidos tratados, como de sólidos residuales producidos y su disposición. Toda nueva instalación independiente de las redes troncales actualmente existentes deberá contemplar el tratamiento de efluentes. Los prestadores no podrán recibir barros u otros residuos sólidos contaminantes en la red troncal de colectores como método de disposición. Los prestadores deberán recibir en las instalaciones que operen, autorizadas por el Ente Regulador de Servicios Sanitarios, las descargas de líquidos cloacales e industriales de camiones atmosféricos. La recepción de estos líquidos o residuos industriales podrá ser limitada por la semejanza a la composición con líquidos cloacales. Para ello, los prestadores podrán realizar los análisis que crean convenientes para preservar las instalaciones y los demás elementos de conducción y tratamiento. En caso de producirse algún inconveniente en el sistema de tratamiento que provoque el incumplimiento de las normas aplicables, los prestadores deberán informarlo de inmediato al Ente Regulador de Servicios Sanitarios, describiendo las causas que lo generen y proponiendo las acciones necesarias para restablecer la calidad de efluentes y la confiabilidad del sistema. En todas las cuestiones consideradas precedentemente en este inciso, además del Ente Regulador de Servicios Sanitarios, será competente el organismo previsto en el título V de la presente Ley, y serán de aplicación las normas de protección contra la contaminación hídrica y tutela del medio ambiente que dicho organismo deberá aplicar en la provincia de Santa Fe.

TITULO V - PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

ARTÍCULO 122.- Control de contaminación hídrica. El organismo a crearse será competente en cuestiones relativas a la contaminación de aguas intraprovinciales, y en forma concurrente con la Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Ambiente Humano o el organismo que en el futuro la reemplacé, en aquellas materias en que, conforme lo dispuesto por la Ley Nac. 24.051, corresponde a la competencia federal. La gestión del Ente Regulador de Servicios Sanitarios, del concesionario y de los restantes prestadores en orden al cumplimiento de las obligaciones emergentes de las normas de contaminación hídrica, estará sujeta a la regulación del organismo previsto en este Título. Sin perjuicio de las demás facultades sancionatorias y de control que le correspondan, podrá establecer la clausura de los establecimientos, o la anulación de sus vertidos de efluentes, cuando se detecte que arrojen o desagotan sustancias contaminantes prohibidas en forma directa o indirecta, en cursos, fuentes, y espejos de agua superficial o subterránea.

ANEXO A: LÍMITES PARA LA PROVISIÓN DE AGUA POTABLE

LIMITES PARA LA PROVISION DE AGUA POTABLE A) PARAMETROS ORGANOLEPTICOS DETERMINANTE UNIDADES LIMITE LIMITE OBLIGATORIO RECOMENDADO 1 COLOR mg/1 escala P1/Co 20 1 2 TURBIEDAD UNT 2 0,5 3 OLOR N de dilución 2 @ 12 C 1 3 @ 25 C 4 SABOR N de dilución 2

@ 12 C 0 3 @ 25 C B) PANAMETROS FISICO-QUIMICOS DETERMINANTE UNIDADES LIMITE LIMITE OBLIGATORIO RECOMENDADO 5 PH Unidades de pH pHS +/- 0,5 pHS +/- 0,2 6 RESIDUOS SECOS mg/l luego 1000 del secado 1500 @ 180C 7 ALCALINIDAD TOTAL mg/l CaC03 - 30 < alcalinidad < 200 8 DUREZA TOTAL mg/l CaC03 100 < dureza < 500 - 9 CLORUROS mg/l Cl 400 250 10 SULFATOS Mg/l S04 400 200 11 CALCIO mg/l Ca 250 100 12 MANGANESIO mg/l Mg 50 30 13 HIERRO TOTAL mg/l Fe 0,2 0,1 14 MANGANESO mg/l Mn 0,1 0,05 15 COBRE mg/l Cu 1,0 - 16 ZINC mg/l Zn 5,0 - 17 ALUMINIO mg/l Al 0,2 0,1 18 SODIO mg/l Na 200 100 19 BARIO mg/l Ba 1,0 0,1 20 AMONIO mg/l NH4 0,5 0,05 21 NITROGENO mg/l N 1 - (excluido el N en forma de nitritos y nitratos) 22 oxidabilidad mg/l 02 5 2 (permanganato de potasio) 23 SULFURO DE HIDROGENO hg/l S No detectable - -organolépticamente 24 DETERGENTES mg/l 0,2 - ANIONICOS 25 CLORO ACTIVO mg/l C1 1,2,0,2 < Cl < 0,5 26 FOSFORO mg/l P205 5,0 0,4 C) SUSTANCIAS TOXICAS INORGANICAS DETERMINANTE UNIDADES LIMITE LIMITE OBLIGATORIO RECOMENDADO 27 ARSENICO fg/1 As 100 50 28 CADMIO fg/1 Cd 5 - 29 CROMO TOTAL fg/1 Cr 50 - 30 CIANUROS fg/1 Cn 100 50 31 MERCURIO fg/1 Hg 1 - 32 NIQUEL fg/1 Ni 50 - 32 PLOMO fg/1 Pb 50 - 33 ANTIMONIO fg/1 Sb 10 - 34 PLATA fg/1 Ag 50 - 35 SELENIO fg/1 Se 10 - 36 NITRATOS mg/l NO3 45 (1) 25 37 NITRITOS mg/l NO2 0,1 - 38 FLUORUROS mg/l F 1,5 (2) (1) Se recomienda que los lactantes no consuman aguas con tenores superiores a lo establecido. (2) Cuando la autoridad de salud lo recomienda, el valor a alcanzar será de 1 mg/l.

ANEXO B: LÍMITES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES CLOCALES

ANEXO B LÍMITES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES CLOCALES					
	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE OBLIGATORIO	LIMITE RECOMENDADO	LIMITE OBLIGATORIO SIN TRATAMIENTO
1	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (20 °C sin nitrificación)	mg/l O2	50	20	300
2	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (Dicromo potasio)	mg/l O2	125	75	375
3	TOTAL DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS (secado 105 °C)	mg/l	60	20	500
4	ACEITES Y GRASAS (sustancias solubles en éter etílico)	mg/l	50	-	200
5	FOSFORO (Total)	mg/l P	2	Los límites podrán ser derogados si el agua receptora no está sujeta a eutroficación	-
6	NITROGENO (Total)	mg/l N	15	Los límites podrán ser derogados si el agua receptora no está sujeta a eutroficación	-
7	TEMPERATURA	°C	45	En el caso de plantas que tomen agua para refrigeración y luego la descarguen en el río, la temperatura del agua de descarga no debe exceder a la de extracción en más de 10 °C. Podrán aplicarse límites más estrictos si es realmente necesario para proteger el medio ambiente de los peces.	45
8	pH	Unidades de pH	8,5 > pH > 7,5	El uso de químicos para corregir el pH no debe provocar que se infrinjan otros límites aplicables	8,5 > pH > 7,5
9	AMONIACO (Total)	mg/l N	25	Los límites podrán ser derogados si el agua receptora no es usada para el abastecimiento de usos humanos o para el sostén de zonas de pesca reconocidas	-

	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE	LIMITE RECOMENDADO	LIMITE
			OBLIGATORIO		OBLIGATORIO SIN TRATAMIENTO
10	COLIFORMES (Total)	NMP por 100 ml	5000	Si el cuerpo receptor se utiliza para propósitos recreativos con contacto físico con el agua las autoridades de regulación podrán exigir que la descarga sea desinfectada. Esta desinfección no deberá causar que se infrinjan otros límites aplicables	-
11	COLIFORMES FECALES	NMP por 100 ml	1000	-	-
12	FENOLES	µg/l C6H5OH	50	-	500
13	HIDROCARBUROS TOTALES	mg/l	50	-	100
14	CIANURO	µg/l Cn	100		100
15	DETERGENTES SINTETICOS	mg/l	3	No deberá formarse espuma en el cuerpo receptor	5
16	CROMO	µg/l Cr	200	-	200
17	CADMIO	µg/l Cd	100	-	100
18	PLOMO	µg/l Pb	500	-	500
19	MERCURIO	µg/l Hg	5	-	5
20	ARSENICO	µg/l As	500	-	500
21	SULFUROS	mg/l	1	-	2

NOTAS:

- Límites recomendados: Los operadores deben programar alcanzar estos límites en condiciones normales de operación en una fecha que se establezca en las normas aplicables.
- La definición de frecuencias y métodos de muestreo para verificar el cumplimiento de los límites deberá figurar en las normas aplicables.
- Para pequeñas descargas de sistemas de desagües cloacales que sirvan a poblaciones equivalentes a menos de 500 habitantes que no tengan descargas industriales , normalmente se aplicará un standard descriptivo , a menos que se estime que puede causarse un importante impacto ambiental en el cuerpo receptor. El standard descriptivo incluirá tipos de procesos de tratamiento y las rutinas de operación y mantenimiento.
- Una flexibilización de cualquiera de los límites puede ser considerada en un estudio caso por caso. La flexibilización podrá ser aceptada si se demuestra , a satisfacción de las autoridades de regulación, que no se causará un impacto ambiental importante.
- Se podrán considerar límites más estrictos , caso por caso , si se juzga que la aplicación de los límites listados pueda causar un importante impacto ambiental sobre el cuerpo receptor inutilizándolo para los usos designados.
- Los límites obligatorios expresan la concentración máxima admisible.
- Los límites recomendados deben ser interpretados como objetivos de operación normales.
- Los límites obligatorios sin tratamiento se aplicarán a los desagües industriales que descarguen a los sistemas de desagües cloacales.
- La definición de frecuencia y métodos de muestreo para verificar el cumplimiento de los límites deberá figurar en las normas aplicables.

ANEXO 3

RESOLUCIÓN N° 1089/82

RESOLUCIÓN N° 1089/82

REGLAMENTO PARA EL CONTROL DEL VERTIMIENTO DE LÍQUIDOS RESIDUALES

El presente Reglamento establece las condiciones a que deberá ajustarse el efluente y el proyecto, construcción, reparación, modificación, mantenimiento y contralor de funcionamiento de las instalaciones de que debe dotarse a aquellos inmuebles cuyos líquidos residuales requieran un tratamiento previo para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores ;

Que los objetivos del sistema que se establece son los siguientes :

a) Obtener que los efluentes no contengan sustancias contaminantes, tendiendo fundamentalmente a asegurar : 1) El saneamiento integral de las poblaciones 2) La no contaminación de las aguas en general.

b) Orientar las tareas inherentes al proyecto y construcción de las instalaciones internas de carácter industrial y de las instalaciones para la conducción del efluente, no participando en la aprobación de planos. Quedando como únicos responsables del proyecto y construcción de las obras el propietario del establecimiento y el matriculado, exigiéndose solamente la presentación de planos esquemáticos y de la documentación mínima indispensable.

Las facultades fueron conferidas oportunamente a la ex DIRECCION PROVINCIAL DE OBRAS SANITARIAS por el artículo 4° inciso 15) de la LEY ORGANICA N° 8711/80 , en la actualidad competencia de la SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y ECOLOGIA emergente de la Ley N° 11.220/94 y Decreto N° 1.550/96.-

TITULO C -DESAGUE A CONDUCTO PLUVIAL ABIERTO

O A CURSO DE AGUA SUPERFICIAL

Los EFLUENTES que se vuelquen a conducto pluvial abierto o directamente a curso de agua superficial, con excepción de cuenca cerrada, deberán cumplir con los siguientes límites de VOLCAMIENTO.

1. pH : Deberá estar comprendido entre el 5,5 y 10,0.
2. SUSTANCIAS SOLUBLES EN FRIO EN ETER ETILICO :100 mg/l A. Sustancias grasas polares: Su concentración deberá ser inferior a 100 mg/l. B. Aceites minerales: Su concentración deberá ser inferior a 10 mg/l.
3. SULFUROS : Su cantidad deberá ser inferior a 1 mg/l.
4. SOLIDOS SEDIMENTABLES EN 10 MINUTOS DE NATURALEZA COMPACTA : Su cantidad deberá ser inferior a 0,5 ml/l.
5. MATERIA EN SUSPENSION TOTAL :
 - 5.1. Cuando la DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) sea menor a 8 Km. : su valor deberá ser inferior a 30 mg/l.
 - 5.2. Cuando la DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) sea igual o superior a 8 Km. : su valor deberá ser inferior a los siguientes valores límites indicados en el cuadro, según la DILUCION (d) ;

DILUCION (d) MENOR de 360 ENTRE 361 y 1300 ENTRE 1301 y 5000 ENTRE 5001 y 20.000 MAYOR de 20.000

(mg/l)

30

50

100

150

200

6. TEMPERATURA : Deberá ser inferior a 45° C.

7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO :

7.1. Cuando la DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) sea menor de 8 Km. : su valor deberá ser inferior a 50 mg/l. ;

7.2. Cuando la DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) sea igual o superior a 8 Km. : su valor deberá ser inferior a los siguientes valores límites indicados en el cuadro, según DILUCION (d) :

DILUCION (d) MENOR de 360 ENTRE 361 y 1300 ENTRE 1301 y 5000 ENTRE 5001 y 20.000 MAYOR de 20.000

D.B.O (mg/l)

50

125

180

275

400

8. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO :

8.1. Cuando la DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) sea menor de 8 Km. : su valor deberá ser inferior a 75 mg/l.

8.2. Cuando la DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) sea igual o mayor de 8 Km.: su valor deberá ser inferior a los siguientes valores límites indicados en el cuadro, según la DILUCION (d) ;

DILUCION (d) MENOR DE 360 ENTRE 361 y 1300 ENTRE 1300 y 5000 ENTRE 5001 y 20.000 MAYOR de 20.000 D.Q.O. (mg/l)

75

190

270

410

600

9. DEMANDA DE CLORO : Si por la naturaleza o el origen de los LIQUIDOS RESIDUALES se considera necesario, se podrá exigir la cloración del EFLUENTE hasta satisfacer su demanda de cloro.

10. LIQUIDOS COLOREADOS O DE OLOR OFENSIVO : No se permitirá la descarga de EFLUENTES intensamente coloreados o de olor ofensivo.

11. GASES TOXICOS O MALOLIENTE O SUSTANCIAS CAPACES DE PRODUCIRLOS : No debe contener.

12. SUSTANCIAS QUE PUEDAN PRODUCIR GASES INFLAMABLES : No debe contener.

13. RESIDUOS CAPACES DE PRODUCIR OBSTRUCCIONES : No debe contener.

14. SUSTANCIAS QUE POR SUS PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION O COMBINACION PUEDAN PRODUCIR OBSTRUCCIONES, INCRUSTACIONES O CORROSIONES : No debe contener.

15. RESIDUOS PROVENIENTES DEL TRATAMIENTO DE LIQUIDOS RESIDUALES : No se admitirán.

16. SUSTANCIAS TOXICAS ; SUSTANCIAS QUE INTERFIERAN LOS PROCESOS DE AUTODEPURACION DEL CURSO RECEPTOR FINAL ; SUSTANCIAS CAPACES DE PRODUCIR OLOR O SABOR EN PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA O QUE INTERFIERAN EL TRATAMIENTO DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO : No debe contener en concentraciones superiores a las admisibles para aguas de bebida humana, con la sola excepción de las sustancias que se indican en los cuadros siguientes, para las que se tolerarán valores inferiores a los indicados en cada caso.

16.1. Para DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) entre UNO (1) y OCHO (8) Kilómetros.

Cianuros 0,20 0,25 0,30 0,45 Cobre 0,40 0,60 0,80 1,50 Cromo hexavalente 0,25 0,50 0,70 1,00 Cromo trivalente 1,00 2,00 3,00 4,00 Detergentes biodegradables 2,00 3,00 4,50 7,00 Fenoles 0,05 0,10 0,30 0,45 Hierro 3,00 3,65 4,35 5,00 Plomo 0,20 0,30 0,45 0,45 Zinc 5,00 5,00 7,00 10,00 Estroncio 90 100 micro micro curie/l, en todos los casos Radio 226 3 micro micro curie/l, en todos los casos Radiaciones Beta 1000 micro micro curie/l, en todos los casos

16.3. Para DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) menores de UN (1) Kilómetro, o para DILUCIONES (d), menores de 100 no se admitirá la presencia en el EFLUENTE de ninguna de las sustancias antes indicadas en concentraciones superiores a las admisibles para aguas de bebida humana.

16.4. Cuando el EFLUENTE contenga más de TRES (3) sustancias de las incluidas en los cuadros de los puntos 16.1. ó 16.2., aún cuando cada una de ellas se encuentre por debajo de las tolerancias fijadas, no se admitirá su descarga cuando los efectos potenciados entre ellas hagan recomendable su eliminación, a juicio de SMAE.

16.5. Las características del vertido deberán, además, ser tales que la concentración de sustancias tóxicas a 50 metros aguas abajo del punto de vertido : . no provoquen la muerte de peces. . no se detecten por medio de bioensayos apropiados, . no superen los criterios de calidad definidos para aguas de bebida.

SUSTANCIAS

VALORES LIMITES.(en mg/l) DILUCION (d) entre

100 a 360 361 a 1300 Mayor de 1300 Arsénico 0,20 0,35 0,50 Cadmio 0,02 0,03 0,05 Cianuros 0,20 0,25 0,30 Cobre 0,40 0,60 0,80 Cromo hexavalente 0,10 0,15 0,20 Cromo trivalente 1,00 1,50 2,00 Detergentes biodegradables 1,00 1,00 1,50 Fenoles 0,02 0,035 0,05 Hierro 2,50 3,00 3,50 Plomo 0,10 0,10 0,15 Zinc 5,00 5,00 7,00 Estroncio 100 micro micro curie/l, en todos los casos Radio 226 3 micro micro curie /litro, en todos los casos Radiaciones Beta 1000 micro micro curie/l, en todos los casos

16.2. Para DISTANCIA A LAS INSTALACIONES DE TOMA (D) mayores de OCHO (8) Kilómetros : SUSTANCIAS

VALORES LIMITES (en mg/l) DILUCION (d) entre 100 a 360 361 a 1300 1301 y 5000 Mayor de 5000 Arsénico 0,50 1,00 1,50 1,50 Cadmio 0,05 0,07 0,10 0,15

ANEXO 5

Resultados de modelador de dietas

Casos	CATEGORÍAS DE ANIMALES																																																																																																																	
C A S O 1	Vaca ordeño (punta)	Vaca ordeño (transición)	Vaca ordeño (cola)	Vaquillona y vaca preparto	Vaca seca																																																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>42,10 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>74,01 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,68 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,83 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>4,10 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>16,34 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>27,58 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>43,70 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>9,48 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,06 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	42,10 %	DMS	74,01 %	EM	2,68 Mcal/kg MS	EMF	1,83 Mcal/kg MS	EE	4,10 %	PB	16,34 %	a	27,58 % PB	b	43,70 % PB	c	9,48 %/h	NIDA	0,06 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>44,33 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>72,85 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,63 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,74 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>5,92 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>12,31 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>42,06 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>33,30 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>10,84 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,10 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	44,33 %	DMS	72,85 %	EM	2,63 Mcal/kg MS	EMF	1,74 Mcal/kg MS	EE	5,92 %	PB	12,31 %	a	42,06 % PB	b	33,30 % PB	c	10,84 %/h	NIDA	0,10 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>34,08 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>71,13 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,57 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,88 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>3,93 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>11,88 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>34,12 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>41,70 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>8,64 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,04 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	34,08 %	DMS	71,13 %	EM	2,57 Mcal/kg MS	EMF	1,88 Mcal/kg MS	EE	3,93 %	PB	11,88 %	a	34,12 % PB	b	41,70 % PB	c	8,64 %/h	NIDA	0,04 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>57,99 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>68,00 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,45 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,72 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>2,30 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>16,26 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>26,03 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>36,46 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>10,40 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,09 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	57,99 %	DMS	68,00 %	EM	2,45 Mcal/kg MS	EMF	1,72 Mcal/kg MS	EE	2,30 %	PB	16,26 %	a	26,03 % PB	b	36,46 % PB	c	10,40 %/h	NIDA	0,09 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>38,59 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>60,10 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,16 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,72 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>1,78 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>15,00 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>21,04 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>65,12 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>9,00 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,06 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	38,59 %	DMS	60,10 %	EM	2,16 Mcal/kg MS	EMF	1,72 Mcal/kg MS	EE	1,78 %	PB	15,00 %	a	21,04 % PB	b	65,12 % PB	c	9,00 %/h	NIDA
DIETA																																																																																																																		
MS	42,10 %																																																																																																																	
DMS	74,01 %																																																																																																																	
EM	2,68 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,83 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	4,10 %																																																																																																																	
PB	16,34 %																																																																																																																	
a	27,58 % PB																																																																																																																	
b	43,70 % PB																																																																																																																	
c	9,48 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,06 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	44,33 %																																																																																																																	
DMS	72,85 %																																																																																																																	
EM	2,63 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,74 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	5,92 %																																																																																																																	
PB	12,31 %																																																																																																																	
a	42,06 % PB																																																																																																																	
b	33,30 % PB																																																																																																																	
c	10,84 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,10 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	34,08 %																																																																																																																	
DMS	71,13 %																																																																																																																	
EM	2,57 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,88 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	3,93 %																																																																																																																	
PB	11,88 %																																																																																																																	
a	34,12 % PB																																																																																																																	
b	41,70 % PB																																																																																																																	
c	8,64 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,04 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	57,99 %																																																																																																																	
DMS	68,00 %																																																																																																																	
EM	2,45 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,72 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	2,30 %																																																																																																																	
PB	16,26 %																																																																																																																	
a	26,03 % PB																																																																																																																	
b	36,46 % PB																																																																																																																	
c	10,40 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,09 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	38,59 %																																																																																																																	
DMS	60,10 %																																																																																																																	
EM	2,16 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,72 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	1,78 %																																																																																																																	
PB	15,00 %																																																																																																																	
a	21,04 % PB																																																																																																																	
b	65,12 % PB																																																																																																																	
c	9,00 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,06 %																																																																																																																	
C A S O 2	Vaca ordeño	Vaca seca	Vaquillona	Vaca preparto																																																																																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>52,15 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>72,33 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,60 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,99 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>3,49 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>11,71 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>33,20 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>39,35 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>23,48 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,04 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	52,15 %	DMS	72,33 %	EM	2,60 Mcal/kg MS	EMF	1,99 Mcal/kg MS	EE	3,49 %	PB	11,71 %	a	33,20 % PB	b	39,35 % PB	c	23,48 %/h	NIDA	0,04 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>31,38 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>39,60 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>1,43 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,04 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>0,38 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>7,00 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>9,77 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>33,11 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>10,00 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>%</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	31,38 %	DMS	39,60 %	EM	1,43 Mcal/kg MS	EMF	1,04 Mcal/kg MS	EE	0,38 %	PB	7,00 %	a	9,77 % PB	b	33,11 % PB	c	10,00 %/h	NIDA	%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>34,54 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>69,78 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,51 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,76 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>0,57 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>11,80 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>5,69 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>24,41 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>10,00 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>%</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	34,54 %	DMS	69,78 %	EM	2,51 Mcal/kg MS	EMF	1,76 Mcal/kg MS	EE	0,57 %	PB	11,80 %	a	5,69 % PB	b	24,41 % PB	c	10,00 %/h	NIDA	%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>62,21 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>59,46 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,14 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,74 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>1,59 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>9,46 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>11,66 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>64,41 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>9,06 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,11 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	62,21 %	DMS	59,46 %	EM	2,14 Mcal/kg MS	EMF	1,74 Mcal/kg MS	EE	1,59 %	PB	9,46 %	a	11,66 % PB	b	64,41 % PB	c	9,06 %/h	NIDA	0,11 %																						
DIETA																																																																																																																		
MS	52,15 %																																																																																																																	
DMS	72,33 %																																																																																																																	
EM	2,60 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,99 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	3,49 %																																																																																																																	
PB	11,71 %																																																																																																																	
a	33,20 % PB																																																																																																																	
b	39,35 % PB																																																																																																																	
c	23,48 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,04 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	31,38 %																																																																																																																	
DMS	39,60 %																																																																																																																	
EM	1,43 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,04 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	0,38 %																																																																																																																	
PB	7,00 %																																																																																																																	
a	9,77 % PB																																																																																																																	
b	33,11 % PB																																																																																																																	
c	10,00 %/h																																																																																																																	
NIDA	%																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	34,54 %																																																																																																																	
DMS	69,78 %																																																																																																																	
EM	2,51 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,76 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	0,57 %																																																																																																																	
PB	11,80 %																																																																																																																	
a	5,69 % PB																																																																																																																	
b	24,41 % PB																																																																																																																	
c	10,00 %/h																																																																																																																	
NIDA	%																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	62,21 %																																																																																																																	
DMS	59,46 %																																																																																																																	
EM	2,14 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,74 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	1,59 %																																																																																																																	
PB	9,46 %																																																																																																																	
a	11,66 % PB																																																																																																																	
b	64,41 % PB																																																																																																																	
c	9,06 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,11 %																																																																																																																	
C A S O 3	Vaca ordeño	Vaquillona punta	Vaquillonas transición, cola y vacas preñadas		Vaca preparto																																																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>54,85 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>71,13 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,56 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,81 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>1,87 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>13,56 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>14,74 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>25,50 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>10,03 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,03 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	54,85 %	DMS	71,13 %	EM	2,56 Mcal/kg MS	EMF	1,81 Mcal/kg MS	EE	1,87 %	PB	13,56 %	a	14,74 % PB	b	25,50 % PB	c	10,03 %/h	NIDA	0,03 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>51,39 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>69,95 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,52 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,38 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>1,73 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>19,70 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>7,14 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>12,58 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>8,98 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,02 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	51,39 %	DMS	69,95 %	EM	2,52 Mcal/kg MS	EMF	1,38 Mcal/kg MS	EE	1,73 %	PB	19,70 %	a	7,14 % PB	b	12,58 % PB	c	8,98 %/h	NIDA	0,02 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>51,35 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>64,05 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,31 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,77 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>2,40 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>10,56 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>26,59 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>41,78 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>10,34 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,05 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	51,35 %	DMS	64,05 %	EM	2,31 Mcal/kg MS	EMF	1,77 Mcal/kg MS	EE	2,40 %	PB	10,56 %	a	26,59 % PB	b	41,78 % PB	c	10,34 %/h	NIDA	0,05 %		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="background-color: #000080; color: white;">DIETA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MS</td><td>53,13 %</td></tr> <tr><td>DMS</td><td>72,01 %</td></tr> <tr><td>EM</td><td>2,59 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EMF</td><td>1,85 Mcal/kg MS</td></tr> <tr><td>EE</td><td>2,15 %</td></tr> <tr><td>PB</td><td>13,96 %</td></tr> <tr><td>a</td><td>14,47 % PB</td></tr> <tr><td>b</td><td>36,37 % PB</td></tr> <tr><td>c</td><td>8,98 %/h</td></tr> <tr><td>NIDA</td><td>0,04 %</td></tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	53,13 %	DMS	72,01 %	EM	2,59 Mcal/kg MS	EMF	1,85 Mcal/kg MS	EE	2,15 %	PB	13,96 %	a	14,47 % PB	b	36,37 % PB	c	8,98 %/h	NIDA	0,04 %																					
DIETA																																																																																																																		
MS	54,85 %																																																																																																																	
DMS	71,13 %																																																																																																																	
EM	2,56 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,81 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	1,87 %																																																																																																																	
PB	13,56 %																																																																																																																	
a	14,74 % PB																																																																																																																	
b	25,50 % PB																																																																																																																	
c	10,03 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,03 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	51,39 %																																																																																																																	
DMS	69,95 %																																																																																																																	
EM	2,52 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,38 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	1,73 %																																																																																																																	
PB	19,70 %																																																																																																																	
a	7,14 % PB																																																																																																																	
b	12,58 % PB																																																																																																																	
c	8,98 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,02 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	51,35 %																																																																																																																	
DMS	64,05 %																																																																																																																	
EM	2,31 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,77 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	2,40 %																																																																																																																	
PB	10,56 %																																																																																																																	
a	26,59 % PB																																																																																																																	
b	41,78 % PB																																																																																																																	
c	10,34 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,05 %																																																																																																																	
DIETA																																																																																																																		
MS	53,13 %																																																																																																																	
DMS	72,01 %																																																																																																																	
EM	2,59 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EMF	1,85 Mcal/kg MS																																																																																																																	
EE	2,15 %																																																																																																																	
PB	13,96 %																																																																																																																	
a	14,47 % PB																																																																																																																	
b	36,37 % PB																																																																																																																	
c	8,98 %/h																																																																																																																	
NIDA	0,04 %																																																																																																																	

C A S O 4	Vaca ordeño	Vaca seca	Vaquillona	Vaca parto																																																																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MS</th> <th>DMS</th> <th>EE</th> <th>PB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>26</td> <td>59</td> <td>1,9</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>89</td> <td>75</td> <td></td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>63</td> <td></td> <td>19,4</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>66</td> <td>3,2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>34,39</td> <td>66,12</td> <td>2,02</td> <td>12,06</td> </tr> </tbody> </table>	MS	DMS	EE	PB	26	59	1,9	16	89	75		16	24	63		19,4	35	66	3,2	8	34,39	66,12	2,02	12,06	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>32,00 %</td> </tr> <tr> <td>DMS</td> <td>61,00 %</td> </tr> <tr> <td>EM</td> <td>2,20 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EMF</td> <td>1,65 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td>2,50 %</td> </tr> <tr> <td>PB</td> <td>8,00 %</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>55,00 % PB</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>28,00 % PB</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>10,00 %/h</td> </tr> <tr> <td>NIDA</td> <td>0,13 %</td> </tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	32,00 %	DMS	61,00 %	EM	2,20 Mcal/kg MS	EMF	1,65 Mcal/kg MS	EE	2,50 %	PB	8,00 %	a	55,00 % PB	b	28,00 % PB	c	10,00 %/h	NIDA	0,13 %	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>35,83 %</td> </tr> <tr> <td>DMS</td> <td>67,18 %</td> </tr> <tr> <td>EM</td> <td>2,42 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EMF</td> <td>1,82 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td>2,80 %</td> </tr> <tr> <td>PB</td> <td>11,01 %</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>43,77 % PB</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>40,40 % PB</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>11,36 %/h</td> </tr> <tr> <td>NIDA</td> <td>0,11 %</td> </tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	35,83 %	DMS	67,18 %	EM	2,42 Mcal/kg MS	EMF	1,82 Mcal/kg MS	EE	2,80 %	PB	11,01 %	a	43,77 % PB	b	40,40 % PB	c	11,36 %/h	NIDA	0,11 %	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>36,70 %</td> </tr> <tr> <td>DMS</td> <td>67,70 %</td> </tr> <tr> <td>EM</td> <td>2,44 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EMF</td> <td>1,83 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td>2,80 %</td> </tr> <tr> <td>PB</td> <td>11,59 %</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>43,04 % PB</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>42,24 % PB</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>9,52 %/h</td> </tr> <tr> <td>NIDA</td> <td>0,11 %</td> </tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	36,70 %	DMS	67,70 %	EM	2,44 Mcal/kg MS	EMF	1,83 Mcal/kg MS	EE	2,80 %	PB	11,59 %	a	43,04 % PB	b	42,24 % PB	c	9,52 %/h	NIDA	0,11 %				
MS	DMS	EE	PB																																																																																															
26	59	1,9	16																																																																																															
89	75		16																																																																																															
24	63		19,4																																																																																															
35	66	3,2	8																																																																																															
34,39	66,12	2,02	12,06																																																																																															
DIETA																																																																																																		
MS	32,00 %																																																																																																	
DMS	61,00 %																																																																																																	
EM	2,20 Mcal/kg MS																																																																																																	
EMF	1,65 Mcal/kg MS																																																																																																	
EE	2,50 %																																																																																																	
PB	8,00 %																																																																																																	
a	55,00 % PB																																																																																																	
b	28,00 % PB																																																																																																	
c	10,00 %/h																																																																																																	
NIDA	0,13 %																																																																																																	
DIETA																																																																																																		
MS	35,83 %																																																																																																	
DMS	67,18 %																																																																																																	
EM	2,42 Mcal/kg MS																																																																																																	
EMF	1,82 Mcal/kg MS																																																																																																	
EE	2,80 %																																																																																																	
PB	11,01 %																																																																																																	
a	43,77 % PB																																																																																																	
b	40,40 % PB																																																																																																	
c	11,36 %/h																																																																																																	
NIDA	0,11 %																																																																																																	
DIETA																																																																																																		
MS	36,70 %																																																																																																	
DMS	67,70 %																																																																																																	
EM	2,44 Mcal/kg MS																																																																																																	
EMF	1,83 Mcal/kg MS																																																																																																	
EE	2,80 %																																																																																																	
PB	11,59 %																																																																																																	
a	43,04 % PB																																																																																																	
b	42,24 % PB																																																																																																	
c	9,52 %/h																																																																																																	
NIDA	0,11 %																																																																																																	
C A S O 5	Vaca ordeño	Vaca seca		Vaquillona	Vaca parto																																																																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>38,89 %</td> </tr> <tr> <td>DMS</td> <td>68,70 %</td> </tr> <tr> <td>EM</td> <td>2,47 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EMF</td> <td>1,76 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td>1,91 %</td> </tr> <tr> <td>PB</td> <td>13,24 %</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>26,62 % PB</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>21,96 % PB</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>13,75 %/h</td> </tr> <tr> <td>NIDA</td> <td>0,06 %</td> </tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	38,89 %	DMS	68,70 %	EM	2,47 Mcal/kg MS	EMF	1,76 Mcal/kg MS	EE	1,91 %	PB	13,24 %	a	26,62 % PB	b	21,96 % PB	c	13,75 %/h	NIDA	0,06 %	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>MS</th> <th>DMS</th> <th>EE</th> <th>PB</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>NIDA</th> <th>EM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>35</td> <td>60</td> <td>2,7</td> <td>8</td> <td>66</td> <td>19</td> <td>10</td> <td>0,13</td> <td>2,16</td> </tr> <tr> <td>35,00</td> <td>60,00</td> <td>2,70</td> <td>8,00</td> <td>66,00</td> <td>19,00</td> <td>10,00</td> <td>0,130</td> <td>2,16</td> </tr> </tbody> </table>		a	MS	DMS	EE	PB	a	b	c	NIDA	EM	35	60	2,7	8	66	19	10	0,13	2,16	35,00	60,00	2,70	8,00	66,00	19,00	10,00	0,130	2,16	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>35,83 %</td> </tr> <tr> <td>DMS</td> <td>67,18 %</td> </tr> <tr> <td>EM</td> <td>2,42 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EMF</td> <td>1,82 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td>2,80 %</td> </tr> <tr> <td>PB</td> <td>11,01 %</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>43,77 % PB</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>40,40 % PB</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>11,36 %/h</td> </tr> <tr> <td>NIDA</td> <td>0,11 %</td> </tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	35,83 %	DMS	67,18 %	EM	2,42 Mcal/kg MS	EMF	1,82 Mcal/kg MS	EE	2,80 %	PB	11,01 %	a	43,77 % PB	b	40,40 % PB	c	11,36 %/h	NIDA	0,11 %	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>36,70 %</td> </tr> <tr> <td>DMS</td> <td>67,70 %</td> </tr> <tr> <td>EM</td> <td>2,44 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EMF</td> <td>1,83 Mcal/kg MS</td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td>2,80 %</td> </tr> <tr> <td>PB</td> <td>11,59 %</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>43,04 % PB</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>42,24 % PB</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>9,52 %/h</td> </tr> <tr> <td>NIDA</td> <td>0,11 %</td> </tr> </tbody> </table>	DIETA		MS	36,70 %	DMS	67,70 %	EM	2,44 Mcal/kg MS	EMF	1,83 Mcal/kg MS	EE	2,80 %	PB	11,59 %	a	43,04 % PB	b	42,24 % PB	c	9,52 %/h	NIDA
DIETA																																																																																																		
MS	38,89 %																																																																																																	
DMS	68,70 %																																																																																																	
EM	2,47 Mcal/kg MS																																																																																																	
EMF	1,76 Mcal/kg MS																																																																																																	
EE	1,91 %																																																																																																	
PB	13,24 %																																																																																																	
a	26,62 % PB																																																																																																	
b	21,96 % PB																																																																																																	
c	13,75 %/h																																																																																																	
NIDA	0,06 %																																																																																																	
a	MS	DMS	EE	PB	a	b	c	NIDA	EM																																																																																									
35	60	2,7	8	66	19	10	0,13	2,16																																																																																										
35,00	60,00	2,70	8,00	66,00	19,00	10,00	0,130	2,16																																																																																										
DIETA																																																																																																		
MS	35,83 %																																																																																																	
DMS	67,18 %																																																																																																	
EM	2,42 Mcal/kg MS																																																																																																	
EMF	1,82 Mcal/kg MS																																																																																																	
EE	2,80 %																																																																																																	
PB	11,01 %																																																																																																	
a	43,77 % PB																																																																																																	
b	40,40 % PB																																																																																																	
c	11,36 %/h																																																																																																	
NIDA	0,11 %																																																																																																	
DIETA																																																																																																		
MS	36,70 %																																																																																																	
DMS	67,70 %																																																																																																	
EM	2,44 Mcal/kg MS																																																																																																	
EMF	1,83 Mcal/kg MS																																																																																																	
EE	2,80 %																																																																																																	
PB	11,59 %																																																																																																	
a	43,04 % PB																																																																																																	
b	42,24 % PB																																																																																																	
c	9,52 %/h																																																																																																	
NIDA	0,11 %																																																																																																	

CAPÍTULO V y VI

ANEXO 6

Inventarios de Perfil de Huella de Agua

CASO 1

Inputs Outputs +Collect data Documentation

Input products

+ Add product		Search	Product	
Product	Amount	Unit	Producing Process	
sulfuric acid	0.0006276 <i>f%</i>	kg	sulfuric acid production	
sulfur	5.954e-7	kg	sulfur production, petroleum refinery operation	
Soybean expeller (pressing), at ...	0.254	kg	Crude soybean oil (pressing), at processing/AR Mas	
quicklime, milled, packed	0.005324	kg	quicklime production, milled, packed	
transport, freight, lorry 7.5-16 ...	0.00381	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3	
transport, freight, lorry 7.5-16 ...	0.0001072	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3	
inorganic nitrogen fertiliser, as N	0.0381	kg	nutrient supply from NPK (26-15-15) fertiliser	
diesel, burned in agricultural ...	1.3 <i>f%</i>	MJ	diesel, burned in agricultural machinery	
inorganic phosphorus fertiliser...	0.02262	kg	nutrient supply from ammonium nitrate phosp...	
electricity, medium voltage	0.05652	kWh	electricity production, medium voltage, petrole...	
transport, freight, lorry 7.5-16 ...	0.0002429	tkm	market for transport, freight, lorry 7.5-16 metri...	
transport, freight, lorry 7.5-16 ...	0.0002197	tkm	market for transport, freight, lorry 7.5-16 metri...	
sodium hypochlorite, without ...	0.0009649 <i>f%</i>	kg	sodium hypochlorite production, product in 15...	
Cottonseed, production mix, at...	0.3755	kg	Cottonseed, production mix, at farm/US Mass	
chemical, inorganic	0.0009617 <i>f%</i>	kg	chemical production, inorganic	

CASO 2

Input products

+ Add product		Search	Product
Product	Amount	Unit	Producing Process
maize grain, feed	0.02572 <i>fx</i>	kg	maize grain, feed production
inorganic nitrogen fertili...	0.03603	kg	nutrient supply from NPK (26-15-15) fertiliser
maize grain, feed	0.2314 <i>fx</i>	kg	maize grain, feed production
chemical, organic	0.0008165	kg	chemical production, organic
inorganic phosphorus fe...	0.0106	kg	nutrient supply from ammonium nitrate phosp...
chemical, inorganic	0.001494 <i>fx</i>	kg	chemical production, inorganic
diesel, burned in agricult...	0.9017 <i>fx</i>	MJ	diesel, burned in agricultural machinery
electricity, medium volta...	0.05451	kWh	electricity production, medium voltage, petrole...
chemical, inorganic	0.0009932 <i>fx</i>	kg	chemical production, inorganic
transport, freight, lorry 7...	0.01157	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
transport, freight, lorry 7...	0	tkm	market for transport, freight, lorry 7.5-16 metri...
quicklime, milled, packed	0.005715	kg	quicklime production, milled, packed
phosphoric acid, industri...	0.0001073	kg	purification of wet-process phosphoric acid to i...
sulfur	0.002022	kg	sulfur production, petroleum refinery operation
Total: 14 input products			

CASO 3

Input products

+ Add product		Search	Product
Product	Amount	Unit	Producing Process
transport, freight, lorry 7.5-16 metr...	0.0000869	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
sulfur	0	kg	sulfur production, petroleum refinery operation
diesel, burned in agricultural machi...	0.677 <i>fx</i>	MJ	diesel, burned in agricultural machinery
Cottonseed, production mix, at far...	0.7733 <i>fx</i>	kg	Cottonseed, production mix, at farm/US Mass
transport, freight, lorry 7.5-16 metr...	0.0006199	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
chemical, inorganic	0.0008282 <i>fx</i>	kg	chemical production, inorganic
maize grain, feed	0.3984 <i>fx</i>	kg	maize grain, feed production
electricity, medium voltage	0.05839	kWh	electricity production, medium voltage, petrole...
transport, freight, lorry 7.5-16 metr...	0.005859	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
chemical, organic	0	kg	chemical production, organic
chemical, inorganic	0.000119	kg	chemical production, inorganic
inorganic phosphorus fertiliser, as ...	0.005786	kg	nutrient supply from ammonium nitrate phosp...
chemical, inorganic	0.0008372 <i>fx</i>	kg	chemical production, inorganic
inorganic nitrogen fertiliser, as N	0.03603	kg	nutrient supply from NPK (26-15-15) fertiliser
quicklime, milled, packed	0.02828	kg	quicklime production, milled, packed
Total: 15 input products			

CASO 4

Input products

+ Add product		Search	Product
Product	Amount	Unit	Producing Process
diesel, burned in agricultural machi...	4.704 <i>f%</i>	MJ	diesel, burned in agricultural machinery
electricity, medium voltage	0.05041	kWh	electricity production, medium voltage, petrole...
transport, freight, lorry 7.5-16 metri...	0.0006239	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
Inorganic phosphorus fertiliser, as P...	0	kg	nutrient supply from ammonium nitrate phosp...
maize grain, feed	0.1286 <i>f%</i>	kg	maize grain, feed production
sulfur	0.001584	kg	sulfur production, petroleum refinery operation
chemical, inorganic	0.0007173	kg	chemical production, inorganic
Inorganic nitrogen fertiliser, as N	0.0157	kg	nutrient supply from NPK (26-15-15) fertiliser
transport, freight, lorry 7.5-16 metri...	0.02001	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
quicklime, milled, packed	0.01295	kg	quicklime production, milled, packed
chemical, inorganic	0.001247 <i>f%</i>	kg	chemical production, inorganic
Cottonseed, production mix, at farm...	0.02228	kg	Cottonseed, production mix, at farm/US Mass
maize grain, feed	0.586 <i>f%</i>	kg	maize grain, feed production
chemical, inorganic	0.001135 <i>f%</i>	kg	chemical production, inorganic

CASO 5

Input products

+ Add product		Search	Product
Product	Amount	Unit	Producing Process
maize grain, feed	0.2909 <i>f%</i>	kg	maize grain, feed production
transport, freight, lorry 7.5-16 metric t...	0.000553	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
electricity, medium voltage	0.05548	kWh	electricity production, medium voltage, petrole...
Cottonseed, production mix, at farm/...	0.01106	kg	Cottonseed, production mix, at farm/US Mass
chemical, inorganic	0.001996 <i>f%</i>	kg	chemical production, inorganic
sulfur	0.000795	kg	sulfur production, petroleum refinery operation
diesel, burned in agricultural machinery	0.4301 <i>f%</i>	MJ	diesel, burned in agricultural machinery
maize grain, feed	0.06385 <i>f%</i>	kg	maize grain, feed production
Inorganic phosphorus fertiliser, as P2...	0	kg	nutrient supply from ammonium nitrate phosp...
quicklime, milled, packed	0.01129	kg	quicklime production, milled, packed
chemical, inorganic	0.0005685 <i>f%</i>	kg	chemical production, inorganic
Inorganic nitrogen fertiliser, as N	0.00936	kg	nutrient supply from NPK (26-15-15) fertiliser
transport, freight, lorry 7.5-16 metric t...	0.01774	tkm	transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3
chemical, inorganic	0.0001434	kg	chemical production, inorganic
Total: 14 input products			

CASO A

Productos								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación	Tipo de resid.	Categoría	Comentario	
Queso pategrás Caso A	1	kg	Mass	100 %	Others	_Est.\Queso CASO A		
(Insertar línea aquí)								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)	Cantidad	Ud.	Distri	DS^2 or Min	Máx	Comentario		
Tap water (RoW) tap water production, underground water with disinfect	31,06886354	kg	Indef			Uso de electricidad		
Sulfuric acid (RoW) production Cut-off, U	0,003802083	kg	Indef			Ácido para limpieza		
Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical (RER) production Cut-off,	0,000760417	kg	Indef			Detergente neutro		
Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state (RoW) sodium	0,007604167	kg	Indef			Cloro		
Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state (RoW) chlor-alkal	0,003802083	kg	Indef			Alcalino (como hidróxido de sodio)		
Calcium chloride (RoW) soda production, solvay process Cut-off, U	0,384	kg	Indef			Cloruro de calcio		
Ethylene vinyl acetate copolymer (RoW) production Cut-off, U	0,005907944	kg	Indef			Pintura roja: homopolímero de acetato de vin		
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 (RoW) transport, freight,	7,98438E-5	tkm	Indef			Transporte producto de limpieza- 10Km		
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 (RoW) transport, freight,	3,16048E-7	tkm	Indef			Transporte producto de limpieza- 190Km		
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 (RoW) transport, freight,	0,0000008	tkm	Indef			Transporte cloruro de calcio- 10 Km		

Trainino CADIS

9.5.0.1 Analyst

Electricity, medium voltage (AR) electricity voltage transformation from h	0,322572917	kWh	Indefinido				
(Insertar línea aquí)							

Salidas								
Emisiones al aire	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Emisiones al agua	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
Nitrogen, total		1423,672454	mg	Indefinido				
Phosphorus, total		272,9597563	mg	Indefinido				
Ammonium, ion		337,1855813	mg	Indefinido				
COD, Chemical Oxygen Demand		82449,90284	kg	Indefinido				
BOD5, Biological Oxygen Demand		77766,76977	mg	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								
Emisiones al suelo	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Flujos finales de residuos	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Emisiones no materiales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Aspectos sociales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								

CASO B

Productos								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignació	Tipo de resid.	Categoría	Comentario	
Queso pategrás Caso B	1	kg	Mass	100 %	Others	Est.\Queso CASO A		
(Insertar línea aquí)								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)	Cantidad	Ud.	Distri	DS^2 or Min	Máx	Comentario		
Tap water (RoW) tap water production, underground water with disinfecti	26.41240062	kg	Indef			Uso de electricidad		
Sulfuric acid (RoW) production Cut-off, U	1.161747685	kg	Indef			Ácido para limpieza		
Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical (RoW) production Cut-off,	1.320167824	kg	Indef			Soda cáustica		
Calcium chloride (RoW) soda production, solvay process Cut-off, U	6.66667E-5	kg	Indef			Cloruro de sodio		
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 (RoW) transport, freight,	1.43629E-8	tkm	Indef			Transporte producto de limpieza- 10Km		
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 (RoW) transport, freight,	2.72896E-7	tkm	Indef			Transporte producto de limpieza- 190Km		
Natural gas, high pressure (RoW) petroleum and gas production, on-shor	0.000000004	m3	Indef			Gas natural		
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario	
Electricity, medium voltage (AR) electricity voltage transformation from h	4.399162361	kWh	Indefinido					

Salidas								
Emisiones al aire	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Emisiones al agua	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
Nitrogen, total		530,7706904	mg	Indefinido				
Phosphorus, total		573,1431405	mg	Indefinido				
Ammonium, ion		337,1855813	mg	Indefinido				
COD, Chemical Oxygen Demand		8719,8042	mg	Indefinido				
BOD5, Biological Oxygen Demand		5263,104325	mg	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								
Emisiones al suelo	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Flujos finales de residuos	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Emisiones no materiales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Aspectos sociales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^C	Min	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)								

CAPÍTULO V

ANEXO 7

WIIX

CASO 1

SISTEMA: PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA							
UF= Kg de LCGP							
Descripción	H ² O utilizada (litros)	H ² O descargada (litros)	Q de fuente extraída	Q de fuente descargada	WSI localización	WIIX Base de datos*	WIIX uso directo (m ³)
ENTRADAS AL SISTEMA	////////////////////////////////////						
Precipitaciones (Volumen litros)	893964000	328593299,8	1	1	0,0106	0,001	5992,929
H ² O de pozo p/ bebida animal	10868692,40	4573904,012	0,45363	0,0045	0,0106	0,001	52,044
		2221610,52	0,45363	0,00015	0,0106	0,001	52,258
H ² O de pozo p/ proceso	3217100,6	0	0,45363	0,03142	0,0106	0,001	45,854
SALIDAS DEL SISTEMA	////////////////////////////////////						
H ² O residual	2774425,908	1350035,647	0,03142	0,03142	0,0106	-0,000223	-0,10579

CASO 2

SISTEMA: PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA							
UF= Kg de LCGP							
Descripción	H ² O utilizada	H ² O descargada	Q de fuente extraída	Q de fuente descargada	WSI localización	WIIX Base de datos*	WIIX uso directo (m ³)
ENTRADAS AL SISTEMA	////////////////////////////////////						
Precipitaciones (Volumen litros)	993339000	208491000	1,0	1,0	0,0106	0,001	8319,389
H ² O de pozo p/ bebida animal	5822546,24	2037891,18	0,426945	0,00015	0,0106	0,001	26,347
		989832,86	0,426945	0,0045	0,0106	0,001	26,303
H ² O de pozo p/ proceso	700800	0	0,426945	0,04540	0,0106	0,001	3,172
SALIDAS DEL SISTEMA	////////////////////////////////////						
H ² O residual	629598,72	306362,737	0,04540	0,04540	0,0106	-0,000223	-0,03469

CASO 3

SISTEMA: PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA							
UF= Kg de LCGP							
Descripción	H ² O utilizada (litros)	H ² O descargada	Q de fuente extraída	Q de fuente descargada	WSI localización	WIIX Base de datos*	WIIX uso directo (m ³)
ENTRADAS AL SISTEMA	////////////////////////////////////						
Precipitaciones (Volumen litros)	836496000	49757000	1	1	0,0106	0,001	8339,433
H ² O de pozo p/ bebida animal	7890118,03	2761541,31	0,678733	0,00015	0,0106	0,001	56,762
		1341320,07	0,678733	0,0045	0,0106	0,001	56,702
H ² O de pozo p/ proceso	13212138,97	6429026,82	0,678733	0,14178	0,0106	0,001	1261,725
SALIDAS DEL SISTEMA	////////////////////////////////////						
H ² O residual	1342353,32	604058,994	0,14178	0,14178	0,0106	-0,000223	-0,24743

CASO 4

SISTEMA: PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA							
UF= Kg de LCGP							
Descripción	H ² O utilizada (litros)	H ² O descargada (litros)	Q de fuente extraída	Q de fuente descargada	WSI localización	WIIX Base de datos*	WIIX uso directo (m ³)
ENTRADAS AL SISTEMA	////////////////////////////////////						
Precipitaciones (Volumen litros)	1017212000	478345600	1	1	0,0106	0,001	5711,984
H ² O de pozo p/ bebida animal	7540500,36	2639175,124	1	0,00015	0,0106	0,001	79,925
		1281885,06	1	0,0045	0,0106	0,001	79,868
H ² O de pozo p/ proceso	4224464,59	888571,8784	1	0,0314202	0,0106	0,001	44,48
SALIDAS DEL SISTEMA	////////////////////////////////////						
H ² O residual	798292,976	388449,3619	0,0314202	0,03142019	0,0106	-0,000223	-0,0304

CASO 5

SISTEMA: PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA							
UF= Kg de LCGP							
Descripción	H ² O utilizada	H ² O descargada	Q de fuente extraída	Q de fuente descargada	WSI localización	WIIX Base de datos*	WIIX uso directo (m ³)
ENTRADAS AL SISTEMA	////////////////////////////////////						
Precipitaciones (Volumen litros)	863348000	285840600	1	1	0,0106	0,001	6121,58
H ² O de pozo p/ bebida animal	4936849,58	1727897,35	0,4536	0,00015	0,0106	0,001	23,74
		839264,43	0,4536	0,0045	0,0106	0,001	23,70
H ² O de pozo p/ proceso	4989267,80	2427777,71	0,4536	0,0474083	0,0106	0,001	22,77
SALIDAS DEL SISTEMA	////////////////////////////////////						
H ² O residual	4482358,2	2181115,498	0,047408	0,047408	0,0106	-0,000223	-0,2579

CAPÍTULO VII

ANEXO 8

Tabla A.8.a: Inventario de costos recopilados- CASO 1

DE ADQUISICIÓN	
Inversión para montaje de unidad productiva (Valoración de todo el inmueble)	\$ 30.000.000,00
Costo de diseño del sistema	\$ 70.000.000,00
Capital invertido en animales	\$ 110.138.479,00
TOTAL ADQUISICIÓN	\$ 210.138.479,00
DE UTILIZACIÓN en el proceso	
Salarios	\$ 29.496.097,02
Alquileres	\$ 20.647.267,92
Luz (2022)	\$ 1.945.203,42
Impuestos	\$ 12.683.321,72
Insumos	\$ 23.596.877,62
Compra semilla	\$ 5.899.219,40
Gasoil	\$ 5.899.219,40
Asesoramiento profesional	\$ 7.374.024,26
Medicamentos	\$ 5.309.297,46
Productos de limpieza	\$ 2.359.687,76
Prácticas agrícolas (siembra, cosecha, fertilización, fumigación)	\$ 4.886.058,99
	\$ 21.715.817,73
	\$ 2.481.807,74

Confeción de rollos	\$ 974.531,84
Confeción de silos bolsa	\$ 3.280.923,85
TOTAL DE UTILIZACIÓN	\$ 148.549.356,13
DE MANTENIMIENTO	
Reparaciones a campo y recambio de comederos, bebederos y reparaciones herramientas y equipamiento	\$ 8.848.829,11
Amortización equipamiento en US\$. Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$ Oficial	\$ 11.660.827,50
Amortización equipamiento (cotizado en \$ agosto 2023)	\$ 6.097.102,48
TOTAL MANTENIMIENTO	\$ 26.606.759,09
AMBIENTALES	
Costo de reemplazo: Consumo de agua	\$ 994.040,91
Costos preventivos (lagunas de tratamiento)	\$ 1.708.577,73
Costo evitado o inducido: Equipamiento de acopio	\$ 965.703,70
TOTAL AMBIENTAL	\$ 3.668.322,34
TOTAL GASTOS	\$ 388.962.916,55

Tabla A.8.b: Inventario de costos recopilados- CASO 2

DE ADQUISICIÓN		
Inversión p/montaje de unidad productiva (Valoración del inmueble) Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$ Oficial	Fosa tambo y corral hormigonado	\$ 5.911.509,45
	Equipo de frío	\$ 814.000,00
	Maq de ordeño y tanque	\$ 18.500.000,00
Costo de diseño del sistema (valor actual del equipamiento disponible). Valor de cambio en agosto 2023: 300\$/US\$ Oficial	Maquinarias (US\$)	\$ 75.716.800,00
	Vehículos (US\$)	\$ 9.768.000,00

	Instalac. eléctricas	\$ 3.195.200,00
	Capital invertido en animales	\$ 189.329.450,68
	Costo de alambrados y corrales	\$ 924.997,60
TOTAL COSTOS DE ADQUISICIÓN		\$ 304.159.957,72
DE UTILIZACIÓN en el proceso		
	Contador	\$ 188.775,02
Salarios	Tamero (14% de liq)	\$ 13.094.723,62
	Empleados	\$ 2.878.819,07
Alquileres	64 ha. (65L leche/mes/ha)	\$ 3.591.702,77
Impuestos	Comité de cuenta	\$ 87.485,42
	Impuesto inmobiliario	\$ 51.844,31
	Tasa (2,5 L. de gasoil/ha/año)	\$ 129.474,10
Gastos varios	Luz	\$ 220.381,51
	Gasoil (\$88/L)	\$ 1.661.220,18
	Semilla	\$ 2.000.073,31
	Balanceado (2021)	\$ 6.481.160,68
	Servicio de pulverización	\$ 188.760,00
	Prod químicos	\$ 463.973,61
	Cosecha contratada	\$ 817.041,89
	Fertilización propia	\$ 1.147.280,19
	Confección de rollos	\$ 825.890,72

	Confección de silos	\$ 2.438.344,02
	Piletas hormigón	\$ 13.961,49
	Plantas para sombra	\$ 88.488,29
	Tanque móvil	\$ 540.761,78
Asesoram. profesional	Ing. 1,5% y Vet 2% de liquidación	\$ 3.273.680,90
Medicamentos	V. fiosa 2 aplic/año \$26/dosis	\$ 301.851,26
	Desparacit y antibióticos	\$ 1.474.804,85
Productos de limpieza		\$ 336.747,11
TOTAL DE GASTOS DE UTILIZACIÓN		\$ 42.297.246,10
DE MANTENIMIENTO		
Reparaciones a campo y recambio de comederos, bebederos y reparaciones herramientas y equipamiento	Tolva y desmalezadora	\$ 41.294,54
	Camioneta (embrague y otra)	\$ 108.152,36
	Baterías tractores	\$ 58.992,19
	Arreglo bomba	\$ 127.816,42
	Mant. Alambrado/ corrales	\$ 89.921,94
	Cambio de pezoneras/ 6 meses	\$ 25.987,52
	Mantenimiento de pasturas	\$ 4.410.000,00
	Limpieza de fosa/ 4 meses	\$ 331.831,09
Amortización equipamiento en US\$ (Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$)		\$ 24.067.168,00
Amortización equipamiento (cotizado en \$)		\$ 11.880.121,01
TOTAL DE GASTOS DE MANTENIMIENTO		\$ 41.641.285,07

AMBIENTALES	
Consumo de agua	\$ 618.526,61
Costos preventivos (lagunas de tratamiento)	\$ 315.627,24
Equipamiento de acopio	\$ 523.736,85
TOTAL AMBIENTAL	\$ 1.457.890,70
TOTAL DE COSTOS DE CICLO DE VIDA DEL TAMBO	\$ 389.556.379,6

Tabla A.8.c: Inventario de costos recopilados- CASO 3

DE ADQUISICIÓN		
Inversión p/construc de unid. productiva (TAMBO)	Fosa tambo y corral hormigonado	\$ 12.802.635,98
Costo de diseño del sistema Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$ Oficial	Equipo de frío	\$ 9.694.000,00
	Maq de ordeño	\$ 7.030.000,00
	Maquinarias (US\$)	\$ 21.793.000,00
	Vehículos	\$ 4.758.000,00
	Capital invertido en animales	\$ 203.158.288,37
	Valoración de alambrados y corrales	\$ 426.117,76
TOTAL COSTOS DE ADQUISICIÓN		\$ 259.662.042,11
DE UTILIZACION en el proceso		
Salarios	Tamero 8%	\$ 8.643.438,07
	2 puesteros al 1,5% c/u	\$ 2.593.031,42
	Veterinario (1,2%)	\$ 1.296.515,71
Alquileres		\$ 18.029.568,74
Prácticas agrícolas y producción de pastura	Confección de silo	\$ 5.527.219,73
	Semillas (alfa, trigo maíz)	\$ 1.886.697,77
	Costo de implantación maíz	\$ 820.399,23
	Costo de implantación alfa y trigo	\$ 973.362,40
	Compra de prod quím	\$ 25.329.789,58

	Compra de balanceados	\$ 20.378.713,04
	Pulverización	\$ 976.642,86
	Combustible	\$ 1.573.056,80
Flete		\$ 62.205,11
Control lechero		\$ 490.267,56
Asesoram	Ingeniero	<i>no posee</i>
	Sist informático	\$ 200.400,00
	Contador	\$ 779.625,47
Sanidad/ higiene:	Insumos veterinarios	\$ 28.890,00
	Limpieza	\$ 1.171.568,38
	Medicam.	\$ 1.308.932,76
	Vacunación aftosa	\$ 154.800,00
Impuestos	Comité de cuenca	\$109.356,78
	Luz	\$ 6.316.765,16
		-
	Imp inmobiliario	\$ 39.780,39
TOTAL DE GASTOS DE UTILIZACION		\$ 98.691.026,95
DE MANTENIMIENTO		
Reparaciones a campo y recambio de comederos, bebederos y reparaciones herramientas y equipamiento	Compra de media sombra móvil	\$ 142.722,97
	Cambio de filtros, aceite, cubiertas maquinarias	\$ 522.680,06
	Reparaciones equipamiento ordeño	\$ 594.679,04
	Reparaciones corrales y alambrados	\$ 356.807,42
	Mantenim de pasturas	\$ 9.975.000,00
TOTAL DE GASTOS DE MANTENIMIENTO		\$ 11.591.889,49
Amortización equipamiento Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/U\$S	Eq de frío y ordeñadora	\$ 5.079.026,52
	Maquinarias (U\$S)	\$ 5.557.677,50
	Vehículos y otros (\$)	\$ 3.515.108,95
TOTAL DE GASTOS DE MANTENIMIENTO después de amortizaciones		\$ 25.743.702,46
AMBIENTALES		
Consumo de agua		\$ 991.806,08

Costos preventivos (lagunas de tratamiento)	\$ 4.598.319,38
Equipamiento de acopio	\$ 965.703,70

Tabla A.8.d: Inventario de costos recopilados- CASO 4

DE ADQUISICIÓN		
Inversión para montaje de unidad productiva (Valoración del inmueble)		\$ 39.841.934,71
Costo de diseño del sistema (valor actual del equipamiento disponible) Valor de cambio en ene 2023: 205\$/US\$ Oficial	Tractor	\$ 1.331.860,17
	1 pinche p/rollos	\$ 812.109,86
	Desmalezadora	\$ 665.930,09
	Ordeñadora 12 bajadas	\$ 3.928.987,52
	Tractousina	\$ 965.598,63
	Bomba sumergible	\$ 129.937,58
	Equipo frío	\$ 4.495.028,09
	Compra de animales	\$ 141.705.045,99
TOTAL DE ADQUISICIÓN		\$ 193.876.432,63
DE UTILIZACIÓN en el proceso		
	Tamboero	\$ 10.101.625,17
	Salarios	\$ 3.071.599,58
	Impuestos (LUZ)	\$ 562.281,79
	Insumos	\$ 109.724,99
	Compra semilla	\$ 7.409.920,01
	Balanceado	\$ 22.520.533,86
Combustible, lubricantes y derivados		\$ 14.419,18
Medicamentos e Insumos veterinarios		\$ 901.993,39
Inseminación		\$ 931.465,20
Productos de limpieza		\$ 1.420.912,33
Prácticas agrícolas		\$ 17.981.330,66
Asesoramiento profesional	Agrónomo	\$ 472.639,62
	Contable	\$ 220.829,13

	Veterinario	\$ 876.773,21
TOTAL DE UTILIZACIÓN		\$ 67.788.885,73
DE MANTENIMIENTO		
Reparaciones a campo y recambio de comederos, bebederos y reparaciones herramientas y equipamiento	Reparaciones en el tambo	\$ 1.299.375,78
	Bebedores y Alambrados	\$ 487.265,92
	Mantenimiento de pasturas	\$ 11.596.928,84
Amortización equipamiento en US\$ (Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$)		\$ 4.503.714,00
Amortización equipamiento (cotizado en \$)		\$ 35.423.081,86
TOTAL MANTENIMIENTO		\$ 53.310.366,40
AMBIENTALES		
Consumo de agua		\$ 680.563,25
Costos preventivos (lagunas de tratamiento)		\$ 2.408.899,99
Equipamiento de acopio		\$ 523.736,85
TOTAL AMBIENTAL		\$ 3.613.200,09
TOTAL DE GASTOS		\$ 318.588.884,85

Tabla A.8.e: Inventario de costos recopilados- CASO 5

DE ADQUISICIÓN		
Inversión para montaje de unidad productiva (Valoración de todo el inmueble)		\$ 41.933.713,25
Costo de diseño del sistema (valor actual del equipamiento disponible) Valor de cambio en ene 2023: 205\$/US\$	Tractor	\$ 1.664.825,22
	1 pinche p/ rollos	\$ 812.109,86
	Desmalezadora	\$ 665.930,09
	Ordeñadora 10 bajadas	\$ 399.558,05
	Tractousina	\$ 899.005,62
	Bomba sumergible	\$ 129.937,58
	Equipo frío y tanque	\$ 4.538.882,02
	Compra de animales	\$ 112.959.836,55

TOTAL DE ADQUISICIÓN		\$ 164.003.798,24
DE UTILIZACIÓN en el proceso		
Datos del 2022	Tambero	\$ 8.262.915,63
	Salarios	\$ 2.457.279,67
	Impuestos (LUZ)	\$ 881.563,93
	Insumos	\$ 87.779,99
	Compra semilla	\$ 5.271.623,09
	Balanceado	\$ 18.016.427,08
	Comb, lubri. y derivados	\$ 11.535,34
	Medicamentos e Insumos veterinarios	\$ 721.594,71
	Inseminación	\$ 745.172,16
	Productos de limpieza	\$ 1.549.501,41
Prácticas agrícolas (información de 2023)		\$ 24.847.757,55
Asesoramiento profesional (información de 2022)	Agrónomo	\$ 378.111,69
	Contable	\$ 176.663,30
	Veterinario	\$ 701.418,57
TOTAL DE UTILIZACIÓN		\$ 65.248.536,28
DE MANTENIMIENTO		
Reparaciones a campo y recambio de comederos, bebederos y reparaciones herramientas y equipamiento	Reparaciones en el tambo	\$ 1.299.375,78
	Bebederos y Alambrados	\$ 487.265,92
	Mantenim de pasturas	\$ 7.674.438,20
Amortización equipamiento Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$ Oficial		\$ 4.762.714,00
Amortización equipamiento (cotizado en \$)		\$ 30.386.704,32

TOTAL MANTENIMIENTO	\$ 44.610.498,22
AMBIENTALES	
Consumo de agua	\$ 461.560,93
Costos preventivos (lagunas de tratamiento)	\$ 2.703.013,68
Equipamiento de acopio	\$ 523.736,85
TOTAL AMBIENTAL	\$ 3.688.311,46
TOTAL COSTOS DE CICLO DE VIDA	\$ 277.551.144,21

Tabla A.8.f: Inventario de costos recopilados- CASO A

DE ADQUISICIÓN	
Inversión para montaje de unidad productiva (Valoración de todo el inmueble). Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$	\$ 25.900.000,00
Costo de diseño del sistema (máquinas, instalaciones etc)	\$ 2.479.990,00
TOTAL ADQUISICIÓN	\$ 28.379.990,0
DE UTILIZACIÓN en el proceso	
Salarios	\$ 1.122.512,46
Luz	\$ 432.243,20
Seguros	\$ 2.167,26
Inversiones infraestructura	\$ 326.513,78
Insumos directos (receta)	\$ 592.250,64
Otros insumos etapa elaboración (gasoil sal leña antihongo, etc)	\$ 37.688,29
Insumos para etiquetado y embalaje	\$ 42.822,32
Gasoil (camioneta)	\$ 10.608,89
Asesoramiento profesional	\$ 29.646,88
Productos de limpieza (desinfección, limpieza y seguridad)	\$ 361.248,63
Comunicación y publicidad	\$ 6.633,40
TOTAL DE UTILIZACIÓN	\$ 2.964.335,82
DE MANTENIMIENTO	
Reparaciones exteriores e interiores a nivel infraestructura, reparaciones de herramientas y equipamiento.	\$ 622.066,67
Amortización equipamiento en US\$ Valor de cambio en agosto 2023: 370\$/US\$	\$ 1.758.248,70

TOTAL MANTENIMIENTO	\$ 2.380.315,36
AMBIENTALES	
Costo de reemplazo: Consumo de agua	\$ 6.318,04
Costos preventivos (lagunas de tratamiento)	\$ 1.629.106,72
TOTAL AMBIENTAL	\$ 1.635.424,76
TOTAL COSTOS DE CICLO DE VIDA	\$ 35.360.065,9