

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LUJAN
DOCTORADO EN CIENCIAS APLICADAS



Caracterización química y ambiental de
efluentes agroindustriales y análisis de sus
implicancias sobre el agua subterránea del
Valle Central Antinaco-Los Colorados,
Provincia de La Rioja

TESISTA

Lic. Evelyn Vuksinic

DIRECTOR

Dr. Roberto Esteban Miguel

DIRECTORA

Dra. María del Carmen Tortorelli

AGRADECIMIENTOS

El siguiente documento es fruto del apoyo y acompañamientos de muchas personas e instituciones sin las cuales no hubiese sido posible.

A todas ellas les quiero agradecer...

A Mamá y Papá, por su incondicionalidad y su confianza ciega. Gracias a ellos soy lo que soy.

A mis Hermanas y Hermano, por llenar de alegría de mi corazón, por sentirlos tan cerca estando tan lejos, por mostrarme la vida con otros ojos.

A Richard, compañero de mis días y aventuras. Por estar en lo bueno y en lo malo.

Al resto de la familia, abuelas, tías y tíos, primas y primo; por cada palabra de aliento, y por esperarme siempre a cada regreso.

A Esteban, mi amigo y director de tesis. Por su confianza, el acompañamiento y los consejos. Por indicarme siempre el buen camino, por las charlas y mates de las mañanas. Por hacer posible esta investigación.

A Diana, por acompañarme con su codirección en la beca doctoral, por su predisposición y sus ganas, por los aportes a esta investigación. Al IMyZA INTA Castelar, en especial a Brian Young, por sus contribuciones al trabajo.

Al INTA y al CONICET, por financiar la beca doctoral que permitió el desarrollo de la investigación. A las compañeras y compañeros de trabajo, a la EEA Chilecito del Centro Regional Catamarca-La Rioja, por abrirme sus puertas y permitirme trabajar en la institución. A todas las agroindustrias que hicieron posible el trabajo público-privado, aceptando y aportando a las propuestas de trabajo que les acercamos.

A la Universidad Nacional de Luján y al Doctorado en Ciencias Aplicadas, por aceptarme como estudiante y permitir mi tránsito como doctoranda. A la Dra. María del Carmen Tortorelli, por su figura de codirección.

A mis amistades, las de acá y las de allá, tan necesarias en cualquier camino. Gracias por seguir perdurando pese a la distancia y los años.

A Chilecito, por enraizarme y enseñarme otras realidades. Por su naturaleza y sus paisajes.

“Cada persona brilla con luz propia entre todas las demás. No hay dos fuegos iguales. Hay fuegos grandes y fuegos chicos y fuegos de todos los colores” E. Galeano

*¡A CADA UNO DE ESTOS FUEGOS QUE ME ACOMPAÑÓ DURANTE ESTOS AÑOS, VAYA
MI FUERTE ABRAZO!*

La presente investigación se desarrolló en el marco de una **Beca Cofinanciada INTA-CONICET** bajo la dirección del **Dr. Roberto Esteban Miguel** y la Codirectora **Ing. Diana Elvira Crespo**.

A su vez, éste trabajo se enmarcó dentro de dos proyectos INTA:

- ***Proyecto Disciplinario 1518***: Estudio del impacto ambiental, gestión y tratamiento de residuos y efluentes sobre sistemas agropecuarios y agroindustriales para su valorización agronómica.

- ***Proyecto Estructural 041***: Aportes a la gestión de recursos hídricos en cuencas del Sistema Agroalimentario Argentino.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como objetivo realizar un diagnóstico químico y ambiental de los efluentes agroindustriales generados en el Valle Central Antinaco–Los Colorados (VCALC) de La Rioja y analizar las implicancias sobre el recurso hídrico subterráneo. Se trabajó con siete agroindustrias: dos vitivinícolas, dos de aceite de oliva, una de aceituna, una nogalera y una de tomate. Se describieron los procesos productivos detallando la actual gestión y manejo de efluentes. Se tomaron 83 muestras compuestas de efluentes para su caracterización físico-química junto con la estimación de caudales. Con los datos de calidad y cantidad se estimaron las cargas contaminantes (CC) y se calcularon los Índices de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE). Por otro lado, se evaluó la toxicidad mediante bioensayos en un organismo acuático –*Daphnia magna*– y otro terrestre –*Raphanus sativus*–. En adición, se estimó la vulnerabilidad del sistema acuífero del Valle que, junto a los Índices de Carga Contaminante (ICC), permitieron estimar el peligro de contaminación. Finalmente, se desarrollaron lineamientos para una gestión integrada de los efluentes agroindustriales del VCALC. Los resultados indican que los efluentes de todas las agroindustrias presentan características físico-químicas por encima de los parámetros de la legislación de La Rioja. La industria elaboradora de aceituna de mesa presenta las concentraciones más elevadas en la mayoría de los parámetros, mientras que las concentraciones más bajas están representadas en las industrias de nuez y tomate. Al igual que las concentraciones, la agroindustria elaboradora de aceituna de mesa presentó valores superiores de cargas respecto a las otras agroindustrias, a pesar de generar un menor caudal de efluentes. Luego de la industria aceitunera, las mayores CC corresponden a la industria del tomate que, si bien no presentó parámetros físico-químicos elevados, registró el mayor caudal lo que pone de manifiesto la necesidad de incluir los caudales en los diagnósticos de la generación de efluentes. Respecto a los bioensayos, la sensibilidad en el organismo acuático fue mayor que para el organismo terrestre. Todas las agroindustrias presentaron concentraciones significativas para el bioensayo de *Daphnia magna*. Para el organismo terrestre, la industria elaboradora de aceituna de mesa fue la más ecotóxica. La vulnerabilidad del sistema acuífero, resultó en tres grados: vulnerabilidad baja, moderada y alta; sin embargo, la mayoría de las industrias presentan un peligro moderado-elevado y elevado-extremo debido a las CC. Por último, se presentaron lineamientos para mejorar la gestión de los efluentes en el VCALC. Esta información es de utilidad para las agroindustrias y autoridades de aplicación, a fin de tender en el corto y mediano plazo a acciones que contribuyan a reducir las cargas contaminantes y proteger el recurso hídrico subterráneo, factor clave para el desarrollo y continuidad de las actividades en el Valle.

PALABRAS CLAVES: agroindustrias, efluentes, contaminación, agua subterránea

RESUMEN EXTENDIDO

La transformación de los productos primarios a través de las agroindustrias implica el uso de materias primas e insumos, que además de ser transformados en productos de valor agregado, generan como externalidad residuos en estado sólido, líquido y gaseoso. Una adecuada gestión y manejo de los residuos requiere conocer dónde, cómo, qué y cuánto se generan.

En la provincia de La Rioja, la actividad agropecuaria y agroindustrial es la de mayor relevancia en el Oeste de la Provincia, particularmente en el Valle Antinaco - Los Colorados, tuvo un importante crecimiento de cultivos de vid, olivo, nogal y hortalizas y su industrialización, a partir de diferentes leyes de impulso a la producción y radicación de capitales y empresas con porcentaje mayoritario del estado. Sin embargo, este crecimiento no consideró el manejo de efluentes (residuo líquido) y, en la actualidad se vierten a cauces de ríos secos, o se aplican en el suelo y/o se disponen en balsas poniendo en peligro de contaminación las capas superiores del sistema acuífero. Por lo tanto, el agua subterránea, principal recurso para el riego y la agroindustria, podría afectarse negativamente por el manejo de los efluentes agroindustriales, siendo un riesgo para la sostenibilidad del sistema productivo y el desarrollo regional.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo realizar un diagnóstico químico y ambiental de los efluentes agroindustriales, generados en el Valle Central Antinaco - Los Colorados (VICALC) de La Rioja y analizar las implicancias sobre el recurso hídrico subterráneo.

Se trabajó con siete agroindustrias del Valle: dos vitivinícolas, dos de aceite de oliva, una de aceituna, una de nuez y una de tomate. Se registraron las entradas y salidas de agua – efluente de todas las industrias, a través de diagramas de flujo de cada una de ellas, y se describieron los procesos productivos de cada rubro, detallando la actual gestión y manejo de efluentes de cada agroindustria.

Se tomaron un total de 83 muestras compuestas entre las siete agroindustrias a las que se les estimó en el campo: pH, conductividad eléctrica y temperatura. En el Laboratorio de Alta Complejidad de la Universidad de Chilecito se cuantificaron: DBO₅, DQO, sólidos totales, sólidos volátiles, polifenoles, iones mayoritarios y nitrógeno total. En la Estación Experimental INTA Chilecito se midieron sólidos sedimentables. Conjuntamente se realizó la estimación de caudales en cada agroindustria, empleando distintas metodologías según las posibilidades de medición aplicables, en virtud de la gestión en cada una de ellas. Con los datos de calidad y cantidad se estimaron las cargas contaminantes para cada agroindustria y se calcularon los Índices de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE) para los parámetros considerados más relevantes. Por otro lado, se evaluó la toxicidad mediante bioensayos en un organismo acuático –*Daphnia magna*– y otro terrestre –*Raphanus sativus*–, expuestos a muestras con distintas concentraciones de los efluentes en estudio. En adición, se estimó la vulnerabilidad del sistema acuífero del Valle

que, junto a los Índices de Carga Contaminante (ICC), permitieron estimar el Peligro de Contaminación aplicando la metodología GOD (por sus siglas en inglés). Finalmente, se desarrollaron lineamientos para una gestión integrada de los efluentes agroindustriales del VCALC.

Los resultados indican que los efluentes de las agroindustrias del VCALC, presentan características físico químicas por encima de los parámetros establecidos en la legislación de la Rioja, evidenciando la necesidad de su gestión integral. Las industrias olivícolas (aceituna de mesa y aceitera 1) utilizan balsas de evaporación como tratamiento de sus efluentes, mientras que la agroindustria vitivinícola 1, la industria de nuez y la de tomate cuenta con un tratamiento primario y su vertido en lecho de río. La vitivinícola 2 y aceitera 2 no presenta ningún tratamiento para los efluentes líquidos, disponiéndose en suelo y cauces de río seco. En cuanto a las características físico químicas, la industria elaboradora de aceituna de mesa presenta las concentraciones más elevadas en la mayoría de los parámetros, mientras que las concentraciones más bajas están representadas en las industrias de nuez y tomate. La mayoría de las industrias, excepto tomate y nuez, presentan condiciones recalcitrantes con relaciones DBO_5/DQO menores a 0,4. Por parte de los sólidos, tanto sólidos totales como volátiles, también registran las mayores concentraciones para la elaboración de aceituna de mesa, seguido por las industrias elaboradoras de aceite de oliva; mientras que las concentraciones más bajas se asocian a las industrias procesadoras de nuez y tomate. Los sólidos sedimentables registran los mayores valores en la industria procesadora nueces, seguida de la de tomates (a pesar de contar con un sistema de tratamiento primario) y, los menores valores, en la industria elaboradora de aceituna de mesa. Las características de los efluentes de las agroindustrias no solo presentaron diferencias entre los rubros, sino también entre industrias del mismo rubro, con iguales sistemas de producción, lo cual alerta sobre la importancia de considerar las particularidades de cada una de ellas. En lo que respecta a los caudales, el mayor volumen registrado por día y por campaña se observó en la industria procesadora de tomates, con 153.402 m³ anuales; luego le siguen las industrias vitivinícolas, la de aceituna de mesa, nuez y las aceiteras.

Tanto los caudales como las características físico químicas de los efluentes presentan una elevada heterogeneidad. Esto se explicaría por la estacionalidad de los cultivos y las etapas de cada producción, sumado al manejo y la gestión de los efluentes intra y extra industria. Industrias con procesos y tecnologías similares, generan efluentes diferentes en cantidad y calidad.

Conocer las concentraciones y los volúmenes generados, permitió calcular las cargas contaminantes generadas por cada agroindustria. Al igual que las concentraciones, la agroindustria elaboradora de aceituna de mesa presentó valores superiores de cargas que el resto de las agroindustrias, a pesar de generar un menor caudal de efluentes. Luego de la industria

aceitunera, las mayores CC corresponden a la agroindustria procesadora de tomate que, si bien no presentó valores elevados de los parámetros físico químicos analizados, registró el mayor caudal de todas las agroindustrias analizadas. Esta situación, remarca la importancia de incluir los caudales en los diagnósticos de la generación de efluentes.

De esta manera, el concepto de carga contaminante integró la calidad y cantidad de efluentes generados por cada agroindustria, que, sumado a los volúmenes de producción de cada una de ellas, permitió crear un índice (IIGE: Índice de Intensidad de Generación de Efluentes) que unificó la información generada en el diagnóstico, relacionando las características del efluente por unidad de producción, ya sea por litro de producto o por kilo de fruta procesada. Los mayores valores del índice, se registraron para la industria elaboradora de aceituna de mesa y del procesamiento de tomate. En el caso del IIGE de caudal, la industria que registra el valor máximo del índice es la procesadora de tomate, generando aproximadamente 8 litros de efluentes por kilo de tomate; y las industrias que menos efluentes generan por unidad de producción son la aceitera 1, vitivinícola 1 y aceituna de mesa. El cálculo del IIGE remarca la importancia de incluir otras variables en el diagnóstico de la generación de efluentes, dejando en evidencia que las concentraciones brindan poca información por sí solas, sino se las relaciona a los caudales generados y al volumen de producción de cada agroindustria.

Posteriormente, se desarrolló la evaluación ecotoxicológica de los efluentes empleando un organismo terrestre (*Raphanus sativus*) y otro acuático (*Daphnia magna*). El bioensayo en el organismo terrestre presentó una mayor sensibilidad en la inhibición de la elongación de la radícula que la inhibición de la germinación de semillas, de las 11 muestras sometidas al bioensayo, cinco mostraron valores para la inhibición de la germinación y siete valores para la elongación de la radícula. En el organismo acuático, la sensibilidad fue mayor que para el organismo terrestre. Todas las agroindustrias presentaron concentraciones significativas para el bioensayo de *Daphnia magna*, siendo los efluentes de la elaboración de aceituna de mesa los más fitotóxicos, seguido por aceitera 1, nuez y tomate; y en menor medida, aceitera 2 y vitivinícola 2.

Para completar el diagnóstico ambiental, se evaluó la vulnerabilidad del sistema acuífero y los índices de cargas contaminantes (ICC), y en base a ello se estimó el peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo. La vulnerabilidad del sistema acuífero, resultó en tres grados: vulnerabilidad baja, moderada y alta. De las 31 agroindustrias mapeadas, 18 se encuentran en áreas de vulnerabilidad moderada, cuatro en áreas de vulnerabilidad baja y tres en áreas de vulnerabilidad alta. Algunas agroindustrias se ubican en zonas de transición entre vulnerabilidades baja y moderada (3) y entre vulnerabilidades moderada y alta (3). Posteriormente, se determinaron los índices de cargas contaminantes potenciales tomando como referencia cloruro y nitrato por su condición conservativa. Se evaluaron dos metodologías, una

con IIC ponderado y otra sin ponderar. El Índice de Carga Contaminante (ICC) ponderado conllevó a valores de cargas contaminantes elevados, mientras que para el ICC sin ponderar el resultado indicó valores de cargas contaminantes extremos, para todas las agroindustrias. Al evaluar el peligro de contaminación, la mayoría de las agroindustrias presentaron un peligro moderado-elevado cuando se aplicó el ICC ponderado, mientras que para el ICC no ponderado fue elevado-extremo. Sin embargo, ambas metodologías evidencian que más de 20 agroindustrias del VCALC representan un peligro elevado de contaminación hacia el recurso hídrico subterráneo.

Por último, se presentaron lineamientos para mejorar la gestión ambiental de los efluentes en el VCALC. Las recomendaciones se realizaron en torno a los temas desarrollados a lo largo de la investigación: legislación, tratamiento de los efluentes, operaciones intra y extra industria y particularidades de cada agroindustria. De esta forma se generó una línea de base de utilidad para las agroindustrias y autoridades de aplicación, a fin de tender en el corto y mediano plazo a acciones que contribuyan a reducir las cargas contaminantes y proteger el recurso hídrico subterráneo, factor clave para el desarrollo y continuidad de las actividades en el Valle.

ABSTRACT

The transformation of primary products through agro-industries implies the use of raw materials and other inputs, which in addition to being transformed into value-added products, generate solid, liquid and gaseous waste as externalities. Proper management and handling of waste requires knowing where, how, what and how much of it is generated.

In the province of La Rioja, the agricultural and agroindustrial activity is the most relevant in the west of the Province, particularly in the Antinaco-Los Colorados Valley; it had an important growth of vine, olive, walnut and vegetable crops and industrialization thereof based on different laws to promote the production and establishment of capital and companies majority owned by the state. However, this growth did not consider the management of effluents (liquid waste) and currently they are discharged into dry river beds, applied to the ground and / or disposed of in ponds, putting the upper layers of the aquifer system at risk of contamination. Therefore, groundwater, the main resource for irrigation and agribusiness, could be negatively affected by the management of agribusiness effluents, jeopardizing the sustainability of the productive system and regional development.

In this sense, the present research aims to carry out a chemical and environmental diagnosis of the agroindustrial effluents generated in the Central Antinaco-Los Colorados Valley (VCALC) of the Province of La Rioja and analyze implications for underground water resources.

We worked with seven agroindustries in the Valley: two wine producers, two olive oil producers, one olive producer, one nut producer, and one tomato producer. Inputs and outputs of all industries were recorded, through flow diagrams of each one, and the productive processes of each item were described, detailing the current management and handling of effluents of each agro-industry. A total of 83 composite samples were taken from the seven agro-industries for which pH, electrical conductivity and temperature were estimated in the field; and BOD₅, COD, total solids, volatile solids, polyphenols, major ions and nitrogen were evaluated in the High Complexity Laboratory of the University of Chilecito. Settling solids were measured at the INTA Chilecito Experimental Station. The flow estimation in each agro-industry was jointly carried out using different methodologies applied based on the measurement possibilities for each site. Using qualitative and quantitative data, the polluting load of each agro-industry was estimated and the Effluent Generation Intensity Indices (IIGE) were produced for the parameters considered most relevant. On the other hand, toxicity was evaluated through bioassays in an aquatic organism – *Daphnia magna*– and another terrestrial –*Raphanus sativus*–, exposed to samples with different concentrations of the effluents under study. In addition, the vulnerability of the Valley's aquifer system was evaluated, which, together with the Pollutant Load Indices (ICC), allowed us to

estimate the risk of contamination by applying the GOD methodology. Finally, guidelines were developed for an integrated management of the agroindustrial effluents of the VCALC.

The results indicate that the effluents from the agro-industries of the VCALC present physical-chemical characteristics which are above the parameters established in the legislation of the Province of La Rioja, evidencing the need for their integral management. The olive industries (table olives and oil 1) use evaporation ponds as their effluent treatment, while wine producer 1, the nut industry and the tomato industry have a primary treatment and their discharge into the riverbed. Wine producer 2 and olive oil 2 do not carry out any treatment for liquid effluents, which are disposed of in the soil and dry riverbeds. Regarding the physicochemical characteristics, the table olive manufacturing industry presents the highest concentrations under most of the parameters, while the lowest concentrations are represented in the nut and tomato industries. Most of the industries, except tomato and walnut, present recalcitrant conditions with BOD5 / COD ratios lower than 0.4. With respect to solids, both total and volatile solids, the highest concentrations were registered for the production of table olives, followed by the olive oil manufacturing industries; while the lowest concentrations are associated with the nut and tomato processing industries. The highest values of settling solids were registered in the walnut processing industry, followed by tomato (despite having primary treatment), while the lowest values were registered in the table olive processing industry. The characteristics of the effluents from the agro-industries not only presented differences between the type of product, but also between industries of the same product with the same production systems, which warns about the importance of considering the particularities of each site. With regard to flows, the highest volume recorded per day and per season is in the tomato processing industry, with 153,402 m³ per year. then followed by the wine producing industries, table olives, walnuts and finally the oil industries.

Both the flow rates and the physical-chemical characteristics of the effluents present a high heterogeneity, given not only the seasonality of the crops and the stages of each production process, but also by the intra- and extra-industry management and management of the generated effluents. Industries with similar processes and technologies generate effluents that are different in quantity and quality.

Knowing the concentrations and volumes generated allowed us to calculate the polluting loads generated by each agro-industry. Like the concentrations, the table olive processing agro-industry presented higher load values than the rest of the agro-industries despite generating the lowest effluent flow. After the olive industry, the largest CCs correspond to the tomato processing agro-industry, which, although it did not present high values of the physical-chemical parameters analyzed, registered the highest flow of all the agro-industries analyzed. This finding highlights the importance of including flows in the diagnoses of effluent generation.

Thus, the concept of pollutant load comprised both the quality and quantity of effluents generated by each agro-industry, which, added to the production volumes of each one, allowed us to create an index (IIGE: Effluent Generation Intensity Index) that unified the information generated by our diagnostic phase, relating the characteristics of the effluent per production unit, either per liter of product or per kilo of processed fruit. The highest values of the index were registered for the table olive and tomato processing industry. In the case of flow IIGE, the industry that registers the highest value of the index is the tomato producer, generating approximately 8 liters of effluent per kilo of tomato; and the industries that generate the least effluents per unit of production are olive oil 1, wine producer 1 and table olives. The IIGE calculation highlights the importance of including other variables in the diagnosis of effluent generation, making it clear that concentrations provide little information by themselves if they are not considered alongside the flows generated and the volume of production of each agroindustry.

Subsequently, the ecotoxicological evaluation of the effluents was conducted in a terrestrial organism (*Raphanus sativus*) and in an aquatic organism (*Daphnia magna*). The bioassay in the terrestrial organism presented a greater sensitivity in the inhibition of the radicle elongation than the inhibition of the germination of seeds; of the 11 samples submitted to the bioassay, five showed values for the inhibition of germination and seven values for the radicle elongation. In the aquatic organism, the sensitivity was higher than that of the terrestrial organism. All agro-industries presented significant concentrations for the *Daphnia magna* bioassay, the effluents from the production of table olives being the most phytotoxic, followed by olive oil 1, walnut and tomato; and to a lesser extent, olive oil 2 and wine producer 2.

To complete the environmental diagnosis, the vulnerability of the aquifer system and the pollutant load indices (ICC) were evaluated, and based on them, the risk of contamination of the underground water resource was estimated. The vulnerability of the aquifer system was classified into three degrees of vulnerability: low, moderate and high. Of the 31 agro-industries mapped, 18 are in moderate vulnerability areas, four in low vulnerability areas and three in high vulnerability areas. Some agro-industries are located in transition zones between low and moderate vulnerabilities (3) and between moderate and high vulnerabilities (3). Subsequently, the indices of potential pollutant loads were determined taking chloride and nitrate as a reference due to their conservative condition. Two methodologies were utilized, one with IIC weighted and the other unweighted. The weighted Pollutant Load Index (ICC) led to high polluting load values, while for the unweighted ICC the result indicated extreme polluting load values for all agro-industries. When evaluating the danger of contamination, most of the agro-industries present a moderate-to-high danger when the weighted ICC was applied, while for the unweighted ICC it was high-to-extreme. However, both methodologies show that more than 20 agro-industries of the VCALC represent a high risk of contamination to underground water resources.

Finally, guidelines were presented to improve the environmental management of effluents in the VCALC. The recommendations were made around the areas considered throughout the investigation: legislation, effluent treatment, intra- and extra-industry operations, and particularities of each agro-industry. Thus, a useful baseline was generated for agro-industries and enforcement authorities to implement in the short and medium term actions that contribute to reducing polluting loads and protecting underground water resources, a key factor for development and continuity of activities in the Valley.

KEYWORDS: agroindustry, wastewater, pollution, underground water.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	18
INTRODUCCIÓN	18
Problema de investigación	18
Objetivos Generales:	20
Objetivos Específicos:	20
Hipótesis	20
Naturaleza del aporte original	20
CAPÍTULO 2	22
MARCO TEÓRICO Y LEGAL	22
Marco teórico	22
<i>Ambiente y desarrollo sostenible</i>	22
<i>Agroindustria y efluentes</i>	24
<i>Diagnóstico ambiental</i>	25
<i>Parámetros físico químicos</i>	25
<i>Estimación de caudales</i>	28
<i>Cargas Contaminantes</i>	30
<i>Ecotoxicología</i>	30
<i>Vulnerabilidad, peligro y contaminación del recurso hídricos subterráneo</i>	31
<i>Herramientas de gestión</i>	36
Marco Legal Nacional	38
<i>Constitución Nacional Argentina</i>	38
<i>Ley Nacional 25.675: Ley General del Ambiente</i>	38
<i>Ley Nacional 24.051: Ley de Residuos Peligrosos</i>	39
Marco Legal Provincial	42
<i>Ley provincial 7.801: Medio Ambiente de La Rioja</i>	42
<i>Ley provincial 8.735: Residuos especiales/ peligrosos. Año 2010</i>	42
<i>Ley provincial 4.741: Preservación del medio ambiente y su decreto reglamentario 773/93</i>	42
<i>Anexo I de la Ley 6.281 Marco Regulador del Servicio de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de La Rioja. Año 1996</i>	43
<i>Ley provincial 4.295: Código de Aguas. Año 1983</i>	44
<i>Ley provincial 8.871: Política Hídrica Provincial. Año 2010</i>	44
Marco Legal Provincial anexo	45
<i>Ley 11.459 de Radicación Industrial de la Provincia de Buenos Aires y su decreto reglamentario 1741/96.</i>	45
<i>Resolución 336/2003 Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires. Anexo II.</i>	45
<i>Resolución 65/05 de la Secretaría del Agua y del Ambiente de la Provincia de Catamarca.</i>	45
<i>Decreto 847/16 de la Ley N°10.208 de la Provincia de Cordoba</i>	46
CAPÍTULO 3	467
ANTECEDENTES	47
Del área de estudio	47
De las producciones	48
-Vitivinícolas	48
<i>Contexto productivo</i>	48
<i>Generación de efluentes e impactos en el medio</i>	49

-Olivícolas	53
Contexto productivo	53
Generación de efluentes e impactos en el medio	54
-Aceite	54
-Aceituna de mesa	58
-Tomate	61
Contexto productivo	61
Generación de efluentes e impactos en el medio	62
-Nuez	64
Contexto productivo	64
Generación de efluentes e impactos en el medio	64
De estudios de contaminación –vulnerabilidad y peligro de contaminación–	65
CAPÍTULO 4	67
METODOLOGÍA	67
OE 1: Identificar las agroindustrias que procesan vid, olivo, nogal y hortalizas en la Cuenca Antinaco–Los Colorados.	67
OE 2: Describir y caracterizar las agroindustrias de mayor relevancia del Valle Antinaco–Los Colorados con énfasis en la generación de efluentes y su manejo intra y extra industria.	67
Nivel de complejidad ambiental	68
Descripción de procesos productivos	68
OE 3: Estimar los caudales y caracterizar fisicoquímicamente los efluentes agroindustriales	68
Estimación de caudales de efluentes	68
Toma de muestras de efluentes	73
Caracterización fisicoquímica de los efluentes	74
OE 4: Estimar las cargas contaminantes e índices de intensidad de generación de efluentes de las agroindustrias estudiadas	75
Carga contaminante	75
Índice de intensidad de generación de efluentes	75
OE 5: Evaluar la toxicidad en organismos acuáticos y terrestres causada por la exposición a efluentes agroindustriales	75
Raphanus sativus (rabanito)	76
Daphnia magna	77
OE 6: Analizar la vulnerabilidad y peligro de contaminación del sistema hídrico subterráneo en relación a la actual disposición de efluentes agroindustriales.	79
Vulnerabilidad de contaminación	79
Caracterización de la Carga Contaminante	79
Peligro de contaminación del agua subterránea	80
OE 7: Proponer estrategias de gestión integral de efluentes agroindustriales	80
CAPÍTULO 5	81
RELEVAMIENTO DE AGROINDUSTRIAS, PROCESOS PRODUCTIVOS Y GENERACIÓN DE EFLUENTES	81
Relevamiento de agroindustrias	81
VITIVINÍCOLAS	84
Proceso productivo	84
Generación y Gestión de efluentes vitivinícolas, caso 1	90

Observaciones de la gestión de efluentes	90
<i>Generación y Gestión de efluentes vitivinícola, caso 2</i>	91
Observaciones de la gestión de efluentes	93
ACEITE DE OLIVA	96
<i>Proceso productivo</i>	96
<i>Generación y Gestión de efluentes: aceitera 1</i>	97
Observaciones de la gestión de efluentes	100
<i>Generación y Gestión de efluentes: aceitera 2</i>	101
Observaciones de la gestión de efluentes	103
Comparación de la gestión de residuos y efluentes en aceiteras	104
ACEITUNA DE MESA	105
<i>Proceso productivo</i>	105
<i>Generación y Gestión de efluentes</i>	111
Observaciones de la gestión de efluentes	113
PROCESAMIENTO DE NUEZ	115
<i>Proceso productivo</i>	115
<i>Generación y Gestión de efluentes</i>	118
Observaciones de la gestión de efluentes	118
PROCESAMIENTO DEL TOMATE	120
<i>Proceso productivo</i>	120
<i>Generación y Gestión de efluentes</i>	124
Observaciones de la gestión de los efluentes	126
CAPÍTULO 6	128
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y CAUDALES	128
VITÍVINÍCOLA 1	128
<i>Caracterización físico-química</i>	128
<i>Caudales</i>	130
VITÍVINICOLA 2	132
<i>Caracterización físico química</i>	132
<i>Caudales</i>	134
ACEITERA 1	137
<i>Caracterización físico-química</i>	137
<i>Caudales</i>	144
ACEITERA 2	147
<i>Caracterización físico-química</i>	147
<i>Caudales</i>	150
ACEITUNA	152
<i>Caracterización físico-química</i>	152
<i>Quemado</i>	152
<i>Lavado</i>	154
<i>Fermentado</i>	155
<i>Clasificado-maquinado</i>	157
Caudales	159
<i>Quemado</i>	159
<i>Lavado</i>	159
<i>Fermentado</i>	160
<i>Clasificado y maquinado</i>	160
<i>Caudales anuales</i>	160

NUEZ	162
<i>Caracterización físico-química</i>	162
<i>Caudales</i>	164
TOMATE	167
<i>Caracterización físico-química</i>	167
<i>Caudales</i>	170
<i>Recapitulación de las características físicas químicas y de los caudales generados por las agroindustrias</i>	172
CAPÍTULO 7	176
<i>CARGAS CONTAMINANTES E ÍNDICE DE INTENSIDAD DE GENERACIÓN DE EFLUENTES</i>	176
VITIVINÍCOLA 1	176
<i>Cargas contaminantes</i>	176
<i>Índice de Intensidad de generación de efluentes (IIGE)</i>	178
VITIVINÍCOLA 2	179
<i>Cargas contaminantes</i>	179
<i>Índice de Intensidad de generación de efluentes (IIGE)</i>	181
ACEITERA 1	183
<i>Cargas contaminantes</i>	183
<i>Índice de Intensidad de generación de efluentes (IIGE)</i>	185
ACEITERA 2	187
<i>Cargas contaminantes</i>	187
<i>Índice de Intensidad de generación de efluentes (IIGE)</i>	188
ACEITUNA DE MESA	190
<i>Cargas contaminantes</i>	190
<i>Índice de intensidad de generación de efluentes (IIGE)</i>	192
NUEZ	194
<i>Cargas contaminantes</i>	194
<i>Índice de Generación de Efluentes (IIGE)</i>	195
TOMATE	196
<i>Cargas contaminantes</i>	196
<i>Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE)</i>	198
<i>Recapitulación de cargas contaminantes de todas las agroindustrias</i>	199
<i>Recapitulación de IIGE de todas las agroindustrias</i>	200
CAPÍTULO 8	203
ECOTOXICOLOGÍA	203
<i>Raphanus sativus</i>	203
<i>Inhibición a la germinación y elongación de la radícula</i>	204
<i>Índices fitotóxicos</i>	204
<i>Daphnia magna</i>	205
<i>Coefficiente de correlación de Spearman</i>	206
<i>Análisis de componentes principales</i>	209
CAPÍTULO 9	210

<i>VULNERABILIDAD, CARGA CONTAMINANTE Y PELIGRO DE CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO</i>	210
<u>Vulnerabilidad del sistema acuífero</u>	210
Sustrato litológico	210
Ocurrencia del acuífero	212
Profundidad del agua	212
Vulnerabilidad intrínseca del acuífero libre	214
<u>Cargas contaminantes</u>	219
<u>Peligro de contaminación</u>	224
<i>CAPÍTULO 10</i>	226
<i>LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS EFLUENTES AGROINDUSTRIALES DEL VALLE ANTINACO-LOS COLORADOS</i>	226
Propuestas de gestión de efluentes agroindustriales	227
<i>En cuanto a la legislación</i>	227
<i>En cuanto al tratamiento</i>	228
<i>En cuanto a operaciones generales intra y extra industria</i>	228
<i>En cuanto a la vulnerabilidad y peligro de contaminación del agua subterránea</i>	229
<i>Particularidades de las agroindustrias</i>	230
VITIVINÍCOLA	230
ACEITERAS	230
ACEITUNA DE MESA	230
TOMATE	231
NUEZ	231
<i>CONCLUSIONES</i>	232
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	237
<i>ANEXO 1</i>	249
<i>ANEXO 2</i>	252
<i>ANEXO 3</i>	261
<i>ANEXO 4</i>	277

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio (Extraído de Miguel, 2015)	19
Figura 2. Macro sistema ambiental (Elaboración propia adaptado de Gallopin, 2003)	23
Figura 3. Fórmula de descarga vertedero triangular. Fuente: Oleaga et al., 2004	29
Figura 4: Fórmula del cálculo de carga contaminante. (Elaboración propia)	30
Figura 5. Flujos hidrológicos y procesos de recarga natural. Fuente: Oki y Kanae, 2006	32
Figura 6. Esquema de los tres componentes de los flujos de retorno de riego. Fuente: Aragüés	33
Figura 7: Metodología GOD. Foster e Hirata (2002)	34
Figura 8: Caracterización de la carga contaminante. Tomado y elaborado por Foster e Hirata, 1988	35
Figura 9. Peligro de contaminación del agua subterránea. Tomado y elaborado por Foster e	36
Figura 10. Esquema de diseño de un relleno de seguridad (Tomado de Miguel, 2009 citando al sitio	40
Figura 11. Proceso simplificado de la producción vitivinícola. Elaboración propia	49
Figura 12. Proceso productivo simplificado de la elaboración de aceite de oliva. Elaboración propia	54
Figura 13. Proceso productivo simplificado de aceituna de mesa verde. Elaboración propia	58
Figura 14. Proceso productivo simplificado de la producción de tomate. Elaboración propia	62
Figura 15. Proceso productivo simplificado del procesamiento de nuez. Elaboración propia	64
Figura 16. Aforador triangular °60 en cámara de aforo	69
Figura 17. Esquema de aforador triangular 60°	69
Figura 18. Aforo en vertedero de °60 en canal de tierra	69
Figura 19. Esquema de aforo con micromolinetete	70
Figura 20. Aforo con micromolinetete en canal de tierra	70
Figura 21. Esquema de aforo por método volumétrico directo	71
Figura 22. Puntos de aforo volumétrico	71
Figura 23. Esquema de aforo por método volumétrico indirecto	72
Figura 24. Aforo volumétrico indirecto por bomba de achique	72
Figura 25. Esquema de aforo por método volumétrico indirecto	72
Figura 26. Aforo volumétrico indirecto por Batch	72
Figura 27. Esquema de la metodología de muestreo	73
Figura 28. Toma de submuestras	73
Figura 29. Fórmula del cálculo de carga contaminante. (Elaboración propia)	75

Figura 30. Fórmula del cálculo de carga contaminante. (Elaboración propia)	75
Figura 31: Esquema de semilla germinada	76
Figura 32. Cajas de Petri sembradas para bioensayo con <i>Raphanus sativus</i>	77
Figura 33. Lectura de bioensayo con semillas de <i>Raphanus sativus</i>	77
Figura 34. Ecuación para estimar ICR	77
Figura 35. Ecuación para estimar IG	77
Figura 36. Selección de neonatos menores a 24 horas.	78
Figura 37. Bioensayo con <i>Daphnia magna</i>	78
Figura 38. Mapa de localización de principales agroindustrias del VCALC. Elaboración propia	82
Figura 39. Diagrama de flujo elaboración de vinos tintos. Elaboración propia	84
Figura 40. Fruta en el lagar y cinta transportadora	85
Figura 41. Escobajo	85
Figura 42. Bodega vitivinícola 1	85
Figura 43. Bodega vitivinícola 2	85
Figura 44. Remontado de vino	86
Figura 45. Descube	87
Figura 46. Prensa de vino	87
Figura 47. Borrás en filtro	88
Figura 48. Residuo de la filtración de borras	88
Figura 49. Máquina embotelladora	89
Figura 50. Vinos paletizados	89
Figura 51. Lavado de tanques	89
Figura 52. Recipiente graduado para el preparado de soluciones de limpieza	89
Figura 53. Cilindro separador de gruesos	90
Figura 54. Pileta de sedimentación	90
Figura 55. pileta de sedimentación 2	90
Figura 56. Cámara de toma de muestras y aforo	90
Figura 57. Arreglo provisorio en conducción	91
Figura 58. Utilización de manguera con baja presión	91
Figura 59. Pérdidas de producto en instalaciones	91
Figura 60. Cámara donde llegan los efluentes	92
Figura 61. Disposición de efluente en campo	92
Figura 62. Cauce del arroyo al que llegan los efluentes	92
Figura 63. Cinta elevadora sucia	92
Figura 64. Prensa sucia	92

Figura 65. Efluente de la limpieza del filtro al vacío	92
Figura 66. Purga filtro al vacío (en rojo)	93
Figura 67. Cámara rebalsada	93
Figura 68. Cámara tapada con orujo	93
Figura 69. Presencia de productos inusuales en canaletas	94
Figura 70. Manguera sin uso aparente	94
Figura 71. Rebalse de cuba	94
Figura 72. Producto derramado en piso	95
Figura 73. Limpieza de pisos e instalaciones	95
Figura 74. Diagrama de flujo de la industria elaboradora de aceite de oliva. Elaboración propia	97
Figura 75. Compacto de limpieza	98
Figura 76. Vibrofiltro – salida del decanter	98
Figura 77. Tolva de orujo	98
Figura 78. Hueso utilizado como combustible	98
Figura 79. Centrífuga vertical	99
Figura 80. Desborrado de tanque	99
99	
Figura 81. Graseras	99
Figura 84. Grasa en pileta de sedimentación	100
Figura 85. Grasa y aceite en laguna de evaporación	100
Figura 86. Descarga de camión cisterna para ser depositado en campo	101
Figura 87. Canal de efluente de agua de lavado	101
Figura 88. Limpieza del piso e instalaciones del patio	101
Figura 89. Decanter horizontal	102
Figura 90. Deshuesadora	102
Figura 91. Centrífuga vertical	102
Figura 92. Salida del efluente líquido en canaleta	102
Figura 93. Pileta de disposición de alperujo y efluentes líquidos	103
Figura 94. Vaciado de la pileta	103
Figura 95. Limpieza de instalaciones	103
Figura 96. Sólidos en el canal de evacuación	104
Figura 97. Canaleta con efluente líquido y alperujo	104
Figura 98. Canaleta con efluente líquido	104
Figura 99. Tanque de soluciones	105

Figura 100. Diagrama de flujo elaboración de aceituna de mesa verde. Elaboración propia	106
Figura 101. Línea de ingreso al proceso	107
Figura 102. Elevador de fruta hacia cocederas	108
Figura 103. Pulmón de descarte de efluentes de las etapas cocido y lavado	108
Figura 104. Playa de fermentación	108
Figura 105. Nodrizas – Fábrica de clasificado y maquinado-	109
Figura 106. Clasificado línea 1	110
Figura 107. Selector de defectos	110
Figura 108. Almacenamiento en bidones	110
Figura 109. fermentadores enterrados	110
Figura 110. Clasificado línea 2	111
Figura 111. Relleno de aceituna con pasta de morrón	111
Figura 112. sala de clasificado y maquinado	111
Figura 113. Balsa de evaporación	112
Figura 114. Cámaras de sedimentación –playa de fermentación-	112
Figura 115 y 116. Cámara donde confluyen efluentes de la fábrica	112
de maquinado y de aceite de oliva	112
Figura 117. Rebalse del pulmón de descarte	113
Figura 118. Rebalse de efluente en cámaras	113
Figura 119. Restos de hojas y aceitunas en cámaras.	113
Figura 120. Acumulación de grasas y sólidos en cámara.	113
Figura 121. Colmatación de cámara previo al bombeo de la balsa	114
Figura 122. Disposición de efluentes en terreno	114
Figura 123. Diagrama de flujo del procesamiento de nuez. Elaboración propia	115
Figura 124. Fruta en planta con pelón.	116
Fuente: Robles, J. 2018	116
Figura 125. Fruta en planta con pelón desprendido	116
Fuente: Robles, J. 2018	116
Figura 126. Ingreso de fruta a la planta	116
Figura 127. Primer lavado	116
Figura 128. Selección de fruta con y sin pelón	117
Figura 129. Centrífuga despelonadora	117
Figura 130. Hornos de secado	117
Figura 131. Homogenización de la temperatura	117
Figura 132. Calibradora de nuez	117

Figura 133. Línea de partido manual	118
Figura 134. Línea de partido mecánica	118
Figura 135. Embolsado a presión e inyección de nitrógeno	118
Figura 136. Embolsado para exportación	118
Figura 137. Primera cámara sedimentadora	118
Figura 138. Segunda cámara sedimentadora y bomba	118
Figura 139. Circulación de agua sin uso aparente	119
Figura 140. pérdida de agua de las maquinarias	119
Figura 141. Acumulación de sólidos y barro en canaleta	119
Figura 142. Pileta de sedimentación colmatada	119
Figura 143. Diagrama de flujo procesamiento de tomate para pasta. Elaboración propia	120
Figura 144. Descarga de tomate	121
Figura 145. Lavado de la fruta	121
Figura 146. Clasificación del tomate	122
147. Clasificación del tomate	122
Figura 148. Clasificación de tomates verdes y chicos	122
Figura 149 y 150. Envasado de la pasta de tomate	123
Figura 151. Generación de efluentes en descarga	125
Figura 152. Generación de efluentes por pérdidas	125
Figura 153. Generación de efluentes por pérdidas	125
Figura 154. Planta sedimentadora	125
Figura 155. Cilindro separador de gruesos	125
Figura 156. Rebalse de la pileta de sedimentación	126
Figura 157. Acumulación de sólidos y barros	126
Figura 158. Acumulación de sólidos y barros	126
Figura 159. Espacio de rejilla separación de sólidos	127
Figura 160. Bins colapsado	127
Figura 161. Submuestras correspondientes a la M8	133
Figura 162. Variación de organoléptica de las submuestras	167
Figura 163. Análisis de componentes principales	209
Figura 164. Información antecedente sobre perfiles geológicos en documento de Rocca, 1975	211
Figura 165. Interpretación de perfiles litológicos de aluvión moderno en Rocca, 1975	211
Figura 166. Mapa de profundidad del agua subterránea	214
Figura 167. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación	219

Figura 168. Criterios para la variable clase de contaminante (Foster e Hirata, 2002)	220
Figura 169. Criterios para la variable intensidad de contaminación (Foster e Hirata, 2002)	221
Figura 170. Criterios para la variable modo de disposición (Foster e Hirata, 2002)	222
Figura 171. Criterios para la variable duración de la carga contaminante (Foster e Hirata, 2002)	222
Figura 172. Peligro de contaminación del agua subterránea ponderado según Lexow et al. (2016)	224
Figura 173. Peligro de contaminación del agua subterránea sin ponderar según Foster e Hirata (1988)	224

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de vuelco de efluentes industriales. Decreto reglamentario 773/93. Provincia de La Rioja	43
Tabla 2. Parámetros de vuelco de efluentes industriales. Resolución 336/2003 - Anexo II. Provincia de Buenos Aires	45
Tabla 3. Parámetros de vuelco. Resolución 65/05 Reglamentación control de vertidos de líquidos residuales. Provincia de Catamarca	46
Tabla 4. Parámetros de vuelco. Decreto 847/16 de la Ley N°10.208 de la Provincia de Córdoba	46
Tabla 5: Composición y características de las aguas residuales generadas en los diferentes pasos de las fases de tres y dos fases. (Borja et al., 2006)	55
Tabla 6: Consumo de agua por etapas productivas y generación total de efluentes. (Kopsidas, 1992)	59
Tabla 7. Métodos para la determinación de parámetros físico químicos	74
Tabla 8. Cantidad de muestras compuestas por industrias	74
Tabla 9. Diluciones de las muestras sometidas a bioensayo en organismo terrestre	77
Tabla 10. Diluciones de las muestras sometidas a bioensayo en organismo acuático	78
Tabla 11. Rubro y cantidad de agroindustria	81
Tabla 12. Convenios de cooperación científica	81
Tabla 13. NCA de las agroindustrias	82
Tabla 14. Comparación de la gestión de residuos en aceiteras	104
Tabla 15. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Vitivinícola 1	128
Tabla 16. Valores estadísticos muestras compuestas. Vitivinícola 1	128
Tabla 17. Caudales por hora y día. Vitivinícola 1	130
Tabla 18. Valores estadísticos caudales. Vitivinícola 1	130
Tabla 19. Caudales promedios diarios y por campaña. Vitivinícola 1	131
Tabla 20. Parámetros físico-químicos muestras compuesta. Vitivinícola 2	132
Tabla 21. Valores estadísticos muestra compuesta. Vitivinícola 2	132
Tabla 22. Sólidos sedimentables muestras compuestas. Vitivinícola 2	134
Tabla 23. Caudales por segundo, hora y día. Vitivinícola 2	135
Tabla 24. Valores estadísticos de los caudales. Vitivinícola 2	135
Tabla 25. Caudales promedios diarios y por campaña. Vitivinícola 2	136

Tabla 26. Parámetros físico-químico de muestras compuestas año 2018. Aceitera 1	137
Tabla 27. Valores estadísticos muestra compuesta año 2018. Aceitera 1	137
Tabla 28. Sólidos Sedimentables Aceitera 1 (año 2018)	139
Tabla 29. Parámetros físico-químico de muestras compuestas año 2019. Aceitera 1	140
Tabla 30. Valores estadísticos muestra compuesta año 2019. Aceitera 1	140
Tabla 31. Sólidos sedimentables aceitera 1 (año 2019)	142
Tabla 32. Medias de muestras compuestas del año 2018 y 2019. Aceitera 1	143
Tabla 33. Resumen año 2018 y 2019 de solidos sedimentables. Aceitera 1	143
Tabla 34. Caudales diarios parciales año 2018. Aceitera 1	145
Tabla 35. Caudales diarios parciales año 2019	145
Tabla 36. valores estadísticos de los caudales generados en 2018 y 2019	146
Tabla 37. Promedio de caudales de los dos años	146
Tabla 38. Parámetros físico-químicos de muestras compuestas. Aceitera 2	147
Tabla 39. Valores estadísticos de muestras compuestas. Aceitera 2	147
Tabla 40. Sólidos sedimentables en muestras compuestas. Aceitera 2	149
Tabla 41. Caudales diarios medios. Aceitera 2	150
Tabla 42. Valores estadísticos de los caudales. Aceitera 2	150
Tabla 43. caudales promedios diarios y por campaña	151
Tabla 44. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Etapa de quemado	152
Tabla 45. Sólidos sedimentables muestras compuestas quemado	154
Tabla 46. Parámetros físico-químicos etapa lavado	154
Tabla 47. Sólidos sedimentables muestras compuestas lavado	155
Tabla 48. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Etapa de fermentación	156
Tabla 49. Sólidos sedimentables muestras compensadas fermentado	157
Tabla 50. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Etapa de clasificado y maquinado	157
Tabla 51. Sólidos sedimentables muestras compensadas clasificado y maquinado	159
Tabla 52. Caudales generados en etapa de quemado	159
Tabla 53. Caudales generados en la etapa de lavado	159

Tabla 54. Caudales generados en la etapa de fermentación	160
Tabla 55. Caudales generados en etapa de clasificado y maquinado	160
Tabla 56. Caudales anuales por etapas y total	161
Tabla 57. Parámetros físico-químicos muestras compuesta. Nuez	162
Tabla 58. Valores estadísticos muestras compuestas. Nuez	162
Tabla 59. Sólidos sedimentables de muestras compuestas. Nuez	164
Tabla 60. Valores de caudales en litros por segundo, hora y día. Nuez	165
Tabla 61. Valores estadísticos de los caudales. Nuez	165
Tabla 62. Caudal promedio por día y para el total de la campaña. nuez	166
Tabla 63. Parámetros físico-químicos de las 16 muestras compuestas. Procesamiento de tomate. Año 2019.	168
Tabla 64. Sólidos sedimentables de las 16 muestras compuestas. Procesamiento de tomate	168
Tabla 65. Valores estadísticos de las muestras compuestas. Tomate	169
Tabla 66. Caudales en litros por segundo, hora y día. Tomate	170
Tabla 67. Valores estadísticos de los caudales. Tomate	171
Tabla 68. Caudal promedio por día y para el total de la campaña del procesamiento de tomate	171
Tabla 69. Parámetros físico químico comparativos entre agroindustrias	172
Tabla 70. Promedios de sólidos sedimentables de las agroindustrias	174
Tabla 71. Resumen de caudales generados en las industrias por día y por campaña	174
Tabla 72. Cargas contaminantes muestras compuestas. Vitivinícola 1	176
Tabla 73. IIGE Vitivinícola 1	178
Tabla 74. Cargas Contaminantes muestras compuestas. Vitivinícola 2	179
Tabla 75. Valores estadísticos de Cargas Contaminantes kg día⁻¹. Vitivinícola 2	179
Tabla 76. IIGE por litro de vino producido. Vitivinícola 2	181
Tabla 77. Cargas contaminantes muestras compuestas. Aceitera 1	183
Tabla 78. IIGE año 2018 Aceitera 1	185
Tabla 79. IIGE año 2019. Aceitera 1	185
Tabla 80. Cargas contaminantes muestras compuestas. Aceitera 2	187
Tabla 81. Valores estadísticos y aportes del efluente. Aceitera 2	187
Tabla 82. IIGE por litro de aceite producido. Aceitera 2	188

Tabla 83. Cargas contaminantes medias de las etapas del procesamiento de aceituna de mesa	190
Tabla 84. Cargas contaminantes medias total anual	192
Tabla 85. IIGE por litro de aceite producido. Aceituna	192
Tabla 86. Cargas contaminantes kg día⁻¹ muestras compuestas 2018/2019. Nuez	194
Tabla 87. IIGE anuales. Nuez	195
Tabla 88. Valores estadísticos carga contaminante de muestras compuestas. Tomate	196
Tabla 89. Cargas contaminantes kg día⁻¹ muestras compuestas 2019. Tomate	197
Tabla 90. IIGE anual procesamiento de tomate.	198
Tabla 91. Cargas contaminantes de todas las agroindustrias	199
Tabla 92. IIGE de todas las agroindustrias expresados en g kg⁻¹ o L⁻¹	200
Tabla 93. Muestras compuestas empleadas en los bioensayos	203
Tabla 94. Puntos finales ecotoxicológicos e Índices de Toxicidad Rabanito (%)	203
Tabla 95. Puntos eco toxicológicos finales Daphnia magna	205
Tabla 96. Matriz de correlación (Spearman) parámetros físicos químicos y puntos finales ecotoxicológicos	208
Tabla 97. Criterios de la variable sustrato	212
Tabla 98. Criterios de la variable ocurrencia	212
Tabla 99. Criterios de la variable profundidad	213
Tabla 100. Valores de las variables GOD	214
Tabla 101. Ponderación de la variable intensidad de la contaminación	221
Tabla 102. Valores del ICC	223

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de SS entre muestras compuestas. Vitivinícola 1	129
Gráfico 2. Caudales expresados en L h ⁻¹ y L día ⁻¹ . Vitivinícola 1	130
Gráfico 3. Diagrama de caja iones mayoritarios vitivinícola 2	134
Gráfico 4. Sólidos sedimentables. Vitivinícola 2	135
Gráfico 5. Caudales expresados en L h ⁻¹ y L día ⁻¹ . Vitivinícola 2	136
Gráfico 6. Diagrama de cajas para los iones mayoritarios Aceitera 1 (año 2018)	139
Gráfico 7. Diagrama de cajas iones mayoritarios año 2019. Aceitera 1	142
Gráfico 8. Sólidos sedimentables E y S. Año 2018 y 2019. Aceitera 1	144
Gráfico 9. Caudales año 2018 y 2019. Aceitera 1	146
Gráfico 10. Diagrama de cajas iones mayoritarios. Aceitera 2	149
Gráfico 11. SS Aceitera 2	149
Gráfico 12. Caudales expresados en L h ⁻¹ y L día ⁻¹ . Aceitera 2	150
Gráfico 13. Diagrama de iones mayoritarios. Etapa de quemado	153
Gráfico 14. Diagrama de iones mayoritarios etapa de lavado	155
Gráfico 15. Diagrama de iones mayoritarios etapa de fermentación	157
Gráfico 16. Diagrama de iones mayoritarios. Etapa de clasificado y maquinado	158
Gráfico 17. Caudal anual (m ³) diferenciado por etapas. Aceituna de mesa	161
Gráfico 18. Diagrama de caja iones mayoritarios nuez.	164
Gráfico 19. SS año 2018 y 2019. Nuez	164
Gráfico 20. Caudales año 2019. Nuez	165
Gráfico 21. Diagrama de caja iones mayoritarios del procesamiento de tomate	170
Gráfico 22. Caudal expresado en L hora ⁻¹ y L día ⁻¹ . Tomate	171
Gráfico 23. Comparación entre concentraciones y CC. DBO ₅ y DQO. Vitivinícola 1	177
Gráfico 24. Comparación entre concentraciones y CC. Sólidos sedimentables. Vitivinícola 1	177
Gráfico 25. Comparación entre Concentraciones y CC de Conductividad Eléctrica. Vitivinícola 2	180
Gráfico 26. Comparación entre Concentraciones y CC de DQO. Vitivinícola 2	180
Gráfico 27. Comparación entre concentraciones y CC de ST y SV. Vitivinícola 2	181
Gráfico 28. Comparación entre año 2018 y 2019 de concentraciones y CC CE. Aceitera 1	184
Gráfico 29. Comparación entre año 2018 y 2019 de concentraciones y CC ST. Aceitera 1	184
Gráfico 30. Comparación entre concentraciones y CC de DBO ₅ y DQO. Aceitera 2	188
Gráfico 31. Comparación de CC entre las etapas del procesamiento de aceituna.	190
Gráfico 32. Comparación de iones entre las etapas del procesamiento de aceituna.	191

Gráfico 33. Comparación de concentraciones y CC de DQO y N. Aceituna de mesa	191
Gráfico 34. Comparación entre concentraciones y CC. Nuez	194
Gráfico 35. Comparación de concentraciones y CC de CE y ST. Tomate	196
Gráfico 36. Comparación del IIGE DBO₅ entre agroindustrias	200
Gráfico 37. Comparación del IIGE SS_{2hr} entre agroindustrias	201
Gráfico 38. Comparación del IIGE de Q entre agroindustrias	202

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En el siguiente apartado se introduce a la investigación a partir de la presentación del problema de investigación, los objetivos e hipótesis para finalizar con la naturaleza del aporte original de la tesis.

Problema de investigación

La actividad fruti-hortícola y agroindustrial es la de mayor relevancia productiva en el Oeste de La Rioja, donde las cadenas productivas olivícolas, vitivinícolas y frutícola (Nogal) representan el 36, 3 y 14 %, respectivamente, de la Producción Nacional (Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, 2018). El cultivo y procesamiento de vid, olivo, nogal y hortalizas -principalmente tomate- en el Valle Central Antinaco-Los Colorados (VCALC, en adelante) (*Figura 1*) se ha desarrollado desde su colonización aprovechando los exiguos caudales de ríos que fluyen desde las Sierras de Famatina y en menor medida de las Sierras del Velasco.

La producción tradicional, previa a la década de 1970, fue en un primer período acompañada –y posteriormente, parcialmente desplazada– por la instalación de Colonias Agrícolas que utilizaban agua subterránea. Con el inicio de estudios hidrogeológicos, la explotación del recurso hídrico subterráneo contribuyó a una ampliación de la frontera agrícola y una intensificación en los sistemas de producción que generan ingresos provinciales, por más de US\$ 231 millones (Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, op. cit.). Luego, en la década de 1990, las políticas provinciales y nacionales de diferimientos impositivos (Ley 22021/79) crearon las condiciones para la instalación de fincas modernas, principalmente asociadas a la producción de olivo, y en menor medida de vid, junto con agroindustrias de procesamiento. A partir de 2010, un nuevo modelo de agro empresas permitió el establecimiento de Sociedades Anónimas con Porcentaje del Estado Mayoritario (SAPEM) y grandes inversiones de empresas privadas, también asociadas a la producción de olivo y vid. Según el Informe Productivo Provincial (2018) más del 80% de las plantaciones del sector olivícola son nuevas, con un promedio de 15 años, destacando que la superficie implantada creció de 2.900 ha en el año 1988 a 24.800 ha en 2016, posicionando a la provincia como una de las principales productoras de olivo.

La mayoría de las industrias procesadoras se integran verticalmente con la producción primaria, donde el 3% de los establecimientos posee el 80% de la superficie, mientras que el 97% ocupa el 20% restante (asociado a regantes tradicionales y colonias agrícolas). Estos números dan cuenta de la configuración productiva de la provincia en las últimas décadas. Este crecimiento de la superficie cultivada y de la producción fue acompañado, no solo por un proceso de reorganización del territorio y de las relaciones que en él se forjan, sino también por el incremento de consumo

de materias primas e insumos y, en consecuencia, la generación de residuos sólidos, efluentes y emisiones.

Si bien en el VCALC, se evidencia un avance en los modelos de tecnificación de las labores productivas, éstas no se replican en el saneamiento de los residuos sólidos y líquidos que las actividades generan. En este contexto y, más de 40 años después de la aplicación de políticas de inversión y crecimiento en la provincia, la gestión de efluentes líquidos es una cuenta pendiente. Ésta externalidad negativa, considerada parcialmente en el modelo de desarrollo provincial y, con gran implicancia tiene el potencial de poner en peligro de contaminación el recurso hídrico subterráneo, principal fuente de suministro de agua para la producción y la población, amenazando la sustentabilidad del sistema productivo y el desarrollo regional.

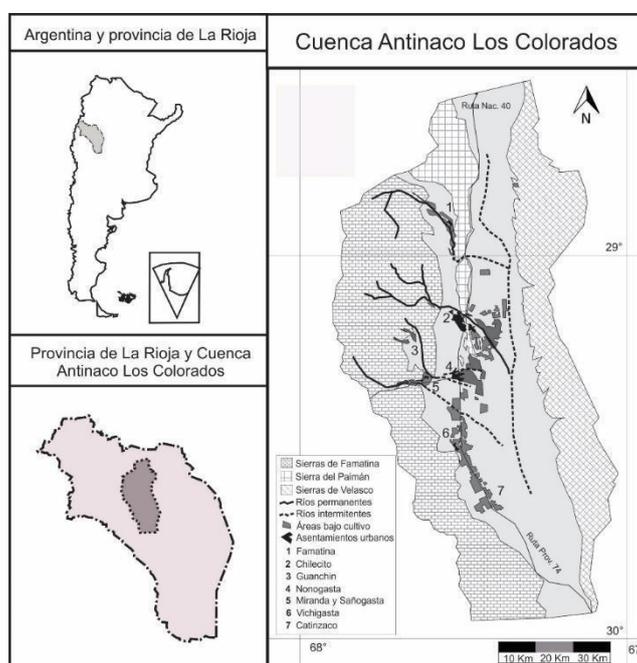


Figura 1. Ubicación del área de estudio (Extraído de Miguel, 2015)

En este contexto resulta relevante conocer los procesos productivos de las agroindustrias, las características físico-químicas de sus efluentes, los volúmenes de generación, las cargas contaminantes y evaluar el peligro de contaminación hacia el recurso hídrico subterráneo. Esta información es de utilidad para las empresas, en pos de desarrollar estrategias de tratamiento de efluentes y para las autoridades de aplicación en materia ambiental e hídrica de la provincia de La Rioja.

Los resultados aquí presentados se financiaron y desarrollaron en el marco de seis convenios con las empresas de mayor envergadura del Valle Antinaco-Los Colorados y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Catamarca La Rioja, Estación Experimental Agropecuaria Chilecito.

Objetivos

Objetivos Generales:

OG 1: Caracterizar los efluentes generados por las agroindustrias del Valle Central Antinaco – Los Colorados.

OG 2: Analizar la generación, manejo e implicancias ambientales de los efluentes agroindustriales sobre el recurso hídrico subterráneo y proponer estrategias de gestión integral de los efluentes en el Valle Central Antinaco – Los Colorados.

Objetivos Específicos:

OE 1: Identificar las agroindustrias que procesan vid, olivo, nogal y tomate en la Cuenca Antinaco–Los Colorados.

OE 2: Describir y caracterizar los procesos productivos de las agroindustrias de mayor relevancia del Valle Antinaco–Los Colorados con énfasis en la generación de efluentes y su manejo intra y extra industria.

OE 3: Estimar los caudales y caracterizar fisicoquímicamente los efluentes agroindustriales.

OE 4: Estimar las cargas contaminantes e índices de intensidad de generación de efluentes de las agroindustrias estudiadas.

OE 5: Evaluar la toxicidad en organismos acuáticos y terrestres causada por la exposición a efluentes agroindustriales.

OE 6: Analizar la vulnerabilidad y el peligro de contaminación del sistema hídrico subterráneo, en relación a la actual disposición de efluentes agroindustriales.

OE 7: Proponer estrategias de gestión integral de efluentes agroindustriales.

Hipótesis

Los efluentes agroindustriales olivícolas, vitivinícolas, nogaleros y de procesamiento de tomate en el Valle Central Antinaco-Los Colorados poseen características físico-químicas con altas cargas orgánicas, pH ácidos y básicos, presencia de sales y compuestos recalcitrantes, así como también efectos ecotoxicológicos significativos. Su actual manejo pone en extremo peligro de contaminación al recurso hídrico subterráneo y, en consecuencia, a la sustentabilidad del sistema agroindustrial, especialmente, en el área de las colonias agrícolas de Vichigasta y Cantinzaco.

Naturaleza del aporte original

La presente investigación presenta un carácter exploratorio, descriptivo y explicativo en pos de contribuir a una mirada integral a la generación de efluentes agroindustriales. En la mayoría de los trabajos antecedentes, presentados en el Capítulo 3, las caracterizaciones de los efluentes están orientadas a propuestas de tratamientos donde se analizan solo muestras puntuales que

desconocen su variabilidad a lo largo de la producción. Por lo tanto, los datos de efluentes son sólo una “foto” que caracteriza una mínima fracción de los efluentes generados.

El trabajo presenta una metodología robusta en cuanto al muestreo de los efluentes y la estimación de caudales, ya que considera la dinámica de los procesos productivos y sus escalas temporales. A su vez, las medidas de gestión que se proponen consideran la totalidad del proceso productivo, cuando la mayoría de los trabajos consultados recomiendan medidas y tratamientos sobre el efluente ya generado, desconociendo la importancia de la gestión intra-industria para minimizarlos o reducirlos.

Por otra parte, la investigación hace hincapié en la importancia de la utilización de conceptos, como el de carga contaminante que permitan salir de la visión parcial de considerar solo las concentraciones de parámetros claves para abordar el control y la gestión. Estos conceptos posibilitan la síntesis de información y la construcción de indicadores que aporten a una gestión ambiental integral de los procesos productivos.

Por último, la investigación estima el impacto en el medio a través de la intersección de los datos de la caracterización del efluente y la estimación de caudales, junto a la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero. De esta manera, se estima el peligro de contaminación del sistema hídrico subterráneo. Vale aclarar que, en la Argentina, no se encontraron trabajos para las regiones del NOA y Cuyo que aborden las relaciones existentes entre cargas contaminantes de las industrias características de la zona respecto del impacto en el recurso hídrico subterráneo, siendo este último clave en el desarrollo agronómico de la región.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y LEGAL

En el siguiente capítulo se desarrolla el marco teórico donde se detallan los principales supuestos para el desarrollo de la investigación, y se presenta el marco legal donde se exponen las regulaciones de los distintos niveles jurisdiccionales –nacionales y provinciales- pertinentes a la investigación.

Marco teórico

Ambiente y desarrollo sostenible

Históricamente el medio físico-natural constituyó el soporte de las actividades antrópicas, no solo como dador de recursos, sino también como sumidero de residuos. Como consecuencia de ello, a lo largo de los años, se acentuó su degradación llegando a su ápice a mediados del siglo XVIII, con cambios sociales, económicos y tecnológicos que confluyeron en sucesivas revoluciones industriales y se extendieron hasta principios del siglo XIX. Como resultado se acentuó la explotación de los recursos naturales, desarmonizando la relación entre la sociedad y el medio físico-natural (Gabutti, 2007).

A lo largo de los años, se han desarrollado distintas definiciones de ambiente, por un lado, Gallopin (1991) afirma la necesidad de un enfoque sistémico de ambiente, como un sistema socio-ecológico que engloba el análisis de diferentes subsistemas –social, económico, político, biológico, ecológico, físico-natural- lo cual conlleva a dimensionar las problemáticas ambientales desde escalas locales a globales considerándolas de multinivel. Por su parte, Leff (2006) menciona al ambiente como un campo problemático que engloba diversas ciencias con sus objetos propios y donde se reflexiona sobre las problemáticas ambientales desde las distintas disciplinas, habla de un saber ambiental orientado hacia los fines de la sustentabilidad, la equidad y la justicia social. Otra perspectiva es propuesta por García (2006) que plantea el estudio de los sistemas socio-ambientales desde la perspectiva de sistema complejos, considerando el conjunto de los elementos y procesos que intervienen dentro de un sistema y de sus subsistemas, sus interrelaciones e interacciones con otros fenómenos y/o procesos

Saavedra (2001) señala dos grandes cosmovisiones en torno al debate ambiental, por un lado, la cosmovisión antropogénica, que no cuestiona la relación de utilidad del humano con la naturaleza, deposita en la razón humana y el conocimiento científico las soluciones para revertir el daño causado en el ambiente, confiando en el progreso y el crecimiento económico como los pilares para garantizar la calidad de vida de toda la humanidad. Por otro lado, se encuentra la visión ecologista o biocéntrica, desarrollada por Aldo Leopold en 1949 como una nueva filosofía y ética,

que tiene por objetivo la preservación de la integridad ecológica del planeta, considerando al ser humano como una criatura más del sistema natural y no su conquistador.

Para la presente investigación, se considera la definición de Gallopín (2003) que define al ambiente como un macro sistema donde se interrelacionan dos grandes subsistemas: el ecológico (medio físico-natural) y el socio-económico, a partir de los cuales se establecen relaciones recíprocas entre las actividades humanas y su entorno; a su vez cada una de los subsistemas constituyen sistemas en sí mismos, que poseen elementos y estructuras inter e intra relacionadas (Figura 2).

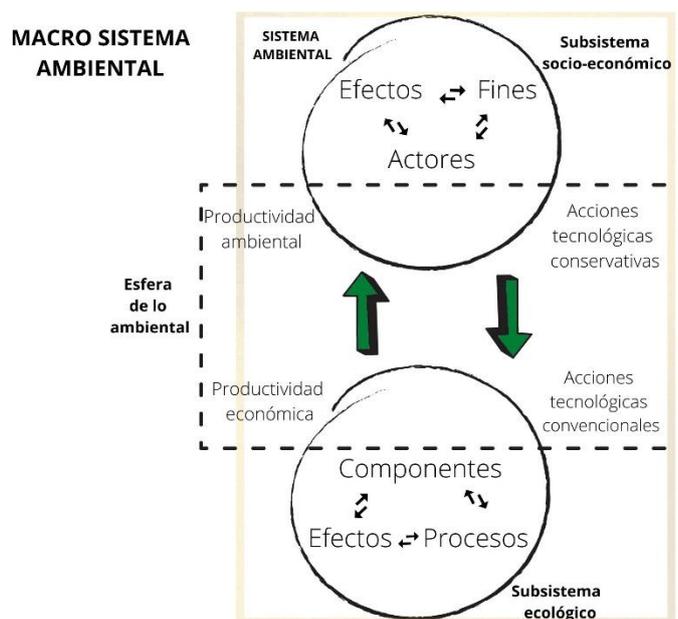


Figura 2. Macro sistema ambiental (Elaboración propia adaptado de Gallopín, 2003)

A nivel mundial, durante la década de 1960, con el nacimiento de los movimientos contraculturales, se impulsaron movilizaciones sociales donde las consignas se oponían a las prácticas políticas imperantes. En este contexto surge La Primavera Silenciosa de Rachel Carson, un libro que generó polémica y controversias sobre el uso de pesticidas químicos en plantaciones, su intención era alertar al público sobre los peligros asociados al uso de plaguicidas (Hayek, 2012). Como consecuencia de los desastres ambientales y el malestar social, los estados y sus gobiernos comenzaron a demostrar preocupación por el impacto de la explotación de los recursos naturales y abordar preguntas sobre el ambiente y el desarrollo. En 1972 se llevó a cabo la reunión de Naciones Unidas sobre Ambiente Humano, más conocida como la Conferencia de Estocolmo, donde se instaló el tema ambiental en la agenda mundial. Ya para el año 1987 se acuñó por primera vez el concepto de desarrollo sostenible, el Informe Brundtland o Nuestro Futuro Común lo definió como aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Brundtland, 1989).

Gudynas (2003) menciona otro aporte clave, el informe “Los límites del Crecimiento” de 1972 del Club de Roma, donde se proyectó lo que ocurriría en el año 2100 abordando cinco tendencias: la industrialización, el crecimiento demográfico, el acceso a los alimentos, el agotamiento de los recursos naturales y el deterioro del ambiente. Las conclusiones fueron alarmantes “Si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, el planeta alcanzaría los límites de crecimiento en el curso de los próximos 100 años. El resultado más probable sería un súbito e incontrolable descenso de la población como de la capacidad industrial” (Meadows et al., 1972).

20 años después de la Conferencia de Estocolmo, se celebró en Río de Janeiro la Cumbre de la Tierra, también conocida como Río 92, de ella surgió la Convención Marco por el Cambio Climático, el Convenio sobre la Biodiversidad Biológica y la Agenda 21 como un programa de acción para poner en práctica los principios de desarrollo sostenible. Diez años después se realizó en Johannesburgo la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible, también llamada Río+10, en ella se establecieron una serie de principios con carácter de declaración política para alcanzar el desarrollo sostenible y se propuso un plan de acción, en el que se indicó la reducción de indicadores de calidad ambiental para los años 2015 y 2020. Por último, vale mencionar Río+20, realizada en Río de Janeiro en 2012, teniendo como resultado el documento “El futuro que queremos”; la conferencia se enfocó en dos temas principales: la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza y el marco institucional para el desarrollo sostenible. Todas las cumbres han sido ampliamente criticadas debido a que, desde entonces, la explotación de recursos naturales, la degradación del ambiente y la inequidad social continúan en aumento (Guimarães y Fontoura, 2012). Finalmente, cabe mencionar que en el año 2015 se establecieron un conjunto de objetivos globales conocidos como Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS): incluyen 17 objetivos a los que se consideran integrados e interrelacionados, ya que las intervenciones en un área afectan los resultados en otras. Cada objetivo tiene metas específicas que deben ser cumplidas al año 2030. A los fines de esta investigación, los objetivos relacionados directamente son el ODS 6 –agua limpia y saneamiento- y el ODS 9 –industria, innovación e infraestructura- (PNUD, 2015).

Agroindustria y efluentes

Desde mediados del siglo XIX la cosmovisión imperante sobre las actividades ambientales fue la antropocentrista, donde la mayoría de los países apuntaban a nuevos despliegues industriales, proliferación de cultivos, tendidos de líneas férreas y diversificación comercial.

En este sentido, la agricultura se posiciona como una actividad histórica y pionera de la humanidad. Con el transcurso de los años y asociada a ella nace la “Agroindustria”, definida como

las actividades de manufacturación mediante las cuales se elaboran materias primas o productos intermedios derivados del sector agrícola, representando la transformación de productos procedentes de las producciones agropecuarias, forestales y pesqueras (Baker et al., 2013).

En general, cuando la actividad agroindustrial aumenta su capacidad de producción incrementa la generación de residuos sólidos y líquidos. Estos últimos son los llamados efluentes, haciendo referencia al agua que, luego de ser empleada en un proceso, cambia sus características físicas y químicas, por lo cual ya no puede ser utilizada sino es debidamente tratada, generando una contaminación del recurso que se ve afectado en su composición. De este modo, queda menos apto para los usos a los que va destinado y para los cuales sería apto en su calidad natural (CEE-ONU, 2014).

Diagnóstico ambiental

La presente investigación desarrollará un plan de diagnóstico ambiental que combinará uno o más instrumentos de medición para cumplir con los objetivos propuestos. Este diagnóstico permite definir entre las empresas, consideradas como generadoras, y el Estado, considerado como ente de control, una política de medidas ambientales que incite al desarrollo sostenible de los recursos y a la identificación de las posibles incidencias ambientales con el objetivo de remediarlas (Cando Pacheco y Fernandez Arguelles., 2018). Una de las herramientas utilizadas en el diagnóstico ambiental, es la auditoría ambiental diagnóstica. Se trata de un instrumento que permite evaluar el comportamiento ambiental de las industrias y comprobar el grado de cumplimiento de la normativa vigente. Las auditorías pueden ser parciales enfocadas en una parte del proceso productivo y el equipo auditor puede estar constituido de diversas maneras (Gómez Órea y De Miguel, 1994).

Parámetros físico químicos

Los efluentes de las agroindustrias olivícolas, vitivinícolas, nogaleras y de tomate se caracterizan por poseer pH ácidos y básicos, compuestos fenólicos y altas cargas orgánicas expresadas en medidas globales de la materia orgánica que abarcan muchos compuestos. El parámetro usualmente empleado es la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) que estima el contenido de sustancias degradables biológicamente en la muestra. Se determina midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua después de incubar una muestra durante 5 días a $20^{\circ}C$, en la oscuridad y con un pH entre 7-7,5. La DBO_5 constituye una oxidación llevada a cabo por microorganismos presentes en el efluente, a través de procesos metabólicos como la respiración aeróbica (Carducci et al., 2018). La Demanda Química de Oxígeno (DQO) estima la cantidad de materia susceptible de oxidación química. En este caso se sustituyen los microorganismos oxidantes por un fuerte agente químico oxidante. Constituye una oxidación rápida que indica la cantidad de sustancias susceptibles de oxidación que existen en el efluente,

tanto orgánicas como inorgánicas. El resultado expresa la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico utilizado en la reacción (Orozco Barrenetxea et al., 2003).

La relación entre los dos parámetros DBO₅/DQO permite evaluar la biodegradabilidad del efluente; se considera que valores superiores a 0,4 se corresponden con efluentes con una buena biodegradabilidad, lo que indicaría que los efluentes tienen un porcentaje de materia orgánica degradable que haría factible su tratamiento por métodos biológicos (Beily, 2015). Orozco Barrenetxea (2003) menciona que la relación DBO₅/DQO indica la naturaleza de los contaminantes orgánicos existentes en el agua y presenta una escala de valores: menores 0,2 presencia de contaminantes orgánicos no biodegradables; valores mayores a 0,6 señalan la presencia de contaminantes orgánicos biodegradables. A los efectos de esta investigación se considerará lo expuesto por Beily (2015).

Otro parámetro importante es la Conductividad Eléctrica (CE), que permite estimar la presencia de iones en disolución en el medio evaluado, traduciendo valores elevados en salinidad elevada. Para la diferenciación del contenido de sales del efluente también se determinan iones mayoritarios, diferenciados en aniones: sulfato (SO₄⁻), cloruro (Cl⁻) y bicarbonato (CO₃H⁻); y cationes: sodio (Na⁺), calcio (Ca⁺⁺), potasio (K⁺) y magnesio (Mg⁺⁺) (Carducci et al., 2018).

El pH es otro de los parámetros a medir en los efluentes, relaciona la concentración de protones en solución con el grado de acidez o alcalinidad de una muestra. La escala de los valores de pH va de 0 a 14. Los valores de pH inferiores a 7 indican acidez, los valores mayores a 7 indican alcalinidad y valor igual a 7 neutralidad (Carducci et al., 2018). Por otro lado, el pH es una propiedad de importancia para el desarrollo de la vida acuática. Si el agua supera los límites de pH entre 4,5 y 9 causa problemas en el suelo. Así un agua ácida aumenta la solubilidad de sales de hierro, aluminio, magnesio y otros metales que pueden resultar tóxicos para las plantas; y un pH muy básico puede inmovilizar algunos oligoelementos esenciales en la fisiología vegetal. (Orozco Barrenetxea, 2003).

La temperatura es un parámetro físico que también se determina en las caracterizaciones de efluentes, su valor influye en la velocidad de las reacciones químicas y en el desarrollo de la actividad biológica que tienen lugar en el proceso de depuración o en las áreas de vuelco. A bajas temperaturas disminuye la velocidad de los tratamientos biológicos y la sedimentación de sólidos. A medida que aumenta la temperatura de los líquidos disminuye la solubilidad del oxígeno y los procesos de aireación en los tratamientos resultan menos eficientes (Carducci et al., 2018).

Debido a las diferentes formas en que pueden encontrarse las sustancias en el agua, en la caracterización de efluentes se incluye la determinación de parámetros como la concentración de sólidos disponibles en una muestra. Así, se puede determinar la concentración de sólidos totales (ST), que se obtienen mediante evaporación de la muestra, y su fracción orgánica mediante la

determinación de la concentración de sólidos volátiles (SV). También es de utilidad para los diseños de sistemas de tratamiento la determinación de la concentración de sólidos sedimentables, que son aquellos que precipitan sin agregados de coadyuvante o agitación en un determinado período de tiempo, usualmente se utilizan a 2 minutos, 10 minutos y 2 horas (Orozco Barrenetxea, 2003). La determinación de los sólidos es un parámetro importante a la hora de aplicar un tratamiento físico al efluente, permite calcular el porcentaje de rendimiento de sedimentación de las plantas decantadoras, ajustar la masa de lodos a extraer de las mismas y ajustar los tiempos de permanencia del líquido (Carducci et al., 2018).

Una característica significativa de los efluentes agroindustriales es el contenido de compuestos fenólicos, importantes por su carácter antioxidante y recalcitrante a la degradación microbiana. El contenido fenólico de las aguas residuales de las agroindustrias depende del tipo de fruta empleada, su grado de maduración y del volumen de agua utilizado en el proceso de lavado, siendo este parámetro determinante en cualquiera de los procesos de tratamiento a aplicar para su purificación (Borja, 2006). La descarga de efluentes con fenoles en el suelo elimina la flora bacteriana responsable de la adecuación y disponibilidad de la materia orgánica para las plantas; a su vez el contenido de polifenoles dificulta el proceso biológico de depuración por la inhibición de la actividad de las bacterias (Paladino, 2008).

El nitrógeno es encontrado en la naturaleza en su forma inorgánica, en su forma oxidada como nitrito y nitrato, y orgánica en forma reducida, como amoníaco, amonio y gas (N_2). El nitrógeno de los efluentes agroindustriales a estudiar se encuentra en mayor proporción como nitrógeno orgánico, ya que provienen del procesamiento de frutos que poseen formas complejas como aminoácidos y proteínas. A partir de la mineralización, el nitrógeno orgánico puede ser transformado en nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-) pudiendo ser liberado al agua (Caputo et al., 2013). En condiciones de aportes excesivos de nitrógeno, principalmente en cuerpos cerrados como lagos y embalses, pueden sufrir procesos de eutrofización, donde la elevada concentración de nutrientes favorece el desarrollo excesivo de algas y plantas acuáticas, disminuyendo la concentración de oxígeno del cuerpo de agua lo que ocasiona el empobrecimiento de la biodiversidad del ecosistema en cuestión (Carducci et al., 2018). Por otro lado, la percolación de efluentes industriales que no son adecuadamente tratados y dispuestos, darán lugar a la formación de NO_3^- , que pueden contaminar al agua subterránea luego de atravesar la zona no saturada (Auge, 2004).

Otro parámetro a caracterizar en los efluentes agroindustriales, principalmente los generados en la producción de aceite de oliva y aceituna, es el contenido de grasas y aceites, presentes bajo la forma de ésteres de ácidos grasos y glicerina. A temperatura ambiente las grasas se encuentran en estado sólido y los aceites en estado líquido. Estas sustancias no son fáciles de biodegradar por lo

que, en las plantas de tratamientos de efluentes, son separadas mediante un desengrasador que trabaja por el método de separación de fases. Cuando estos compuestos se encuentran en exceso en cuerpos de agua, forman una capa superficial que resultan una barrera impermeable al aire, afectando el intercambio de gases con la atmosfera. Estos inconvenientes son de relevancia en las industrias generadoras de efluentes con aceites y grasas estudiadas en esta tesis, ya que el principal tratamiento que reciben es la evaporación del efluente a través de balsas, por lo que la presencia de estos compuestos impide el proceso evaporativo. Estos compuestos también pueden afectar los tratamientos de oxidación biológica y los procesos de coagulación y sedimentación, dado que los aceites pueden recubrir los flóculos, determinando que no sedimenten correctamente (Carducci et al., 2018).

Para la determinación de los parámetros mencionados se deben realizar muestreos, que consiste en extraer una porción de un universo con el propósito de estudiarlo, esta porción debe representar con la mayor exactitud posible el universo de procedencia. Se considera que una muestra es representativa cuando las concentraciones relativas de todos sus componentes sean iguales a las del universo de origen. La correcta realización del muestreo tiene una importancia fundamental en la caracterización de los efluentes, por ejemplo, la recolección de muestras compuestas – utilizada en esta tesis– se realizan en intervalos regulares de tiempos y luego se integran en una única muestra. La ventaja de este tipo de muestreo es que las características se reflejan en períodos de tiempo y no en un instante, como el caso de las muestras puntuales. La selección del punto de muestreo debe cumplimentar una serie de requisitos: representar la corriente que se quiera caracterizar, ser de fácil acceso y seguro para el quien muestrea y presentar un flujo de mezcla constante y turbulencia que favorezca la homogeneidad de la muestra. Es recomendable realizar un programa de muestreo para obtener muestras representativas del estado real del efluente, que cuente con un procedimiento normalizado en función de los objetivos y el alcance del trabajo que se pretenda realizar: elección del punto de muestreo, tipo de muestreo, frecuencia y períodos de muestreo, parámetros a determinar y métodos de análisis, condiciones de conservación y transporte de muestras (Carducci et al., 2018). En función del tipo de muestreo se pueden emplear diversos métodos de recolección, uno de los más utilizados es la toma de muestra simples que consiste en la recogida manual de las muestras con un envase con las que luego se arma una muestra compuesta.

Estimación de caudales

El caudal hace referencia a la cantidad de efluente que atraviesa una determinada sección en cierto período de tiempo, generalmente se mide en m^3/s (metros cúbicos por segundo), m^3/h (metros cúbicos por hora) o $\text{hm}^3/\text{año}$ (hectómetros cúbicos por año) (Ruiz de Galarreta y Rodríguez, 2013). Para la medición, el flujo de efluente debe estar encausado para establecer una sección

transversal de control, la cual se selecciona teniendo en cuenta algunas condiciones: no deben existir obstáculos sobre la corriente que alteren el paso del agua, las orillas del canal deben ser paralelas y se deben evitar secciones con excesiva turbulencia (Oleaga et al., 2004). Existen distintos métodos de aforo: volumétrico, vertedero o molinete, la selección de ellos dependerá de cómo se disponga el efluente.

Volumétrico: generalmente este método se utiliza para tuberías o canales abiertos, ya que se requiere la caída del efluente donde se pueda interponer un recipiente. Para la medición se necesita un cronómetro y un recipiente de volumen conocido, se toma un volumen de muestra y se mide el tiempo transcurrido desde que se introduce en la descarga hasta que se retira de ella, el proceso se repite al menos tres veces para evitar errores en la medición.

Así $Q = V/t$. Dónde: Q = caudal, V = volumen y t = tiempo (IDEAM, 2007).

Molinete: El molinete es un instrumento que mide la velocidad en un único punto, por tal motivo para realizar una estimación se deben realizar varias mediciones tanto en profundidad como en el ancho del canal. Existen dos tipos de molinete, vertical y horizontal. En los últimos años se ha perfeccionado la metodología con el llamado correntómetro o micromolinete, que consiste en una hélice y un cojinete protegido para la medición de la velocidad del agua, acoplado a un mango con sonda telescópica y una pantalla. El correntómetro muestra en la pantalla la velocidad real convertida en m/s. Para una medición adecuada, el tramo a medir debe ser un canal abierto, uniforme, de fácil acceso y sin fuertes turbulencias (Ortega Santillana, 2014).

Vertedero triangular: consiste en un canal de aproximación de sección rectangular en cuyo extremo se coloca una placa vertical delgada con una incisión en forma de V sobre la cual circula el flujo; este se ubicará de forma que su bisectriz este vertical y equidistante a las paredes del canal. El vertedero se instala en el momento del aforo cubriendo el ancho del canal de manera que todo el flujo se vea represado por el vertedero, de esta manera se puede medir la carga o cabeza (H) de la corriente sobre el vertedero. Entre la relación del área de pasaje y el nivel sobre la placa se obtiene una expresión para el caudal expresado en función del ángulo de abertura, la altura en la sección de medición y la altura del agua sobre el vértice de la incisión (*Figura 3*) (Oleaga et al., 2004).

$$Q = C_e \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot h_s^2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Figura 3. Fórmula de descarga vertedero triangular. Fuente: Oleaga et al., 2004

Q : caudal; α : ángulo de la sección de pasaje; C_e : coeficiente de descarga; g : aceleración gravitacional ($9,8 \text{ m/s}^2$); h : carga en la sección de medición; h_s : altura del agua sobre la sección de pasaje

Cargas Contaminantes

Las concentraciones de los parámetros físico-químicos no exponen por sí solas el nivel de contaminación. Por eso, resulta relevante el concepto de carga contaminante (CC), porque es una medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual (Rosa, 1998). Esta medida nos permite salir de la visión parcial de considerar sólo las concentraciones de efluentes, ya que las lecturas de estas resultan limitadas a los efectos de pensar en su gestión.

El cálculo de la CC considera dos valores en particular, la concentración del contaminante y los caudales generados. En la *Figura 4* se muestra la fórmula del cálculo.

$CC = V \times [...]$	CC: carga contaminante (g) V: volumen de efluente (m ³) [...]: concentración de analito (g/m ³)
-----------------------	---

Figura 4: Fórmula del cálculo de carga contaminante. (Elaboración propia)

Ecotoxicología

Para la estimación del impacto en los sistemas naturales, ya sea acuático o terrestre, se recurre a la ecotoxicología como la ciencia que integra la ecología y la toxicología para evaluar los efectos de las sustancias tóxicas en los ecosistemas con el objetivo de protegerlos (Truhaut, 1977).

La disposición final de los efluentes se realiza, comúnmente, en suelos o cuerpos de agua. Para evaluar la toxicidad que causan los vuelcos se utiliza el bioensayo como una herramienta que permite ponderar el efecto de una sustancia o una mezcla sobre un organismo y sus respuestas biológicas. A través del bioensayo se pueden evaluar potenciales impactos en el ambiente (Castillo, 2004). Entre los puntos finales ecotoxicológicos más utilizados, que se calculan a partir de la relación dosis-respuesta, se encuentran: (RC/IMTA, 2004)

- ✓ LC₅₀ (Del inglés Lethal Concentration₅₀) – Concentración letal media - Concentración que mata al 50% de los organismos expuestos.
- ✓ EC₅₀ (Del inglés Effective Concentration) Concentración a la que se manifiesta un efecto diferente a la mortalidad en un 50% de la población expuesta.
- ✓ NOEC (De inglés No observed effect concentration)– Máxima Concentración en la que no se observan efectos;
- ✓ LOEC (Del inglés Lowest observed effect concentration) – Mínima concentración de observación de efectos;

En este sentido, se evalúan especies terrestres y acuáticas que deben cumplir una serie de criterios: alta y constante sensibilidad a los tóxicos, alta disponibilidad y abundancia, estabilidad genética y uniformidad de las poblaciones, amplia distribución e importancia comercial, significancia ambiental en relación al área de estudio, facilidad de cultivo y adaptabilidad a las condiciones de

laboratorio. En muchos casos, no se cumplen la totalidad de los requerimientos, por lo que la persona que lleva a cabo la investigación dará mayor o menor relevancia a ciertos aspectos de selección (Sobrero y Ronco et al., 2004).

En plantas, los bioensayos de toxicidad evalúan el proceso de germinación de la semilla y el desarrollo de la planta en los primeros días de crecimiento. Para la evaluación de los efectos fitotóxicos se determina la inhibición de la germinación y la inhibición en la elongación de la raíz y del hipocótilo. La evaluación de estos efectos permite ponderar el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que, sin embargo, pueden retardar o inhibir los procesos de elongación de la raíz o del hipocótilo. Los bioensayos en organismos terrestres se realizan, mayormente, en especies importantes desde el punto de vista hortícola (lechuga -*Lactuca sativa*-, rabanito -*Raphanus sativus*-, cebolla -*Allium cepa*- etc.) (Sobrero y Ronco, 2004). Además, los bioensayos con semillas permiten la evaluación de la toxicidad de muestras con elevada turbiedad, sin necesidad de filtración previa, lo que reduce las interferencias de los pretratamientos, simplificando el procedimiento de la prueba (Sobrero y Ronco, 2004).

En organismos acuáticos, el bioensayo más utilizado es el del cladóceros *Daphnia magna*. Se selecciona este organismo debido a su amplia distribución geográfica, el papel que cumplen en la comunidad zooplanctónica, la facilidad de cultivo en el laboratorio, la reproducción partenogenética, asegurando la uniformidad de respuesta, y el corto ciclo de vida con la producción de un alto número de crías (Baez et al., 2004). El ensayo consiste en aplicar un volumen de muestra a neonatos menores de 24 horas de edad, por un período de 48 horas, al término del cual se cuantifica el número de organismos muertos o inmóviles, lo que permite establecer la proporción o porcentaje de mortalidad o inmovilidad producida (Baez et al., 2004).

Vulnerabilidad, peligro y contaminación del recurso hídricos subterráneo

En la presente investigación se indagará acerca de la contaminación del recurso hídrico subterráneo, ya que éste es la principal fuente de agua para el desarrollo del valle y es utilizada para irrigación, abrevado, uso industrial y consumo humano. En este sentido, se abordan los conceptos de acuífero, contaminación de acuíferos, vulnerabilidad y peligro de contaminación.

Al hacer referencia al recurso hídrico subterráneo es necesario hacer referencia al acuífero, entendiendo como el conjunto formado por la roca o sedimento que es capaz de almacenar y transmitir el agua con cierta facilidad y en cantidad suficiente como para abastecer una obra de captación (González et al., 1986).

Existen tres tipos de acuíferos: libres, semi-confinados y confinados. Los acuíferos libres, también denominados freáticos, son aquellos limitados en su base por rocas de baja permeabilidad y en su

techo por el nivel freático, marcando el límite entre la zona saturada y la no saturada. Estos acuíferos están en contacto directo con la atmósfera a través de la zona de aireación. Por otro lado, los acuíferos semi-confinados se encuentran limitados en su techo y/o en su base por capas semiconfinantes o acuitardas. Por otra parte, los acuíferos confinados están limitados en su techo y en su base por rocas de muy baja permeabilidad o capas confinantes, donde el agua contenida está a una presión mayor que la atmosférica (Ruiz de Galarreta y Rodríguez, 2013).

En la *Figura 5* se muestran los flujos hidrológicos y almacenamientos mundiales, con ciclos naturales y antropogénicos de diversas fuentes; la mayoría de estos procesos constituyen la recarga natural de los acuíferos (Oki y Kanae, 2006). Una vez que se recarga el acuífero, el desplazamiento del agua en el medio subterráneo se realiza por la diferencia de niveles energéticos, de zonas de mayor energía a zonas de menor energía, debido a que la energía del agua proviene de las diferencias de nivel y de presión (Davis y De Wiest, 1971).

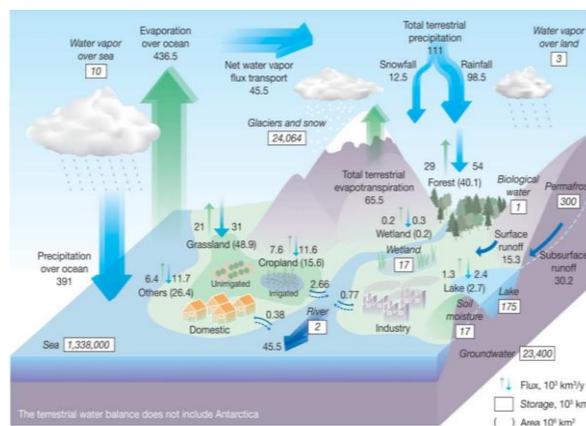


Figura 5. Flujos hidrológicos y procesos de recarga natural. Fuente: Oki y Kanae, 2006

Para explicar el movimiento del agua subterránea se emplea la Ley de Darcy para flujo laminar. Dicha ley se basa en una modelización en lecho de arena donde se determina que el caudal es inversamente proporcional a la longitud del camino recorrido y directamente proporcional a la pérdida de energía y a su coeficiente de permeabilidad, dependiendo de la naturaleza de la arena. De esta manera, se comprende la lentitud del movimiento del agua subterránea, explicando por qué la contaminación de acuíferos sucede tiempo después de que una acción contaminante, como una descarga de efluentes, se haya efectuado (Custodio y Llamas, 1976). Esta contaminación ocurre cuando la carga contaminante, generada por descargas o lixiviados, es dispuesta de manera no controlada, superando la capacidad natural de atenuación del suelo y la zona no saturada (Foster et al., 2003). De esta manera la carga contaminante percola, a través de la zona no saturada, hasta alcanzar la parte superior del acuífero, contaminándolo. Algunos procesos de contaminación de acuíferos se dan por la relación entre aguas superficiales y aguas subterráneas. Uno de ellos, es conocido como infiltración inducida o recarga inducida, ocurre cuando las disminuciones de los niveles de agua subterránea alrededor de pozos de bombeo crean un gradiente que captura

parte del flujo del agua superficial. A velocidades de bombeo suficientemente grandes, estas disminuciones inducen el flujo desde cuerpos de agua superficial, como lagos y lagunas, hacia el acuífero (Sophocleous, 2002). Otro medio posible de contaminación del sistema acuífero es a través de los flujos de retornos de riego. Éstos son una fuente de contaminación difusa y externa proveniente de la agricultura de regadío, la cual acumula sales y otros constituyentes en las zonas de raíces de los cultivos por lo que, una parte, tiende a ser exportada por las aguas de drenaje. Los componentes principales de los flujos de retornos de riego son tres: pérdidas operacionales de agua que se producen en los sistemas de distribución (canales, acequias), la escorrentía superficial de las parcelas y el drenaje subsuperficial (Aragüés Lafarga, 2013). La *Figura 6* muestra un esquema simplificado de estos tres componentes.

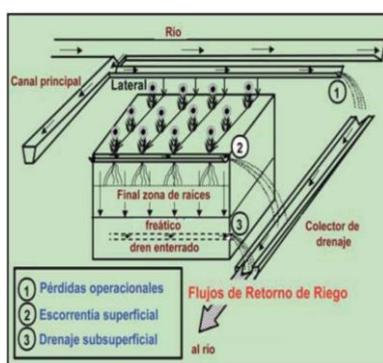


Figura 6. Esquema de los tres componentes de los flujos de retorno de riego. Fuente: Aragüés Lafarga, 2013

La contaminación de acuíferos es una problemática relevante debido a las dificultades que conlleva su remediación, ya que no sólo se altera el agua almacenada, sino también los sedimentos que constituyen el sistema (Foster et al., 2003).

A fin de contribuir a la estimación del peligro de contaminación de los acuíferos, se utilizará como herramienta de gestión de las actividades que se desarrollan en la superficie, la metodología GOD (Foster e Hirata, 1988). Esta metodología se simplifica en la *Figura 7* y utiliza tres factores que hacen referencia al acrónimo del nombre en inglés y representan la ocurrencia (G), el sustrato litológico (O) y la profundidad (D) del agua subterránea. GOD permite estimar, a través de parámetros de campo, la vulnerabilidad del sistema acuífero a la contaminación y permite determinar la carga contaminante. De la intersección de la vulnerabilidad y la carga contaminante, se determina el peligro de contaminación. Cabe destacar que existen numerosas metodologías para estimar el peligro de contaminación además de la metodología GOD, como GODs, DRASTIC, entre otras. No obstante, debido a limitaciones de información de características de suelo y complejidad del sistema acuífero es que se aplicará en esta Tesis la metodología GOD de Foster e Hitara (2002), para lo cual se desarrollan los conceptos claves para su comprensión.

Se entiende por vulnerabilidad a la propiedad intrínseca de un sistema hidrogeológico dependiente de la sensibilidad del sistema a impactos de origen natural y humano (AIH, 1994). Cuando se habla de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero, se intenta representar la sensibilidad de un acuífero a ser afectado en forma adversa por una carga contaminante impuesta. Dicha vulnerabilidad puede mapearse con facilidad y ser de utilidad para la toma de decisiones.

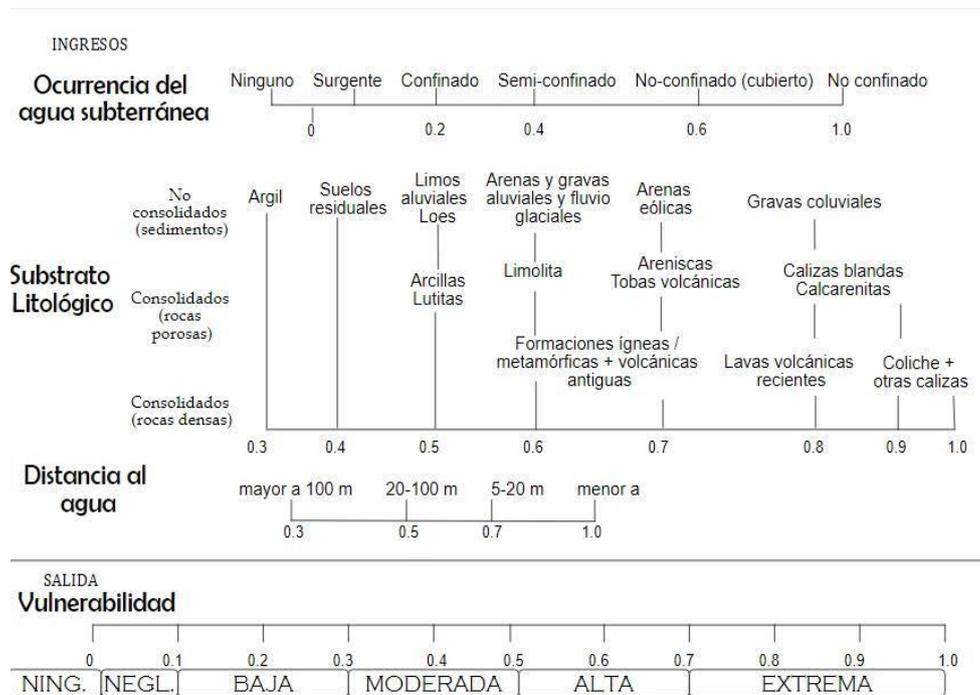


Figura 7: Metodología GOD. Foster e Hirata (2002)

La carga contaminante es entendida como aquella que se aplica o podría ser aplicada en el medio subterráneo como resultado de la actividad humana. Se explica en base al modo de disposición del contaminante y la carga hidráulica asociada. También se debe tener en cuenta la clase del contaminante en cuanto a su movilidad y persistencia (*Figura 8*).

Tanto la vulnerabilidad como las cargas contaminantes interactúan en el medio subterráneo determinando el peligro de contaminación del sistema hídrico subterráneo. En otras palabras, el peligro de contaminación del agua subterránea se da en la interacción entre la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero, consecuencia de las características naturales de los estratos que lo separan de la superficie del suelo, y la carga contaminante que se aplica o podría ser aplicada en el medio subterráneo como resultado de la actividad humana (*Figura 9*). La vulnerabilidad y la carga contaminante pueden superponerse en mapas, con el fin de facilitar la evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea (Foster et al., 2002).

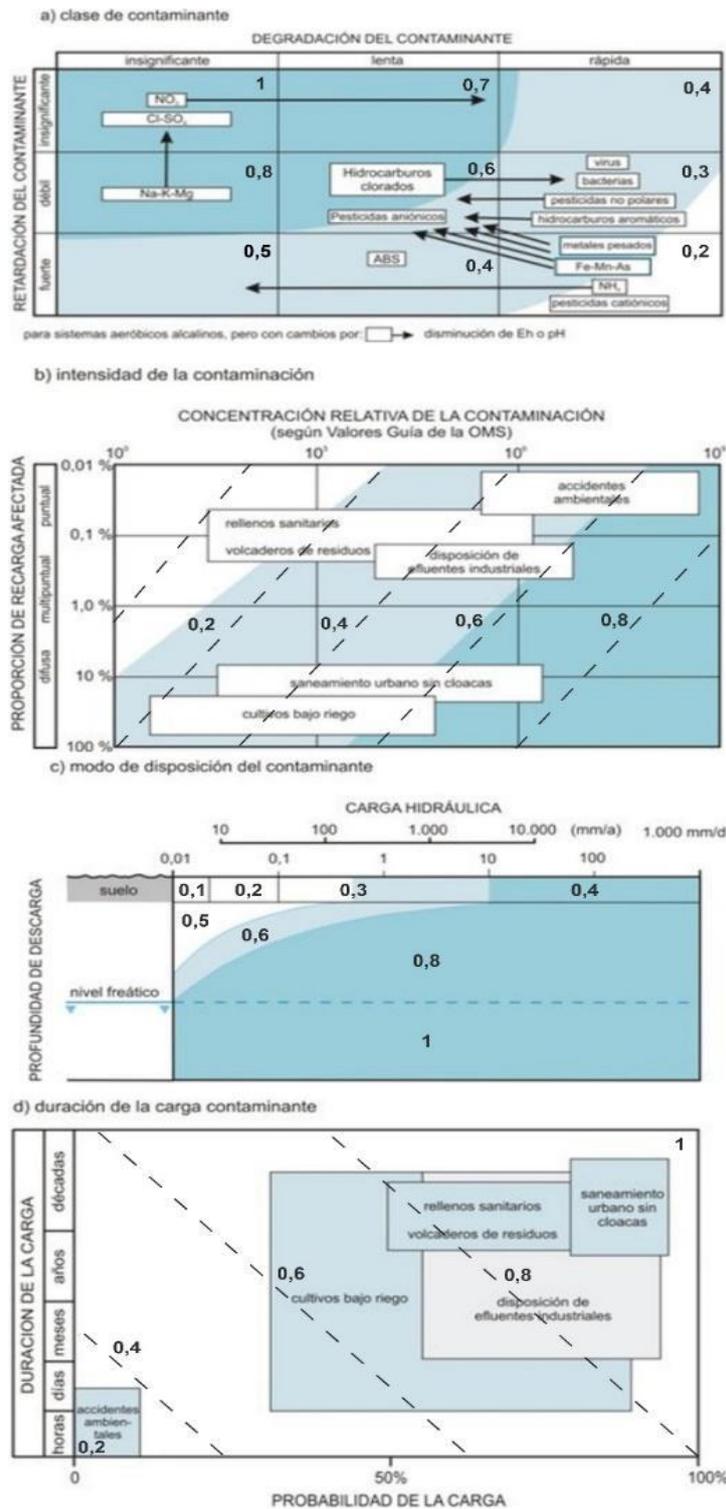


Figura 8: Caracterización de la carga contaminante. Tomado y elaborado por Foster e Hirata, 1988

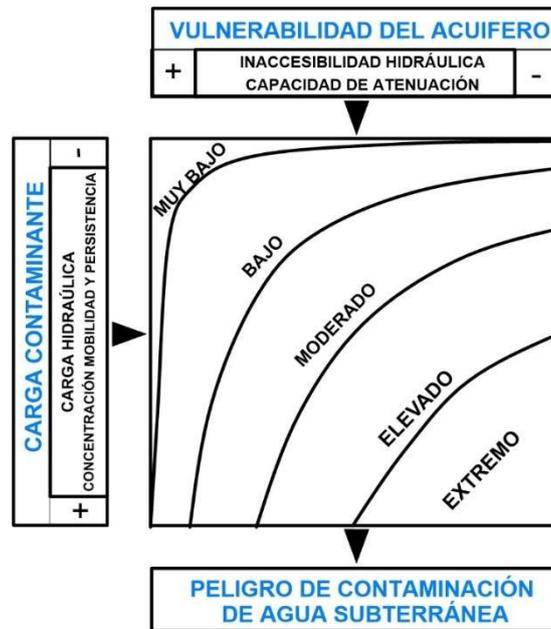


Figura 9. Peligro de contaminación del agua subterránea. Tomado y elaborado por Foster e Hirata, 1988

Herramientas de gestión

En la década del 90 comenzaron a difundirse estrategias que apuntaban a posibles soluciones para la generación de efluentes, en una primera instancia se enfocó en la minimización de la generación, luego en el tratamiento, y por último en la disposición final de los residuos y efluentes. Todas las herramientas tienen igual finalidad, integrar la reducción de la contaminación al proceso de producción e incluso al diseño de producto final (Fernández et al., 2005)

En los últimos años se ha avanzado en la valorización o transformación de residuos en subproductos, este procedimiento requiere de distintas etapas –pretratamiento, separación, extracción, purificación y formulación- que permiten obtener un subproducto estabilizado apto para su comercialización con distintas aplicabilidades (Polenta, 2016). Por ejemplo, en la industria de la elaboración de aceituna de mesa se ha avanzado en la recuperación de compuestos antioxidantes a partir de los efluentes generados por la industria (Borgo et al., 2014).

Otras de las medidas adoptadas fueron las políticas de producción más limpia, las cuales apuntan a aplicar una estrategia ambiental apoyada en la técnica para integrar a los procesos y productos con el fin de aumentar la eficiencia en el uso de materias primas, a través de la no generación, minimización y reciclaje de los residuos y efluentes generados, con reducción de los impactos en el medio físico-natural y económicos para las empresas. Estas políticas consisten en aplicar una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos y productos para aumentar su eficiencia y reducir riesgos en el ambiente (ONUDI, 2010)

Otra de las herramientas empleadas es la ecoeficiencia, definida como la producción de bienes y servicios a precios competitivos, planificando la producción con el objetivo primario de mejorar la competitividad, produciendo más con menos. El término busca la combinación de la eficiencia económica y ecológica. Junto con este término se emplea el de ecología industrial como una alternativa, bajo la cual, los sistemas de producción lineal se convierten en cíclicos imitando el comportamiento de los ecosistemas naturales promoviendo el cierre de ciclo de materia, con el objetivo de garantizar el desarrollo sustentable a cualquier nivel, relacionando e impulsando las interacciones entre los sectores económico, físico-natural y social (Cervantes et al., 2009)

En los últimos años ha cobrado importancia el enfoque de la economía circular, haciendo hincapié en el uso inteligente de las materias primas, cerrando el ciclo productivo y evitando los residuos. La perspectiva abarca tanto la producción como el consumo, innovando en distintas esferas socioeconómicas –empresas, gobiernos y consumidores finales- para introducir un modelo con una visión “verdaderamente” circular, que no se reduzca a las tradicionales medidas de minimización de externalidades (Carande Rodríguez, 2019).

Más allá de la estrategia utilizada por cada industria, es importante que dispongan de indicadores que permitan simplificar y cuantificar la información. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, 1993) define a los indicadores como un parámetro o valor derivado de otros parámetros dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado mayor que el directamente asociado con su propio valor. En este sentido, los indicadores ambientales constituyen un instrumento de utilidad para organizar, sistematizar, cuantificar, simplificar y comunicar información de distintos aspectos del medio, la cual resulta básica y fundamental para la toma de decisiones en el marco de la gestión ambiental (Cendrero, 1997).

Marco Legal Nacional

A continuación, se presenta el marco legal general en vinculación con la gestión de efluentes agroindustriales en el ámbito de la Constitución Nacional Argentina, Leyes Nacionales y Leyes Provinciales. Debido a la abundante legislación y sus artículos, decretos reglamentarios y sus modificaciones, se presentan aquí aquellos más relevantes.

Constitución Nacional Argentina

La República Argentina incluye la protección del ambiente en la Constitución, a partir de la Reforma Constitucional de 1994. En el artículo 41° establece que “todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo”. También menciona que el daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley; y las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambiental. A su vez, la ley compromete a la Nación a dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Asimismo, el artículo 43° dispone que toda persona puede interponer una acción de amparo en lo relativo a los derechos que protegen al ambiente.

Por su parte, el artículo 124° en su parte final indica que “corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”. Este último artículo hace referencia al dominio originario de las provincias sobre los recursos naturales existentes en su territorio, razón por la cual cada provincia puede efectuar el uso que considere de sus recursos hídricos para las actividades que allí se pretendan desarrollar, como puede ser agricultura, minería, industria, entre otras, sin cuestionamientos del Estado Nacional u otras provincias, siempre que no se vulnere lo establecido. Los efluentes agroindustriales gestionados de manera inadecuada pueden generar contaminación, ir en detrimento de los establecido en el artículo 41 y abre la posibilidad de interponer acciones de amparos, en base al artículo 43.

Ley Nacional 25.675: Ley General del Ambiente

Esta ley “establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable”. Es de destacar que la ley considera al ambiente como “bien jurídicamente protegido” de naturaleza colectiva.

En su artículo 2°, la Ley 25.675 indica que la política ambiental nacional deberá cumplir un conjunto de objetivos. A continuación se enuncian aquellos relacionados a la presente investigación: asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales en la realización de las diferentes actividades antrópicas; promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras; fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión; promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales; prevenir los efectos nocivos o peligrosos que las actividades antrópicas generan sobre el ambiente para posibilitar la sustentabilidad; promover cambios en los valores y conductas sociales que posibiliten el desarrollo sustentable, a través de una educación ambiental, tanto en el sistema formal como en el no formal; organizar e integrar la información ambiental y asegurar el libre acceso de la población a la misma; establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, mitigación de emergencias ambientales y recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental.

En su artículo 8° menciona los instrumentos de la política y gestión ambiental, entre los que incluye: el ordenamiento ambiental del territorio, la evaluación de impacto ambiental, la educación ambiental; el sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas; el sistema de diagnóstico e información del desarrollo sustentable.

Ley Nacional 24.051: Ley de Residuos Peligrosos

Presenta las disposiciones generales relacionadas a la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, definiéndolos como todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. En particular los mencionados en el anexo I y/o los que presenten característica del anexo II de la presente.

En el capítulo II establece la creación del Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos, en el que deberán inscribirse las personas físicas o jurídicas responsables de la generación, transporte, tratamiento y disposición final. Define como generador a toda persona física o jurídica que, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como peligrosos. Es obligación del generador inscribirse en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos.

Finalmente, define como planta de tratamiento a aquellas destinadas a la modificación de las características físicas, químicas y/o biológicas de cualquier residuo peligroso. Las plantas de disposición final son aquellos lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos peligrosos en condiciones exigibles de seguridad ambiental.

La Ley 24.051 a través del decreto 831/93 establece las categorías que abarcan los residuos peligrosos y que deben ser sometidas a control. El ítem Y.39 del anexo menciona como residuos peligrosos a las sustancias que contengan fenoles y compuestos fenólicos. A su vez, el anexo II menciona una lista de características peligrosas, entre ellas: explosivos, corrosivos, sólidos y líquidos inflamables, sustancias o desechos que en contacto con el aire o agua causen gases inflamables, tóxicos agudos, oxidantes, sustancias infecciosas, ecotóxicos.

Todos aquellos residuos que por sus características sean peligrosos deben ser sometidos a tratamientos y disposición final. Las plantas de disposición final son lugares acondicionados para el depósito permanente de residuos peligrosos en condiciones de seguridad ambiental (*Figura 10*).

Debido a esto, para ser aprobadas por el organismo de regulación, las plantas de disposición final deben cumplir ciertas características: estudios de impacto ambiental, estudios hidrogeológicos para evitar o impedir drenajes y la contaminación de fuentes de agua, permeabilidad del suelo no mayor de 1×10^{-7} cm/seg y una profundidad no menor a 150 centímetros tomando como nivel 0 la base del relleno, una profundidad del nivel freático de por lo menos dos metros contando desde la base del relleno. A su vez, el proyecto deberá contar con una franja perimetral destinada a la forestación y debe respetar la distancia a los centros urbanos según dicte la autoridad de aplicación. Los rellenos de seguridad, deben contar con una ingeniería civil que garantice la contención de los elementos que en él se dispongan no solamente durante “la vida útil del relleno”, sino que a su cierre debe garantizar su estanqueidad, cumpliendo requisitos de monitoreo de aguas subterráneas entre otros.

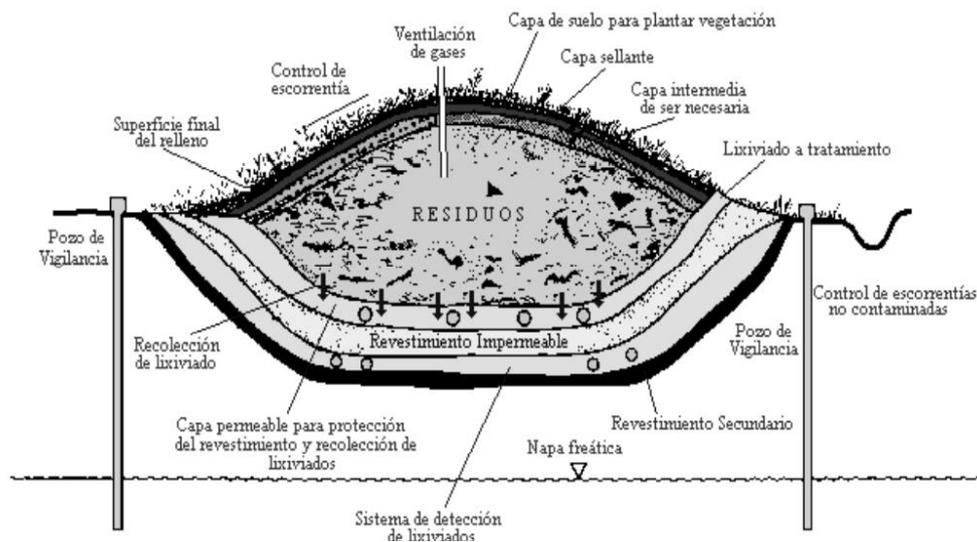


Figura 10. Esquema de diseño de un relleno de seguridad (Tomado de Miguel, 2009 citando al sitio web www.bvsde.paho.org/ Link actualmente no disponible)

Ley Nacional N° 25.688: Ley de gestión de aguas.

La presente ley establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. La ley considera a las cuencas hídricas como unidades ambientales indivisibles para la gestión del recurso, creando a su vez, los comités de cuencas hídricas interjurisdiccionales con la misión de asesorar a la autoridad competente en materia de recursos hídricos y colaborar en la gestión ambientalmente sustentable. En el artículo 7 se explicita que la autoridad nacional deberá determinar los límites máximos de contaminación aceptables para las aguas de acuerdo a los distintos usos, además, deberá fijar parámetros y estándares ambientales de calidad de aguas. La autoridad nacional también será responsable de elaborar el Plan Nacional para la preservación, aprovechamiento y uso racional de las aguas, que deberá explicar medidas necesarias para la coordinación de las acciones en las diferentes cuencas hídricas.

Marco legal provincial

Ley provincial 7.801: Medio Ambiente de La Rioja

Esta ley tiene por objetivo establecer los criterios y normas básicas destinados a conservar y mejorar el patrimonio ambiental, propiciar el uso sustentable de los recursos naturales y recuperar o regenerar los ambientes desertificados y/o contaminados, asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica, adhiriendo al artículo 66° de la Constitución Provincial. La autoridad de aplicación es la Secretaria de Ambiente de la provincia, quien debe organizar el Sistema Provincial de Información Ambiental el cual concentrará todos los datos físicos, biológicos, económicos, sociales y legales concernientes a la provincia. En el capítulo cuarto del Título V se detalla lo pertinente a la contaminación ambiental en cuanto al agua, suelo y atmósfera, prohibiendo la emisión o descarga que alteren las normas de calidad establecidas para cada compartimento. En el título XII hace referencia a la responsabilidad por daño ambiental el cual establece las normas sobre hechos o actos jurídicos, lícito o ilícitos que causen daño ambiental de incidencia colectiva. Establece que las personas físicas o jurídicas que causen dicho daño serán responsables de su restablecimiento al estado anterior a su producción.

Ley provincial 8.735: Residuos especiales/ peligrosos. Año 2010

A través de dicha ley la Provincia de La Rioja adhiere a la Ley Nacional 24.054 ya descripta y a su decreto reglamentario. A su vez crea el Registro Provincial de Generadores, Operadores y Transportistas de Residuos Peligrosos que estará a cargo de la Autoridad de Aplicación (Secretaría de Ambiente de la Provincia) o del organismo de su dependencia que ésta designe.

Ley provincial 4.741: Preservación del medio ambiente y su decreto reglamentario 773/93

Reglamenta lo pertinente a la depuración y fiscalización de las descargas de los efluentes líquidos industriales aplicando a todos los establecimientos industriales del ámbito de la Provincia. La ley entiende por cuerpo receptor, a la totalidad de las aguas superficiales y subterráneas y áreas de derrames existentes en el territorio de la Provincia, y considera al efluente líquido industrial como aquel que es eliminado por los establecimientos industriales, después de haber completado algún ciclo dentro de un proceso industrial, en alguna actividad principal o secundaria. Dicha ley prohíbe la descarga directa o indirecta de los efluentes líquidos, sin tratamiento depurador, a los cuerpos receptores del territorio provincial, y establece una multa por contaminación ambiental a aquellos establecimientos industriales que evacúen efluentes líquidos sin depurar. En su artículo 16 establece el canon por derecho de uso de los cuerpos receptores de agua que los establecimientos deberán abonar por utilizarlos como destino de sus descargas de efluentes. A su

vez, establece parámetros de vuelco diferenciados para cursos de agua, colectora cloacal, conducto pluvial, capa freática y terreno absorbente.

El decreto reglamentario establece como autoridad de aplicación a la Empresa Provincial de Obras Sanitarias (actualmente Aguas Riojanas) quien deberá efectuar el control y fiscalización de los establecimientos industriales. A su vez exige a los propietarios de los establecimientos la presentación de una declaración jurada anual en donde se especifique los planos de las instalaciones industriales destinadas al tratamiento de los líquidos residuales, industriales y cloacales, en conjunto con la solicitud de vuelco al cuerpo receptor y la memoria descriptiva de la industria. El decreto establece los parámetros de vuelco de efluentes industriales para distintos medios de disposición (cursos de agua, colectora cloacal, conducción pluvial, capa freática y terreno absorbente). En la *Tabla 1* se expresan los que se consideran relevantes para la investigación.

Tabla 1. Parámetros de vuelco de efluentes industriales. Decreto reglamentario 773/93. Provincia de La Rioja

PARÁMETROS	CUERPOS RECEPTORES				
	CURSOS DE AGUA	COLECTORA CLOACAL	CONDUCCIÓN PLUVIAL	CAPA FREÁTICA	TERRENO ABSORVENTE
pH	5,5 a 10	5,5 a 10	5,5 a 10	5,5 a 10	5,5 a 10
T°	< 40 °C	< 40 °C	< 40 °C	< 40 °C	< 40 °C
SS (10 min) ml/L	< 0,5	-	-	< 0,5	-
SS (2 hrs) ml/L	-	< 1	< 1	-	< 1
DBO (mg/L)	< 50	< 200	< 50	< 200	< 200
Sustancias fenólicas (mg/L)	< 0,05	< 0,20	< 0,5	< 0,5	< 0,20

Anexo I de la Ley 6.281 Marco Regulator del Servicio de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de La Rioja. Año 1996

Este Anexo regula el servicio de desagües cloacales incluyendo los efluentes industriales que el régimen permite que se viertan a desagüe cloacal. En su artículo 7 establece que la Ley N° 4.741 y su reglamentación no serán aplicable a las descargas industriales en la red cloacal, por lo tanto, los límites de vuelco a colectora cloacal presentados en la *Tabla 1* de esta tesis, no deben ser considerados como tal.

En su artículo 69 dispone que el ente regulador puede anular cualquier vertido de efluente cuando estos arrojasen cualquier sustancia contaminante prohibida en forma directa o indirecta en la red cloacal o en las tomas de agua natural, y a su vez clausurar todo tipo de establecimiento, previa intimación de cese de vertido. Si bien esta ley, no considera los parámetros de vuelco a colectora cloacal del decreto 773/93 mencionado anteriormente, no incluye nuevos parámetros a considerar en la descarga de efluentes industriales en el sistema cloacal, por lo tanto, en la legislación

provincial existe un vacío legal en cuanto a la disposición de efluentes industriales en colectoras cloacales.

En su artículo 78 determina que la competencia para el control de vertidos de efluentes industriales a cuerpos receptores, excepto a cloacas, corresponderá a la Administración Provincial del Agua actualmente Secretaría del Agua. Por último, aclara que no comprende los vertidos en la red cloacal, los cuales quedarán bajo jurisdicción del Ente Regulador y del Prestador, según lo establecido en el Marco Regulatorio.

Ley provincial 4.295: Código de Aguas. Año 1983

Este código y sus reglamentos rigen en lo pertinente al aprovechamiento de las aguas la conservación, defensa contra sus efectos nocivos, el uso y defensa de los álveos, las obras hidráulicas, y las limitaciones al dominio en interés de su uso en todo el territorio de la Provincia de La Rioja.

En el título II se enmarca lo respectivo a la contaminación, a través del artículo 187° se explica al agua contaminada como aquella que pueda propiciar cualquier causa peligrosa para la salud, inaptas para el uso que se les dé, perniciosas para el medio ambiente o la vida que se desarrolla en el agua o álveo o que, por su olor, sabor, temperatura o color, causen molestias o daños. En el artículo siguiente explica que la autoridad de aplicación deberá desarrollar un inventario de las aguas estableciendo su grado de contaminación que se registrarán en el catastro de aguas y será actualizado anualmente.

Finalmente explica que los alcances del mencionado título son aplicables a todas las actividades que puedan contribuir a deteriorar la calidad de las aguas en perjuicio de la salud de la población, de otros usos o del medio ambiente. Los costos de manutención de los sistemas comunes de disposición de efluentes, serán asignados a las explotaciones responsables, en proporción a la cantidad de efluentes que cada una de ellas vierta en los cauces o medios de disposición de efluentes.

Ley provincial 8.871: Política Hídrica Provincial. Año 2010

Como su nombre lo indica la presente ley establece la política hídrica de la Provincia de La Rioja que tiene por objetivo la gestión institucional del sector hídrico, a través del manejo unificado e integral de las aguas superficiales y subterráneas y todo lo referente al saneamiento de las mismas. El capítulo III de la presente se refiere a los sistemas de control, prevención y mitigación de la contaminación hídrica, y en el artículo 44° establece la creación del Instituto Provincial del Agua de La Rioja (IPALaR) quien deberá administrar adecuada y racionalmente los recursos hídricos de jurisdicción provincial. Cabe señalar que el Decreto Provincial 2/2019 deroga la función

ejecutiva del IPALaR y crea en su reemplazo la Secretaría del Agua en el marco del Ministerio de Agua y Energía.

Marco legal provincial anexo

En la investigación se tendrán en cuenta las legislaciones de otras provincias que, si bien no rigen para la provincia de La Rioja, complementan parámetros de vuelco más restrictivos y aportan a la aplicación de metodologías que hacen al comportamiento ambiental de las industrias.

Ley 11.459 de Radicación Industrial de la Provincia de Buenos Aires y su decreto reglamentario 1741/96.

De la presente ley se utilizará la metodología de categorización de empresas por su nivel de complejidad ambiental (NCA) que, según el artículo 9 de su decreto reglamentario, se obtiene a través de la evaluación de 5 variables de la industria (rubro, efluentes y residuos, riesgos, dimensión y localización). Este cálculo será de utilidad para diferenciar las industrias con NCA mayor a 25 puntos, en las cuales se profundizará la investigación.

Resolución 336/2003 Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires. Anexo II.

Establece los límites admisibles de las descargas de efluentes industriales de la Provincia de Buenos Aires. En el trabajo se utilizó con fines comparativos y como guía de parámetros que en el decreto 773/93 de la Provincia de La Rioja no existen, como nitrógeno y sulfato (*Tabla 2*).

Tabla 2. Parámetros de vuelco de efluentes industriales. Resolución 336/2003 -Anexo II. Provincia de Buenos Aires

PARÁMETROS	CUERPOS RECEPTORES		
	COLECTORA CLOACAL	PLUVIAL O CUERPO DE AGUA SUP.	TERRENO ABSORVENTE
pH	7-10	6,5-10	6,5-10
T°	< 45	< 45	< 45
SS _{10min} ml/L	Ausente	Ausente	Ausente
SS _{2hs} ml/L	< 5	< 1	< 5
DBO ₅ (mg/L)	< 200	<50	<200
DQO (mg/L)	< 700	< 250	< 500
Sustancias fenólicas (mg/L)	< 2	< 0,5	< 0,1
Sulfatos (mg/L)	< 1.000	NE	< 1.000
Nitrógeno total (mg/L)	< 105	< 35	< 105

Resolución 65/05 de la Secretaría del Agua y del Ambiente de la Provincia de Catamarca.

Establece el reglamento para el control del vertido de líquidos residuales y las condiciones de vuelco a las que se deben ajustarse los efluentes previo a su disposición final. En el trabajo se utilizó con fines comparativos y como guía de parámetros que en el decreto 773/93 de la Provincia de La Rioja no existen, como sulfato y cloruro (*Tabla 3*).

Tabla 3. Parámetros de vuelco. Resolución 65/05 Reglamentación control de vertidos de líquidos residuales. Provincia de Catamarca

PARÁMETROS	CUERPOS RECEPTORES	
	COLECTORA CLOACAL	PLUVIAL O CUERPO DE AGUA
pH	6-9	6 - 8,5
T°	< 45	< 30
SS _{10min} ml/L	Ausente	Ausente
SS _{2hs} ml/L	< 10	< 1
DBO ₅ (mg/L)	< 250	< 50
DQO (mg/L)	< 350	< 80
Sustancias fenólicas (mg/L)	< 0,5	< 0,05
Sulfato (mg/L)	< 400	< 400
Cloruro (mg/L)	< 700	< 700

Decreto 847/16 de la Ley N°10.208 de la Provincia de Córdoba. Reglamentación de estándares y normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico provincial.

Establece los mecanismos de control, fiscalización y seguimiento de las actividades vinculadas a la gestión en materia hídrica. Además, fija estándares tecnológicos y ambientales para los vertidos de efluentes líquidos a cuerpos receptores del dominio público de la Provincia de Córdoba, promoviendo el uso de los recursos hídricos con visión de sustentabilidad (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros de vuelco. Decreto 847/16 de la Ley N°10.208 de la Provincia de Córdoba

PARÁMETROS	CUERPOS RECEPTORES		
	CURSOS DE AGUA	COLECTORA CLOACAL	POZO ABSORVENTE
pH	6 a 9	5,5 a 10	5,5 a 10
T°	< 40 °C	< 40 °C	< 40 °C
SS _{10min} ml/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5
SS _{2hs} ml/L	< 1	-	< 1
DBO ₅ (mg/L)	< 30-40	< 200	< 150
DQO (mg/L)	< 250	< 500	< 350
Sustancias fenólicas (mg/L)	< 0,05	< 0,5	< 0,20
Sulfatos (mg/L)	< 500	< 400	< 500

CAPÍTULO 3

ANTECEDENTES

En el siguiente capítulo se presentan los antecedentes del área de estudio y de las producciones estudiadas, de las cuales se desarrolla el contexto productivo, la generación de efluentes líquidos y los impactos en el medio.

Del área de estudio

El Valle Central de la Cuenca Antinaco-Los Colorados (en adelante VCALC) se caracteriza por su importancia productiva en la provincia de La Rioja. Los principales cultivos, todos desarrollados bajo irrigación, son el olivo, vid, nogal y otros frutales de menor importancia y la horticultura

Los límites naturales de la cuenca lo establecen al Oeste las Sierras de Famatina y al Este las Sierras del Velasco. El límite Norte se localiza en la localidad de Pituil, con un marcado cambio en las pendientes, mientras que el límite Sur lo determina la formación Los Colorados. El tramo comprendido entre las localidades de Famatina y Nonogasta se encuentra subdividido por un cordón de rocas ígneas denominado Sierras del Paimán (Miguel et al., 2015).

El clima en la cuenca es de tipo árido, seco, con temperaturas máximas medias en el mes más cálido de 34°C y mínimas de 19°C, y en el mes más frío registra máxima media de 18°C y mínima media de 2°C, con dos épocas claramente diferenciadas, la estival lluviosa (precipitación media de 43,9 mm para el mes más húmedo) y la invernal seca (precipitación media 1 mm para el mes más seco) (SMN, 1988-2010). La precipitación en el valle es variable con un gradiente Oeste-Este, hacia las cumbres de las Sierras de Famatina las precipitaciones medias anuales superan los 500 mm, en el centro del valle son inferiores a 100 mm (Bianchi et al., 2006) y hacia las Sierras del Velasco la información es escasa, aunque de acuerdo a datos aportados por los consorcios de riego serían inferior a 50 mm. Según Costa y Minetti (2001) la evapotranspiración potencial media anual de Chilecito es de 1.193 mm y la precipitación media anual de 192 mm con variaciones entre 57,4 mm (año seco) y 325, 5 mm (año húmedo) lo que determina un déficit hídrico a lo largo de todo el año.

En cuanto a la geomorfología, todo el VCALC presenta una marcada influencia tectónica dada por las fallas en las Sierras del Famatina, Velasco y Paimán que, originalmente, constituyeron una gran fosa rellena por materiales aluviales del terciario y cuaternario. Los sedimentos, provenientes de la meteorización de los afloramientos, fueron arrastrados y depositados por el agua superficial formando abanicos de deyección que unidos entre si forman planos inclinados hacia el centro de la cuenca, sucediendo en terrenos de sedimentos más finos (Victoria, 1962). Trabajos desarrollados por Osella et al., 1994 y 1999 dan indicios de rellenos sedimentarios

superiores a 3.500 m de espesor. Sin embargo, sólo los primeros 500 m del relleno corresponderían a materiales del cuaternario, los cuales almacenan agua de buena calidad. Las investigaciones de Sosic 1971, García, 2011 y Miguel et al., 2016 coinciden en un sistema acuífero multicapa donde los niveles se encuentran conectados con la atmósfera. No obstante, ensayos de bombeo indican la posibilidad de acuíferos semi-confinados hacia el área distal de los conos aluviales donde se han depositado materiales más finos.

Parte de los cultivos satisfacen su necesidad hídrica con caudales aportados desde las Sierras de Famatina y en menor medida por las Sierras del Velasco. Los sistemas productivos que riegan con agua superficial corresponden a productores tradicionales del minifundio, de pequeñas escalas y, mayormente, vinculados a la agricultura familiar. Sin embargo, la mayor parte de la producción se riega con agua subterránea extraída desde el sistema acuífero Antinaco-Los Colorados por medio de una red de pozos profundos accionados por electrobombas. Los regantes que utilizan agua subterránea corresponden a sistemas productivos de colonias agrícolas (décadas de 1960-70), diferimientos impositivos (años 1990), empresas SAPEM (de 2006, en adelante) y nuevas inversiones de agronegocios (2010, en adelante). Los pozos de bombeo del área que extraen agua para riego presentan profundidades entre 120 y 250 metros alumbrando múltiples capas acuíferas (Miguel et al., 2015). En trabajos anteriores (Poblete y Guimaraes, 2006 y Miguel et al., 2016) se advierte la presencia de nitratos y salinidad elevada en pozos de bombeos hacia el sur de la cuenca, principalmente en las localidades de Vichigasta y Catinzaco, infiriendo procesos de contaminación antrópica por retornos de riego o bien por descargas de efluentes agroindustriales. Cabe destacar que estos pozos se asocian a los perforados en las colonias agrícolas en los años 1970, los cuales han sido perforados hasta alrededor de 100 m con niveles estáticos en la actualidad de ≈ 50 m.

De las producciones

-Vitivícolas

Contexto productivo

Según el Censo Nacional Agropecuario 2018, la República Argentina posee una extensión superficial de 181.578 hectáreas cultivadas con vid, del total de provincias, 18 registran cultivos de vid. La provincia de Mendoza es la principal productora (70%) seguida por San Juan (21,4%) y La Rioja (3,6%), con una superficie implantada de 7.066 hectáreas. En el VICALC, donde se desarrolla la mayor parte de la viticultura provincial, se advierte en los últimos años un aumento en la superficie de variedades aptas para el consumo directo y la elaboración de pasas. No obstante, la matriz productiva de la provincia de La Rioja es mayormente de variedades para la elaboración de vinos y mostos (INV, 2018).

El mercado interno de vinos alcanzó en 2018 una comercialización de 8.396.018 hectolitros. La participación de La Rioja en las ventas es del 2,3%, formando parte de las cuatro provincias que totalizan las ventas del mercado interno (INV, 2018).

En cuanto a las exportaciones, para el año 2018 del total de productos vitivinícolas exportados el 78% corresponde a vinos –con un volumen de 2.753.574 hectolitros-, el 14% a mostos y el 9% restante a uvas para consumo en fresco y pasas. La participación de exportaciones de la provincia de La Rioja para el año 2018 fue de 65.971 hectolitros lo que corresponde a 13.343 millones de dólares (INV, 2018).

Generación de efluentes e impactos en el medio

En la *Figura 11* se presenta un diagrama simplificado del proceso productivo del vino, a fin de contribuir al entendimiento de los procesos que se mencionan en éste capítulo de antecedentes.



Figura 11. Proceso simplificado de la producción vitivinícola. Elaboración propia

La producción de vino está acompañada por la generación de un importante volumen de residuos sólidos y líquidos. Una característica particular de ellos es su estacionalidad, concentrándose los mayores caudales en el período de la vendimia que coincide con los meses de febrero y marzo.

Christ y Burrit (2013) enumeran las principales problemáticas ambientales que deben enfrentar las bodegas, encabezando la lista el uso y calidad del agua, seguido por residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, uso de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, uso de químicos, uso del suelo e impacto en los ecosistemas. El consumo del agua dependerá del área geográfica en la que se localiza la industria, el tamaño de la organización y el método de producción. Aproximadamente, el 70% del consumo de agua en las bodegas se convierte en efluentes, caracterizados por bajos pH, sulfuro y sodio y alta carga orgánica. Una de las principales problemáticas que encuentran las bodegas, es la generación de datos de los procesos generadores

de efluentes y su composición. Esta situación conlleva a un desconocimiento de las buenas prácticas de manufactura y a una inadecuada disposición de los efluentes que usualmente son dispuestos en el suelo o vertidos directamente a cursos de agua afectando las relaciones entre los distintos compartimentos ambientales. Estas situaciones requieren el desarrollo de estrategias y enfoques ambientales individuales para cada particularidad de las industrias.

Los aspectos más importantes de estos efluentes son el contenido de agua, la concentración de sales inorgánicas, compuestos orgánicos y pH. La principal fuente de generación proviene de las etapas de lavado, generalmente el agua utilizada en las bodegas es subterránea, por lo que es importante su calidad, principalmente los valores de conductividad eléctrica, ya que las aguas sobrecargadas de iones producen efluentes que deberán ser tratados para eliminar el exceso de contenido salino si desea ajustarse a los parámetros de vuelco (González et al., 2003).

Según Hidalgo Togores (2011) la proporción de agua que se utiliza en la industria vinícola ronda alrededor de 2-4 L por kilo de uva procesada. La distribución del consumo de agua durante el año depende del tipo de actividad vinícola que se realiza en la bodega. En la etapa de vendimia y descube se consume el 40-50%, durante fermentación y crianza de vinos, entre 25-35% del consumo y embotellado, entre 15-25% del consumo. Fernández (2007) sostiene que en la vendimia se generan 67% del volumen total de efluentes (2/3), además de ser el período con mayor carga orgánica. El resto del año registra cargas menores relacionadas a operaciones de lavado. La proporción de aguas residuales / vino producido fue de aproximadamente 1,6–2 L/L y la relación entre la contaminación y el vino producido fue de 9,7 kg DQO/m³ vino. En otro estudio, Flores et al., (2020) estudiaron tres bodegas con distintos tratamientos estableciendo que el caudal generado total oscilaba entre 1.400 m³ y 4.832 m³ al año, donde aproximadamente la mitad del caudal correspondía a la vendimia.

Durante la cosecha, el incremento del jugo de la uva en los efluentes aumenta las concentraciones de potasio, llegando hasta 1.000 mg L⁻¹, acompañado de mayores concentraciones de sodio provenientes de las etapas de saneamiento, por el uso de soda cáustica. Generalmente, los efluentes de bodega son tratados en estanques de aireación para remover los compuestos orgánicos, que aumentan la DBO₅. El pH es neutralizado y gasificado para cumplir con la DBO₅ que tolera la bacteria encargada de romper los orgánicos pesados y convertirlos en amonio o nitrato. Cuando estos tratamientos no se aplican y se reutiliza el efluente rico en sodio y potasio para riego, genera impactos negativos en la estructura del suelo, ya que al ser cationes monovalentes pueden desplazar a cationes divalentes, como calcio y magnesio. Esto decanta en la hinchazón y dispersión de las capas de arcilla y el debilitamiento de la estabilidad estructural del suelo, pudiendo reducir la conductividad hidráulica y los radios de infiltración de agua y el oxígeno de la matriz del suelo, generando condiciones anóxicas que afectan el crecimiento de las

raíces. Además, aplicaciones prolongadas pueden producir concentraciones de sodio y potasio cerca de la superficie del suelo debido a la evaporación del efluente. Los efluentes seguros para riego son aquellos que contienen menos de 50 mg L⁻¹ de nitrógeno y conductividades menores a 40 ds m⁻¹ (Hirzel et al., 2017).

Hidalgo Togores (2011) especifica que no se debe permitir la incorporación directa de las aguas residuales de las bodegas a las estaciones depuradoras de la población, ya que al tratarse de industrias de campañas con aportes fluctuantes y con tipos de vertidos de características diferentes puede suceder que se altere gravemente la flora microbiana de la depuradora y afectar su funcionamiento temporalmente. Es preciso realizar un tratamiento de depuración previo, que regule el aporte del vertido y acondicione el efluente que ingresa a la depuradora.

Ugarte et al. (2000) tipifican los efluentes líquidos según la etapa en que son generados. Durante la molienda los principales efluentes provienen de las aguas de lavado de lagares, equipos de molienda y pisos. Estas operaciones pueden producir efluentes continuos, durante toda la jornada de trabajo, o bien de tipo intermitente, una o dos veces al día. Las características predominantes de estos efluentes son el elevado contenido de materia orgánica y de sólidos disueltos, fundamentalmente volátiles que son, justamente, la principal causa de la elevada DBO₅. También resultan de importancia la presencia de sólidos sedimentables. En cuanto a la fracción fija de los sólidos disueltos es del orden del 35% y ocasiona una conductividad eléctrica que puede considerarse moderada. Otra característica es un pH ácido debido a la acidez natural del jugo de uva. En cuanto a los contenidos de iones cloruros y sodio, no resultan significativos.

Durante la vinificación, los efluentes provienen del lavado de piletas y cubas que se utilizan para llevar adelante la fermentación de los mostos. Las características generales de los efluentes de la vinificación son similares a las de molienda, pero con una mayor participación de los compuestos minerales frente a los de tipo orgánico. El resto del año, durante la estabilización, los líquidos residuales se originan por el lavado y desinfección de piletas debido a los trasiegos y acondicionamiento del vino previo a las operaciones de traslado, así como también al lavado de filtros que se realizan con una frecuencia menor que en la etapa de vinificación. Estos efluentes poseen una considerable cantidad de sólidos disueltos, predominando la fracción inorgánica (fija). La conductividad eléctrica es alta, así como también la concentración de sodio. El pH, si bien en promedio resulta neutro, tiene un rango de variación amplio. Los sólidos sedimentables a 10 minutos son elevados, como consecuencia del lavado de los filtros. En cuanto al contenido de materia orgánica su valor sigue siendo elevado, pero es menor que en las etapas anteriores.

La última etapa de fraccionamiento o embotellado reviste interés cuando se trata de vinos de mesa, ya que el fraccionamiento se realiza en envases retornables que deben ser lavados y enjuagados,

los vertidos ocasionados por este lavado se caracterizan por tener un elevado contenido de sólidos disueltos de tipo inorgánico que producen una conductividad eléctrica también elevada.

De este análisis se concluye que los efluentes líquidos provenientes de la elaboración del vino son más problemáticos por su alto contenido de materia orgánica, mientras que, los generados por la línea de fraccionamiento, contienen cargas orgánicas menores y están prácticamente libres de sólidos suspendidos.

Una característica importante de los efluentes de bodega es la presencia de tierras filtrantes residuales que presentan un elevado poder contaminante cuando son arrastradas por el agua de limpieza con una cantidad de materia en suspensión. Para evitar o reducir el vertido de estas tierras se plantea su sustitución por filtros tangenciales, o bien instalar en los filtros de tierra dispositivos adicionales conocidos como “filtro de residuos” que tienen por objetivo secar los restos de la filtración, extrayendo los sólidos. Su valoración puede hacerse mediante el aprovechamiento de los tártaros, utilizados como sales en el proceso productivo del vino, o bien como compostado para su utilización agrícola (Hidalgo Togores, 2011).

Pasculli y Plaza (2002) propone indicadores de desempeño operativo para reflejar una mejora en el desempeño ambiental de las bodegas, entre ellos la relación volumen de efluente/uva procesada, estimado $4,1 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ de uva; y kg de DQO kg^{-1} de uva, rondando valores de 4,35. El uso combinado de estos indicadores permite ajustar el desempeño ambiental de las industrias que permitan fijar pautas de gestión ambiental.

Luzzani et al., (2020) aclaran que a la actualidad existe un vacío en la literatura sobre cómo implementar sistemáticamente una estrategia de desarrollo sostenible en las empresas vitivinícolas, cómo identificar mejoras y oportunidades emergentes con respecto a las prácticas sostenibles en el campo y la producción. Manifestaron que las empresas están empezando a abordar el problema, pero, en general, no son capaces de identificar las criticidades y debilidades de la gestión sostenible. En el mismo trabajo se marcan los puntos críticos en cuanto a la administración del agua, señalando que la atención en la gestión del recurso en la bodega no siempre es la adecuada, no existe una estrategia para la gestión de los recursos hídricos, tanto en campo como en bodega; finalmente proponen un plan de control y muestreo de las cargas orgánicas, tratamientos eficaces y la recolección /reutilización del agua.

En el *Anexo I* se detalla, por autor, los antecedentes correspondientes a las características físico-química del efluente. Vale aclarar que de los cinco estudios citados ninguno corresponde, exclusivamente, a una caracterización del efluente, por el contrario, esta se realizó como etapa previa para otro objetivo como la aplicación de distintos tratamientos. Dos de los estudios realizan la caracterización por etapas productivas (Ugarte, 2000) y (Fernández, 2007), mientras que el

resto lo hace para toda la campaña (Plaza y Pasculli, 2001) (Hirzel, 2017) y (Nayak, 2018). En el anexo, solo se incluyen los parámetros relacionados a los que se determinarán en esta tesis

En cuanto a las características ecotoxicológicas Da Ros et al., (2018) evaluaron la fitotoxicidad del digestato de los desechos de bodega considerando el porcentaje de semillas germinadas, elongación de la raíz y el índice de germinación en tres especies de macrófitas. Los resultados mostraron que el efecto sobre la germinación no se mantuvo en el tiempo, a su vez, dosis bajas de digestato estimularon la germinación de dos de las macrófitas y no tuvieron ningún efecto significativo sobre la otra. Dosis mayores redujeron el índice de germinación hasta la inhibición total con 50% de digestato.

Por otro lado, Sousa et al., (2019) evaluaron la toxicidad en organismos terrestres y acuáticos de diferentes niveles de organización de las vinazas obtenidas de la destilación de subproductos de la vinificación, los resultados indican el efluente en estudio podría tener un alto impacto toxicológico tanto en plantas terrestres como en organismos acuáticos, reforzando la necesidad de tratamientos adecuados antes de la descarga o reutilización del efluente.

-Olivícolas

Contexto productivo

La Argentina es la primera productora y exportadora de productos olivícolas de América con, aproximadamente, 77.170 hectáreas destinadas al cultivo de olivo para aceite y conservas (CNA 2018). Alrededor del 50% del área cultivada se destina a variedades para la extracción de aceite de oliva, el 30% para la elaboración de aceitunas de mesa y el 20% restante a variedades doble propósito, aceite y aceitunas de mesa. Las principales áreas productivas se encuentran en las provincias de La Rioja (27,8%), Mendoza (22,9%), Catamarca (20,8%), San Juan (20,2%), Córdoba (5%), Buenos Aires (2,8%) y Rio Negro (0,6%).

Del olivo se utiliza su fruto, la aceituna y se emplea en un 90% para la elaboración de aceite y un 10% para la producción de aceitunas de mesa (COI, 2018). El 63% de la producción de aceite de oliva se exporta siendo los principales destinos Estados Unidos y la Unión Europea (COI, 2018).

En la Argentina, con la Ley de Diferimientos Impositivos, la superficie cultivada con olivos creció más de 50.000 ha entre 1992 y 2003. Según el censo agropecuario (2018), en la provincia de La Rioja 13.593 hectáreas se destinan a la elaboración de aceite de oliva y 12.172 hectáreas a la elaboración de aceitunas de mesa.

Generación de efluentes e impactos en el medio

-Aceite

En la *Figura 12* se presenta el proceso productivo simplificado de la elaboración de aceite de oliva, correspondiente al sistema de dos fases, el cual es utilizado por las industrias estudiadas en esta tesis.

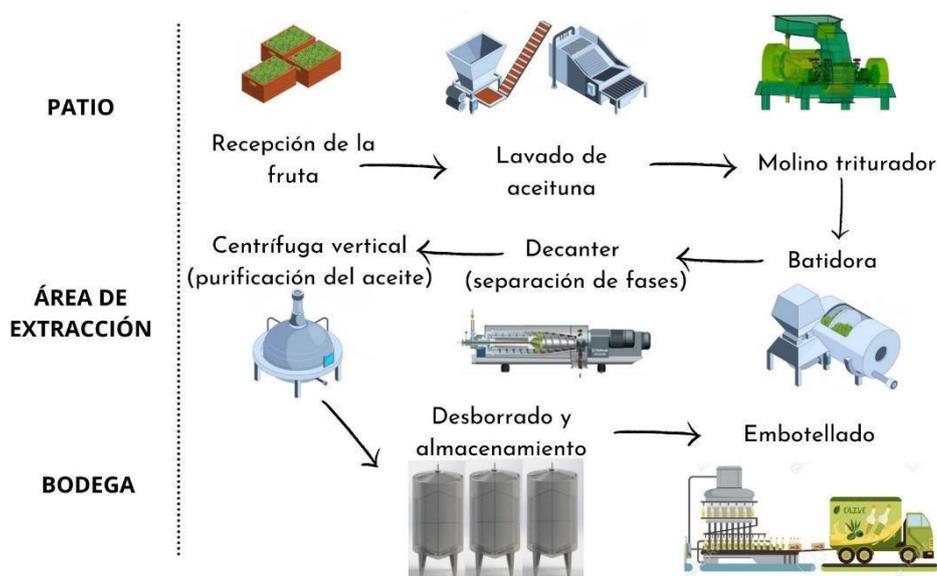


Figura 12. Proceso productivo simplificado de la elaboración de aceite de oliva. Elaboración propia

El proceso de elaboración de aceite se fue modificando con el transcurso de los años, gracias a la aplicación de nuevas tecnologías. La etapa del proceso que presentó los mayores cambios fue la separación sólido-líquido, a partir de mejorar las técnicas de extracción. El primer sistema desarrollado fue el de “presión a capachos” que, en la actualidad, prácticamente no se utiliza y consiste en colocar la pasta en esteras circulares elaboradas de esparto o sintéticos trenzados y luego situarlos unos sobre otros dentro de una vagoneta para que sean sometidos a presión. Como producto de esta acción se desprende la fase líquida quedando retenida en los capachos la fracción sólida (orujo). Este sistema resultaba deficiente debido a la discontinuidad del proceso y a los restos de orujo en los capachos (Filipin, 2009).

Luego se aplicó el sistema de extracción de “tres fases,” el cual separa las tres fases presentes en la masa de la aceituna molida: fase oleosa (20%), fase sólida -orujo- (30%) y una fase líquida -alpechín- (50%). Este proceso genera un volumen total de residuos líquidos (OMW) de alrededor de $1,25 \text{ L kg}^{-1}$ de aceitunas procesadas (Borja et al., 2006).

En la década del 90 se introdujo un sistema que redujo las tres fases a dos, y se lo llamó sistema de “dos fases”, separando la fracción primaria de aceite de oliva del material sólido vegetal y el agua de vegetación. El aceite de oliva resultante se lava adicionalmente para eliminar las

impurezas residuales antes de que, finalmente, se separe de esta agua de lavado en una centrífuga vertical. Las industrias de dos fases producen tres flujos de residuos: aguas de lavado generadas durante la limpieza inicial de la fruta –generada también en los otros sistemas-, residuos semisólidos generados durante la centrifugación primaria (alperujo) y aguas de lavado de la centrífuga secundaria generada durante el lavado y la purificación del aceite de oliva virgen, la cual constituye la etapa más crítica en cuanto a la generación de efluentes líquidos, generando un caudal de 0,15 L kg⁻¹ de aceituna procesada; mientras que la etapa de lavado de fruta genera 0,05 L kg⁻¹ de aceituna procesada. (Borja et al., 2006).

Filippin, (2009) compara al sistema de tres y dos fases y expone que el sistema de dos fases resulta ventajoso con respecto a los anteriores, ya que ahorra agua de lavado, elimina la generación de un efluente como el alpechín y obtiene aceites con mayores índices de calidad con concentraciones elevadas de polifenoles que lo protegen del ataque del oxígeno, los que le confiere mayor capacidad antioxidante, evitando el enranciamiento. Expone que las desventajas del sistema de dos fases se presentan por la generación del nuevo subproducto (alperujo con humedad en un rango de 55-70 %) que no es tan seco como el orujo y se produce en cantidades superiores que en el sistema de tres fases (40-45% de humedad). Por otro lado, Borja et al. (2006) agregan que el sistema de dos fases posee concentraciones de materia orgánica 30 veces menores que el sistema de tres fases y a su vez, produce un volumen de efluentes de 0,25 L kg⁻¹ de aceituna procesada.

En la *Tabla 5* se expone la relación entre los kilos de aceituna procesados y el porcentaje de aceite y de sólidos, y la proporción de DQO para ambos tipos de sistemas.

Tabla 5: Composición y características de las aguas residuales generadas en los diferentes pasos de las fases de tres y dos fases. (Borja et al., 2006)

Efluente	Sistema de tres fases			Sistema de dos fases		
	Sólidos (%)	Aceite (%)	DQO (g/kg)	Sólidos (%)	Aceite (%)	DQO (g/kg)
Lavado de fruta	0,51	0,14	7,87	0,54	0,10	0,87
Centrífuga horizontal	6,24	0,96	73,82	0	0	0
Centrífuga vertical	0	0	0	1,43	0,57	1,17
Efluente final	4,86	0,31	68,61	2,82	0,29	2,25

Actualmente, la mayoría de las industrias utilizan el sistema de extracción de dos fases que, si bien reduce el volumen de efluente generado, no cumplen con las normativas vigentes para ser vertidos a un cauce público o al alcantarillado, ni tampoco pueden utilizarse para riego, dada su alta carga contaminante. Una de las soluciones implementadas ha sido el almacenamiento en balsas de evaporación. Si bien es una de las soluciones más utilizadas, tiene numerosas críticas. Birame et al., (2007) plantean que se trata de un proceso de larga duración que, aunque sea

acompañado de procesos naturales de descomposición y fotodegradación, no depura, sino que concentra la materia orgánica, como consecuencia, el residuo aumenta año a año su poder de contaminación, a la vez que generan nuevos problemas como colmatación y construcción de nuevas balsas aumentando la superficie ocupada, desbordamiento, contaminación atmosférica por malos olores, plagas de insectos, etc. Cabezas (2011) advierte que, en algunos casos, las balsas de evaporación se convierten en balsas de acumulación, al tener un aporte de efluentes mayor que la evaporación que se puede producir, teniendo en cuenta que la evaporación depende de la climatología, variando entre 0,5 y 10 mm al día. Por otro lado, Sáez, et al., (2021) advierten que el almacenamiento a largo plazo de las aguas residuales derivadas de industrias olivícolas conduce a la acumulación de sedimentos tóxicos ricos en compuestos recalcitrantes con propiedades fitotóxicas y antimicrobianas, lo que limita su uso con fines agronómicos.

Otros antecedentes proponen la reutilización de las aguas residuales como enmienda de suelo, junto con el alperujo. Ambas acciones deben desarrollarse previo tratamiento debido a los efectos que pueden tener en las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo, efectos fitotóxicos en cultivos y potencial de contaminación de aguas subterráneas (Barbera et al., 2013). Caputo et al., (2013) realizaron un trabajo donde evaluaron el lixiviado de la aplicación de efluentes olivícolas para riego en dos tipos de suelo, analizando como éste puede llegar al acuífero contaminándolas. Los resultados indicaron que, si bien la cantidad de agua que fluye a través de un suelo depende de sus propiedades y de la textura del suelo, la aplicación de aguas residuales incrementa el radio de infiltración del suelo y aumenta el contenido de sales. A su vez, se observó un aumento del pH en los lixiviados coincidente con la aptitud del suelo para intercambiar cationes, lo que lleva a la sustracción de los iones de hidrógeno de la fase líquida, con una tendencia decreciente de la conductividad atribuible a la retención de sales disueltas en el suelo. Si bien el nitrógeno contenido en los efluentes de aceiteras se encuentra en forma orgánica, la mineralización de éste a través de los microorganismos del suelo, lo puede transformar en nitrato, favoreciendo la acumulación y lixiviación al agua subterránea. En el estudio la cantidad de nitrato detectada en los lixiviados dependió en gran medida de las características hidráulicas del suelo. En cuanto a los fenoles, las concentraciones de polifenoles en los lixiviados resultaron insignificantes si se comparan con la concentración entrante.

En otro trabajo, Sierra et al. (2007) analiza la aplicación de distintos volúmenes de efluentes en suelo oleícola y concluye que los parámetros de fertilidad estudiados (materia orgánica, nitrógeno y fósforo) aumentan con las tasas de aplicación, hasta $360 \text{ m}^3 \text{ ha año}^{-1}$; sin embargo, con estas aplicaciones ($360 \text{ m}^3 \text{ ha año}^{-1}$) existe una inmovilización temporal de nitrato, aumento de la salinidad y de las concentraciones de compuestos fenólicos (tanto solubles como adsorbidos) que pueden afectar negativamente la producción vegetal, por lo cual recomiendan aplicaciones que no superen los $180 \text{ m}^3 \text{ ha año}^{-1}$.

Elabdouni et al., (2020) consideran, como factores principales de contaminación de los efluentes de aceite de oliva, la acidez y la alta concentración orgánica, representada, principalmente, por los compuestos fenólicos, responsables de la toxicidad y la coloración marrón rojizo y negra de estos efluentes. Estos compuestos inhiben el crecimiento de microorganismos, principalmente bacterias, encargadas de la autodepuración natural del medio. En el mismo trabajo, se expresa que las propiedades físico-químicas de los efluentes varían dependiendo del proceso de extracción, variedad de aceituna, grado de maduración, sistema de cultivo, tiempo de conservación de la aceituna antes de ser triturada, y técnicas y lugares de almacenamiento.

En la actualidad, se carece de un tratamiento convencional que garantice la inocuidad total de los residuos generados en la elaboración de aceite de oliva. En cuanto a los líquidos, el agua de lavado de la fruta contiene partículas arrastradas de polvo o tierra, así como algunas cantidades de materia grasa y otros productos procedentes de frutos más o menos dañados físicamente. La presencia de sustancias contaminantes en las aguas de lavado, dependerá en gran medida del estado de la aceituna en el momento de su recolección, así los frutos recogidos al principio de la campaña, presentarán un estado más estable y aportarán poco de su contenido vegetal al agua durante el lavado. No ocurre lo mismo al final de campaña, donde los frutos han madurado y se rompen fácilmente cuando se lavan, aportando así una contaminación orgánica mayor en azúcares, ácidos orgánicos, polialcoholes, polifenoles, grasas, etc. (Birame et al., 2007). Este tipo de sustancias, de carácter polar e hidrófilo, pasarán al agua de lavado del aceite en la centrífuga vertical. Los azúcares, las sustancias nitrogenadas, los ácidos orgánicos y los polialcoholes son productos que sufren en mayor o menor medida una degradación relativamente rápida en la naturaleza, pudiendo ser asimiladas por el medio. No ocurre lo mismo cuando se trata de polifenoles y grasas (Birame et al., 2007).

Es importante destacar la estacionalidad de la generación de los efluentes en la producción de aceite de oliva que, no sólo está afectada por la estacionalidad del cultivo (marzo-mayo), sino también por la condición de vecería o alternancia de la producción, es decir que a una cosecha abundante le precede otra con escasa floración y menor cantidad de frutos (Matías, 2010).

En el *Anexo 1* en la *Tabla 2*, se presentan los antecedentes de las características físico-químicas para los efluentes proveniente de la producción de aceite de oliva. Dado que son numerosos los trabajos existentes a lo largo de estos años, solo se seleccionaron los correspondientes al sistema de extracción de dos fases, el cual es aplicado por las industrias instaladas en el VICALC.

En cuanto a las características ecotoxicológicas los trabajos encontrados son mayores que para la industria vitivinícola. Phino et al. (2017) evaluó la fitotoxicidad de efluentes de dos y tres fases empleando semillas de berro. Los resultados evidenciaron que cuando se aplicó el efluente de dos fases no germinó ninguna semilla. Mientras que, con el efluente de tres fases el índice de

germinación fue del 94,3%.; aunque ambos tienen un contenido fenólico similar, los resultados confirmaron que los efluentes del sistema de extracción de dos fases son más fitotóxicos que el de tres fases. Por otro lado, Ginos et al. (2006) evaluaron el comportamiento fitotóxico de los efluentes del aceite de oliva frente a semillas de lechuga, aplicando muestras de efluentes sin tratar y de efluentes tratados. Los resultados mostraron que el efluente sin tratar era fuertemente fitotóxico, incluso después de varias diluciones con agua, la fitotoxicidad disminuyó considerablemente después de tratamientos con cal y polielectrolitos, ya que se eliminaron fenoles y otras especies fitotóxicas. En otros trabajos, Aybeke (2018) evaluó los efectos genotóxicos de los efluentes en girasol encontrando que los efluentes de aceite de oliva causan expresiones más altas de casi todos los genes estudiados. Mientras que, Asfi et al. (2012) determinaron los efectos de la aplicación de efluentes de aceite de oliva en plantas de espinaca evaluando el crecimiento, fotosíntesis, acumulación de azúcar y morfología del polen, empleando efluentes crudos y diluciones. Estos autores concluyeron que, para reutilizar los efluentes provenientes de la extracción de aceite de oliva en el medio, era necesario la dilución de los mismos y/o aplicar un tratamiento adicional.

Babic et al. (2019) evaluaron los efectos letales y subletales de efluentes crudos en un batería de bioensayos con organismos modelos, encontrando que la muestra cruda del efluente fue la más tóxica para la bacteria *V. fischeri*, seguido de *Daphnia magna*, con una concentración efectiva (CE₅₀) de 1,43%. En el mismo estudio se concluye que, dado que la toxicidad del efluente proveniente de la extracción de aceite de oliva se mantiene incluso a concentraciones bajas, no se debe recomendar la dilución como una posible solución antes de la eliminación del efluente. Por esta razón, una de las prioridades futuras deberá ser el establecimiento de pautas para el manejo de este tipo de efluentes, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

-Aceituna de mesa

En la *Figura 13* se presenta el proceso productivo simplificado de la producción de aceituna de mesa verde.

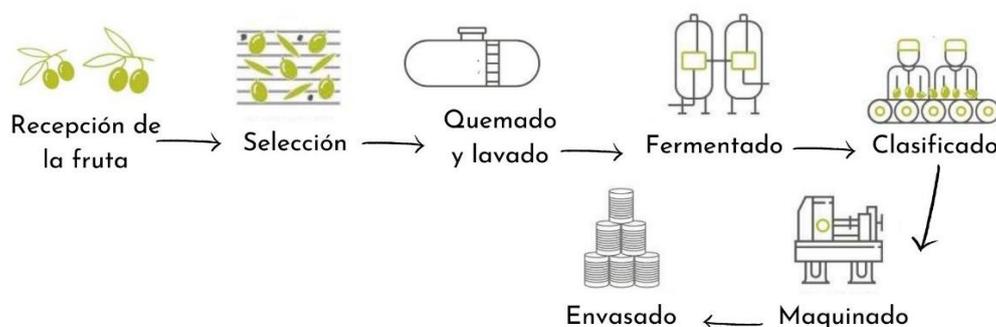


Figura 13. Proceso productivo simplificado de aceituna de mesa verde. Elaboración propia

El proceso de elaboración de aceitunas verdes de mesa tiene como objetivo eliminar el amargor natural del fruto dado por la oleuropeína y otros polifenoles, con el objetivo de hacer comestible

el fruto. La producción industrial se inicia con la limpieza del fruto para luego introducirlos en tanques con una solución de NaOH entre 1-2% -agua de lejía- durante 8 a 12 horas. Durante este tiempo la oleuropeína se hidroliza, ya que se degrada en condiciones alcalinas. Luego la solución alcalina es drenada de los tanques para ser llenados con agua, con el objetivo de remover la lejía remanente. Por último, el agua de lavado se drena y se llenan los tanques con salmuera madre empleando ClNa al 4-8% para dar inicio al proceso de fermentación que tiene una duración aproximada de dos meses (Juárez et al., 2016).

El procesamiento de aceitunas de mesa produce un alto volumen de aguas residuales que se pueden estimar en unos 5-7 L kg⁻¹ de aceituna. Estos efluentes tienen composiciones químicas variadas: soluciones con hidróxido de sodio, aguas de lavado de aceitunas, salmueras de fermentación, soluciones de almacenamiento, etc. (De los Santos et al., 2019). En la *Tabla 6* se presentan los consumos de agua para las diferentes etapas productivas de aceitunas verde y negra, y el volumen total de efluente generado.

Resulta importante tener en cuenta la estacionalidad de la producción y la temporalidad de los efluentes generados. Si bien se producen efluentes durante todo el año, los mayores volúmenes se concentran en las etapas de cocido y lavado (Cabezas, 2011). Papadaki y Mantzouridou (2016) afirman que el procesamiento al estilo español, el más comúnmente utilizado, genera mayor volumen de efluentes, en comparación con otros estilos, como el californiano.

Tabla 6: Consumo de agua por etapas productivas y generación total de efluentes. (Kopsidas, 1992)

Etapas	Aceitunas verdes (m³ t oliva⁻¹)	Aceitunas negras (m³ t oliva⁻¹)
Limpieza inicial del fruto	0,4-0,8	0,4-0,8
Quemado	0,4-0,8	-
Lavados	2,6-4,8	-
Fermentación	0,4-0,8	0,4-0,8
Envasado	0,3-0,6	0,3-0,6
Uso general	0,1-0,3	0,1-0,3
Total de agua consumida	4,2-8,1	1,2-2,5
Total de efluentes generados	3,9-7,5	0,9-1,9

El volumen de efluente por kilo de aceituna es muy variable, oscilando entre los 2 y 3 litros en fábricas muy eficientes a más de 15 litros en las menos eficientes. Estos números vuelven necesaria la minimización del agua utilizada, los sistemas que han tenido mayor aplicación industrial en reducción son la reutilización de lejías, eliminación de uno de los lavados y depuración y reutilización de salmueras (Cabezas, 2011).

La toxicidad de las aguas residuales del procesamiento se debe a la presencia de sustancias fenólicas y ácidos orgánicos que se encuentran en la fracción orgánica del efluente, mientras que la fracción inorgánica está compuesta por cloruro, sulfato, fósforo, potasio y otros elementos traza en varias formas químicas. Después de la etapa de cocido y lavado, la fruta pierde la mayor

proporción del contenido fenólico, el remanente es transferido a la salmuera y transformado en nutrientes para el desarrollo de lactobacterias en las siguientes etapas. Por ello es que, particularmente, el efluente de la fermentación lleva altos valores de DQO debido a la acción de las bacterias que transforman los azúcares del olivo en ácido láctico, teniendo como principal producto ácidos orgánicos (Parinos et al., 2007)

Existen diversos trabajos sobre la tratabilidad de las salmueras luego de la fermentación. Debido a que poseen compuestos de interés como sal y ácidos lácticos, los posibles tratamientos han sido orientados a su reutilización como reúso de nuevos procesos fermentativos o para el envasado del producto. Fernández (1992) expresa los porcentajes de la contaminación en relación a los volúmenes generados, así la etapa de fermentación corresponde al 70% de los contaminantes totales y al 22% del volumen generado, mientras que la etapa de lavado representa 17% de la contaminación y un 45% del volumen total generado. Por lo cual, recomienda segregar los efluentes de la fermentación y ocuparse de ellos de forma independiente, haciendo que el 80% de las aguas residuales solo contenga el 30% de los contaminantes, que podrían ser saneados con un simple tratamiento físico-químico. Los dos métodos más utilizados para reutilización de salmueras son adsorción con carbón activado, seguido de una filtración tangencial para separar el absorbente, y la ultrafiltración.

Si bien la reutilización de las salmueras son el método menos empleado a nivel industrial, existen otros que permiten reducir el consumo de agua y la generación de efluentes, como la reutilización de las lejías de cocido y eliminación de lavados, ambas operaciones sencillas y poco costosas. En cuanto a la reutilización de lejías es una operación muy rentable, ya que se aprovecha gran parte del hidróxido de sodio que de otra forma se perdería, así se reducen el volumen de los vertidos y el consumo de agua. Se han comprobado que la fermentación y las características organolépticas de los frutos elaborados con lejías reutilizadas son normales y no se diferencian de las del proceso tradicional. En el caso de los lavados se recomienda eliminar uno de ellos y extender el primero a 12-15 horas, lo que no representa inconvenientes para las características químicas, microbiológicas y organolépticas (Cabezas, 2011).

Juárez et al. (2016) proponen medidas de producción más limpia (P+L) para la producción de aceitunas en el Departamento de Arauco, La Rioja. Estima que, con la aplicación de estas medidas –reutilización de lejía y la neutralización de agua de lavado con HCl o CO₂– se podría ahorrar un 78% del agua empleada y se reduciría la generación de efluentes en un 97,7%. Estas acciones son importantes en provincias como La Rioja, debido a que el recurso hídrico es escaso y captado desde perforaciones profundas, lo que implica también un coste energético elevado.

Fernández et al. (1992) exponen que la lejía se puede reutilizar hasta 15 veces sin detrimentos de la calidad del producto. En cuanto a los lavados, con posterioridad al quemado, las aceitunas se

lavan con agua. El efluente generado en esta etapa presenta un incremento del pH debido a que el fruto contiene en su interior un remanente de la solución de NaOH. El agua de lavado puede convertirse en salmuera, previa neutralización con agregado de HCl de uso alimentario y ClNa. Otra opción para la neutralización y regeneración de agua de lavado es el uso de CO₂ y su reúso para la elaboración de la salmuera madre, evitando su descarte.

En el *Anexo 1* en la *Tabla 3* se presentan las características físico químicas de la producción de aceitunas verdes. Al igual que en las industrias anteriores, ninguno de los trabajos tuvo por objetivo final la caracterización del efluente, sino que esta se realizó como etapa previa a la evaluación de tratamientos del efluente. Parinos et al. (2007), Papadaki y Mantzouridou (2006) y Kopsidas (1992), realizaron una caracterización por etapas. Mientras que Fernández et al. (1992) y AINIA (1993) lo hicieron de todo el proceso. Fernández et al. (1992) y Luján Facundo et al. (2020), solo de la etapa de fermentado.

En cuanto a las características ecotoxicológicas, Murrillo et al. (2000) estudiaron la respuesta de plantas de olivo regados con efluentes del procesamiento de aceituna, los resultados evidenciaron que la reutilización de efluentes para riego queda limitada debido a las altas concentraciones de sales. En otros trabajos se evaluaron la toxicidad sobre plantas como tomate y girasol donde se observaron efectos de necrosis en las hojas y efectos fitotóxicos en la germinación de semillas (Piotrowska et al., 2006 ; Mekki et al., 2006 ; Ilay et al., 2013).

-Tomate

Contexto productivo

El tomate es mundialmente cultivado para su consumo en diversas formas: en fresco y en conserva, salsas, puré, jugos, deshidratados, enlatados, etc. A nivel del mercado, la producción de tomate se divide en dos: para consumo en fresco y para uso en la industria. La producción mundial de tomate fresco alcanzó 180.766.329 toneladas en el año 2018, siendo los principales productores China, India y Turquía; sin embargo, los principales exportadores son México, Países Bajos y España (FAOSTAT 2019).

La producción promedio anual de tomate durante los últimos años en Argentina se ubica en torno a 1.100.000 toneladas y 17.000 hectáreas productivas, aproximadamente un 60-70% de la producción se destina a consumo fresco y un 30-40% para industria. Argentina exporta una pequeña cantidad de tomate para consumo en fresco, siendo Paraguay el principal destino (MAGyP, 2020).

Las principales provincias productoras son las de Mendoza y San Juan (Cuyo), Salta y Jujuy (NOA), Corrientes y Formosa (NEA), Río Negro y Buenos Aires. En cuanto a la provincia de La Rioja, los datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca estiman que para la campaña

2019/20 la superficie cultivada de tomate para industria alcanzó las 367 hectáreas, con una producción de 28.843 toneladas, lo que representa un 6% del total de la producción argentina (MAGyP, 2020).

Generación de efluentes e impactos en el medio

En la *Figura 14* se presenta el proceso productivo simplificado de la producción de tomate hasta la elaboración de la pasta, con la que se continúa el proceso dependiendo de los productos a obtener (aderezos, puré, salsas, conservas, etc.).

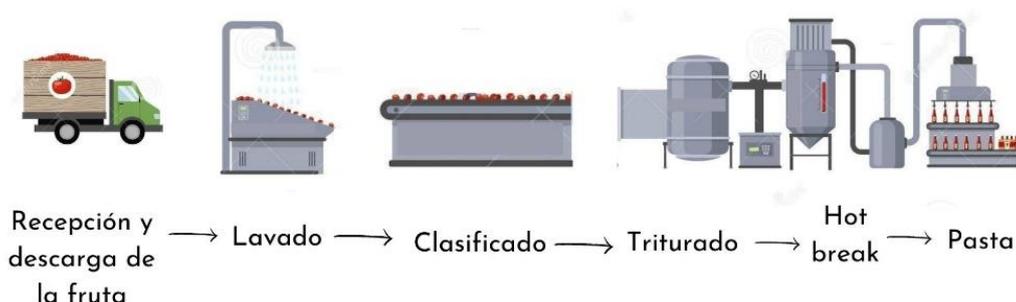


Figura 14. Proceso productivo simplificado de la producción de tomate. Elaboración propia

La industrialización del tomate consiste en una serie de etapas iniciales comunes que incluyen lavado, clasificación y tamañado. Luego los tomates se separan en distintas corrientes para su posterior procesamiento en función de los productos finales que se quieran obtener. Los residuos generados en estas etapas se presentan tanto en forma sólida como líquida; esta última se genera a partir del lavado de tomates, tanques y tuberías, limpieza y saneamiento de superficies, limpieza de maquinarias, lavado de barriles y contenedores, ablandamiento del agua, purga de calderas y purga de torres de enfriamiento. En resumen, se identifican tres líneas de flujo:

- 1) condensado del proceso (vapor condensado proveniente de evaporadores). Se caracteriza por altas temperaturas y el contenido de materia orgánica con pH ácidos debido a la migración de compuestos volátiles y en aerosol del jugo de tomate. Amon et al. (2015) han demostrado el potencial de utilizar el calor residual del condensado para precalentar los tomates antes del proceso de *hot break* y reducir la demanda de vapor.
- 2) corriente de agua de lavado –proveniente principalmente del transporte de tomates– la calidad de esta agua depende en gran medida de la calidad de los tomates entrantes al proceso.
- 3) corriente de agua de lavado de las instalaciones. Esta corriente unifica las descargas de las distintas etapas (pelado, cubitado, enlatado y otros flujos del procesamiento). Por lo general, esta corriente se une a la anterior a la salida del proceso. Varios equipos de procesamiento cuentan con un sistema automático (CIP) donde circula agua caliente y agentes de limpieza, como soluciones cáusticas y de cloro (Vidyarthi y Simmons, 2020).

Organolépticamente, el efluente es coloreado y con fuertes olores. Se caracteriza por la presencia de sustancias orgánicas, sólidos en suspensión y partículas molidas. Además, los efluentes provenientes del procesamiento del tomate contienen altas fracciones de partículas y coloidales que no solo son lentamente biodegradables, sino que también exhiben malas características de sedimentación, además de que poseen uno de los productos de biodegradabilidad más lenta como son las semillas y la piel. Otra de las características notable de este tipo de efluente es la severa deficiencia de nitrógeno (Xu et al., 2006 y Xu y Nakhla, 2006). Los desechos generados, al igual que en las industrias vitivinícolas y olivícola, también son ricos en compuestos fenólicos de alto valor agregado como flavonoides y carotenoides (Andreou et al., 2020).

Vidyarathi y Simmons (2020) afirman que las descargas de este tipo de efluentes pueden ocasionar olores putrefactos y daños en la estructura del suelo como cambios del pH. acidificación o alcalinización resultando perjudiciales para los cultivos.

La generación de efluentes varía considerablemente en el tiempo, debido a la estacionalidad del cultivo que dura 90 días al año (Iaquinta et al., 2006). En otro trabajo, Iaquinta et al. (2009) aluden que la cantidad de efluente generado por una industria de tomate de tamaño medio es de aproximadamente $300 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$. En un estudio realizado por Amon et al. (2017) se estimó que la masa total de efluente vertido por una procesadora de tomates en California (265 t hr^{-1}) fue de 1.340 millones de kilos durante la temporada, siendo ligeramente mayor que la masa de agua utilizada al ingreso del proceso (1.290 millones kilos de agua), debido a la adición del jugo de tomate durante el procesamiento. Duek y Fasciolo (2014) estudiaron el volumen de agua utilizado por las industrias de tomate localizadas en tres cuencas hidrogeológicas de Mendoza, para lo cual emplearon un coeficiente de volumen de agua utilizada por unidad de materia prima procesada, el cual ronda los 25 L kg^{-1} de fruta procesada, lo que implica un volumen de agua utilizado de $3,31 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$. Mientras que para un escenario de uso eficiente del recurso (5 L kg^{-1} de fruta) obtuvieron un valor de $0,66 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$.

El impacto ambiental relacionado con la producción de tomate puede variar entre las diferentes cadenas de suministro. Por ello, es fundamental implementar herramientas y metodologías que permitan evaluar el impacto en el medio de los productos a lo largo de toda la cadena para desarrollar una producción de tomate sostenible (Boccia et al., 2019).

En cuanto a las características ecotoxicológicas, no se encuentran trabajos que empleen efluentes del procesamiento del tomate en organismos terrestres y/o acuáticos.

En el *Anexo 1*, en la *Tabla 4* se presentan las características físico-químicas de los efluentes generados en el procesamiento de tomate. Se mencionan sólo tres trabajos que no tuvieron por objetivo la caracterización del efluente, sino el tratamiento o dimensionamiento de plantas depuradoras.

-Nuez

Contexto productivo

A nivel mundial el principal productor de nuez es Estados Unidos, concentrando la producción principalmente en el estado de California. Se comercializan dos tipos: nuez con cáscara y nuez sin cáscara. Para la nuez con cáscara se suman como principales exportadores Francia y México; y para la nuez sin cáscara China y Ucrania (Álvaro y Mariana, 2014).

La producción de nueces en Argentina ha crecido en los últimos años, transformándose en un exportador neto. En la Rioja existen aproximadamente 3.300 hectáreas cultivadas, siendo la tercera productora del país después de Catamarca y Mendoza (CNA, 2018). Las plantaciones están distribuidas principalmente en los Departamentos de Famatina y Chilecito, con dos sistemas productivos diferenciados: productores tradicionales -menos de 10 hectáreas- y productores empresariales. La nogalicultura representa el 2,1% del total de las exportaciones de la provincia (Ministerio de Hacienda, 2018).

Generación de efluentes e impactos en el medio

En la *Figura 15* se presenta el proceso productivo simplificado del procesamiento de nuez.

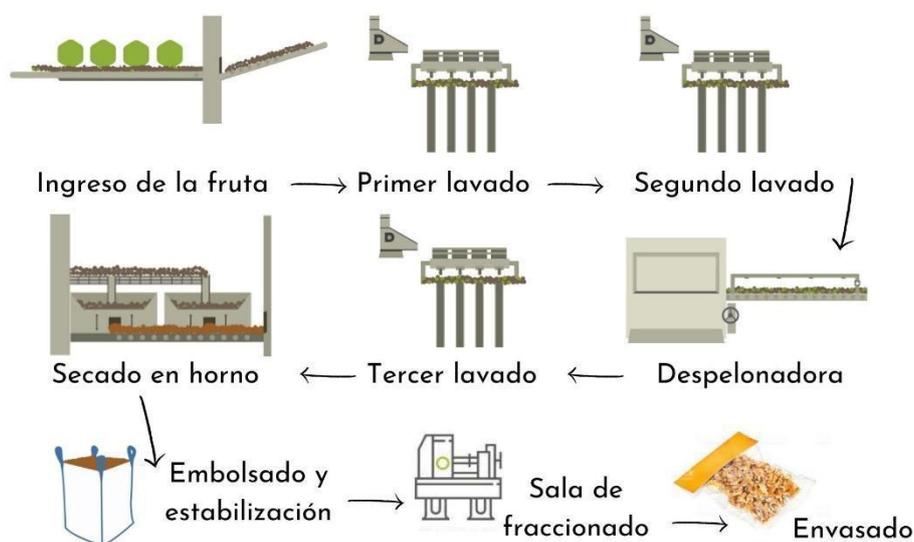


Figura 15. Proceso productivo simplificado del procesamiento de nuez. Elaboración propia

Son muy pocos los trabajos encontrados con respecto a los efluentes generados en el procesamiento de nuez; por este motivo, se mencionan trabajos relacionados a procedimientos similares y a residuos sólidos de la nuez.

Se encontraron trabajos relacionados a las aguas residuales del procesamiento de frutos secos; Isik et al. (2020) estudiaron el efecto de tratamientos de electro-coagulación y electro-oxidación para los efluentes generados en el procesamiento de pistacho. Mohod et al. (2011) analizaron las fuentes de contaminación ambiental del procesamiento de nuez de la india o anarcado; en cuanto

a las aguas residuales identificaron dos puntos generadores de efluentes: operaciones de enfriamiento (200 L día^{-1}) y procesos de cocción del anarcado tostado ($70\text{-}80 \text{ L día}^{-1}$); con una DBO_5 de 5.000 mg L^{-1} y una DQO de 10.000 mg L^{-1} .

Se mencionan otros trabajos realizados a partir de residuos sólidos de la nuez. Chungcharoen y Srisang (2020) trabajaron con residuos sólidos de nueces para la preparación y caracterización de briquetas combustibles. Jahanban-Esfahlan, et al. (2019) realizaron una revisión de los componentes de la nuez, mencionando cuatro partes principales de la fruta: semilla, piel, cáscara y pelón; estos autores afirman que en los centros de producción de nueces se generan un importante volumen de residuos, principalmente de cáscara y pelón, que, al ser desechados inadecuadamente, podrían ocasionar contaminación en el medio, debido a los componentes fenólicos que poseen.

En cuanto a la evaluación ecotoxicológica, no se encontraron antecedentes que evalúen la toxicidad de los efluentes del procesamiento de nuez. Martins et al. (2009) evaluaron la toxicidad del efluente generado en el procesamiento de anarcados (castaña de cajú) en Fortaleza, Brasil; empleando ensayos de toxicidad agudos sobre larvas de un artrópodo de ambientes acuáticos salobres (*Artemia sp.*). El valor de CL_{50} para el efluente crudo fue de $1,38 \text{ mg L}^{-1}$, demostrando que las aguas residuales de la industria del anarcado presentan niveles de toxicidad cuando se disponen sin tratamiento en el ambiente.

De estudios de contaminación –vulnerabilidad y peligro de contaminación–

La determinación de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, como una propiedad intrínseca de un sistema hidrogeológico (AIH, 1994), es una herramienta de utilidad para la toma de decisiones y el ordenamiento territorial.

En la Argentina la mayoría de los trabajos asociados a peligro y vulnerabilidad de acuíferos son realizados en la llanura pampeana (Massone et al., 2016; Fresta, 2016; Lexow et al., 2016) donde las condiciones hidrogeológicas como las industrias generadoras de efluentes difieren a las que se encuentran en la Región de Cuyo. En estas áreas, la contaminación de origen agropecuario asociada a efluentes tiene origen en la cría intensiva de ganado (feed-lot), tambos, corrales de aves, depósitos de agroquímicos, entre otros (Blarasin et al., 2014).

Por fuera del área Pampeana se relevaron las publicaciones de Boujon y Sancí (2014) y Mérida y Torres (2011) donde se evidencia la importancia de este tipo de análisis, y utilizan una de las herramientas de evaluación rápida para áreas con baja disponibilidad de información donde resulta imposible la aplicación de otras metodologías más complejas para la determinación de la vulnerabilidad del sistema acuífero, la metodología GOD propuesta por Foster e Hirata (2002).

El trabajo desarrollado por Mérida y Torres (2011) para determinar el riesgo de contaminación del agua subterránea en el Valle de Tulum, Provincia de San Juan, mostró que las áreas más vulnerables son aquellas ubicadas en las proximidades del límite entre el acuífero libre y el acuífero semi-confinado, al Este de la ciudad de San Juan. Las industrias ubicadas en esta área también mostraron el mayor peligro de contaminación cuando sus efluentes son descargados en suelo sin tratamiento. El trabajo señala la necesidad de intensificar los controles de los vertidos de efluentes industriales a fin de evitar la contaminación del acuífero.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el siguiente apartado se mencionan los materiales y métodos empleados en las distintas etapas de la elaboración de la tesis. Para favorecer la comprensión de este apartado y contribuir a la coherencia interna del documento, se expresarán los materiales y métodos utilizados en función de los objetivos específicos propuestos.

OE 1: Identificar las agroindustrias que procesan vid, olivo, nogal y hortalizas en la Cuenca Antinaco–Los Colorados.

Para la identificación inicial de las industrias se relevó información secundaria confeccionada por la Cámara Riojana de Productores, Clúster Olivícola de La Rioja, Clúster Nogalero de La Rioja, Centro de Desarrollo Vitícola de La Rioja (CDV), Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) y Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). Posteriormente, se identificó de manera preliminar, por medio de imágenes satelitales vinculadas al Programa Google Earth Pro, de acceso libre, las agroindustrias localizadas en la Cuenca Antinaco–Los Colorados desestimándose aquellas de carácter familiar. Para ello, se observó la presencia de potenciales elementos en el suelo vinculados a procesos agroindustriales en áreas cultivadas, áreas industriales y urbanas, como galpones, lagares, tanques (almacenamiento, cocederas), descargas de efluentes en cauces de ríos y lagunas de evaporación, entre otros. Se georreferenció el punto en coordenadas WGS (84) y luego se visitó en terreno para su verificación. Las coordenadas geográficas de las agroindustrias verificadas se transformaron a coordenadas planas POSGAR 98 Faja 2, por medio de un calculador geodésico on-line del sitio *sumapa.com*. La información se tabuló en programa Microsoft Excel® 2016 y se elaboró una capa de información acoplada a una imagen Landsat en el Programa QGIS, versión 3.18.1 Zürich. La capa generada será retomada en el desarrollo del OE 6.

OE 2: Describir y caracterizar las agroindustrias de mayor relevancia del Valle Antinaco–Los Colorados con énfasis en la generación de efluentes y su manejo intra y extra industria.

Del total de 29 industrias se seleccionaron 11 que procesan la mayor parte de la producción agrícola del Valle. De estas 11, se estudiaron siete en detalle a partir de la firma de seis convenios de colaboración científica. Dos industrias son vitivinícolas, dos elaboradoras de aceite de oliva, una elaboradora de aceituna de mesa, una procesadora de nuez y una procesadora de productos hortícolas, principalmente tomate. En las industrias vitivinícolas, de aceite de oliva y nuez se trabajó durante la época de cosecha e industrialización, entre los meses de febrero a mayo. Para las industrias elaboradoras de aceituna de mesa y tomate se trabajó durante todo el año.

Para la descripción y caracterización de las agroindustrias se utilizó en cálculo de Nivel de Complejidad Ambiental y la descripción en detalle de cada proceso productivo en particular.

Nivel de complejidad ambiental

En base a la fórmula de *Nivel de Complejidad Ambiental* (en adelante NCA) desarrollada en la Ley 11.459 de Radicación Industrial de la Provincia de Buenos Aires y luego aplicada en otras provincias como Córdoba, Santa Fe y Chubut se categorizaron las siete agroindustrias estudiadas. Cabe destacar que, si bien este cálculo no se utiliza en la provincia de La Rioja, desde lo metodológico resulta de utilidad. A continuación, se presenta el polinomio utilizado para el cálculo de NCA.

$$\text{NCA} = \text{ER} + \text{Ru} + \text{Ri} + \text{Di} + \text{Lo}$$

Dónde: NCA; Nivel de complejidad ambiental; ER: Efluentes y Residuos; Ru: Rubro; Ri: Riesgo; Di: Dimensionamiento; Lo: Localización

Cada ítem que conforma el polinomio se calcula en base a criterios particulares y específicos que se presentan en el Anexo 2. A partir del cálculo se establece un rango de categorización, las industrias con un NCA menor a 11 puntos pertenecen a la primera categoría de ***inocuas*** debido a que su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad e higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al ambiente. Las que presentan un puntaje entre 12 y 25 pertenecen a la segunda categoría de ***incómodas*** porque su funcionamiento constituye un riesgo o molestia a la seguridad, salubridad e higiene de la población, u ocasiona daños a sus bienes materiales y al ambiente. Por último, las industrias con un NCA mayor a 25 puntos, son consideradas de tercera categoría como ***peligrosas*** debido a que su funcionamiento genera un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al ambiente.

Descripción de procesos productivos

Para la descripción de los procesos productivos se elaboraron diagramas de flujo utilizando el Programa Microsoft Visio® identificando la secuencia de actividades que se desarrollan dentro de la industria: flujos de materia y energía, operaciones, decisiones, todo ello con énfasis en la generación de efluentes. En este ítem, se destaca el manejo de los efluentes en el proceso intra industria y su modo de disposición final, extra industria.

OE 3: Estimar los caudales y caracterizar fisicoquímicamente los efluentes agroindustriales

Estimación de caudales de efluentes

La metodología de aforo de efluentes se debió adaptar a las condiciones de infraestructura disponibles en cada una de las agroindustrias estudiadas, ya que, a excepción de una empresa, no

cuentan con cámaras de aforo. Por ello, es que se utilizaron seis métodos de aforos, los cuales se detallan a continuación.

✓ Aforo triangular 60° en cámara de aforo: Se trata de una cámara de 60 x 60 cm con un vertedero triangular de altura máxima de 15 cm calibrado con una tabla H/Q (altura-caudal) brindada por la empresa proveedora (Figura 16). Se registró la altura del pelo de agua y por intermedio de la tabla se determinó el caudal instantáneo erogado.



Figura 16. Aforador triangular 60° en cámara de aforo

✓ Aforador triangular 60° en canal: Cuando, debido a las condiciones de la industria y la descarga, no fue posible aplicar métodos aforador de molinete, volumétricos directos o indirectos y las descargas se efluentes se realizaban en suelo, se excavó un canal para favorecer el escurrimiento y se instaló un aforador triangular (Figura 17). Para el cálculo se midió la altura del pelo en el vértice de la escotadura (Figura 18) y se aplicó la Fórmula de Cone (1916), en Microsoft Excel[®] 2016.

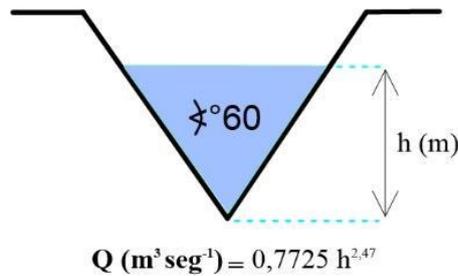


Figura 17. Esquema de aforador triangular 60°
Dónde Q= caudal en $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$; h= altura del pelo en el vértice de la escotadura



Figura 18. Aforo en vertedero de 60° en canal de tierra

✓ Aforo con micromolinetes: Cuando no se contaba con cámara de aforo o posibilidad de medición volumétrica de caudales directa o indirecta se aplicó el método de molinete. Este consistió en la medición en canales de efluentes de descarga de las alturas de pelo de agua en tres secciones del canal y la medición de las velocidades con micromolinete, Global Water PF-111 (Figuras 19 y 20). Los datos se cargaron y calcularon en Microsoft Excel® 2016.

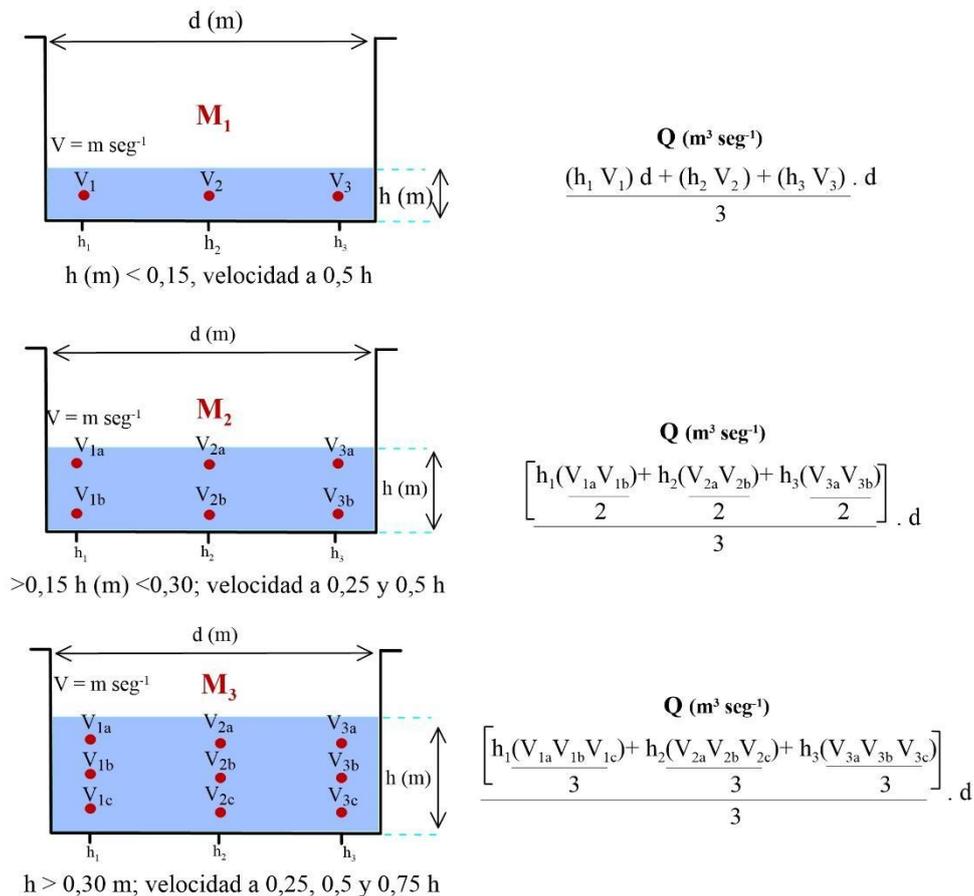


Figura 19. Esquema de aforo con micromolinetes



Figura 20. Aforo con micromolinetes en canal de tierra

✓ Aforo por método volumétrico directo: En aquellas agroindustrias donde era posible coleccionar el caudal en un punto de descarga sin dificultar el proceso de producción se aplicó la

técnica de método volumétrico. Para ello, se utilizó un recipiente de 10 L medido y trazado. La metodología consistió en registrar el tiempo que el efluente demoró en alcanzar el volumen requerido. La acción se desarrolló tres veces y luego por medio de cálculo se obtuvo el caudal instantáneo (*Figuras 21 y 22*).

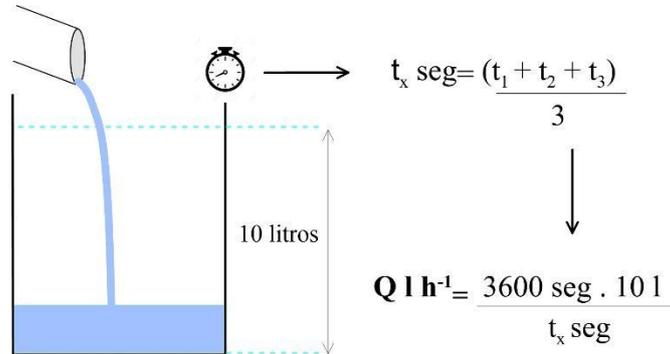


Figura 21. Esquema de aforo por método volumétrico directo



Figura 22. Puntos de aforo volumétrico

✓ Aforo por método volumétrico indirecto. En dos agroindustrias no fue posible medir el caudal erogado en los procesos debido a que no se contaba con ningún punto posible de medición por los métodos anteriormente explicitados. En tal sentido, se calculó el caudal erogado por dos métodos indirectos.

1. Numero de encendidos de bomba de achique en tanque de desagote durante 8 horas. Al conocer los volúmenes evaluados por encendido de la bomba se calculó el caudal de efluente en $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ (*Figuras 23 y 24*).

2. Números de Batch de procesos efectuados cada ocho horas. Al conocer los volúmenes de cada recipiente utilizado y la cantidad de Batch, se calculó indirectamente el caudal de efluente en $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ (*Figuras 25 y 26*).

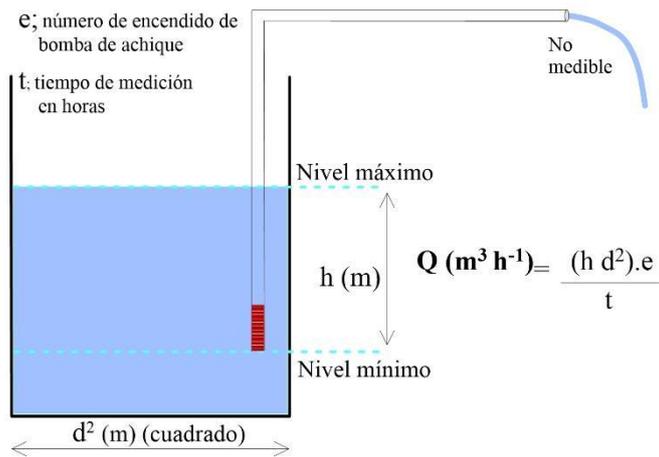


Figura 23. Esquema de aforo por método volumétrico indirecto



Figura 24. Aforo volumétrico indirecto por bomba de achique

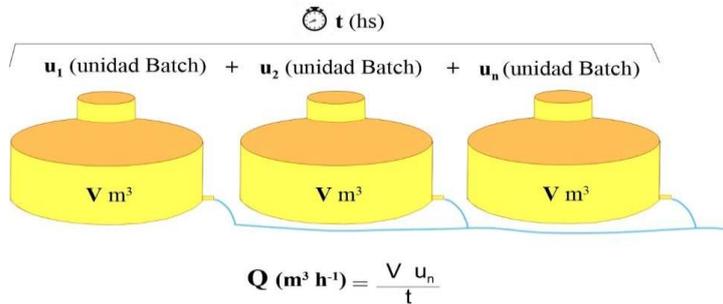


Figura 25. Esquema de aforo por método volumétrico indirecto



Figura 26. Aforo volumétrico indirecto por Batch

En cuanto a la cantidad de aforos por campaña en cada agroindustria, estos se ajustaron a las particularidades del proceso productivo, aunque en líneas generales se efectuaron cada una hora

durante las 8 horas de trabajo de campo. Del total de campañas por agroindustria se obtuvo un caudal estimado de generación de efluentes a lo largo de un año, como unidad de ciclo productivo.

Toma de muestras de efluentes

La toma de muestras para la caracterización fisicoquímica de efluentes en cada una de las agroindustrias se realizó inmediatamente después de realizado el aforo. Para ello, y siempre que las particularidades del proceso lo permitieran, se tomó una submuestra de 1 L de efluente cada una hora en recipiente de PVC. Inmediatamente después de la toma y medición de los parámetros de campo: pH, temperatura y conductividad eléctrica, la submuestra fue refrigerada a 4°C. Se tomaron un total de ocho submuestras de 1 L y se conformó, al final de la jornada de campo, una muestra compuesta sobre la cual se determinaron nuevamente los parámetros de campo, a excepción de temperatura. En algunas agroindustrias, por inconvenientes en la infraestructura y los tiempos de producción no fue posible la toma de las 8 submuestras, en algunos casos la muestra compuesta se conformó por 4 o 6 submuestras. Del total de muestra compuesta, 2 L se almacenaron en conservadora portátil y se trasladaron para su caracterización fisicoquímica de efluentes al Laboratorio de Alta Complejidad de la Universidad Nacional de Chilecito (LAC-UNDeC) y al Laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Chilecito (INTA-EEA Chilecito) (Figuras 27 y 28).

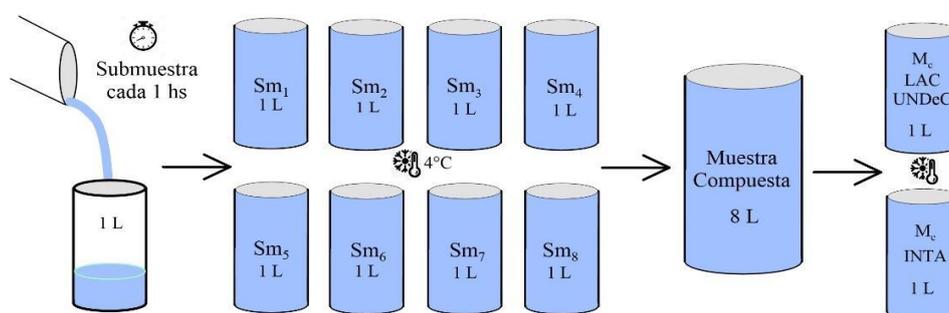


Figura 27. Esquema de la metodología de muestreo



Figura 28. Toma de submuestras

Cabe destacar que de la muestra enviada al LAC-UNDeC se extrajeron 50 mL en tubo Falcon de polipropileno (CAPP® BlueCapp Centrifuge tubes 50 mL) para su almacenamiento a -20°C y posterior análisis ecotoxicológico.

Caracterización fisicoquímica de los efluentes

De los 2 L de muestra compuesta, 1 L fue entregado al LAC-UNdeC para determinar iones mayoritarios, nitrógeno, polifenoles, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales (ST) y sólidos volátiles (SV). Para el caso de las industrias olivícolas se sumó el parámetro grasas dada su relevancia particular. El litro de muestra compuesta remanente se trasladó al laboratorio de INTA-EEA Chilecito para determinar sólidos sedimentables (SS) a 2 min, 10 min, 2 horas y 24 horas. En la *Tabla 7* se detalla los métodos utilizados para cada parámetro. En la *Tabla 8* se especifica la cantidad de muestras compuestas por industria.

Tabla 7. Métodos para la determinación de parámetros físico químicos

Parámetro	Método de análisis	Cita
Sólidos totales	Gravimétrico Secados a 103°C-105°C SM 2540 B	APHA, 2012
Sólidos volátiles	Gravimétrico Calcinados a 550°C SM 2540 E	APHA, 2012
DBO ₅	Respirométrico – SM 5210 D	APHA, 2012
DQO	Espectrofotométrico Reflujo cerrado HACH 8000	USEPA, 1975
Polifenoles totales	Espectrofotométrico – Folin-Ciocalteu	Makkar et al., 1993
Calcio	Título métrico EDTA – SM 2340 C	APHA, 2012
Magnesio	Título métrico EDTA – SM 2340 C	APHA, 2012
Sodio	Fotometría de llama – SM 3500–Na B	APHA, 2012
Potasio	Fotometría de llama–SM 3500-K B	APHA, 1992
Cloruros	Argentométrico – 4500 – Cl ⁻ B (volumetría)	APHA, 2012
Sulfatos	Turbidimétrico – SM 4500 SO ₄ ²⁻ A-E	APHA, 2012
Carbonatos	Titulométrico – SM 2320 B	APHA, 2012
Bicarbonatos	Titulométrico – SM 2320 B	APHA, 2012
Nitrógeno Total	Dumas	AOAC, 2012
Sólidos Sedimentables	Conos Imhoff	
Grasas	Soxhlet Extracción por solvente	APHA, 2012

Tabla 8. Cantidad de muestras compuestas por industrias

Industrias	Total de muestras compuestas
Vinícola 1	12
Vinícola 2	12
Aceitera 1	14
Aceitera 2	8
Aceituna de mesa	14
Nuez	7
Tomate	16

Los resultados de las concentraciones se compararon con los límites de vuelco establecidos para la Provincia de La Rioja en el Decreto Reglamentario 773/93, de la Ley 4.741 Preservación del Medio Ambiente, detallada en el Capítulo 2. Debido a que la Ley es muy limitada en cuanto a los parámetros, se consideraron a modo comparativo límites de vuelco en la Provincia de Buenos Aires (Res. 336/2003 Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires. Anexo II) y Catamarca (Res. 65/05 de la Secretaría del Agua y del Ambiente de la Provincia de Catamarca).

OE 4: Estimar las cargas contaminantes e índices de intensidad de generación de efluentes de las agroindustrias estudiadas

Carga contaminante

Para el cálculo de la Carga Contaminante del efluente, para cada una de las agroindustrias se multiplicó el caudal promedio por las concentraciones de cada uno de los parámetros estimados en el laboratorio (Figura 29). Posteriormente, se efectuaron algunas reflexiones en virtud de la valoración tradicional de efluentes, en base a las concentraciones y su contraste con los valores de carga contaminante. Adicionalmente, los datos de carga contaminante se retoman en el OE 6.

$$CC \text{ (Kg año}^{-1}\text{)} = \frac{[\dots] \text{ (mg/l)} \text{ Q (l/año)}}{1.000.000}$$

Dónde: CC, carga contaminante; [...], concentración de X parámetro; Q, caudal

Figura 29. Fórmula del cálculo de carga contaminante. (Elaboración propia)

Índice de Intensidad de Generación de Efluentes

Se desarrolló y aplicó un Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE), como adaptación del concepto MIPS (Input Material por Unidad de Servicio) desarrollado por el Instituto Wuppertal de Alemania. Se relacionaron las cargas contaminantes de los efluentes (kg año⁻¹) con la masa o volumen de producto final elaborado (Figura 30). Para la construcción del IIGE se tomaron los valores medios de las CC expresadas en kg día⁻¹ y se las multiplicó por la duración de la campaña de cada agroindustria. Posteriormente, se efectuaron algunas reflexiones, en relación a la caracterización química por concentraciones y las cargas contaminantes.

$$IIGE \text{ (Kg analito Kg o L de producto}^{-1}\text{)} = \frac{CC \text{ (Kg año}^{-1}\text{)}}{\text{Prod (Kg o L año}^{-1}\text{)}}$$

Dónde: IIGE; Índice de Intensidad de Generación de Efluentes; CC, carga contaminante; Prod., Producto (dependiendo de su forma de venta en Kg o L año⁻¹)

Figura 30. Fórmula del cálculo de carga contaminante. (Elaboración propia)

OE 5: Evaluar la toxicidad en organismos acuáticos y terrestres causada por la exposición a efluentes agroindustriales

Para las evaluaciones ecotoxicológica se realizaron bioensayos en dos organismos, uno terrestre (Rabanito - *Raphanus sativus*) y otro acuático (pulga de agua - *Daphnia magna*), se seleccionaron aleatoriamente una muestra compuesta por cada tipo de efluente, a las que se les realizaron distintas diluciones con el fin de evaluar una curva concentración–respuesta completa. Para realizar los bioensayos se consideró el concepto de la toxicidad total del efluente (del inglés: Whole effluent Toxicity).

Raphanus sativus (rabanito)

Es una prueba estática de toxicidad aguda (120 horas de exposición), en la que se evalúa el proceso de germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, en los primeros días de crecimiento (*Figura 31*). Para el bioensayo se utilizaron semillas no tratadas químicamente de INTA San Juan (FecoAgro Ltda) almacenadas a 4 °C, en oscuridad y en ambiente seco. El diseño experimental consistió en un diseño completamente aleatorizado entre 5 y 11 tratamientos con concentraciones que variaron entre 0,0000001% y 100%, en función de la toxicidad del efluente (*Tabla 9*), y un control con agua destilada. Todos los tratamientos se realizaron por triplicado. La unidad experimental consistió en cajas de Petri con papel de germinación (Munktell AB Box 300, SE-790 20 GRYCKSBO, Sweden) y 15 semillas (*Figura 32*) a las que se le agregaron de 4 ml de muestra. Las condiciones del experimento se llevaron a cabo en incubadora y oscuridad a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, por cinco (5) días según protocolo estandarizado (Sobrero y Ronco, 2004). Al finalizar el período de exposición se procedió a la cuantificación de las semillas germinadas y a la medición de la longitud de la radícula y el hipocótilo (*Figura 33*). Se consideró semilla germinada a la aparición visible de la radícula.

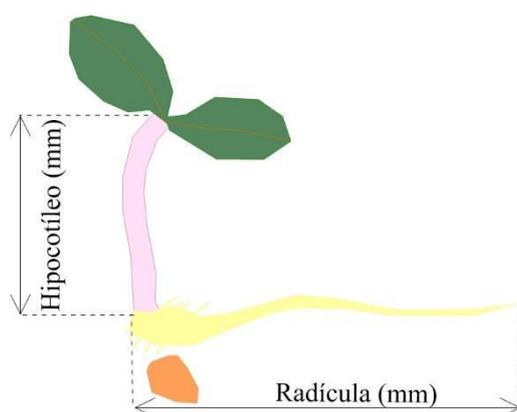


Figura 31: Esquema de semilla germinada

Las respuestas biológicas evaluadas fueron elongación de la radícula y del hipocótilo e inhibición de la germinación. Con estos datos se calculó el porcentaje de inhibición de la germinación y de la elongación de la radícula, determinando los puntos finales ecotoxicológicos, a partir de la curva concentración–respuesta, que fueron: NOEC (Máxima concentración en la que no se observan efectos), LOEC (Mínima concentración de observación de efectos) y CI_{50} (concentración inhibitoria al 50%). Finalmente se calcularon los índices de fitotoxicidad para cada concentración del efluente testeado: Índice de crecimiento relativo (ICR) (*Figura 34*) e Índice de germinación (IG) (*Figura 35*). Los valores de ICR entre 0 y 0,8 se clasificaron como inhibición de la elongación de la raíz, valores $> 0,8$ y $< 1,2$ como efecto no significativo (NS) y valores $> 1,2$ como estimulación de la elongación de la raíz. Para el índice de germinación se consideró inhibición a los valores inferiores al 80%. A partir de estos índices se realizaron dos índices de

fitotoxicidad globales (CICR_{0,8} e CIG_{80%}) que permitieron comparar la toxicidad entre los distintos tipos de efluentes.

Tabla 9. Diluciones de las muestras sometidas a bioensayo en organismo terrestre

	100 %	50 %	10 %	1 %	0,1 %	0,01 %	0,001 %	0,0001 %	0,00001 %	0,000001 %	0,0000001 %
T	X	X	X	X	X	X					
N	X	X	X	X	X						
B	X	X	X	X	X						
Ac1	X	X	X	X	X	X	X	X			
Ac2	X	X	X	X	X	X					
Q	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
L	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
F	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

T: tomate; N: nuez; B: bodega; Ac 1: aceite 1; Ac 2: aceite 2; Q: aceituna quemado; F: aceituna fermentado; M: aceituna maquinado; B: aceituna balsa



Figura 32. Cajas de Petri sembradas para bioensayo con *Raphanus sativus*

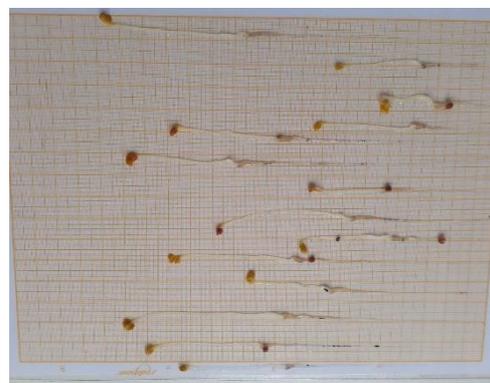


Figura 33. Lectura de bioensayo con semillas de *Raphanus sativus*

$$ICR = \frac{\text{Longitud radícula muestra}}{\text{Longitud radícula control}}$$

Figura 34. Ecuación para estimar ICR

$$IG = \frac{\text{Longitud radícula muestra}}{\text{Longitud radícula control}} \times \frac{\text{Nº de semillas germinadas muestra}}{\text{Nº de semillas germinadas control}} \times 100$$

Figura 35. Ecuación para estimar IG

Daphnia magna

Para el bioensayo se utilizaron neonatos con menos 24 horas de nacidos, las condiciones de cría se realizaron en una sala acondicionada para ensayo de toxicidad perteneciente al Laboratorio de Transformación de Residuos del IMyZA INTA Castelar bajo el Protocolo USEPA, 1996. El cultivo de los organismos se realizó en envases de vidrio de 2,5 litros con una densidad poblacional de 12 individuos por litro (Figura 36). Los organismos se mantuvieron en agua declorinada con una dureza entre 160 y 180 mg CaCO₃/L, a una temperatura de 23 ± 2 °C, con un fotoperiodo de 16 horas luz - 8 horas de oscuridad, y una intensidad lumínica de ≈800 lux.

El diseño experimental consistió en un diseño completamente aleatorizado con 15 tratamientos entre 0,05% y 100%, en función de la toxicidad del efluente (Tabla 10), y un control con agua declorinada. Todos los tratamientos se realizaron por triplicado. Para el bioensayo se colocaron 30 ml en tubos de ensayo de vidrio y se transfirieron diez neonatos. Luego de finalizar el periodo de exposición (48 horas) se contabilizó el número de organismos inmóviles (Figura 37). Con estos resultados se determinaron los puntos finales: CE₅₀ (Concentración efectiva 50%), NOEC y LOEC. El bioensayo de inmovilidad permite una determinación indirecta de la mortalidad; estos ensayos se hicieron siguiendo las recomendaciones de USEPA, 2012 sobre el uso de muestras de efluentes en ecotoxicología (Whole Effluent Toxicity Methods).

El bioensayo de *Daphnia* en la etapa de maquinado de la industria de aceituna de mesa no pudo efectuarse debido a que no se contó con un volumen suficiente de muestra.

Tabla 10. Diluciones de las muestras sometidas a bioensayo en organismo acuático

	100 %	60 %	50 %	30 %	25 %	20 %	12 %	10 %	6 %	5 %	2 %	1 %	0,5 %	0,1 %	0,05 %	N
T					X			X				X				8
N					X			X				X		X		10
B	X		X													9
Ac1	X	X		X				X				X				10
Ac2		X				X				X	X	X		X		6
Q					X			X	X	X	X	X		X		10
L					X			X	X	X	X	X		X		10
F					X			X	X	X	X	X		X		10
B							X		X		X		X		X	10

T: tomate; N: nuez; B: bodega; Ac 1: aceite 1; Ac 2: aceite 2; Q: aceituna quemado; F: aceituna fermentado; B: aceituna balsa; N: número inicial de organismos



Figura 36. Selección de neonatos menores a 24 horas.

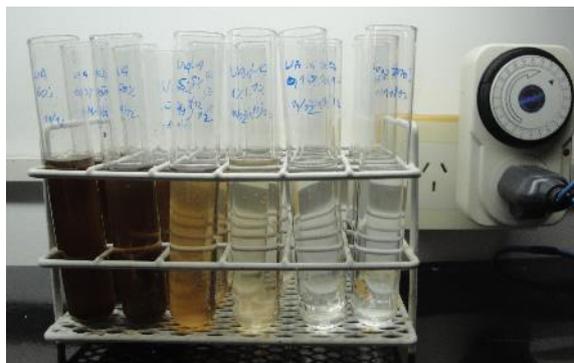


Figura 37. Bioensayo con *Daphnia magna*

Finalmente, en los dos bioensayos se relacionaron los parámetros físico químicos de las muestras con los puntos ecotoxicológicos finales y los índices de toxicidad, mediante procedimientos estadísticos como el análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) y el análisis de correlación (Coeficiente de correlación de Spearman).

OE 6: Analizar la vulnerabilidad y peligro de contaminación del sistema hídrico subterráneo en relación a la actual disposición de efluentes agroindustriales.

Vulnerabilidad de contaminación

Para determinar la vulnerabilidad de contaminación del acuífero se utilizó la metodología GOD desarrollada por Foster e Hirata (2002). Como se detalló en el Marco Teórico, en ella se utilizan tres factores que hacen referencia al acrónimo del nombre en inglés: G, Ocurrencia del agua subterránea; O, Sustrato litológico, y D, profundidad del agua subterránea. Foster e Hirata (2002) anuncian que la metodología es una orientación general, pero es importante que sea adaptada a la realidad y los requerimientos locales. En esta investigación se realizaron modificaciones a los valores asignados, con el fin de que las variables respondan a las realidades del área estudio. Se consultó un trabajo antecedente de Blasarin et al., 2000 y se procedió de manera similar.

Para la determinación de la ocurrencia y sustratos litológicos se analizaron los trabajos de Victoria (1962), Susic (1971), Rocca (1975) y Poblete y Guimaraes (2006). La profundidad del agua subterránea se obtuvo a partir de la medición de niveles estáticos en 58 pozos con una sonda graduada bipolar de 150 m y sonda unipolar de acero de 300 m (Julio 2020). Estos pozos corresponden a la Red de Monitoreo Público-Privada de INTA EEA Chilecito, abarcando una superficie 646 Km² del Valle Central Antinaco-Los Colorados.

Los datos puntuales asociados a cada pozo –ocurrencia del agua subterránea, sustrato litológico y la profundidad del agua subterránea– se cargaron en planilla Microsoft Excel[®] junto a su georreferenciación en coordenadas planas (POSGAR 98 Faja 2). Del producto de cada factor se obtuvo la Vulnerabilidad Intrínseca del Acuífero que fue digitalizada por interpolación Kriging en el Programa Q.GIS 3.0.

Caracterización de la Carga Contaminante

Para la caracterización de la carga contaminante se analizaron las cuatro características propuestas por la metodología GOD con las luego se construyó el Índice de Intensidad de Contaminación (En adelante, ICC).

1-Clase de contaminante: Definida por la tendencia a la degradación o transformación del contaminante, y por su coeficiente de retardo. Esta característica está relacionada con el flujo de aguas subterráneas y los procesos que allí se dan, como intercambio de cationes, sorción, etc.

2-Intensidad de la contaminación: definida por la concentración relativa del contaminante de acuerdo con los valores recomendados por la OMS (2006) para calidad de agua potable y por la proporción en el área de la zona de recarga del acuífero afectada.

3-Modo de disposición del contaminante en el subsuelo: definido por la carga hidráulica asociada a la descarga del contaminante y la profundidad debajo de la superficie del terreno.

4-Duración de la carga contaminante: definido por la probabilidad de descarga del contaminante al subsuelo y por el período de aplicación de la carga contaminante.

Para la representación, se utilizaron los diagramas propuestos por Foster e Hirata (1988). Se identificaron cada una de las agroindustrias estudiadas en el área del diagrama, ponderando así el valor entre 0,1 y 1 para cada característica, para luego obtener un valor general ICC que consideró la suma de cada característica multiplicada por un factor de ponderación homogéneo de 0,25, siguiendo la propuesta de Lexow et al., (2016). De esta manera se clasificó al ICC como bajo (0-0,25), moderado (0,26-0,5), elevado (0,51 – 0,75) y extremo (0,76-1). Luego se procedió de manera similar, siguiendo la propuesta de Foster e Hirata (1988) donde el ICC no se pondera y toma el valor más elevado de las cuatro categorías.

Los valores de las variables de cada criterio, ya sea para vulnerabilidad y para ICC, se presentan en el Capítulo 9, correspondiente a los resultados, como una guía para la determinación de la vulnerabilidad e ICC del VCALC.

Peligro de contaminación del agua subterránea

De la intersección de la Vulnerabilidad del Acuífero y el Índice de Carga Contaminante se evaluaron la peligrosidad a la contaminación del agua subterránea de cada agroindustria. Inicialmente sobre el diagrama propuesto por Foster e Hirata (2002), se colocó a cada industria y se valoró el peligro de contaminación en un rango de bajo a extremo. Se representó el peligro considerando la vulnerabilidad y dos propuestas de ICC, el ponderado según Lexow et al., (2016) y el sin ponderar según Foster e Hirata (2002).

OE 7: Proponer estrategias de gestión integral de efluentes agroindustriales

Considerando a la actual generación de efluentes agroindustriales y el peligro de contaminación se establecieron lineamientos para la mejora de su gestión tanto en el ámbito de las agroindustrias como en aportes a la preservación de los RR. NN, en el marco de la legislación provincial en el territorio de La Rioja.

CAPÍTULO 5

RELEVAMIENTO DE AGROINDUSTRIAS, PROCESOS PRODUCTIVOS Y GENERACIÓN DE EFLUENTES

En este capítulo se mencionan las agroindustrias relevadas en el Valle Central Antinaco-Los Colorados diferenciadas por rubro y cantidad, también se presenta el nivel de complejidad ambiental de las industrias seleccionadas. Finalmente, se mencionan los procesos productivos y la generación y gestión de los efluentes para cada una de ellas.

Relevamiento de agroindustrias

Como se mencionó en el Capítulo 4 se relevaron las agroindustrias procesadoras de olivo, nuez, vid y tomate del Valle Central Antinaco-Los Colorados. En la *Tabla 11* se mencionan las industrias diferenciadas por rubro y cantidad. La mayoría de las industrias se encuentran en el Departamento de Chilecito.

Tabla 11. Rubro y cantidad de agroindustria

Rubro	Bodegas y mosteras	Aceite de oliva	Aceituna de mesa	Procesamiento de nuez	Procesamiento de tomate
Cantidad	14	8	7	1	1

En la *Figura 38* se presenta el mapa de ubicación de las agroindustrias mencionadas. De las 31 industrias mapeadas, se profundizó el análisis en aquellas con las que se logró firmar un convenio de cooperación científica entre la industria y el INTA (*Tabla 12*). Estos convenios permitieron llevar adelante la investigación, financiando los análisis de laboratorio y el diagnóstico de la generación de efluentes líquidos. Se trabajó con dos empresas vitivinícolas, dos aceiteras, una de nuez, una de tomate y una de aceituna de mesa. Así, se incorporaron todos los rubros agroindustriales del valle, a excepción del procesamiento de uva pasa.

Tabla 12. Convenios de cooperación científica

Número de convenio	Rubro de la industria
23.379	Vitivinícola
25.412	Aceite de oliva
25.411	Vitivinícola y Aceite de oliva
25.816	Nuez
26.404	Tomate
25.594	Aceituna de mesa

En cada industria se aplicó el cálculo del nivel de complejidad ambiental, que permitió categorizar a las industrias según sus impactos en el medio. En la *Tabla 13* se presentan los resultados del NCA para cada industria y en el *Anexo 2* se presentan los NCA con los valores detallados para cada variable del cálculo en cada industria.

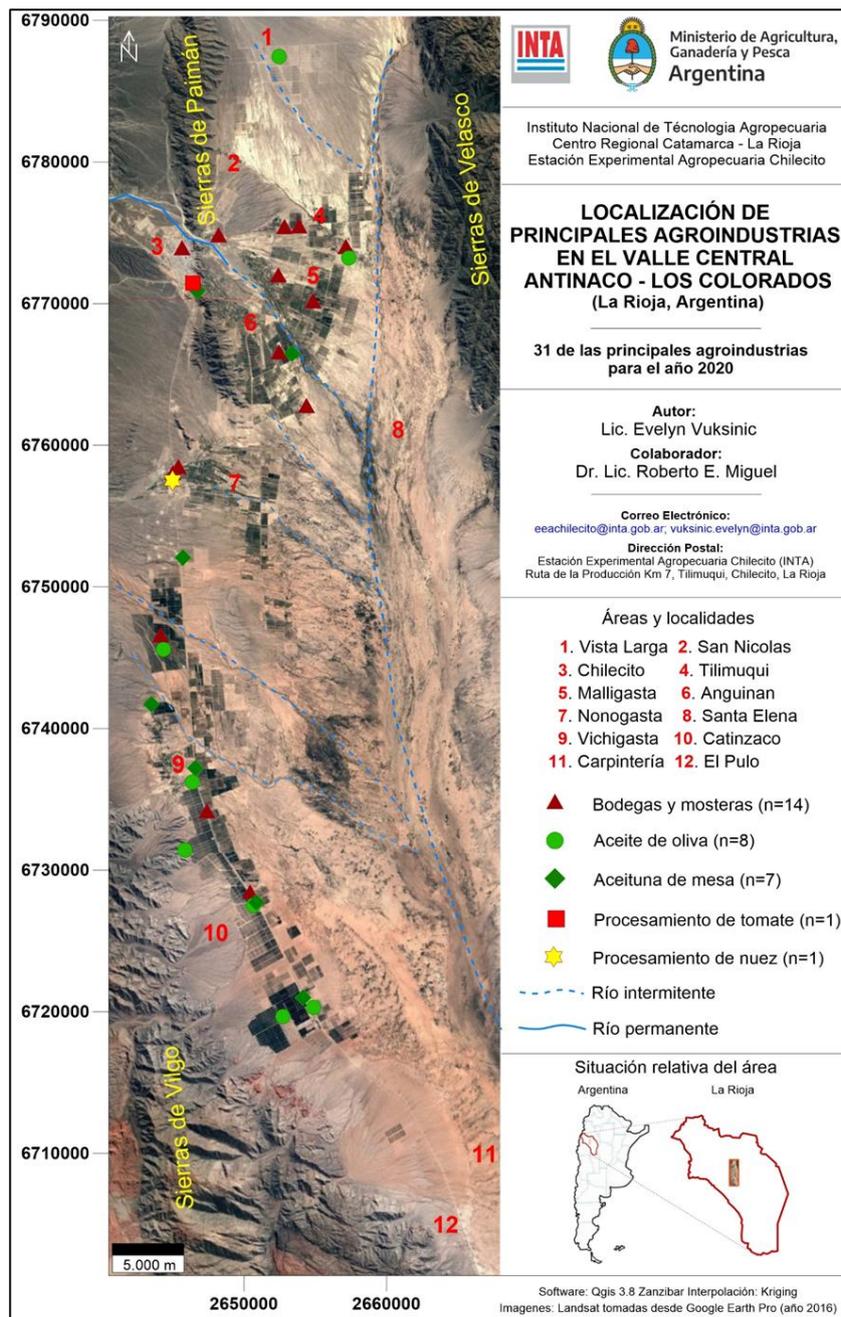


Figura 38. Mapa de localización de principales agroindustrias del VCALC. Elaboración propia

Tabla 13. NCA de las agroindustrias

Rubro	NCA	Categoría
Vitivinícola 1	24,5	Segunda
Vitivinícola 2	20,5	Segunda
Aceite de oliva 1	20,5	Segunda
Aceite de oliva 2	20,5	Segunda
Nuez	23,5	Segunda
Tomate	23,5	Segunda
Aceituna de mesa	21,5	Segunda

En base al polinomio de categorización, todas las industrias analizadas son consideradas en la Categoría II (como de Segunda Categoría), es decir, que se corresponde con una industria incómoda. Tres de las industrias se acercan a los 25 puntos, que corresponden a la Categoría III,

consideradas como peligrosas. Vale aclarar que estas tres industrias coinciden en su localización en el medio urbano residencial. Sin embargo, debido a que todas las empresas analizadas generan residuos plausibles de ser considerados como especiales y/o peligrosos (Ley Nacional 24.051 Anexo 1 -Y39 desechos que contengan compuestos fenólicos o fenoles-) debe aplicarse el Artículo 9 de la reglamentación que considera a estas industrias como de Tercera Categoría independientemente del Nivel de Complejidad Ambiental. Por lo tanto, todas las industrias analizadas en la investigación son industrias, categorizadas como especiales o peligrosas, que pueden generar impactos negativos en el medio circundante.

A continuación, se detallan los procesos productivos y la gestión y generación de efluentes en cada agroindustria estudiada.

VITIVINÍCOLAS

Se analizaron dos industrias elaboradoras de vinos tintos y blancos. Se describe en una primera instancia el proceso productivo con su respectivo diagrama de flujo y luego se detalla para cada bodega la generación y gestión de los efluentes.

Proceso productivo

En la *Figura 39* se presenta el diagrama de flujo correspondiente a la elaboración de vinos tintos, este diagrama difiere levemente de la producción de vinos blancos, cuestión que se especifica durante el desarrollo de este apartado.

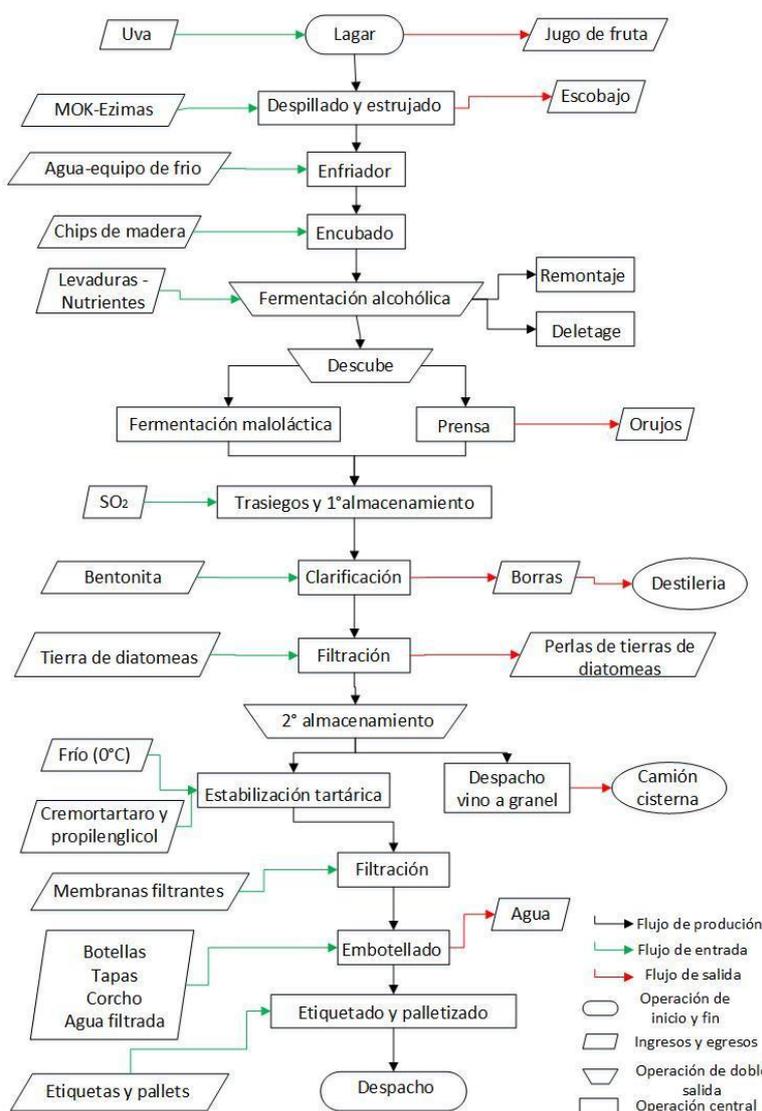


Figura 39. Diagrama de flujo elaboración de vinos tintos. Elaboración propia

El proceso productivo comienza con la llegada de la fruta, se pesa en la báscula y luego se traslada al patio de la bodega para descargar la uva en el lagar. A través de un sinfín, y por medio de una

cinta elevadora, la uva llega hasta la despilladora (*Figura 40*). El lagar posee una malla donde se colecta la fase líquida que llega con la fruta –jugo de fruta dañada–.

En la despilladora se separa el grano de uva del raquío. El grano es molido en la moledora de rodillos, en esta etapa se utilizan insumos enológicos -metabisulfito de potasio y enzimas pectolíticas- y como salida se obtiene el escobajo (*Figura 41*). A través de una bomba tolva se empuja la fruta por dentro de la cañería del enfriador tubular –encamisado de sentido inverso- con el objetivo de disminuir 6-7 °C la temperatura de la molienda; en esta misma bomba se adiciona el líquido recolectado en el lagar.



Figura 40. Fruta en el lagar y cinta transportadora



Figura 41. Escobajo

La molienda ingresa a la bodega a través de mangueras y/o cañerías de acero inoxidable. En las *Figuras 42 y 43* se muestran las bodegas de las vitivinícolas 1 y 2. Vale destacar que, si bien emplean procesos productivos similares, los años de antigüedad de las instalaciones es notable entre una y otra, lo cual se ve reflejado en el estado y mantenimiento de las instalaciones.



Figura 42. Bodega vitivinícola 1



Figura 43. Bodega vitivinícola 2

Los tanques son de acero inoxidable o fibra de vidrio y poseen un sistema de camisa para disminuir la temperatura y evitar que se pierdan los ácidos volátiles que le dan calidad al vino – vinos tintos a 25/28 °C y vinos blancos a 18 °C–. Los tanques se llenan por variedad de uva en un 80-90% para proceder a la fermentación -encubado-. En esta etapa se utilizan levaduras seleccionadas y disfosfato de amonio. Se preparan las levaduras en un recipiente y se acondicionan a 35°C, se activan y se mezclan con el jugo de uva gradualmente. Si bien, la dosis de levadura empleada dependerá de cada enólogo, aproximadamente se utilizan 4 kg de levaduras cada 100 litros del futuro vino. Las levaduras se encargan de la transformación de los azúcares en alcohol más dióxido de carbono. La fermentación dura entre 7 a 15 días, dependiendo del vino que se quiera obtener. Dentro de esa etapa se encuentra los procesos de *d'elatage*, que consiste en una técnica empleada para favorecer la extracción de color y de compuestos fenólicos y el remontaje. Este último proceso se realiza para romper, por hundimiento o dispersión, el sombrero que se forma por acción del desprendimiento de gas carbónico que empuja el hollejo hacia la superficie quedando la fase líquida por debajo de la sólida. El remontaje mueve el mosto que se encuentra por debajo de la cuba y lo introduce por arriba (*Figura 44*). De esta forma contribuye a la oxigenación, a favorecer la actividad de las levaduras y a homogeneizar la masa fermentativa. Dependiendo del vino a obtener, durante la fermentación, se le pueden agregar chips de madera (por ejemplo, chips de roble) para que le den sabor.



Figura 44. Remontado de vino

Posteriormente, se procede al descubado que consiste en la separación del líquido (vino en elaboración) de la fase sólida (orujo) (*Figura 45*). El vino se deposita en un tanque particular, y el hollejo (pulpa y semillas) se envía mediante bombas de tornillo hacia la prensa neumática (*Figura 46*). La prensa se llena hasta la mitad de su volumen con hollejo, mientras que en la mitad restante funciona una carpa que se infla neumáticamente, presionando el hollejo. Así, se va extrayendo, por un lado, el vino prensa o vino de segunda y por otro, el orujo. Aproximadamente,

se producen 400 g de orujo por litro de vino. En el caso del vino blanco, el hollejo se prensa antes de la fermentación, para evitar que la fermentación se produzca en contacto con el hollejo y coloree el vino.



Figura 45. Descube



Figura 46. Prensa de vino

Luego del descube se procede a la fermentación maloláctica donde, mediante la presencia de bacterias lácticas, el ácido málico es transformado en ácido láctico, otorgando cierta suavidad a los vinos. Mediante cromatografía de papel se realiza un seguimiento y control de la fermentación maloláctica. Luego de dicha fermentación se procede a la primera etapa de conservación, donde se deposita el vino en tanques de acero inoxidable o barricas agregando anhídrido sulfuroso. En esta etapa se efectúa la clarificación que consiste en incorporar al vino un preparado de bentonita para producir la coagulación y precipitación de otras sustancias en suspensión en el vino, provocando limpidez y el desprendimiento de la borra. Las borras son eliminadas a través de los trasiegos que se realizan pasado los 10-15 días del descube y se repiten 2 o 3 veces por semana. Estas borras se envían al filtro al vacío para extraer la fase líquida. El filtro de vacío consiste en un tambor al vacío, el cual es recubierto por fuera con agua y tierra filtrante (diatomeas), que se adhieren al cilindro (*Figura 47*). Una vez que toda la mezcla se adhirió al cilindro se le inyecta la borra, y a través de un borde filoso se elimina la borra y el vino filtra hacia dentro del tanque. El residuo del proceso se la lleva a campo y también se lo comercializa para hacer recuperado de bisulfito y ácido tartárico (*Figura 48*). La filtración de los vinos se realiza mediante el mismo procedimiento, quedando retenidas en el filtro las partículas que generan turbidez. Una vez realizada la operación se procede a la corrección con anhídrido sulfuroso. Por último, se realiza un filtrado final realizado por membranas de polipropileno o polietersulfona de distintos micrones, según corresponda al tipo de vino a embotellar. Estos filtros son denominados tangenciales y evitan el uso de tierra de diatomeas que, usualmente, cuando se utilizan terminan en las corrientes de efluentes líquidos colmatando canales y plantas de tratamiento.



Figura 47. Borrás en filtro



Figura 48. Residuo de la filtración de borras

Luego de la filtración se procede a la segunda etapa de almacenamiento, previo al embotellado o carga a granel. El vino tinto a granel puede requerir o no estabilización tartárica, y el vino embotellado se envasa en botellas con corcho o tapa a rosca. El proceso de fraccionamiento comienza con el enjuague de las botellas con agua filtrada para evitar la contaminación microbiológica provenientes del agua de pozos. Las botellas que ingresan a la enjuagadora rotan en su eje hasta quedar en posición invertida, en esa posición un chorro de agua a presión se inyecta en su interior, con el fin de evacuar posibles partículas de polvo, tierras, restos vegetales o restos de vidrio, luego se le inyecta nitrógeno a presión y al vacío para barrer el oxígeno (*Figura 49*). El producto se envasa en botellas de vidrio de 375 ml y 750 ml y se coloca de manera automática corcho o tapa a rosca. El vino embotellado se estiba en cámara a temperatura controlada entre 16 °C y 18 °C. Por último, se procede al etiquetado en donde se colocan las cápsulas, según especificaciones del cliente o de la empresa, indicando en la etiqueta variedad, número de lote y análisis. Se colocan en cajas de 6-12 botellas y se llevan a pallets para su transporte (*Figura 50*). Este proceso se denomina discontinuo, primero se fracciona en botellas, luego va a cámara de frío y, por último, se etiqueta.



Figura 49. Máquina embotelladora



Figura 50. Vinos paletizados

En la zona de bodega las operaciones que generan mayores efluentes son las relacionadas con el lavado de tanque y la limpieza interna del sector. Para el lavado de tanque, se utilizan distintos productos para acelerar y efectivizar la limpieza, ya que, de hacerse sólo con agua, requeriría mayor volumen del recurso y desinfección (soda cáustica, ácido cítrico y ácido peracético). En un principio se efectúa un lavado con soda cáustica (solución de 150 L), posteriormente se neutraliza con ácido cítrico (150 L), luego se lo desinfecta con ácido peracético (solución de 150 L) y finalmente, se realizan múltiples enjuagues (*Figuras 51 y 52*).



Figura 51. Lavado de tanques



Figura 52. Recipiente graduado para el preparado de soluciones de limpieza

Generación y Gestión de efluentes vitivinícolas, caso 1

Los efluentes generados en las distintas etapas son enviados a una planta de tratamiento primario, una vez que ingresan a la planta, se vierten en un cilindro separador de gruesos (Figura 53), luego se descargan a una pileta de sedimentación de 16,6 m³, separada en 6 tabiques de 2,76 m³ cada uno (Figura 54). Posteriormente, el efluente pasa a una segunda cámara de sedimentación de 5,88 m³ dividida en 6 módulos de 0,98 m³ (Figura 55), ambas cámaras suman un total de 22,5 m³. Finalmente, el efluente llega a una cámara de toma de muestra y aforo y de allí es enviado al sistema de red cloacal (Figura 56).



Figura 53. Cilindro separador de gruesos



Figura 54. Pileta de sedimentación



Figura 55. pileta de sedimentación 2



Figura 56. Cámara de toma de muestras y aforo

Observaciones de la gestión de efluentes

Durante las visitas efectuadas se detectaron numerosas pérdidas de líquido en conductos, canillas y mangueras, la mayoría de ellos mostraban arreglos provisionarios (Figura 57). También, muchas de las labores periódicas de limpieza se realizan con mangueras que erogán muy baja presión, por lo cual, la limpieza es deficiente y genera un gasto innecesario de agua (Figura 58).



Figura 57. Arreglo provisorio en conducción **Figura 58. Utilización de manguera con baja presión**

Adicionalmente, se advirtió que gran parte de las bombas utilizadas para los trasvases de vino tienen pérdidas en las conexiones o en los ejes lo que genera pérdidas de vino que, si bien pueden considerarse menores, a lo largo del año pueden representar un volumen importante de producto perdido (*Figura 59*). Finalmente, se observaron pérdidas o descargas puntuales de producto en equipos de filtración y de refrigeración.



Figura 59. Pérdidas de producto en instalaciones

Generación y Gestión de efluentes vitivinícola, caso 2

El efluente generado se dispone en canales internos para ser conducido a dos cámaras que se encuentran fuera de la industria (*Figura 60*) para, finalmente, ser depositado en el campo (*Figura 61*). Lo que no infiltra en campo, alcanza el cauce de un arroyo seco que atraviesa la finca (*Figura 62*).



Figura 60. Cámara donde llegan los efluentes



Figura 61. Disposición de efluente en campo



Figura 62. Cauce del arroyo al que llegan los efluentes

Las etapas en las que se registran una mayor generación de efluentes son la limpieza, principalmente en el área del patio con el aseo de la prensa, despilladora, lagar y cinta mecánica (*Figura 63, 64 y 65*) y en el proceso de filtrado, como resultado del funcionamiento del filtro al vacío (*Figura 66*). El líquido de la purga del filtro de vacío no constituye un efluente en sí, ya que la calidad del agua es similar a la del pozo (pH: 7,7 y CE: 420), pero actualmente su descarga no se aprovecha (alrededor de 675 L h^{-1}) uniéndose al efluente de limpieza sumando al caudal total de efluente erogado.



Figura 63. Cinta elevadora sucia



Figura 64. Prensa sucia



Figura 65. Efluente de la limpieza del filtro al vacío

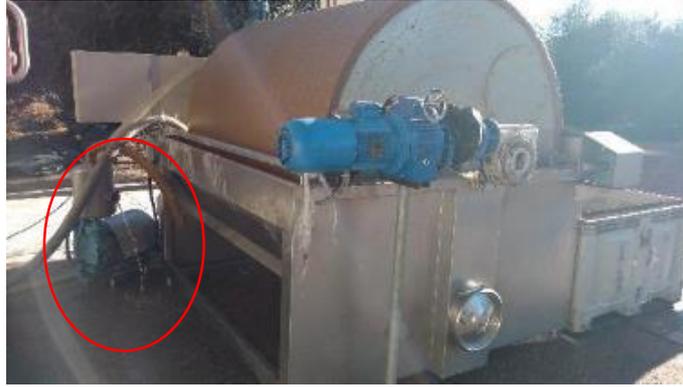


Figura 66. Purga filtro al vacío (en rojo)

En la etapa de filtración del vino también se generan efluentes, que presentan la particularidad de estar cargados con perlas de diatomea procedente de las tierras filtrantes. Por último, en el área de fraccionamiento, el efluente proviene del enjuague de las botellas, que al igual que el agua del filtro al vacío, no aporta cargas contaminantes y que potencialmente podría aprovecharse para la limpieza.

Observaciones de la gestión de efluentes

En época de vendimia y durante gran parte del trabajo de campo se advirtió que las cámaras se encontraban obturadas con restos de orujo y fruta, lo que las hacía rebalsar y generar disposiciones diferenciales en distintas zonas del predio de la finca (*Figura 67 y 68*).



Figura 67. Cámara rebalsada



Figura 68. Cámara tapada con orujo

Cabe destacar que, ocasionalmente, se advirtió en las canaletas productos que no son de uso cotidiano en la planta, pero que también son eliminados como efluentes, por ejemplo, la grasa de una bomba que se rompió o detergente para lavar baldes entre otros (*Figura 69*).

Además, se advirtieron algunas operaciones ineficientes en cuanto al uso de agua cuando la fábrica está en el pico de producción y los operarios se encuentran con tareas múltiples, como por ejemplo mangueras sin uso aparente y rebalses de cubas (Figuras 70 y 71). También se observó la obstrucción de la salida de la prensa con orujo, lo que provoca la pérdida de producto que se vuelca al piso que luego es necesario remover y que a su vez se transforma en efluente (Figura 72). Se observó el uso de mangueras a baja presión para la limpieza de pisos e instalaciones (Figura 73). Por último, se hace mención que el caudalímetro de entrada del pozo funcionaba parcialmente, lo cual no permitió llevar un registro de los caudales.



Figura 69. Presencia de productos inusuales en canaletas



Figura 70. Manguera sin uso aparente



Figura 71. Rebalse de cuba



Figura 72. Producto derramado en piso



Figura 73. Limpieza de pisos e instalaciones

ACEITE DE OLIVA

Se analizaron dos industrias que emplean el mismo sistema de extracción de aceite, en una primera instancia se describe el proceso productivo con su respectivo diagrama de flujo y luego se detalla para cada aceitera la generación y gestión de los efluentes.

Proceso productivo

En la *Figura 74* se presenta el diagrama de flujo de las industrias productoras de aceite de oliva. Las fábricas se dividen en tres sectores: patio donde se recibe y limpia la fruta; área de extracción donde se obtiene el aceite, y bodega donde se lo almacena. Ambas industrias desarrollan el sistema de extracción de dos fases y cuentan con una línea principal y otra de repaso. Los principales puntos de generación de efluentes son el compacto de limpieza, el *decanter* y la centrífuga vertical.

En el patio la fruta sucia que llega desde la cosecha es pesada y depositada en tolvas para ser conducida, mediante cinta transportadora, hacia el compacto de limpieza. Allí se aplica una corriente de aire y agua, obteniendo residuos sólidos (ramas, hojas, piedras), semisólido (barro) y líquido (agua de lavado). Por último, se efectúa la molienda, donde a través de un sinfín llega la fruta hasta trituradores metálicos de martillo llamados molinos, que además de aplastar la aceituna también desgarran y rompen la pulpa y la piel de la fruta.

En el área de extracción se utiliza una batidora, que cuenta con tres compartimentos con circulación de agua caliente (30-34 °C). El objetivo de esta etapa es amasar la pasta y elevar su temperatura para liberar las gotas de aceite y generar su coalescencia, generalmente, el tiempo del batido es de 25 a 30 minutos. Desde la batidora se pasa al *decanter* para efectuar la separación sólido-líquido utilizando la fuerza centrífuga y la densidad para separar el aceite del resto de los componentes. Usualmente, se le agregan entre 100 y 600 litros de agua por “batch” y varía la velocidad en función de los porcentajes de materia grasa y humedad que se quieren obtener para mejorar la extracción. En esta instancia se genera el alperujo, un residuo semisólido que no debe superar el 4% de contenido de materia grasa para no desperdiciar aceite. Luego se pasa al tamiz de inspección donde llega el aceite con porciones de agua y sólidos, a través de vibración se eliminan las impurezas sólidas que se recirculan a la batidora para su reprocesamiento. Finalmente, se termina de separar el aceite del agua vegetal restante utilizando una centrífuga vertical, el producto se vierte en depósitos transitorios para luego ser bombeado a la bodega. Las industrias cuentan con una línea principal y otra línea de repaso que funcionan igual, con la diferencia que esta última tiene como insumo el alperujo eliminado en la línea principal.

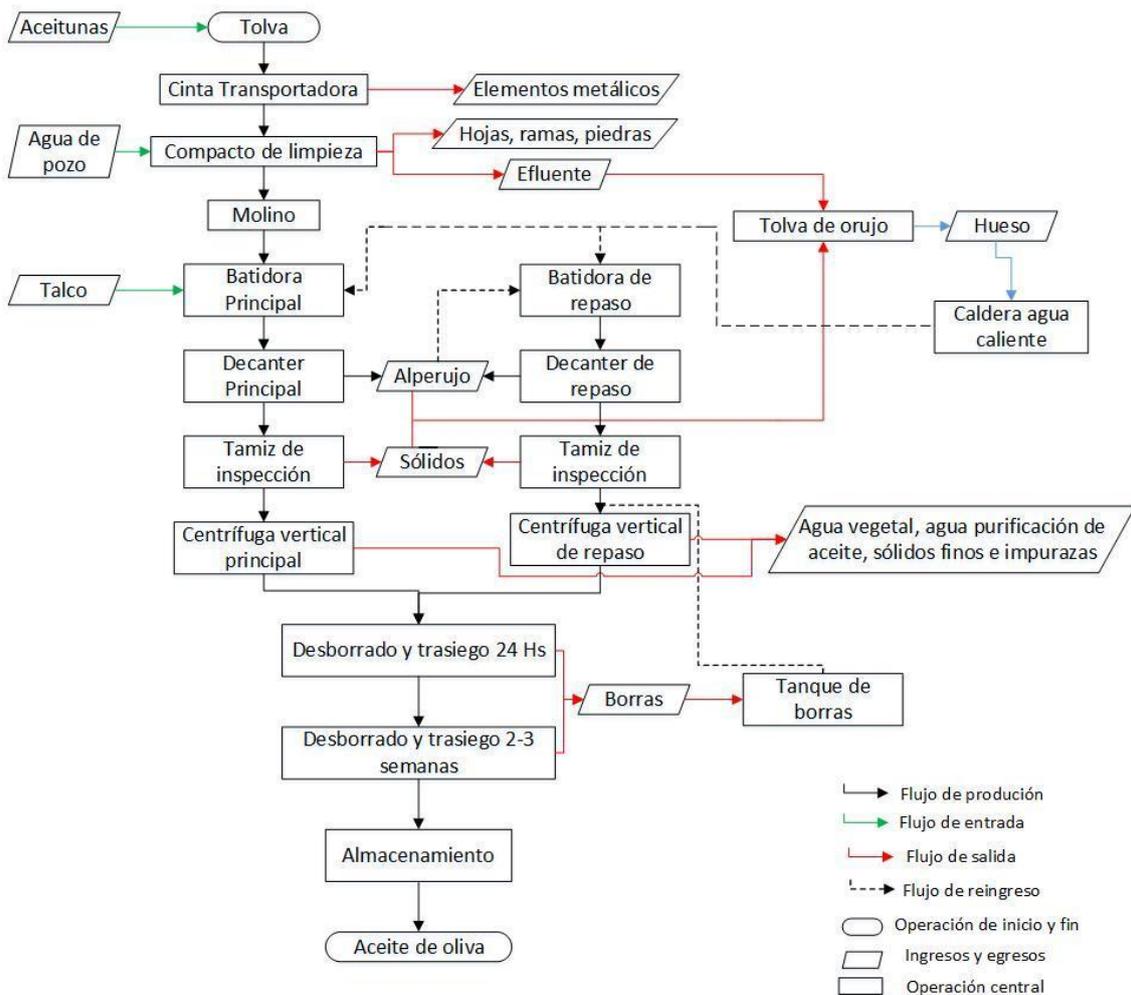


Figura 74. Diagrama de flujo de la industria elaboradora de aceite de oliva. Elaboración propia

En la bodega se almacena el aceite a temperaturas constantes entre 15 y 18°. Los tanques son de acero manteniendo al aceite al abrigo de la luz, el aire y con la temperatura óptima. El aceite se almacena entre dos a tres semanas para que sedimenten las impurezas, y día por medio se realiza el desbornado. Algunos aceites son filtrados a presión con capas filtrantes de tierra de diatomeas, a fin de mejorar la calidad organoléptica del producto.

Generación y Gestión de efluentes: aceitera 1

En los tres sectores de la industria –patio, área de extracción y bodega- se generan residuos y efluentes líquidos. En el patio los residuos sólidos del compacto de limpieza (Figura 75) (barros, ramas, hojas) son dispuestos en el campo y el agua de lavado de la fruta se conduce a la tolva de orujo.



Figura 75. Compacto de limpieza

El área de extracción es el sector clave en cuanto a la generación de residuos y efluentes. El proceso de separación sólido-líquido tiene como subproducto semisólido el alperujo, que se elimina en el decanter horizontal (*Figura 76*). El alperujo es enviado a la tolva de orujo para la producción de hueso –carozo de la aceituna–, que se utiliza como combustible de caldera y abastece el funcionamiento de la fábrica (*Figura 77 y 78*).



Figura 76. Vibrofiltro – salida del decanter



Figura 77. Tolva de orujo



Figura 78. Hueso utilizado como combustible

El mayor volumen de efluentes líquidos se genera en la etapa de centrifugación vertical (*Figura 79*), compuestos, por un lado, del agua vegetal propia del fruto y por otro, del agua utilizada durante el lavado y purificación del aceite. Estos efluentes, junto al de la limpieza de instalaciones, son conducidos a través de canaletas a la cámara de inspección de la bodega.



Figura 79. Centrífuga vertical

Finalmente, en la bodega se generan efluentes de la limpieza de los tanques y del desborrado (*Figura 80*), que también son conducidos hacia la misma cámara de inspección. Desde allí, fluyen por gravedad hacia a los desgrasadores que se encuentran en el exterior de la fábrica donde comienza el tratamiento físico de los efluentes líquidos (*Figura 81*).

Estos desgrasadores tienen como objetivo la retención de la materia grasa, cuenta con tres compartimientos interconectados en la parte inferior de cada una de ellos (dos de $0,96 \text{ m}^3$ y uno de $1,2 \text{ m}^3$), donde el efluente pasa de uno a otro haciendo que por diferencia de densidad -agua-lípido- favorezca la separación de ambas fases. Luego continúa hacia el sedimentador ($28,1 \text{ m}^3$) (*Figura 82*) para que se depositen los sólidos en suspensión: el efluente líquido se trasvasa por rebalse a una segunda cámara donde, finalmente, es bombeado a las balsas de evaporación (1.600 m^3) impermeabilizadas con polietileno de alta densidad de $1,5 \text{ mm}$ de espesor, allí el agua por procesos físicos naturales se evapora (*Figura 83*).



Figura 80. Desborrado de tanque



Figura 81. Graseras



Figura 82. Pileta de sedimentación



Figura 83. Balsa de evaporación

Observaciones de la gestión de efluentes

Durante las salidas de campo a la fábrica se registró un mal funcionamiento de las graseras, lo que generaba la presencia de grasa en la pileta de sedimentación que luego era bombeada a la balsa de evaporación; el contenido de grasa y aceite de la balsa dificulta la evaporación del efluente (*Figura 84 y 85*). En ocasiones, cuando la pileta de sedimentación se colmata, es vaciada en un camión cisterna y se deposita el efluente en el campo (*Figura 86*). En la cámara de la bodega se observa acumulación de barros y borras que, si bien no obstruyen la entrada y salida, limitan el paso del efluente hacia los desgrasadores.



Figura 84. Grasa en pileta de sedimentación



Figura 85. Grasa y aceite en laguna de evaporación



Figura 86. Descarga de camión cisterna para ser depositado en campo

El lavado de las instalaciones se realiza con un detergente alcalino biodegradable autorizado por SENASA. Los componentes que posee son hidróxido y fosfatos de sodio, ácido sulfónico y glucoles, lo que en ocasiones puede llegar a favorecer el aumento de la conductividad eléctrica. Para la limpieza de las instalaciones, se utiliza agua a baja presión lo que no contribuye a la remoción de la suciedad, funcionando sólo como un vehículo de evacuación y aumentando los caudales de aguas utilizados en el proceso.

Generación y Gestión de efluentes: aceitera 2

Al igual que en la aceitera 1, en los tres sectores de la industria –patio, área de extracción y bodega- se generan residuos y efluentes líquidos. En el patio los residuos sólidos del compacto de limpieza (barros, ramas y hojas) son dispuestos directamente en el campo y el agua de lavado se conduce a través de canaletas al campo, al igual que el agua de la limpieza de pisos e instalaciones (*Figura 87 y 88*).



Figura 87. Canal de efluente de agua de lavado



Figura 88. Limpieza del piso e instalaciones del patio

En esta industria el alperujo generado en la etapa de extracción, por medio del *decanter* horizontal (*Figura 89*), también es utilizado para hueso como combustible de las calderas (*Figura 90*). Sin

embargo, el alperujo que no llega a deshuesarse se dispone en una pileta localizada al lado de la fábrica para, finalmente, disponerlo en el campo sin tratamiento previo.



Figura 89. Decanter horizontal



Figura 90. Deshuesadora

Los efluentes líquidos que se generan en la etapa de centrifugación vertical (*Figura 91*), junto al de la limpieza de instalaciones, son conducidos a través de canaletas (*Figura 92*) a la pileta ubicada en las inmediaciones de la fábrica, donde se junta con el alperujo (*Figura 93*).



Figura 91. Centrifuga vertical



Figura 92. Salida del efluente líquido en canaleta

Finalmente, en la bodega se generan efluentes de la limpieza de los tanques y del desborrado, que también son conducidos hacia la misma pileta. Esta pileta es vaciada diariamente por un camión cisterna, que deposita la mezcla de alperujo y efluente líquido en campo (*Figura 94*).



Figura 93. Pileta de disposición de alperujo y efluentes líquidos



Figura 94. Vaciado de la pileta

El lavado de las instalaciones se realiza con manguera a baja presión y se efectúa diariamente al término de la jornada laboral. La operación dura un tiempo aproximado de 45 minutos, donde inicialmente se vierte abundante agua para luego realizar un barrido (*Figura 95*). Durante el proceso se lava el *decanter*, aproximadamente cada dos horas, eliminando pulsos de alperujo en poco tiempo que se vierten en las canaletas para luego depositarse en la pileta.



Figura 95. Limpieza de instalaciones

Observaciones de la gestión de efluentes

Los sólidos del patio son barridos y dispuestos en la canaleta junto con el agua de lavado de la fruta, haciendo que sedimenten en el canal de evacuación (*Figura 96*). El alperujo eliminado por la limpieza del *decanter* que no es destinado a la producción de hueso, se envía junto con el efluente líquido a la pileta, por lo tanto, las características del efluente variarán a lo largo del proceso productivo (*Figura 97 y 98*). Además, para favorecer el escurrimiento del líquido con el semisólido se aplica agua limpia en la canaleta empleando manguera, sumando caudal al efluente final. También se advirtieron pérdidas de agua constante de la centrífuga vertical, sin estar en producción, aumentando el caudal del efluente que llega a la pileta externa. El efluente es enviado a campo, donde se lo dispone directamente en el suelo o sobre el cauce de un río seco.



Figura 96. Sólidos en el canal de evacuación



Figura 97. Canaleta con efluente líquido y alperujo



Figura 98. Canaleta con efluente líquido

Comparación de la gestión de residuos y efluentes en aceiteras

En la *Tabla 14* se presenta una comparación de la gestión y tratamiento aplicados a los residuos y efluentes generados en cada aceitera. Si bien ambas industrias poseen el mismo sistema de extracción y generan los mismos residuos, el manejo y la gestión es diferente, lo que puede modificar las características de los efluentes generados en cada una de ellas.

Tabla 14. Comparación de la gestión de residuos en aceiteras

Residuos generados	Aceitera 1	Aceitera 2
Hojas, ramas, piedras, barro	A campo	A campo
Agua de lavado	Tolva de orujo	A campo
Alperujo	Tolva de orujo	Tolva de orujo y luego pileta
Orujo residual	A campo	A campo junto con la fase líquida
Agua de la centrifuga y limpieza de instalaciones	Tratamiento secundario - Balsa de evaporación	Pileta junto con el alperujo, para luego ser depositado en campo
Desborrado y limpieza de tanques	Tratamiento secundario - Balsa de evaporación	Pileta junto con el alperujo, para luego ser depositado en campo

ACEITUNA DE MESA

Proceso productivo

Preparado de soluciones y entrada a proceso

El agua para el proceso productivo, principal insumo para la preparación de soluciones para elaborar las aceitunas de mesa, es extraída desde dos pozos profundos y conducida a tres tanques de 55.000 litros cada uno donde es clorada con hipoclorito de sodio para garantizar la desinfección antes del inicio del proceso. En una primera instancia, se elabora una solución en “tanques saleros” donde al agua se le incorpora cloruro de sodio industrial al 23 % p/v. Luego, una vez diluida es filtrada y conducida, a través de una bomba caudal, a los tanques destinados al preparado de la salmuera blanca diluida de inicio de fermentación, a la que se le dosifica ácido acético (*Figura 99*). Esta salmuera tiene dos destinos, uno para el uso directo al finalizar la etapa de cocido e iniciar la fermentación, y el otro, para elaborar la soda de quemado con soda cáustica. La soda se conduce a las cosederas para iniciar el cocido previo a la fermentación. Con la salmuera concentrada también se prepara la salmuera blanca diluida para requerido, utilizada para completar los fermentadores a medida que esta es “requerida”, principalmente, cuando se pierde salmuera por evaporación y cuando se utiliza en el proceso de maquinado. En resumen, se preparan tres tipos de salmueras: salmuera concentrada, salmuera blanca diluida y salmuera blanca diluida para requerido.



Figura 99. Tanque de soluciones

En la *Figura 100* se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de aceitunas verdes, posterior al preparado de soluciones.

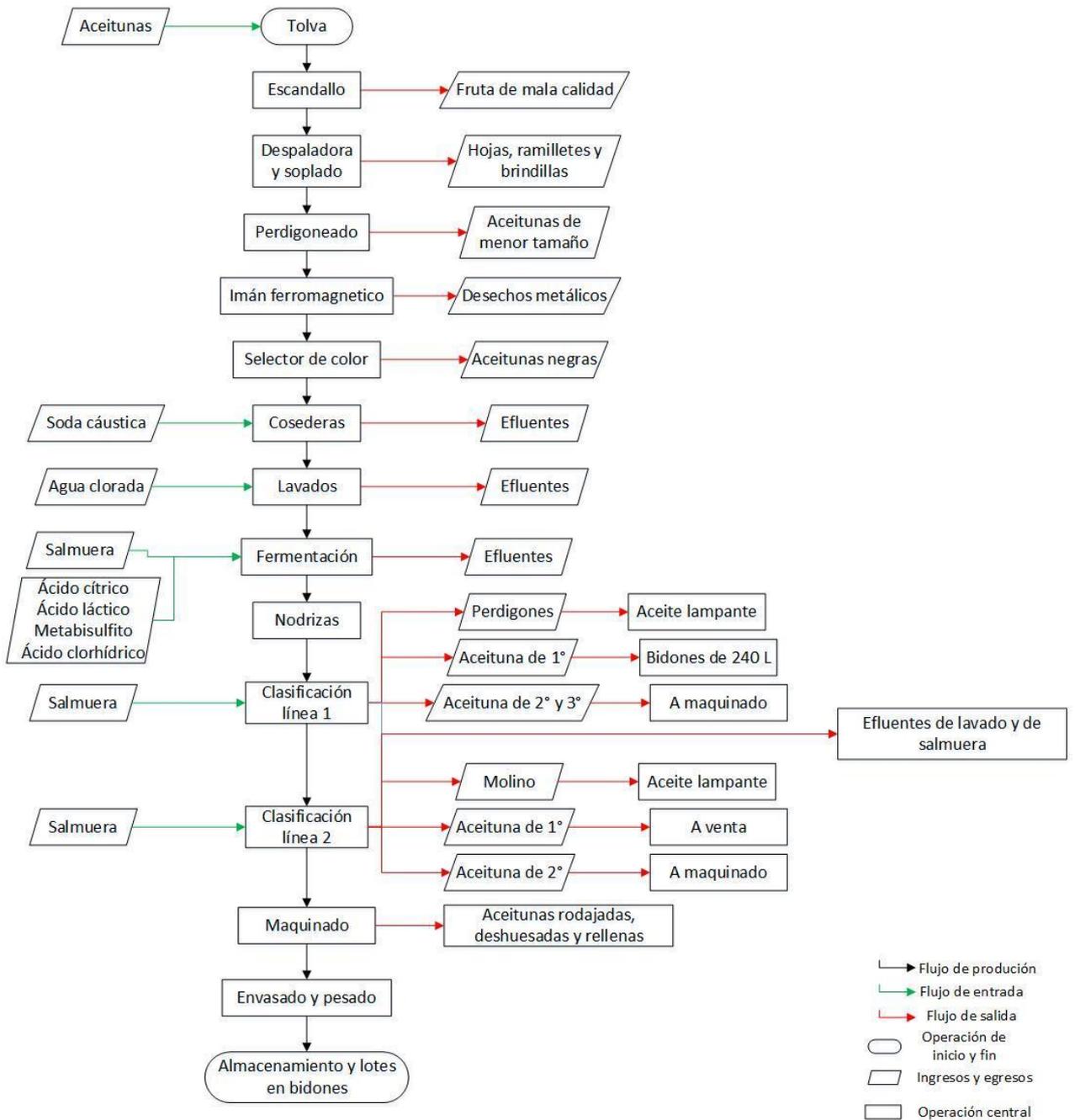


Figura 100. Diagrama de flujo elaboración de aceituna de mesa verde. Elaboración propia

Etapa 1: Cocido y fermentación

El proceso se inicia con la llegada de aceitunas desde el campo, la fracción que se cosecha manualmente (70%), se deja en los bins a la espera del quemado de la noche. Mientras que, la fracción cosechada mecánicamente (30%) se dispone directamente en salmuera pobre, que presenta menor concentración que la salmuera de cocido, y fría para estabilizar el daño que ocasiona a la fruta la cosecha mecánica, la cual le restará calidad al producto final. La fruta se pesa y luego se descarga en una tolva donde se realiza el escandallo que consiste en el análisis de textura y un análisis visual de control de calidad de la fruta. Posteriormente, a través de un

elevador se transporta a una despaladora y luego al soplado, donde se remueven hojas, ramilletes y brindillas que luego son depositadas en el campo. Seguidamente, la fruta atraviesa el perdigoneado, donde se descartan las frutas de menor tamaño, no aptas para la elaboración de aceitunas de mesa, razón por la cual son destinadas a la elaboración de aceite de oliva, proceso no estudiado en esta industria. Luego, a través de un elevador que posee un imán para captar los elementos ferromagnéticos, la fruta llega al selector de color donde a partir de un sistema de luces led se descartan las aceitunas negras (maduras) o golpeadas que se destinan a la elaboración de aceite de oliva o bien a la fermentación de aceitunas negras (*Figura 101*).



Figura 101. Línea de ingreso al proceso

La fruta seleccionada se distribuye en 10 cocederas (*Figura 102*) con una capacidad de 10.000 kg de fruta y de 5.000 litros de solución, ya sea soda, agua de lavado o salmuera. Cada cocedera posee una sonda de control de temperatura debido a que la soda debe mantenerse en un rango de 10 y 14°C. Para el inicio del quemado, se llenan las cocederas con fruta y se le agrega la soda de quemado. Este proceso, tarda aproximadamente 40 minutos. El tiempo de contacto entre la soda y la fruta ronda entre 8 a 10 horas; durante este período de tiempo se realiza un control por fotometría utilizando fenolftaleína como indicador, para determinar la penetración de la soda en el fruto y ajustar el tiempo de quemado de las siguientes etapas.



Figura 102. Elevador de fruta hacia cocederas



Figura 103. Pulmón de descarte de efluentes de las etapas cocido y lavado

Finalizado ese tiempo, se desecha la soda utilizada en el pulmón de efluentes (*Figura 103*) y se procede al lavado de la aceituna almacenada en las cocederas. Se realizan dos lavados con agua clorada, el lavado inicial conlleva un tiempo de dos horas y el último lavado, dura una hora. Al igual que la soda, el agua de lavado se desecha al pulmón de efluentes y las cocederas se llenan nuevamente, pero esta vez con la salmuera de fermentación. Una vez que las cocederas se completaron con salmuera, a través de una bomba, se trasiega las aceitunas y la salmuera a los fermentadores para continuar el proceso tipo batch. La industria posee 604 fermentadores de 15.000 L de capacidad cada uno (*Figura 104*). El tiempo de residencia de la fruta en los tanques debe ser, como mínimo, de cuatro meses. Durante ese período se efectúa un tratamiento de fondo para remontar la salmuera madre de fermentación. Dicho tratamiento consiste en un mezclado de la salmuera, para evitar que se estanque y se concentre en el fondo de los fermentadores. Cada 20 días se desechan 100 L de salmuera y se incorpora salmuera nueva para ajustar los parámetros de proceso.



Figura 104. Playa de fermentación

Durante el tiempo de fermentación se realizan análisis de la salmuera controlando pH, acidez, lejía residual y concentración de salmuera. Si los resultados son anormales se procede a realizar

tratamientos de ajuste con productos químicos (ácido cítrico, ácido láctico, metabisulfito de sodio y ácido clorhídrico). Una vez transcurrido el tiempo de fermentado, la fruta se encuentra en condiciones para ser transportada a las nodrizas –tanques previos a la entrada de la fábrica de maquinado y clasificado– para comenzar con la etapa de clasificado (*Figura 105*).



Figura 105. Nodrizas – Fábrica de clasificado y maquinado-

Una vez vacíos, los tanques fermentadores se limpian con soda cáustica, la cual se prepara en las cosederas y se las distribuye en los tanques fermentadores. Con la solución de un tanque se pueden lavar al menos cuatro tanques adicionales, aprovechando al máximo el uso de la soda. No obstante, después del quinto lavado se realiza un análisis y si la soda no sufrió modificaciones, se continúa utilizándola. Finalizado el lavado, se agregan 20 litros de ácido clorhídrico en cada tanque para finalizar con el proceso de limpieza.

Etapa 2: Clasificado línea 1

Desde las nodrizas se recibe la fruta en la tolva inundada de salmuera madre de fermentación, esta salmuera se bombea al pulmón interno de requerido, donde permanece la salmuera mientras se clasifica la fruta. A través de un elevador, las frutas se dirigen hacia el desrabado, donde se eliminan los tallos y se obtienen como desechos los pedúnculos. Luego se pasa a la etapa de perdigoneado, donde una parte es destinada a la elaboración de aceite lampante y, la otra, a perdigón de repaso (*Figura 106*). Luego las frutas son dirigidas al selector de defectos (*Figura 107*) y en esta etapa las frutas descartadas por defectos también se destinan a la producción de aceite lampante.



Figura 106. Clasificado línea 1



Figura 107. Selector de defectos

Posteriormente, se transporta la fruta a las cintas de inspección y tamañado, donde se clasifica, en primer término, por calidad (primera, segunda y tercera) y después, solo en caso de las frutas de primera y segunda calidad, por tamaño en unidades por kilo. La fruta de primera calidad se envasa en bidones de 240 litros con salmuera blanca de requerido que fue almacenada en los pulmones, es pesada y estivada en el patio de preparación de lotes de venta (*Figura 108*). Las aceitunas de segunda y tercera calidad, son enviadas a los fermentadores, donde se almacenan en la playa de fermentación hasta retornar a las nodrizas para la etapa de maquinado. Los bidones son lavados con agua y soda cáustica. Existen fermentadores enterrados que se utilizan para disponer la fruta de segunda y tercera calidad con el fin de no colmar el patio de fermentación con bidones (*Figura 109*).



Figura 108. Almacenamiento en bidones



Figura 109. fermentadores enterrados

Etapa 2: Clasificado línea 2

Se reciben, en tolvas inundadas de salmuera, las frutas dispuestas en las nodrizas. Al igual que en la línea 1, la salmuera madre es bombeada al pulmón de requerido. A través de un elevador, llega la fruta al despalado, donde se obtienen, como desechos, palos y ramilletes y al desrabado donde se eliminan los pedúnculos y hojas, para luego proceder al lavado de las frutas. El agua de lavado se recircula y se cambia por turno. Seguidamente, la fruta llega a la tolva de clasificado, y a través de una cinta de distribución se dirige hacia la clasificadora/tamañadora, que funciona con entrada de aire. En esta parte, se obtienen cuatro tipos de aceitunas según la calidad: molino, molino repaso, segunda calidad y primera calidad (*Figura 110*).



Figura 110. Clasificado línea 2

Las aceitunas de primera calidad se dirigen hacia los fermentadores del patio, para luego ser envasadas y pesadas. En algunos casos, las frutas de primera calidad pueden ir a maquinado para deshuesado o relleno. Las de segunda calidad se destinan a maquinado para rodajado, mientras que las aceitunas de molino y molino repaso se destinan a la producción de aceite lampante.

Etapa 3: Maquinado

En esta etapa se trabaja con aceitunas provenientes de las líneas de clasificado. Se llevan a cabo tres procesos diferentes: deshuesado, a través del cual se descaroza las aceitunas de primera calidad, relleno con pasta de morrón y rodajado de la aceituna de segunda calidad (*Figura 111*). En ambas etapas de clasificado y maquinado (*Figura 112*) se utiliza agua para limpieza y para el proceso, principalmente, para escurrir las aceitunas y dirigir las hacia los distintos sectores de la fábrica.



Figura 111. Relleno de aceituna con pasta de morrón



Figura 112. sala de clasificado y maquinado

Generación y Gestión de efluentes

En todas las etapas del proceso productivo se generan efluentes líquidos. En la etapa de quemado y lavado los efluentes son enviados a un pulmón de descarte para luego, por gravedad, depositarlos en una balsa de evaporación (*Figura 113*), estos efluentes están compuestos por la soda de quemado y el agua de los lavados. En la playa de fermentación, los efluentes provienen de los fondos realizados a cada tanque y de su limpieza. Estos efluentes se conducen por canaletas

a cámaras localizadas en el lateral de la playa donde funcionan como sedimentadoras (*Figura 114*), para luego ser conducidos, al igual que los efluentes de las etapas anteriores, a la balsa de evaporación.



Figura 113. Balsa de evaporación



Figura 114. Cámaras de sedimentación –playa de fermentación-

En la etapa de clasificado y maquinado los efluentes resultan de la limpieza de la sala e instalaciones, del agua de lavado de la fruta y los restos de salmuera. Estos se conducen a una cámara donde confluyen también los efluentes de la fábrica de aceite (*Figuras 115 y 116*), para luego ser bombeados y destinados a la balsa de evaporación.



Figura 115 y 116. Cámara donde confluyen efluentes de la fábrica de maquinado y de aceite de oliva

Todos los efluentes de proceso llegan a una primera balsa donde se almacenan hasta ser bombeados a una segunda balsa de evaporación. En la primera balsa, sólo se almacenan el efluente debido a la presencia de aceite y grasa sobrenadante que limita la evaporación. Mientras que, en la segunda, por el empleo de un sistema de evaporación forzada, se logra la evaporación final del efluente.

Observaciones de la gestión de efluentes

En la etapa de quemado y lavado se registró el rebalse del pulmón de descarte debido a la espuma generada por la soda, esto provoca la disposición de una porción del efluente en el suelo (*Figura 117*).



Figura 117. Rebalse del pulmón de descarte

También se registraron problemas de mantenimiento en las cámaras de sedimentación con acumulación de sólidos y grasas, lo cual favorece al derrame del efluente sobre el terreno (*Figuras 118, 119 y 120*).



Figura 118. Rebalse de efluente en cámaras.



Figura 119. Restos de hojas y aceitunas en cámaras.



Figura 120. Acumulación de grasas y sólidos en cámara.

En algunas ocasiones la cámara de bombeo, donde confluyen los efluentes de la fábrica de aceite y maquinado, se encuentra con un nivel superior al normal, lo cual determina su rebalse ocasionando disposiciones en el suelo (*Figuras 121 y 122*). Finalmente, se advirtió la presencia de aceite y grasa sobre la superficie de la segunda balsa de evaporación.



Figura 121. Colmatación de cámara previo al bombeo de la balsa



Figura 122. Disposición de efluentes en terreno

PROCESAMIENTO DE NUEZ

Proceso productivo

La industria analizada incluye la producción primaria (cultivo del nogal) y secundaria (industrialización del fruto) integradas. Actualmente, cuenta con 800 ha plantadas con nogales de distintas edades, para lo cual requieren de 350 trabajadores para el período de cosecha junto con dos equipos de cosecha mecánicas. La planta de procesamiento del pelón estudiada funciona desde el 2004. En la *Figura 123* se presenta el diagrama de flujo de la industria.

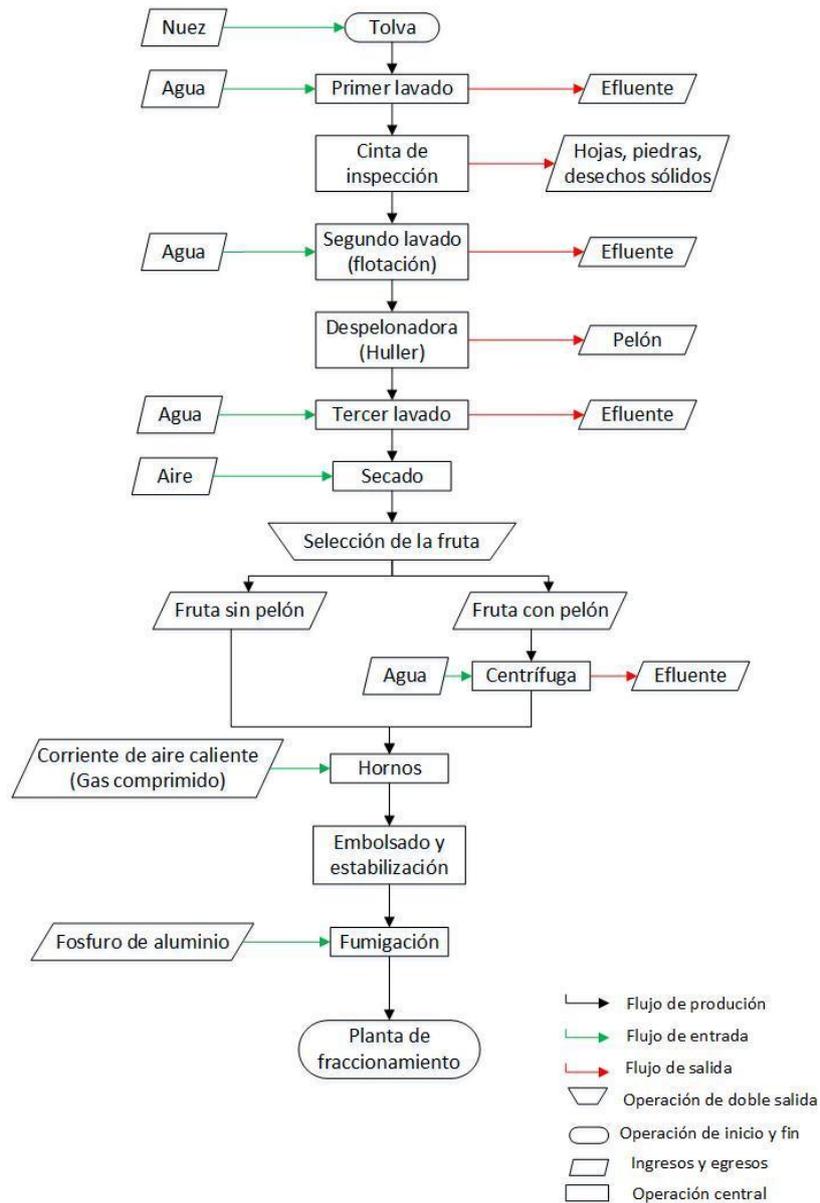


Figura 123. Diagrama de flujo del procesamiento de nuez. Elaboración propia

La cosecha de la fruta comienza cuando el pelón alcanza un 80% de maduración, con el objetivo de favorecer su desprendimiento durante el transporte o en alguna etapa del procesamiento

industrial (*Figura 124*). Hacia el final de la cosecha el volumen de fruta que llega con pelón es casi nulo, debido a que la mayoría se ha desprendido (*Figura 125*).



Figura 124. Fruta en planta con pelón.
Fuente: Robles, J. 2018



Figura 125. Fruta en planta con pelón desprendido
Fuente: Robles, J. 2018

La industrialización de los frutos tiene por objeto extraer los pelones, acelerar su secado y clasificar las nueces según los diferentes criterios de calidad. El proceso industrial comienza con el ingreso de las frutas en la tolva (*Figura 126*), luego se procede a un primer lavado mediante inyección de chorros de agua (*Figura 127*). Posteriormente, las frutas pasan por una cinta de inspección donde se eliminan piedras, hojas y todos los desechos mayores que vienen desde el campo y que, de no separarse, generan inconvenientes en las otras instancias del proceso.



Figura 126. Ingreso de fruta a la planta



Figura 127. Primer lavado

Posteriormente, se realiza un segundo lavado por flotación y luego se pasa por la despelonadora (Huller), para terminar con un tercer lavado. Luego de los tres lavados, las frutas pasan por un flujo de aire para disminuir la humedad superficial en el fruto. Todo el proceso de lavado y despelado requiere circulación de agua continua.

Luego, se procede a la separación manual de las frutas con y sin pelón remanente (*Figura 128*). Las frutas con pelón se dirigen por cinta a una centrífuga para eliminarlo (*Figura 129*), mientras que la fruta sin pelón se envía a los hornos de secado donde se mantienen por 24 horas a 36-38°C, con corriente de aire caliente (*Figura 130*). Una vez que la fruta está seca, se extrae de los

secadores, se dispone en bolsones y se la homogeniza hasta alcanzar la temperatura ambiente (*Figura 131*).



Figura 128. Selección de fruta con y sin pelón



Figura 129. Centrífuga despelonadora



Figura 130. Hornos de secado



Figura 131. Homogenización de la temperatura

Luego las frutas se disponen en contenedores, donde es tratada químicamente por 24 horas con fosfuro de aluminio (fumigante) para luego ser enviada a la planta de selección. La selección se efectúa manualmente sobre una cinta donde operarias extraen la fruta con cáscara deteriorada o marcada. Las frutas de calidad se dirigen hacia las calibradoras de 26 mm, 28-30 mm, 30-32 mm, 32-34 mm y más 36 mm, esta última corresponde a la fruta que se exporta (*Figura 132*).



Figura 132. Calibradora de nuez

Posteriormente, se procede al partido de la cáscara para la extracción de la pulpa. El partido puede ser manual, en seis líneas de procesamiento (*Figura 133*), o mecánico, en una única línea (*Figura 134*). La pulpa se embolsa con prensadoras para eliminar el aire atmosférico, inyectando nitrógeno para su conservación. Para exportación, se embolsa en bolsas de 10 kg con cáscara y se dispone la pulpa en bolsas de 5 kg (*Figura 135 y 136*).



Figura 133. Línea de partido manual



Figura 134. Línea de partido mecánica



Figura 135. Embolsado a presión e inyección de nitrógeno



Figura 136. Embolsado para exportación

Generación y Gestión de efluentes

Las principales líneas generadoras de efluente son las correspondientes a los tres lavados y a las centrífugas despelonadoras. En un principio, los efluentes de las distintas etapas son conducidos por canaletas hacia una primera cámara sedimentadora donde se retienen los sólidos de mayor tamaño (*Figura 137*). Desde allí, pasan a través de una rejilla hacia otra cámara para sedimentar los sólidos más pequeños y, por último, se dirigen por bombeo hacia el campo (*Figura 138*).



Figura 137. Primera cámara sedimentadora



Figura 138. Segunda cámara sedimentadora y bomba

Observaciones de la gestión de efluentes

Se advirtió que la corriente de flujo de agua continuo en las maquinarias se mantiene, incluso cuando los equipos no están operando con las frutas (*Figura 139 y 140*). Durante los muestreos,

se observó que ambas cámaras se encuentran sin mantenimientos ni limpieza, con acumulación de barros y sólidos y rejillas tapadas que no cumplen adecuadamente su función. El flujo arrastra muchos sólidos tapando la rejilla de entrada, haciendo que el flujo sea más lento y acumulando lodos por donde debería circular el efluente (*Figura 141*). Se observan restos de pelón y nueces que no sedimentan y flotan, impidiendo el normal funcionamiento de las cámaras (*Figura 142*). Los restos sólidos de pelón y hojas separados se dirigen a una tolva y luego son esparcidos en campo.



Figura 139. Circulación de agua sin uso aparente



Figura 140. pérdida de agua de las maquinarias



Figura 141. Acumulación de sólidos y barro en canaleta



Figura 142. Pileta de sedimentación colmatada

PROCESAMIENTO DEL TOMATE

Proceso productivo

La industria cuenta con cinco naves donde se realizan los distintos procesos. Además de la industrialización del tomate –pasta, cubeteado, puré y salsas- también procesa puntualmente legumbres, vegetales congelados y elaboración de comidas listas para consumo humano y animal.

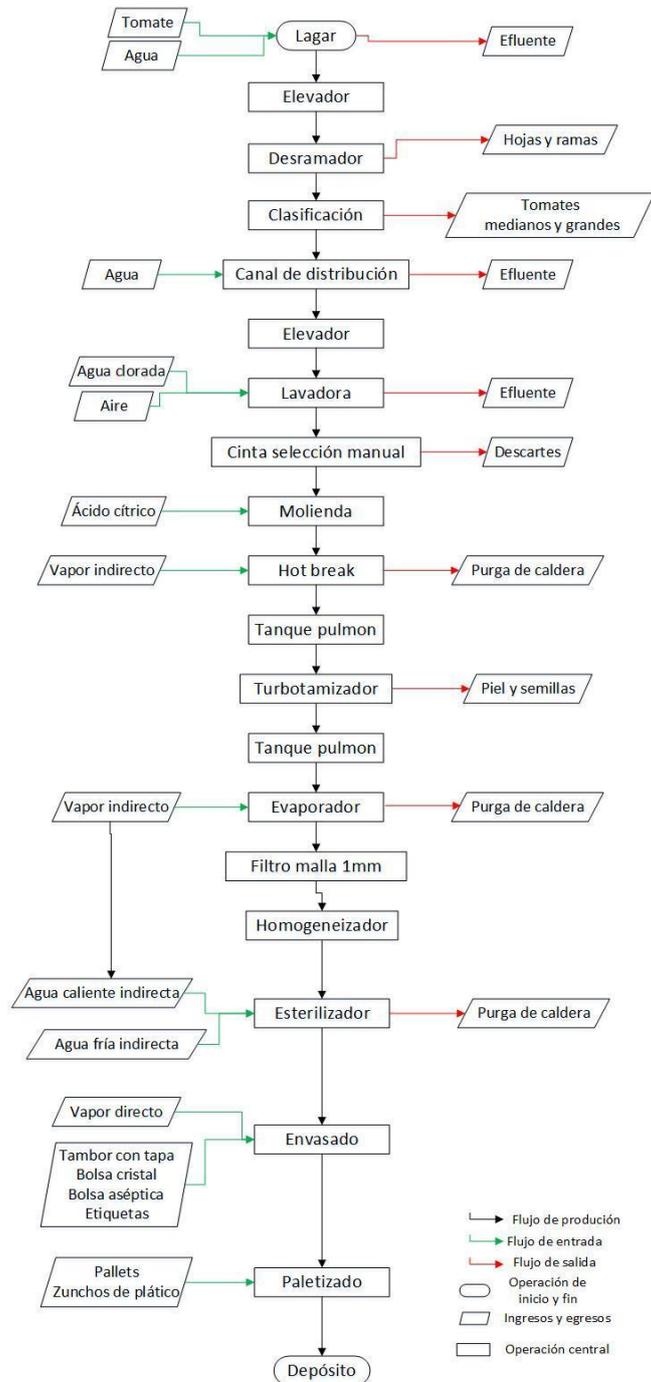


Figura 143. Diagrama de flujo procesamiento de tomate para pasta. Elaboración propia

El proceso productivo de transformación del tomate presenta etapas comunes en las operaciones iniciales para la preparación del tomate, pero luego cuenta con etapas específicas en función del

producto elaborado. En la *Figura 143*, se presenta el diagrama de flujo de la etapa inicial correspondiente a la preparación de pasta, con la que se realizará el resto de las producciones.

Recepción, descarga y lavado de tomate

El tomate recolectado en el campo es transportado hasta la empresa en camiones que descargan la fruta en las básculas, la descarga se realiza mediante un sistema de muelle elevado donde se ubican los camiones y tras la apertura de las compuertas de los contenedores, se aplica un chorro de agua que provoca la caída del tomate en un canal de transporte (*Figura 144*). De esta manera, se amortiguan la descarga y se evita el deterioro de las frutas. El tomate, por flotación y arrastre por el agua, es transportado desde el muelle de descarga hacia el sector dónde se realiza una primera limpieza de la materia prima (*Figura 145*).



Figura 144. Descarga de tomate



Figura 145. Lavado de la fruta

Selección

A través de elevadores la fruta se dirige desde el sector de limpieza hacia el clasificador por color y tamaño. En una primera instancia, se realiza una selección óptica automatizada donde se descarta la fruta que no cumple con el color deseado. La fruta de descarte es retirada mediante succión al vacío, y luego se recogen y se destinan a la producción del concentrado de tomate (*Figura 146 y 147*). Finalmente, se realiza una selección manual para retirar las frutas que no se desecharon en la selección óptica. Para la producción de tomate cubeteado, se descartan los tomates verdes y de menor tamaño (*Figura 148*) y para la pasta, se descartan los tomates medianos y grandes.



Figura 146. Clasificación del tomate



147. Clasificación del tomate



Figura 148. Clasificación de tomates verdes y chicos

Pasta de tomate

Luego de la selección, se procede a la molienda para la elaboración de pasta de tomate, con la que se realizarán las demás producciones. En la etapa de molienda, se añade ácido cítrico para dar lugar al proceso de *hot break* que tiene por objetivo la inactivación de las enzimas responsables de la degradación de las sustancias péptidas del tomate. Para ello, se hacen circular los tomates triturados en un circuito cerrado, a través de un intercambiador de calor que está provisto de alimentación de vapor saturado como fluido de calefacción. La temperatura deseada a alcanzar para *hot break* ronda los 96°C. Los tomates triturados se disponen en tanques y se envían a los turbo-tamizadores, donde se separa el jugo de las pieles, semillas y demás impurezas. El jugo, una vez tamizado, pasa a un tanque pulmón para alimentar los evaporadores, donde mediante la evaporación se elimina el agua del jugo de tomate, la evaporación se realiza a través de vacío mediante vapor indirecto. Luego se pasa el concentrado por un filtro malla de 1 mm para ser homogeneizado. Finalmente, el producto es esterilizado con el objetivo de destruir los organismos termo-resistentes, hasta valores que permitan la conservación e inocuidad del concentrado en las condiciones normales de almacenamiento, mediante la inyección indirecta de agua caliente. Luego le sigue una fase de enfriamiento con agua fría indirecta para evitar las pérdidas de textura y proliferación de gérmenes termo-resistentes. Por último, se procede al envasado que se realiza en bolsas asépticas revestidas interiormente por polietileno, en contacto con el concentrado, y poliéster con metalización de aluminio, empleado como material con propiedades de barrera. Una vez llenas las bolsas se introducen en tambores con tapas de plástico y se estivan en pallets de madera para ser almacenados en depósito (*Figuras 149 y 150*).



Figura 149 y 150. Envasado de la pasta de tomate

Tomate pelado cubeteado

Esta etapa tiene como objetivo la eliminación de la piel del tomate, con la finalidad de hacer el producto organolépticamente más aceptable. La primera fase del pelado consiste en un escaldado del tomate que tiene como objetivo, extraer la piel del tomate con vapor de agua saturado, manteniendo a temperatura ambiente la pulpa subyacente. La segunda fase consiste en someter el tomate a la acción del vacío, a través de la peladora termofísica, donde el producto sufre un shock térmico debido al repentino paso de un ambiente a presión, a uno en depresión, separando la piel de la pulpa.

Finalmente, a través de un elevador se conduce el producto a los pre-pellicadores para la eliminación de pieles que son enviadas a las líneas de extracto doble. Una vez pelado el tomate, se procede al cubeteado que se realiza en forma mecánica, a través de la cubeteadora que ejecuta cortes lineales y verticales obteniendo así los cubitos de tomate. El tomate cubeteado se dirige a una zaranda que separa el jugo y las semillas. Luego se transportan los cubos de tomate por una cinta de inspección para ser elevados a un tanque pulmón, donde se le añade jugo tamizado que contiene ácido cítrico, para mantener el pH en un valor inferior a 4 o 5, y cloruro de calcio para favorecer el endurecimiento del cubito. Las fases siguientes hasta el envasado y palletizado son las mismas que para la pasta (esterilización-ensado-palletizado-depósito).

Puré de tomate en tetra brik aséptico

El proceso comienza con la apertura de los tambores de pasta, el desdoblamiento de las bolsas y el volcado de los tambores. El tomate que ha entrado en la línea de producción se reserva en un tanque de dilución para luego pasar por unos filtros de tamaño de malla de 1 mm y dirigirse hacia el tanque de residencia, en los cuales existe un sistema desaireador de agitación continua que produce una homogeneización del tomate. Por último, se procede a la esterilización, como en la producción de pasta y cubeteado para, finalmente, ser envasado en envases del tipo *tetra brick* asépticos de 530 gramos y 210 gramos. Finalmente, se palletiza y se envía al depósito hasta ser despachado.

Salsas

El proceso comienza en la bandeja de inspección y barra magnética, donde ingresan los insumos sólidos, tales como especias, azúcar, sal, cebolla, pimientos y ajo. Una vez pesado y transportados los insumos, comienza la etapa de cocina donde se añaden pasta de tomate, tomate cubeteado, aceite y agua. Previo a la cocina, se requiere la preparación de almidón con agua tratada. La cocción de los ingredientes se realiza en ollas discontinuas que funcionan por cargas. Luego se procede al envasado de forma automática en envasadora TRP 2, se codifica el producto y se lo somete a un tratamiento térmico, con la inyección de agua, aire y vapor indirecto, para asegurar la esterilización. Finalmente, se palletiza y se lo lleva a depósito hasta ser despachado.

Legumbres

Se utilizan como insumos granos secos de legumbres que son remojados en agua clorada y luego bombeados para ser escurridos. Se envasan con envasadora TRP 2, se codifican y se someten a un tratamiento térmico para asegurar la esterilización. Por último, se palletizan y se llevan a depósito hasta ser despachados.

Vegetales congelados

La primera etapa consiste en el pelado manual de los vegetales frescos: cebollas, pimientos, zanahorias, papas, calabaza y zapallo. Luego se lavan con agua clorada y se acopian en frío para someterlos a un lavado mecánico con agua tratada previo al cubeteado. Seguidamente, se someten a un tratamiento térmico mediante la inyección de vapor directo y agua, para ser congelados mediante gas freón indirecto y aire enfriado. Finalmente, se envasan en bolsas de polipropileno y *bines* plásticos.

Comidas listas

El proceso comienza con el ingreso de insumos para la preparación de las diferentes comidas, tales como especias, carnes, sal, vegetales congelados, ajo. Se pesan y se transportan para dar lugar a la cocción. El proceso es similar al empleado en la producción de salsas.

Generación y Gestión de efluentes

El mayor volumen de efluentes se genera durante la época de cosecha del tomate –enero a marzo– siendo la recepción, descarga y lavado del tomate las etapas de mayor generación (*Figura 151*). Algunas operaciones generan pérdidas de producto que son vertidas al piso, aportando cargas orgánicas a los efluentes de limpieza (*Figuras 152 y 153*). El resto del año se genera caudales asociados a las purgas de las calderas y lavados de fruta para vegetales y comidas listas. Otro punto importante de generación es el lavado de las instalaciones, conocido como *CIP*, donde no

solo se utiliza un volumen importante de agua, sino que se utilizan productos como soda cáustica y ácidos.



Figura 151. Generación de efluentes en descarga



Figura 152. Generación de efluentes por pérdidas



Figura 153. Generación de efluentes por pérdidas

La industria aplica un tratamiento primario a los efluentes que genera. Posee una planta de sedimentación de 15 x 5 metros (*Figura 154*), consta de un cilindro separador de gruesos (*Figura 155*) y tres compartimentos por los que circula el efluente para dar lugar a la sedimentación de los sólidos. En algunas ocasiones se coloca un bin a la salida de la planta como medida de retención de los sólidos que permanecen en el efluente. Luego de que el efluente pasa por la planta sedimentadora, es conducido por una cañería enterrada hacia su disposición en el lecho de un río seco, ubicado a 1 kilómetro de la planta de procesamiento.



Figura 154. Planta sedimentadora



Figura 155. Cilindro separador de gruesos

Observaciones de la gestión de los efluentes

Se ha observado en el transcurso de los muestreos que la planta no posee mantenimiento, lo que hace que se encuentre todo el tiempo colapsada incumpliendo la función de sedimentación y haciendo que el efluente sea dispuesto en el terreno con sólidos en suspensión (*Figura 156*). En otros casos, la acumulación de barros y sólidos no permite la correcta circulación del efluente dentro de la pileta (*Figuras 157 y 158*). Las rejillas para atrapar los sólidos, en algunos casos, se encuentran tapadas y, en otros, no existen, por lo que el efluente pasa directamente sin ser retenido (*Figura 159*). La mayoría de las veces el *bin*, dispuesto para la retención de sólidos, se encuentra colapsado dejando de cumplir su función (*Figura 160*).



Figura 156. Rebalse de la pileta de sedimentación



Figura 157. Acumulación de sólidos y barros



Figura 158. Acumulación de sólidos y barros



Figura 159. Espacio de rejilla separación de sólidos



Figura 160. Bins colapsado

CAPÍTULO 6

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y CAUDALES

En el siguiente apartado se desarrolla la caracterización físico química y los caudales de los efluentes de cada industria analizada. Los resultados se presentan en tablas con los datos de las muestras compuestas y los valores estadísticos para cada parámetro analizado. En el Anexo 3 se presentan las tablas con los datos de campo de las submuestras que conformaron las muestras compuestas.

VITIVINÍCOLA 1

El trabajo realizado en la agroindustria Vitivinícola 1 no formó parte del esquema de muestreo y aforo planteado en las demás agroindustrias, debido a que no se contó con el presupuesto para el análisis de la totalidad de analitos estudiados en el resto de las industrias; sólo se determinó pH, CE, DBO₅, DQO y sólidos sedimentables a 10 minutos y 2 horas. El período estudiado fue el de mayor generación de efluentes, el período de la vendimia.

Caracterización físico-química

En la *Tabla 15* se presentan los parámetros físicos químicos de las 14 muestras compuestas y en la *Tabla 16* los valores estadísticos de los parámetros.

Tabla 15. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Vitivinícola 1

Muestras	CE μS cm ⁻¹	pH	DBO ₅ mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	DBO ₅ / DQO	SS _{10min} ml L ⁻¹	SS _{2horas} ml L ⁻¹
M1 10/2	3.760	SD	2.985	4.993	0,60	1,8	2,6
M2 16/2	2.750	11,8	3.679	7.963	0,46	15	15,3
M3 24/2	2.810	8,6	6.014	11.870	0,51	9,7	23,6
M4 2/3	2.100	3,9	5.067	17.300	0,29	1,7	183
M5 9/3	1.430	6,2	3.018	8.390	0,36	9,6	28,6
M6 16/3	1.950	8,1	2.468	8.310	0,30	38,5	60,6
M7 23/3	2.570	4,5	3.148	9.750	0,32	49	105
M8 29/3	2.610	6,6	3.494	15.140	0,23	3,2	6
M9 6/4	4.120	4,3	5.872	17.340	0,34	11	16,7
M10 13/4	2.450	9,4	3.882	14.190	0,27	53,5	102
M11 20/4	2.670	6,2	3.294	11.670	0,28	0,1	0,5
M12 27/4	3.250	8,1	3.290	8.715	0,38	0,3	0,7
M13 5/5	1.670	11,7	5.474	15.185	0,36	0,1	1,1
M14 11/5	1.980	10,3	3.460	12.985	0,27	0,1	0,3

Tabla 16. Valores estadísticos muestras compuestas. Vitivinícola 1

Parámetros	Máximos	Mínimos	Media	Desvío estándar	P 0,05	P 0,5	P 0,95
CE μS cm ⁻¹	4.120	1.430	2.580	760	1.590	2.590	3.890
pH	11,8	3,9	7,6	2,67	4,14	8,1	11,7
DBO ₅ mg L ⁻¹	6.014	2.468	3.939	1.162	2.804	3.477	5.922
DQO mg L ⁻¹	17.340	4.993	11.700	3.814	6.924	11.770	17.314

*Tabla continúa en la siguiente página

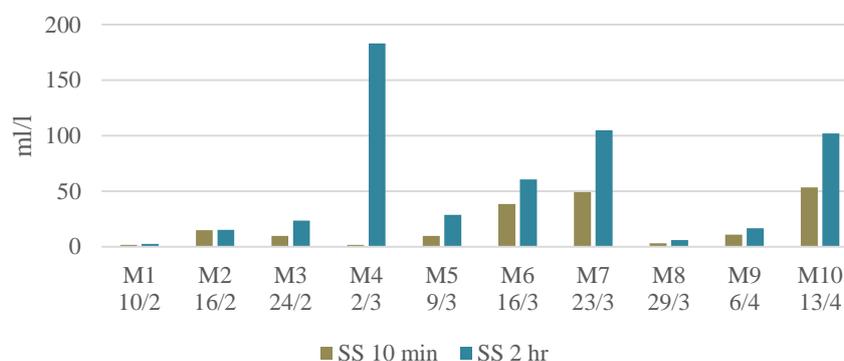
DBO₅/DQO	0,6	0,23	0,35	0,10	0,26	0,33	0,54
SS_{10min} ml L⁻¹	53,5	0,1	13,8	18,8	0,1	6,4	50,6
SS_{2horas} ml L⁻¹	183	0,3	39	54,9	0,43	16	132

Los efluentes de la Vitivinícola 1 presentan una elevada heterogeneidad representada en los desvíos estándar de la mayoría de los parámetros. En cuanto a la conductividad eléctrica, los valores registran un máximo de 4.120 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y un mínimo de 1.430 $\mu\text{S cm}^{-1}$, con un promedio de 2.580 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Con respecto al pH los valores exhiben pH ácidos (3,9) y básicos (11,8), con una media de 7,6, pero un desvío de 2,67. Estas variaciones están dadas por las operaciones que se efectúan dentro de la bodega, principalmente, con los lavados provenientes del tanque donde se emplean distintos productos como ácidos y soda cáustica.

Las cargas orgánicas presentan elevadas concentraciones de DBO₅ y DQO, con medias de 3.939 mg L⁻¹ y 11.700 mg L⁻¹, respectivamente. La relación entre ambos parámetros presenta una media de 0,35. Considerando que valores superiores a 0,4 se corresponden con efluentes con una buena biodegradabilidad, se evidencia que el efluente analizado no tiene materia orgánica que sea fácilmente biodegradable. Solo tres muestras de las 14 presentan valores superiores a 0,4 correspondiente a los primeros días de la vendimia, donde existe una intensa molienda sin procesos de trasvase, limpieza de tanques y filtración, entre otros.

En cuanto a los sólidos sedimentables cinco muestras exhiben valores elevados para SS_{10 min} y SS_{2horas}. Vale destacar que, si bien el valor máximo de SS_{10 min} se corresponde con un elevado valor de SS_{2horas} (M10), no ocurre lo mismo con el valor máximo de SS_{2horas}, el cual presenta un valor de SS_{10min} de 1,7 ml L⁻¹ (M4) (*Gráfico 1*). Esto ocurre por dos motivos, o bien existe una gran proporción de sólidos de mayor tamaño que, con el transcurso del tiempo se sedimentan en el cono imhoff, o bien son sólidos pequeños que precipitan muy lentamente. Las últimas muestras, desde M11 a M14 no se graficaron debido a que los valores de SS son menores con respecto a las demás muestras, lo que se desprende que la mayor proporción de SS se generan entre los meses marzo y abril.

Gráfico 1. Comparación de SS entre muestras compuestas. Vitivinícola 1



Caudales

En la *Tabla 17* se presentan los valores de caudales expresados en L hr⁻¹ y L día⁻¹, considerando 24 horas productivas. En la *Tabla 18* se presentan los valores máximos, mínimo y medios, junto a los percentiles. Vale recordar, como se mencionó en el Capítulo 4 que la estimación del caudal en esta industria se realizó en cámara de aforo mediante aforador triangular °60.

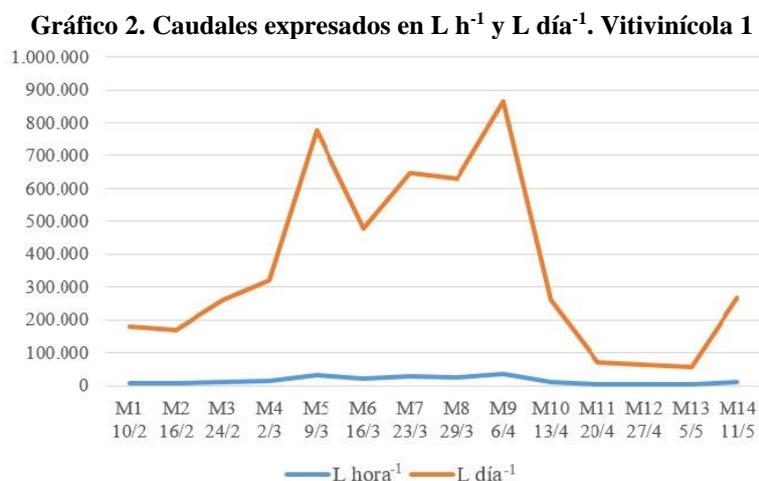
Tabla 17. Caudales por hora y día. Vitivinícola 1

Muestras	L h ⁻¹	L día ⁻¹
M1 10/2	7.530	180.720
M2 16/2	7.000	168.000
M3 24/2	10.900	261.600
M4 2/3	13.300	319.200
M5 9/3	32.400	777.600
M6 16/3	20.000	480.000
M7 23/3	26.900	645.600
M8 29/3	26.300	631.200
M9 6/4	36.000	864.000
M10 13/4	10.900	261.600
M11 20/4	2.900	69.600
M12 27/4	2.700	64.800
M13 5/5	2.400	57.600
M14 11/5	11.200	268.800

Tabla 18. Valores estadísticos caudales. Vitivinícola 1

Caudales	Máxima	Mínima	Promedio	Desvío	P 0,05	P 0,5	P 0,95
L h ⁻¹	36.000	2.400	15.031	11318	2595	11050	33660
L d ^{-1*}	864.000	57.600	360.737	271632	62280	265200	807840

Al igual que las concentraciones físico químicas, los caudales también varían a lo largo de la campaña. Con valores entre 36.000 y 2.400 litros por hora. El máximo diario de 864.000 litros se registró en abril mientras que el mínimo diario de 57.600 litros fue en el mes de mayo (*Gráfico 2*).



En la *Tabla 19* se presentan los caudales promedios por día –360 m³– y el caudal generado durante toda la vendimia, considerando una duración de 90 días (febrero-abril) –32.400 m³–.

Tabla 19. Caudales promedios diarios y por campaña. Vitivinícola 1

Caudales promedios	Q (m³)
Diario	360
Total	32.400

VITIVINICOLA 2

Caracterización físico química

En la agroindustria Vitivinícola 2 se abordó el muestreo durante la campaña del año 2018, desde febrero hasta abril inclusive. En la *Tabla 20* se presentan las concentraciones de los analitos de las muestras compuestas que, como se mencionó en el Capítulo 4, fueron 12 para la Vitivinícola 2, y en la *Tabla 21* los valores estadísticos de cada parámetro.

Tabla 20. Parámetros físico-químicos muestras compuesta. Vitivinícola 2

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 30/1	M2 7/2	M3 15/2	M4 22/2	M5 1/3	M6 7/3	M7 14/3	M8 22/3	M9 26/3	M10 4/4	M11 12/4	M12 18/4
T (°C)	16,5	22,5	19,4	16,7	17,4	17,6	17	14,6	14,1	19,7	20,3	16,4
CE (µS cm ⁻¹)	1.170	620	550	640	730	820	2.700	1.145	630	2.220	560	690
Ph	4,8	8,8	7,6	9,5	6,9	4,8	11,8	4,1	9,3	11,7	7	7
DBO ₅	3.066	664	2.328	S/D	2.264	712	1.680	3.868	1.400	1.680	2.408	2.024
DQO	12.065	2.788	11.375	2.315	3.830	3.895	3.777	8.304	3.200	3.648	5.775	4.175
DBO ₅ /DQO	0,25	0,24	0,20	S/D	0,59	0,18	0,44	0,47	0,44	0,46	0,42	0,48
Sólidos Totales	8.720	1.825	1.377	890	2.169	1.942	1.862	3.643	908	1.912	1.520	1.875
Sólidos Volátiles	8.289	1.365	910	459	1.446	1.321	786	1.140	545	967	1.072	1.445
Polifenoles	23,8	6,3	4,62	26,8	3,55	14,4	3,58	42,1	5,75	1,94	2,89	20
Calcio	78,2	50,8	46,2	48,3	57	73,6	45	90,8	55,2	6,24	84	46,8
Magnesio	16,7	9,93	6,3	8,95	6,43	6,99	12	17,4	33,5	24,8	35	41,5
Sodio	127	52	48	122	63	49,5	280	90	60	262	46	52
Potasio	205	24,5	80	90	80	92,5	75	68,7	25	50	32	20
Cloruro	260	43,4	52,1	30,4	43,4	153	390	152	59,7	394	109	35,1
Sulfato	90,8	59,8	86,8	91,5	119	69,1	82,8	60,3	42,8	43,4	45,7	160
Carbonato	0	0	0	52,4	0	0	453	0	0	0	0	0
Bicarbonato	388	274	257	310	316	226	250	339	404	218	388	303
Nitrógeno	803	751	966	998	1.040	794	551	867	847	796	624	1.010

Tabla 21. Valores estadísticos muestra compuesta. Vitivinícola 2

Parámetros (mg L ⁻¹)	Máximos	Mínimos	Media	P 0,05	P 0,5	P 0,95	Desvío estándar
T (°C)	22,5	14,1	17,6	14,3	17,4	21,2	2,41
CE(µS cm ⁻¹)	2.700	550	1.039	555	690	2.436	701
Ph	11,8	4,1	7,7	4,48	7,6	11,7	2,54
DBO ₅	3.868	664	2.008	688	1.852	3.467	947
DQO	12.065	2.315	5.428	2.575	3.830	11.685	3.327
DBO ₅ /DQO	0,59	0,18	0,38	0,19	0,44	0,54	0,14
Sólidos Totales	8.720	890	2.386	0,19	0,44	0,54	0,14
Sólidos Volátiles	8.289	459	1.645	899	1.862	5.927	2.115
Polifenoles	42,1	1,94	13	2,46	5,75	33,7	12,7
Calcio	90,8	6,24	56,8	27,6	50,8	87,1	22,7
Magnesio	41,5	6,3	18,3	6,37	12,0	38	12,5
Sodio	280	46	104	47,1	60	270	82,9
Potasio	205	20	70,2	22,4	68,8	143	50,3
Cloruro	394	30,4	143	32,9	59,7	393	135
Sulfato	160	42,8	79,4	43,1	82,9	138	34,6
Carbonato	453	52,4	42,1	0	0	233	130
Bicarbonato	404	218	306	222	304	395	63,8
Nitrógeno	1.040	551	837	591	803	1.023	151

Los efluentes de la Vitivinícola 2 al igual que la 1, presentan una elevada heterogeneidad, principalmente en los parámetros de CE, DBO₅, DQO, además de sólidos volátiles y polifenoles (determinados solo en la vitivinícola 2), reflejada en el desvío estándar de cada parámetro. Esto evidencia las múltiples características que puede presentar el efluente diariamente durante el

proceso productivo que, como ya se mencionó, están sujetas a las operaciones en la planta (lavado de maquinarias, lavado de tanques, trasiegos, purgas, etc). En la *figura 161* se observan las submuestras, tomadas cada una hora, correspondientes a la muestra compuesta número ocho (M8 – Anexo 3), entre cada una de ellas se puede inferir la variabilidad organoléptica (color) del efluente.



Figura 161. Submuestras correspondientes a la M8

Los valores de pH varían de ácido a básico en cada muestra, con un mínimo de 4,1 y un máximo de 11,8. Estas variaciones también se deben a las operaciones de la planta, principalmente, a los productos usados en la limpieza de los tanques (ácido tartárico y soda cáustica). Esta amplia variabilidad del pH también se evidenció a lo largo de las submuestras tomadas por hora, lo que indica que los valores no son uniformes durante el pulso diario del efluente.

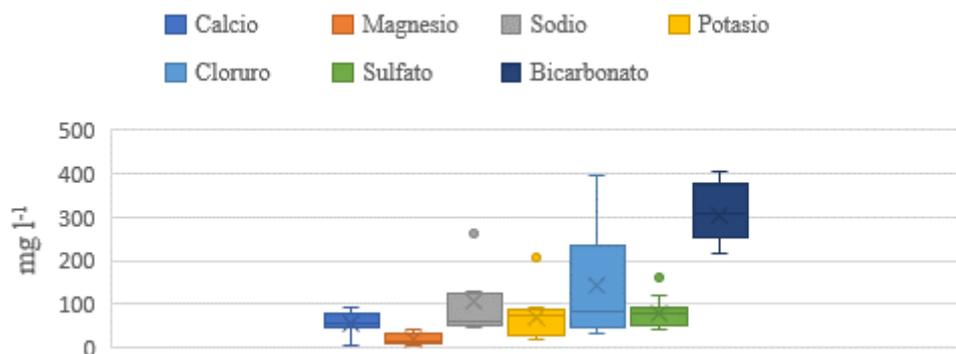
Los valores de carga orgánica también son variables, principalmente para DQO, con máximos de 12.065 mg L⁻¹ y mínimos de 2.315 mg L⁻¹. La DBO₅ alcanzó un máximo de 3.868 mg L⁻¹ y un mínimo de 664 mg L⁻¹. La media de la relación entre los dos parámetros DBO₅/DQO es 0,38 ±0,14. Por lo tanto, el efluente analizado se encuentra por debajo del límite mínimo recomendado de biodegradabilidad donde siete de las doce muestras presentan valores superiores a la media, superando el valor de 0,4. Se infiere que ecualizando el efluente es posible ajustar la relación DBO₅/DQO para un efectivo tratamiento por métodos biológicos.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se observaron variaciones a lo largo de las submuestras, si bien 10 de las 12 muestras analizadas presentan valores por debajo de 1.500 μS cm⁻¹, se destaca que se registraron valores mayores con los lavados de tanques e instalaciones, advirtiendo que las altas concentraciones de conductividad no siempre coinciden con los mayores caudales. El valor máximo registrado fue de 2.700 μS cm⁻¹.

Las concentraciones de polifenoles variaron entre 42 mg L⁻¹ y 2 mg L⁻¹ presentando también una alta variabilidad, se destaca que las mayores concentraciones no coinciden con los días de mayor molienda, por lo que se deduce que los mayores aportes también están dados por operaciones de limpieza. En cuanto al nitrógeno, las concentraciones son más estables, con un máximo de 1.040 mg L⁻¹ y un mínimo de 551 mg L⁻¹.

En el *Gráfico 3* se presenta el diagrama de cajas de los iones mayoritarios. La mayor concentración de aniones está dada por el bicarbonato, seguido por cloruro y en menor medida sulfato. A su vez, se destaca la variabilidad de las concentraciones de cloruro. En cuanto a los cationes, el más elevado fue el ion sodio, seguido por potasio y en menor proporción por calcio y magnesio. La alta proporción de sodio que presenta dos valores atípicos, está dada por el uso reiterado de soda cáustica para el lavado de los tanques e instalaciones.

Gráfico 3. Diagrama de caja iones mayoritarios vitivinícola 2



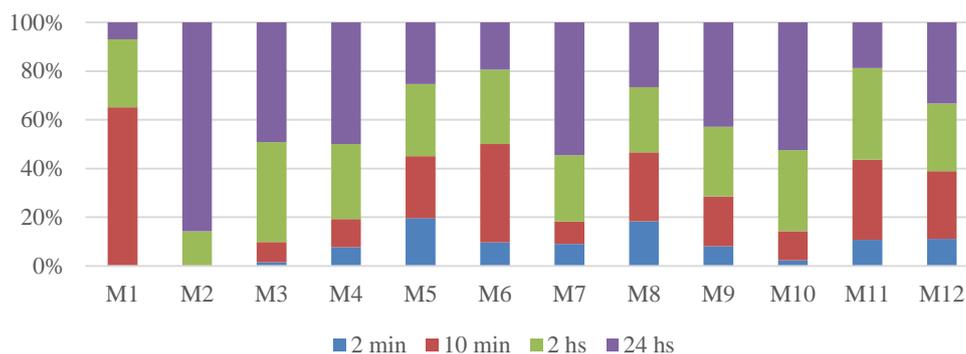
En la *Tabla 22* se presentan los valores de sólidos sedimentables donde 7 de las 12 muestras superan los 2 ml L⁻¹ para los 10 minutos de sedimentación.

Tabla 22. Sólidos sedimentables muestras compuestas. Vitivinícola 2

Sólidos sedimentables (ml l ⁻¹)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2 min	0,1	0	0,1	0,1	3,5	6	2	11	0,4	0,1	2,3	1
10 min	140	0	0,5	0,15	4,5	25	2	17	1	0,5	7	2,5
2 hs	60	0,1	2,5	0,4	5,25	19	6	16	1,4	1,4	8	2,5
24 hs	15	0,6	3	0,65	4,5	12	12	16	2,1	2,2	4	3

En algunas muestras, como M1 y M6, los valores disminuyen entre las 2 y 24 horas de sedimentación, lo que evidencia la presencia de sólidos más grandes que se asientan con el transcurso del tiempo. Por el contrario, otras muestras como M3 y M7, aumentan la concentración de sólidos a las 2 y 24 horas. En este caso, se observó la presencia de sólidos más pequeños que precipitaron en tiempos mayores a los dos minutos, similar a lo explicado en la vitivinícola 1 (*Gráfico 4*).

Gráfico 4. Sólidos sedimentables. Vitivinícola 2



Caudales

En la *Tabla 23* se presentan los caudales correspondientes a los aforos realizados durante el muestreo. En la *Tabla 24* se presentan sus valores estadísticos. El aforo en la Vitivinícola 2 se realizó en una primera instancia por aforador triangular $^{\circ}60$ en canal y luego, cuando las condiciones lo permitieron, con micromolinetete.

Tabla 23. Caudales por segundo, hora y día. Vitivinícola 2

Muestras	L s ⁻¹	L h ⁻¹	L día ⁻¹
M1 30/1	0,69	2.484	59.616
M2 7/2	0,2	720	17.280
M3 15/2	0,46	1.656	39.744
M4 22/2	1,19	4.284	102.816
M5 1/3	3,6	12.960	311.040
M6 7/3	1,96	7.056	169.344
M7 14/3	1,72	6.192	148.608
M8 22/3	2,59	9.324	223.776
M9 26/3	1,77	6.372	152.928
M10 4/4	2,43	8.748	209.952
M11 12/4	0,88	3.168	76.032
M12 18/4	1,14	4.104	98.496

Tabla 24. Valores estadísticos de los caudales. Vitivinícola 2

Caudales	Máxima	Mínima	Promedio	Desvío	P 0,05	P 0,5	P 0,95
L s ⁻¹	3,60	0,20	1,55	0,99	0,34	1,46	3,04
L h ⁻¹	12.960	720	5.589	3.567	1.234	5.238	10.960
L d ^{-1*}	311.040	17.280	134.136	85.613	29.635	125.712	263.044

* 24 horas productivas

El rango de caudal varió entre 0,2 y 3,6 L s⁻¹, con una media de 1,55 L s⁻¹. Resulta importante destacar que, los caudales que fueron tomados de las submuestras cada una hora, registraron pulsos de agua con diferencias de hasta 3,5 L s⁻¹. Esto explica la variabilidad observada a lo largo de la jornada diaria de molienda, evidenciada y expresada en los amplios desvíos estándares de las muestras. Al igual que en la Vitivinícola 1, los mayores caudales se generaron en los meses de marzo y abril (*Gráfico 5*).

Gráfico 5. Caudales expresados en L h⁻¹ y l día⁻¹. Vitivinícola 2



En la *Tabla 25* se presentan los caudales promedios por día –134 m³– y el caudal generado durante toda la vendimia, considerando los 90 días de molienda (febrero-abril) –12.060 m³–.

Tabla 25. Caudales promedios diarios y por campaña. Vitivinícola 2

Caudales promedios	Q (m ³)
Diario	134
Total	12.060

ACEITERA 1

Caracterización físico-química

En la Aceitera 1 se tomaron un total de 14 muestras compuestas, durante dos campañas consecutivas (2018-2019). Se presentan los datos para cada año y luego se realiza un resumen de los dos años.

AÑO 2018

En la *Tabla 26* se presentan las concentraciones para los analitos determinados y en la *Tabla 27* sus valores estadísticos.

Tabla 26. Parámetros físico-químico de muestras compuestas año 2018. Aceitera 1

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 13/3	M2 23/3	M3 27/3	M4 5/4	M5 10/4	M6 17/4	M7 3/5
T (°C)	16,1	35,2	24,7	18,1	18	19,8	30,5
CE (µS cm ⁻¹)	1.350	2.150	4.630	2.350	2.600	2.680	2.330
pH	6,4	4,7	4,6	5,1	5,1	4,9	4,5
DBO ₅	2.390	5.544	6.788	1.472	800	S/D* ²	4.564
DQO	15.460	7.440	14.500	6.700	15.240	5.900	8.475
DBO ₅ /DQO	0,155	0,745	0,468	0,219	0,052	ND	0,538
Sól. totales	8.094	5.097	66.562	5.765	10.917	6.262	4.240
Sól. Volátiles	6.911	3.558	55.986	3.747	8.453	4.442	2.683
Polifenoles	65,4	111	216	109	144	129	95,1
Calcio	106	73,6	70,8	57,6	256	168	112
Magnesio	62,1	12,5	98,5	63,4	10,2	45,8	86,8
Sodio	49	250	121	220	135	140	115
Potasio	80	350	1525	512,5	600	343	325
Cloruro	173	347	833	122	438	526	570
Sulfatos	219	72	164	164	138	161	145
Carbonato	29,8	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	283	824	1.786	1.448	1.228	579	420
Nitrógeno	911	834	1.411	847	1.201	962	638

*²S/D se debe a problemas con cortes de energía mayores a seis horas en el laboratorio

Tabla 27. Valores estadísticos muestra compuesta año 2018. Aceitera 1

Parámetros (mg L ⁻¹)	Valores máximos	Valores mínimos	Media	Desvío estándar
T (°C)	35,2	16,1	23,2	7,24
CE (µS cm ⁻¹)	4.630	1.350	2.584	1.002
pH	6,4	4,5	5,04	0,64
DBO ₅	6.788	800	3.593	2.395
DQO	15.460	5.900	10.530	4.322
DBO ₅ /DQO	0,75	0,05	0,36	0,26
Sól. Totales	66.562	4.240	15.276	22.722
Sól. Volátiles	55.986	2.683	12.254	19.391
Polifenoles	216	65,4	124	47,7
Calcio	256	57,6	121	70,4
Magnesio	86,8	10,2	54,2	33,9

*Tabla continúa en la siguiente página

Sodio	250	49	147	67,6
Potasio	1.525	80	533	466
Cloruro	833	122	430	244
Sulfato	219	72	152	43,8
Carbonato	0	0	0	11,2
Bicarbonato	1.786	282	938	563
Nitrógeno	1.411	638	972	256

Resulta importante destacar que la M1 fue tomada dentro de la industria, en la cámara de la bodega, luego de la centrifugación vertical, debido a que, durante el muestreo la bomba de la pileta de sedimentación no se encendió. Igualmente, se la adiciona en la *Tabla 25*, ya que fue enviada al laboratorio para efectuar el análisis del resto de los parámetros. A diferencia del resto de las muestras, presenta el pH menos ácido (6,4) y la conductividad eléctrica más baja, reflejándose también en los bajos valores de sodio y potasio. El resto de los valores no presentaron grandes diferencias a las muestras tomadas, luego del tratamiento físico de sedimentación, incluso los valores de sólidos totales se mantuvieron similares.

También se observa que en la M3 se registró una marcada diferencia en los valores de los sólidos totales y volátiles, con respecto al resto de las muestras. Dicha diferencia se debe a que durante el muestreo se acondicionaron las cámaras sedimentadoras (limpieza y desagote) y la muestra fue tomada del desagüe de la primera pileta de sedimentación, por lo que el tratamiento físico fue incompleto.

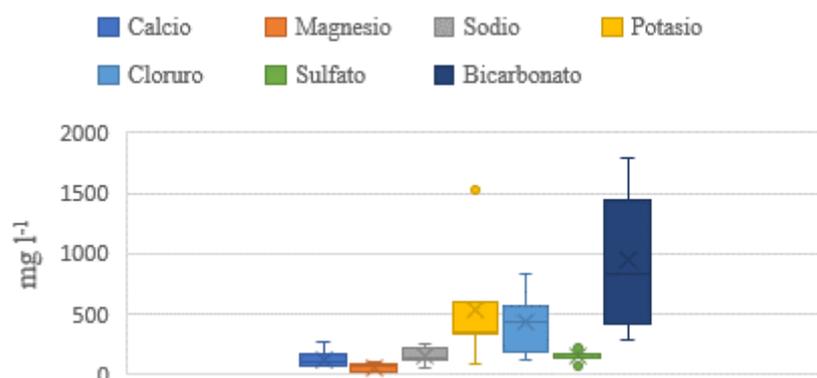
Los valores de pH se mantuvieron estables a lo largo de todo el muestreo, evidenciando pH ácidos con una media de 5 y valores máximos de 6,4 y mínimos de 4,5. Los valores de conductividad eléctrica fueron similares en la mayoría de las muestras, excepto en la M1 y M3 que presentan los valores mínimos y máximos, respectivamente; debido a los condicionantes explicadas anteriormente.

La media de la relación DBO_5/DQO es $0,36 \pm 0,26$. Sin embargo, la mitad de las muestras presentaron valores superiores a la media y otros por encima de 0,4, correspondiente a efluentes con buena biodegradabilidad. Ajustando la relación DBO_5/DQO resultaría factible un tratamiento por métodos biológicos. Los valores de nitrógeno y polifenoles también son elevados, con medias de 972 mg L^{-1} y 124 mg L^{-1} , respectivamente. Cabe destacar que los polifenoles podrían afectar la biodegradabilidad del efluente, independientemente, del rango de DBO_5/DQO debido a su acción inhibitoria del desarrollo de los microorganismos.

En el *Gráfico 6* se presenta el diagrama de cajas para los iones mayoritarios. La mayor concentración de aniones está dada por el bicarbonato y cloruro, seguido por sulfato. En cuanto a los cationes, los más representativos son el ion potasio seguido por sodio y calcio y en menor medida magnesio. Cabe aclarar que los valores registrados en el contenido de sodio fueron en

todos los casos menores a los observados para el catión potasio, revelando la preponderancia de este último como constituyente natural de la aceituna, a partir de la cual se enriquece el efluente.

Gráfico 6. Diagrama de cajas para los iones mayoritarios Aceitera 1 (año 2018)



En la *Tabla 28* se presentan los sólidos sedimentables que fueron estimados antes y después del tratamiento físico. Con la letra E se denomina al efluente de entrada y con S al efluente de salida.

Tabla 28. Sólidos Sedimentables Aceitera 1 (año 2018)

SS	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
2min	ND	0,3	0	0	0	0	0	0	2	0,1	0	0,2	0,6	0
10min	ND	0,5	1	0	0,1	0	0,1	0	200	1,4	0	0,3	60	0,1
2 hs	ND	0,7	120	0	0,2*1	E*2	0,9	0,3	150	4	175	0,6	71	17,5
24 hs	ND	0,7	62	0,5	0,2*1	E*2	E*2	2	125	24	150	35	61	19

*1 Se presentó un sobrenadante de 200 ml/l de película de grasa.

*2 Formación de emulsión que imposibilitó la lectura.

Para la M1 no se determinó el efluente de salida, debido a lo mencionado anteriormente sobre la toma de muestra. También, los problemas mencionados para la toma de la M3 se ven reflejados en los SS, donde la formación de emulsiones no permitió el registro de los datos, además de la formación de películas de grasa en el líquido sobrenadante. En rasgos generales, se observó una marcada disminución en el efluente de salida, principalmente a las 2 y 24 horas, con una reducción del 95% y 83%, respectivamente, lo cual hace referencia al papel fundamental que cumplen las desgrasadoras y la pileta de sedimentación.

En la campaña del año 2019 se tomaron siete muestras al igual que al año anterior, con la diferencia que en el 2019. El muestreo se extendió un mes más debido a que era un año donde la cantidad de fruta a procesar fue mayor, como consecuencia de la vecería anual del olivo.

En la *Tabla 29* se presentan los parámetros analizados y en la *Tabla 30* los valores estadísticos para cada parámetro.

Tabla 29. Parámetros físico-químico de muestras compuestas año 2019. Aceitera 1

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 18/3	M2 1/4	M3 8/4	M4 23/4	M5 14/5	M6 27/5	M7 3/6
T (°C)	16,1	24,4	22,9	19,8	16,5	18,2	17,3
CE (µS cm ⁻¹)	1.940	1.700	1.680	1.980	2.290	2.350	3.240
pH	4,7	4,7	4,9	5,1	5	4,9	6,4
DBO ₅	11.864	5.586	6.250	2.300	1.896	1.940	1.206
DQO	28.413	28.020	33.900	4.975	7.960	2.880	8.180
DBO ₅ /DQO	0,42	0,2	0,18	0,46	0,24	0,67	0,15
Sól. totales	6.620	13.795	64.865	3.287	4.869	7.778	9.158
Sól. Volátiles	5.702	12.553	61.885	2.120	3.422	6.293	6.710
Polifenoles	29,6	36,3	101	30,8	1,86	380	34,3
Calcio	53,9	54,4	57	70,3	66,5	76	87,7
Magnesio	78	71,6	80	117	134	70,5	59,2
Sodio	123	122	125	305	167	135	315
Potasio	311	290	315	310	365	456	500
Cloruro	434	390	477	255	434	347	394
Sulfatos	183	143	184	161	106	602	272
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	348	478	328	577	971	219	1.147
Nitrógeno	203	700	305	141	1.222	214	300
Grasas	2.000	10.700	34.900	120	280	750	1.980

Tabla 30. Valores estadísticos muestra compuesta año 2019. Aceitera 1

Parámetros (mg L ⁻¹)	Valores máximos	Valores mínimos	Media	Desvío estándar
T (°C)	24,4	16,1	19,3	3,23
CE (µS cm ⁻¹)	3.240	1.680	2.168	538
Ph	6,4	4,7	5,1	0,59
DBO ₅	11.864	1.206	4.434	3.818
DQO	33.900	2.880	16.332	13.150
DBO ₅ /DQO	0,67	0,14	0,33	0,19
Sól. Totales	64.865	3.287	15.767	21.909
Sól. Volátiles	61.885	2.120	14.037	21.328
Polifenoles	380	1,86	87,8	132
Calcio	87,7	53,9	66,5	12,5
Magnesio	134	59,2	87,4	27,5
Sodio	315	122	185	86,8
Potasio	500	290	363	82,2
Cloruro	477	255	390	72,5
Sulfato	602	106	236	169

*Tabla continúa en la siguiente página

Carbonato	0	0	0	0
Bicarbonato	1.147	219	581	349
Nitrógeno	1.222	141	440	390
Grasas	34.900	120	7.262	12.748

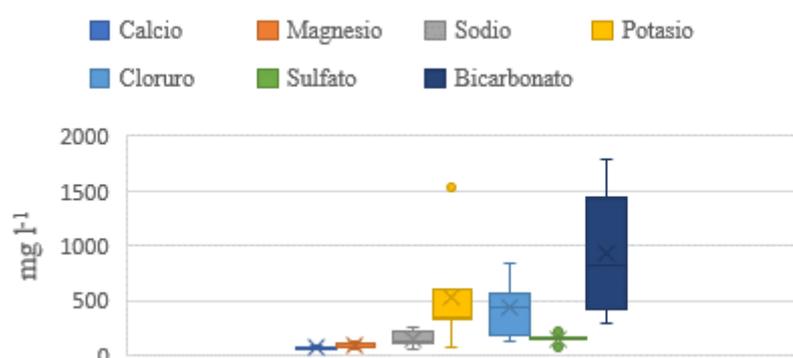
Al igual que en la campaña anterior los efluentes presentan una elevada heterogeneidad. Para esta campaña se analizaron los mismos parámetros y se añadió el análisis de grasas, que presentaron concentraciones elevadas principalmente al inicio y al final de la campaña, con máximo de 34.900 mg L⁻¹ y mínimo de 120 mg L⁻¹. Los valores de pH se mantuvieron estables a lo largo de todo el muestreo (media 5,1), excepto en la M7 donde el valor se acercó a la neutralidad. Igualmente, ocurre con los valores de conductividad eléctrica, los cuales se mantienen estables a lo largo del muestreo con una media de 2.168 µS cm⁻¹, pero registra el máximo en la M7 con 3.240 µS cm⁻¹. Se infiere que los valores de la M7 pueden referirse al uso de productos de limpieza utilizados al finalizar la campaña. Estos productos alcalinizan el efluente y aumentan la concentración de sales, reflejado no solo en la CE, sino también en los valores de los iones como bicarbonato, sodio y potasio.

Las tres primeras muestras presentaron una amplia diferencia en los valores de DBO₅ y DQO, que a su vez se corresponden con elevados valores de grasas y de sólidos totales y volátiles. Vale aclarar que el día de muestreo de la M3 se registró una gran proporción de fruta en la pileta de sedimentación que sobrepasó su capacidad de retención, lo que ocasionó el funcionamiento continuo de la bomba. La media de la relación DBO₅/DQO para el año 2019, fue de 0,33 no superando el valor de 0,4 que considera al efluente biodegradable. Solo dos de las siete muestras lograron superar este valor.

La concentración del nitrógeno también fue elevada con un máximo de 1.222 mg L⁻¹ y un mínimo de 141 mg L⁻¹, siendo el valor medio de 440 mg L⁻¹. En cuanto los polifenoles el máximo registrado fue de 380 mg L⁻¹ y el mínimo de 1,86 mg L⁻¹. Estas variaciones pueden explicarse por la cantidad y variedad de fruta a moler.

En el *Gráfico 7* se presenta el diagrama de caja de los iones mayoritarios. En cuanto a los aniones, la mayor proporción está dada por bicarbonato, seguido por cloruro y en menor medida sulfato. En cuanto a los cationes, predomina el potasio, seguido por sodio y en menor medida magnesio y calcio.

Gráfico 7. Diagrama de cajas iones mayoritarios año 2019. Aceitera 1



En la *Tabla 31* se presentan los sólidos sedimentables, que al igual que el año 2018 las muestras se tomaron antes y después del tratamiento físico. La M3, como se explicó anteriormente, presenta una elevada proporción de sólidos en el efluente de salida, presentando un máximo de 14 ml L⁻¹ a las 24 horas. Solo tres (M4, M6 y M7) de las siete muestras presentan una reducción de los sólidos a las 24 horas. En cuanto a los sólidos a 2 y 10 minutos, la mayoría de las muestras no presentan una reducción entre el efluente de entrada y el de salida, excepto las muestras 6 y 7.

Tabla 31. Sólidos sedimentables aceitera 1 (año 2019)

SS	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
2min	0,05	0,1	0,1	0,1	0,5	6,5	0,1	0	S/D	S/D	1,5	0	6	0
10min	1,1	0,9	0,15	0,1	1	11,2	1,2	0,1	S/D	S/D	8,5	0,2	70	0,5
2 hs	2	1,6	0,2	0,2	1,2	13,2	30	0,8	S/D	S/D	15	6	64	5
24 hs	3,5 ^{*1}	9	0,15 ^{*2}	0,6 ^{*2}	2,5 ^{*3}	14 ^{*3}	E ^{*4}	1,5	S/D	S/D	22 ^{*5}	9 ^{*5}	60 ^{*6}	6,5

* Hay sólidos en suspensión que no sedimentan.

^{*2} Película superficial de 50 ml de grasa en el efluente de entrada y 30 ml de grasa en el de salida

^{*3} Película superficial de 50 ml de grasa en el efluente de entrada y 200 ml en el de salida

^{*4} Después de agitarlo sedimentó en 70 ml

^{*5} Después de agitarlo se midió en el efluente de entrada 40 ml y en el de salida 10 ml y a las 48 horas en el de entrada se registró 15 ml y una película de grasa de 20 ml.

^{*6} Después de agitar sedimentó 20 ml más de grasa con espacios porosos.

Resumen de la caracterización físico química del año 2018 y 2019. Aceitera 1

A continuación, se detalla un resumen de los dos años analizados abordados a partir de la comparación de las medias de cada parámetro para ambos años.

En la *Tabla 32* se detallan las medias para los años 2018 y 2019. Se observaron que los parámetros como pH y conductividad eléctrica no variaron entre los dos años, pero que los parámetros de carga orgánica expresados en DBO₅ y DQO fueron mayores para el año 2019, aunque la relación DBO₅/DQO fue del orden de 0,3 para ambos años. Los valores de sólidos totales también fueron similares para los dos años. En cambio, los sólidos volátiles fueron mayor para el año 2019, coincidente con la mayor proporción de carga orgánica. En cuanto a los iones mayoritarios, en 2018 y 2019, se mantuvieron las mayores y menores representaciones de cada uno. El potasio,

como constituyente natural de la aceituna, fue mayor en el año 2018, al igual que cloruro, calcio y bicarbonato; mientras que el resto de los iones fueron mayores en el año 2019. En cuanto a los polifenoles, el año 2018 se registraron concentraciones mayores que el 2019, al igual que la concentración de nitrógeno. Los valores de grasas no se pudieron comparar porque solo se estimaron para el año 2019.

Tabla 32. Medias de muestras compuestas del año 2018 y 2019. Aceitera 1

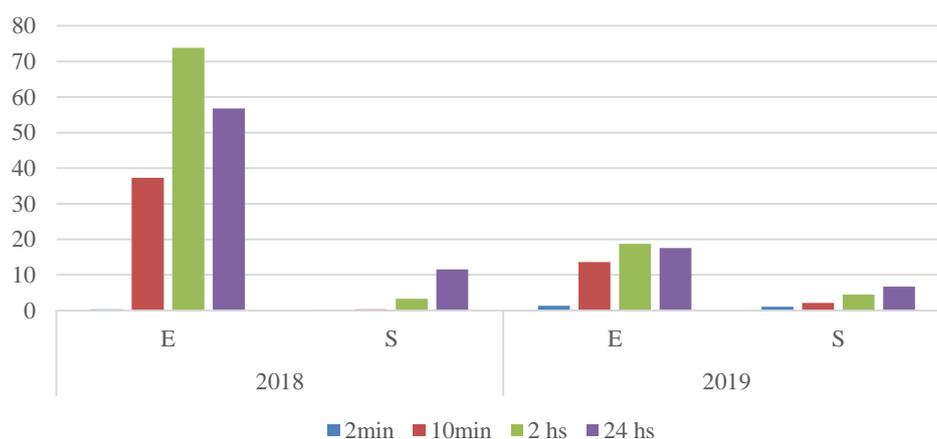
Parámetros (mg l ⁻¹)	Medias 2018	Medias 2019	Promedio total
T (°C)	23,2	19,3	21,2
CE (uS cm ⁻¹)	2.584	2.168	2.376
pH	5	5,1	5
DBO ₅	3.593	4.434	4.013
DQO	10.530	16.332	13.431
DBO ₅ /DQO	0,36	0,33	0,34
Sól.Totales	15.276	15.767	15.521
Sól.Volátiles	12.254	14.037	13.145
Polifenoles	124	87,8	105
Calcio	121	66,5	93,5
Magnesio	54,2	87,4	70,8
Sodio	147	185	166
Potasio	533	363	448
Cloruro	430	390	410
Sulfato	152	236	194
Carbonato	0	0	0
Bicarbonato	938	581	759
Nitrógeno	972	440	706
Grasas	S/D	7.262	7.262

En cuanto a los sólidos sedimentables (*Tabla 33*) los promedios demuestran para los dos años una reducción de sólidos en el efluente de salida con respecto al de entrada (*Gráfico 8*).

Tabla 33. Resumen año 2018 y 2019 de solidos sedimentables. Aceitera 1

SS	Media 2018		Media 2019	
	E	S	E	S
2min	0,35	0,08	1,37	1,11
10min	37,3	0,32	13,6	2,16
2 hs	73,8	3,3	18,7	4,46
24 hs	56,8	11,6	17,6	6,76

Gráfico 8. Sólidos sedimentables E y S. Año 2018 y 2019. Aceitera 1



Sin embargo, cuando analizamos las muestras compuestas de cada año, se observa que en el año 2018 la reducción de sólidos sedimentables en el efluente de salida fue menor que en el año 2019, es decir, que el tratamiento físico fue más eficiente. Vale recordar que en el año 2019 solo 3 de las 7 muestras presentaron una reducción de los sólidos luego del tratamiento. En cambio, en el año 2018 todas las muestras presentan una reducción significativa en el efluente de salida. Esta diferencia es atribuible a la cantidad de efluente generado en los dos años. El 2018 fue año vecero, por lo tanto, la producción fue menor que en el 2019, incluso para este último año la campaña de cosecha y molienda se extendió dos meses más que la campaña del 2018 debido a la cantidad de fruta procesada.

Caudales

Como se mencionó en el Capítulo 5, el volumen total de efluentes de todas las operaciones dentro de la fábrica, se evacua y se dispone en dos balsas de evaporación. En este cálculo, además del caudal aforado durante el muestreo, se le adiciona el volumen de agua de limpieza de los tanques de almacenamiento de aceite que se realiza en dos momentos puntuales del año, durante pre y post cosecha (caudales no medidos, pero contabilizados).

El método utilizado para aforar fue el método volumétrico indirecto, contabilizando el número de encendidos de la bomba de achique. La pileta deprime 0,5 m cada vez que enciende la bomba, bombeando un caudal de 1,55 m³ de efluente. A los caudales estimados diariamente se le adicionó el de la limpieza de los tanques donde se utilizan aproximadamente 50 mil litros de agua (información brindada por la industria). Se usan aproximadamente 500 litros por tanque, se lavan y luego se enjuagan aproximadamente cuatro veces por año, los tanques de menor capacidad son lo que se lavan con mayor frecuencia. En total la empresa dispone de 26 tanques con diferentes capacidades – 6, 15, 50 y 80 toneladas-.

La estimación de caudales se realizó para las dos campañas consecutivas (2018 y 2019), detalladas a continuación. Luego se estimó un total considerando los dos años.

AÑO 2018

En la *Tabla 34* se presentan los caudales diarios expresados en L hora⁻¹ y L día⁻¹, considerando 15 horas productivas.

Tabla 34. Caudales diarios parciales año 2018. Aceitera 1

	M1 13/3	M2 23/3	M3 27/3	M4 5/4	M5 10/4	M6 17/4	M7 3/5	Media
Encendido de bomba por día	2	3	8	7	10	10	8	
Litros hora⁻¹	207	311	829	725	1.036	1.036	256	628
Litros día⁻¹*	3.110	4.665	12.440	10.885	15.550	15.550	12.400	10.657

*15 horas productivas

El caudal diario generado para el año 2018 fue de 10.657 L día⁻¹ y aproximadamente 529.655 litros generados en toda la campaña; este valor se calculó considerando la media diaria estimada multiplicándola por los 45 días de producción (479.565 litros), y el volumen correspondiente al lavado de tanques (50.000 litros). Los días de mayor bombeo de efluentes fueron en el mes de abril donde la industria liberó, aproximadamente 1.000 litros por hora.

AÑO 2019

En la *Tabla 35* se presentan los caudales diarios expresados en L hora⁻¹ y L día⁻¹. El encendido de la bomba se tomó dentro de las 6 horas de muestreo y luego se estimó para 24 horas de producción (M1 a M5) y 12 horas de producción (M6 y M7).

Tabla 35. Caudales diarios parciales año 2019

	M1 18/3	M2 1/4	M3 8/4	M4 23/4	M5 14/5	M6 27/5	M7 3/6	Media
Encendido de bomba por día	20	16	16	8	16	12	12	
Litros hora⁻¹	1.295	1.033	1.033	517	1.033	1.550	1.550	1.144
Litros día⁻¹	31.100	24.800	24.800	12.400	24.800	18.600	18.600	22.157

El caudal diario generado fue de 22.157 L día⁻¹ y, aproximadamente de 1.711.775 litros (1.711 m³) generados en toda la campaña; al igual que el año 2018, este valor se calculó sumando los efluentes generados en 75 días de producción (1.661.775 litros) y el volumen correspondiente al lavado de tanques (50.000 litros).

Durante el muestreo se evidenciaron deficiencias en el encendido de la bomba, como consecuencia de la obstrucción de las desgrasadoras y la pileta de sedimentación. Estas situaciones conllevan a ingresar agua al sistema para desobstruir y así facilitar el desagote, situación similar a la M3 del 2018.

Estimación total

En la *Tabla 36* se presentan los valores estadísticos de los caudales generados durante los dos años de estimaciones. El valor máximo registrado es de 31.100 L día⁻¹ y el mínimo de 3.110 L día⁻¹, con una media de 16.407 L día⁻¹. Los elevados valores de los desvíos marcan la variabilidad, en cuanto a la cantidad de efluentes generados entre una campaña y la otra. En la *Tabla 37* se presentan el promedio de los caudales generados en los dos años y el total por campaña.

Tabla 36. valores estadísticos de los caudales generados en 2018 y 2019

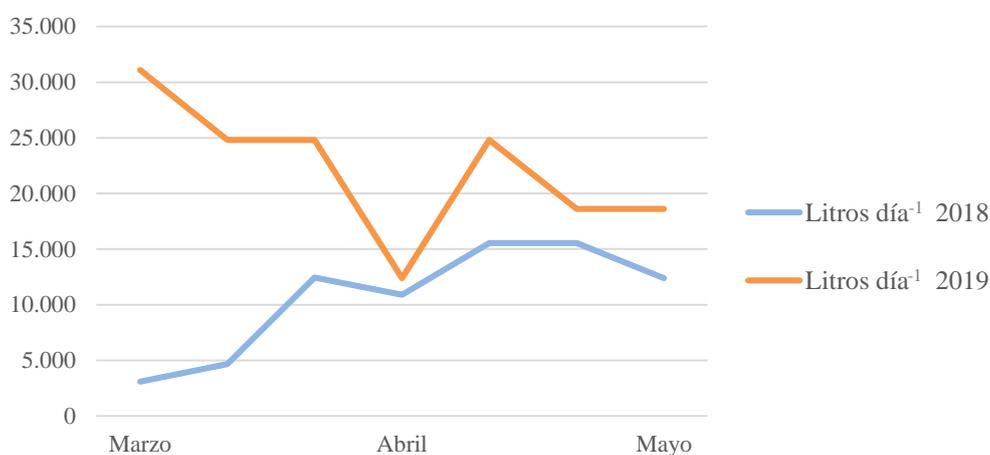
Caudales	Máxima	Mínima	Promedio	Desvío	P 0,05	P 0,5	P 0,95
L hr ⁻¹	1.550	207	887	440	239	1033	1550
L día ⁻¹	31.100	3.110	16.407	7.997	4.121	15.550	27.005

Tabla 37. Promedio de caudales de los dos años

	m ³ día ⁻¹	Duración de la campaña	Total por campaña (m ³)
2018	10,6	45 días	530
2019	22,1	75 días	1.711
Promedio	16,3	60 días	1.120

Los caudales generados en las industrias procesadoras de olivo son variables, no solo por la estacionalidad del cultivo sino también por la condición de vecería del mismo. Las marcadas diferencias en los volúmenes de generación se deben a que el olivo es una planta vecera, que presenta una producción diferenciada año tras año. En el *Gráfico 9* se presentan los caudales por día del año 2018 y 2019. En el año 2018 se observa una tendencia de mayor caudal generado en los meses de marzo y abril, situación que no se replica para el año 2019, donde el caudal máximo se registra a inicio de la campaña. En ambos años se observa una disminución a mitad de la campaña, registrada posterior a la detección de problemas en el sistema de tratamiento. Se infiere que estos valores están afectados por la limpieza y purga de las instalaciones, las cuales se diponen luego en forma directa en el campo. En promedio de los dos años la industria generó un caudal de 1.120 m³ de efluentes por campaña (*Tabla 36*).

Gráfico 9. Caudales año 2018 y 2019. Aceitera 1



ACEITERA 2

Caracterización físico-química

Como se mencionó en el Capítulo 4, en la Aceitera 2 se tomaron un total de 8 muestras compuestas durante la campaña del año 2018. Los valores estimados se presentan en dos tablas diferenciadas. En la *Tabla 38* se muestran los valores de las concentraciones de los analitos para cada muestra, y en la *Tabla 39* los valores estadísticos.

Tabla 38. Parámetros físico-químicos de muestras compuestas. Aceitera 2

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 12/4	M2 18/4	M3 24/4	M4 27/4	M5 3/5	M6 4/5	M7 8/5	M8 9/5
T (°C)	21,2	21,1	20,2	21,5	23,6	19,9	23,2	21,4
CE (µS cm ⁻¹)	8.500	730	700	1.050	690	810	810	530
pH	5,2	7	6,7	6,2	6,9	6,2	6,6	7,1
DBO ₅	5.166	1.852	2.968	1.404	2.170	3.616	3.548	2.636
DQO	13.800	4.825	6.275	4.363	4.290	6.875	7.825	6.200
DBO ₅ /DQO	0,37	0,38	0,47	0,32	0,51	0,53	0,45	0,43
Sól. totales	45.962	2.978	1.740	3.468	2.198	17.445	3.197	1.590
Sól. Volátiles	36.937	2.440	1.312	2.375	1.795	16.888	2.693	1.263
Polifenoles	550	34,28	38,78	71	28,6	42,46	43,82	28,82
Calcio	273	98,4	122	127	74,8	110	60	57,6
Magnesio	32,1	18,9	13,1	29,1	18,6	35	23,3	26,2
Sodio	105	43,5	47,5	46,5	85	40,5	47	42,5
Potasio	2.450	32	48	98,7	41	56	96,2	36
Cloruro	921	114	140	96,5	114	157	96,5	105
Sulfato	275	54,5	51,6	65,9	65,9	46,4	37,5	37,6
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	307	336	371	614	287	436	400	271
Nitrógeno	1.718	670	915	753	836	841	898	958

Tabla 39. Valores estadísticos de muestras compuestas. Aceitera 2

Parámetros (mg L ⁻¹)	Máximos	Mínimos	Media	Percentil 0,05	Percentil 0,5	Percentil 0,95	Desvío estándar
T (°C)	23,6	12,1	20,2	14,4	21,2	23,4	3,84
CE (µS cm ⁻¹)	8.500	530	1.727	586	770	5.882	2.740
pH	7,1	5,2	6,49	5,55	6,65	7,07	0,62
DBO ₅	5.166	1.404	2.920	1.560	2.802	4.623	1.195
DQO	13.800	4.290	6.806	4.315	6.237	11.708	3.089
DBO ₅ /DQO	0,53	0,32	0,43	0,34	0,44	0,52	0,07
Sól. Totales	45.962	1.590	9.822	1.642	3.087	35.981	15.521
Sól. Volátiles	36.937	1.263	8.212	1.280	2.407	29.919	12.735
Polifenoles	550	28,6	104	28,6	40,6	382	180
Calcio	273	57,6	115	58,4	104	222	69,2
Magnesio	35	13,1	24,5	15	24,8	34	7,45
Sodio	105	40,5	57,1	41,2	46,7	98	24
Potasio	24.50	32	357	33,4	52	1.627	845
Cloruro	921	96,5	218	96,5	114	654	284
Sulfato	257	37,5	79,4	37,6	53,1	202	80
Bicarbonato	3.007	271	378	277	354	552	110
Nitrógeno	1.718	670	948	699	869	1.452	324

En esta industria los efluentes analizados también presentaron una elevada heterogeneidad. La muestra 1 presentó anomalías mayores con respecto al resto, se puede inferir que estos resultados se deben a la coincidencia en el momento del muestreo con la eliminación de alperujo del decanter junto con la purga de la centrífuga vertical.

Los valores de pH se mantuvieron estables a lo largo de todo el muestreo, evidenciando una leve acidez en la muestra 1. En cuanto a los valores de conductividad eléctrica fueron similares en la mayoría de las muestras excepto en la muestra 1 y 4. Resulta importante destacar que los valores de conductividad eléctrica fueron variables a lo largo de las submuestras (*Anexo 3*) y se registraron valores mayores con el funcionamiento de la centrífuga de repaso, donde las altas concentraciones de CE coincidieron con los mayores caudales. Sin embargo, luego del pulso, los caudales disminuyeron y los valores de CE se mantuvieron altos, lo cual indicaría que la CE del efluente entregado por la centrífuga permanece relativamente constante en las horas siguientes al pulso.

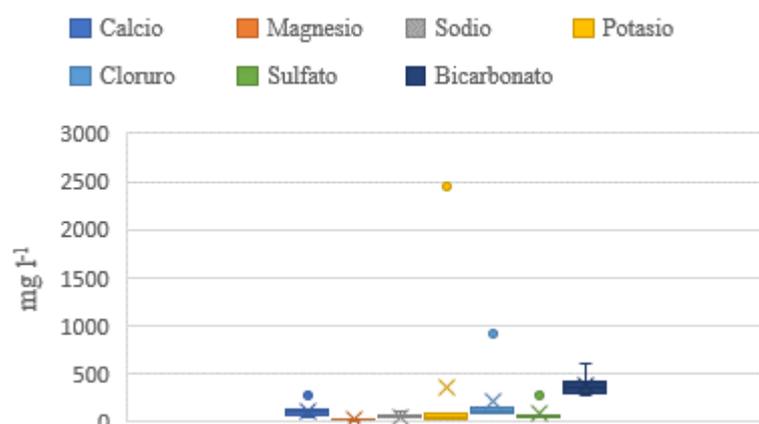
Los valores de carga orgánica también fueron disímiles en todas las muestras. La DQO presentó valores máximos de 13.800 mg L^{-1} y mínimos de 4.290 y DBO_5 con máximos de 5.166 mg L^{-1} y mínimos de 1.404 mg L^{-1} . El aumento de la DBO_5 es proporcional al aumento de los valores de sólidos volátiles debido a que la mayor proporción de sólidos en el efluente se corresponden con la fracción orgánica.

La media de la relación DBO_5/DQO es $0,43 \pm 0,07$, lo que indicaría que los efluentes tienen un porcentaje de materia orgánica biodegradable que haría factible su tratamiento por métodos biológicos. Sin embargo, algunas muestras presentan una relación levemente por debajo de estos valores que podrían incidir negativamente en un tratamiento biológico.

Los valores de nitrógeno y polifenoles son elevados, con medias de 948 mg L^{-1} y 104 mg L^{-1} , respectivamente. Como se mencionó anteriormente, estas variaciones están sujetas al contenido de fenoles y puede ser atribuible al tipo de variedades de aceituna molida.

En el *Gráfico 10* se presenta el diagrama de cajas de los iones mayoritarios, si bien en todas las muestras las concentraciones se mantuvieron relativamente semejantes, se observó que la mayor concentración de aniones está dada por el anión bicarbonato, seguido por cloruro y en menor medida sulfato; en cuanto a los cationes, el más representativo es el potasio, seguido por calcio y sodio, y en menor medida por magnesio. Al igual que en la Aceitera 1, los valores registrados en el contenido de sodio fueron en todos los casos menores a los observados para el catión potasio, revelando la preponderancia de este último como constituyente de la aceituna, a partir de la cual se enriquece el efluente. Los valores que se encuentra por fuera del 75% de los datos en los iones calcio, potasio, cloruro y sulfato corresponden a la M1, por las razones explicadas anteriormente.

Gráfico 10. Diagrama de cajas iones mayoritarios. Aceitera 2



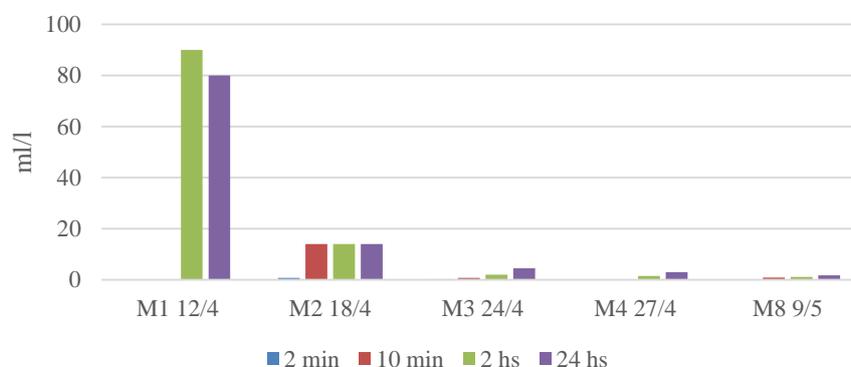
En la *Tabla 40* se presentan los sólidos sedimentables correspondientes a las muestras compuestas. En esta aceitera no se estimó el efluente de entrada y salida debido a que la industria no desarrolla un sistema de sedimentación como la Aceitera 1.

Tabla 40. Sólidos sedimentables en muestras compuestas. Aceitera 2

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	M1 12/4	M2 18/4	M3 24/4	M4 27/4	M5 3/5	M6 4/5	M7 8/5	M8 9/5
2 min	0	0,8	0,25	0	0	0	0	0,2
10 min	0	14	0,8	0,1	0	0	0	0,9
2 hs	90	14	2	1,5	0	0	0	1,2
24 hs	80	14	4,5	3	0	0,1	0	1,8

Se observa un aumento hacia los sólidos sedimentados a las 2 horas y 24 horas con valores máximos de 90 y 80 ml L⁻¹, respectivamente. La mitad de las muestras no registraron valores para SS 10 min, solo en una de ella registra un máximo de 14 ml L⁻¹, situación que se mantiene hasta las 24 horas. Las concentraciones mas elevadas de SS se registraron al inicio de la campaña en la M1, debido a la situación explicada anteriormente (*Gráfico 11*).

Gráfico 11. SS Aceitera 2



Caudales

En la *Tabla 41* se presentan los caudales estimados en la Aceitera 2 durante el año 2018, expresados en litros por segundo, hora y día. Como se mencionó en el Capítulo 4, el método utilizado para el aforo en la Aceitera 2, fue el método volumétrico directo. El total de horas diarias de producción fue de 10 horas. A su vez, a los caudales diarios, se les adicionó 4.000 litros utilizados en la limpieza de las instalaciones (información brindada por la industria). En la *Tabla 42* se presentan los valores estadísticos.

Tabla 41. Caudales diarios medios. Aceitera 2

Caudal	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L s ⁻¹	0,15	0,16	0,17	0,75	0,27	0,19	0,15	0,27
L h ⁻¹	540	576	612	2700	972	684	540	972
L d ^{-1*}	9.400	9.760	10.120	31.000	13.720	10.840	9.400	13.720

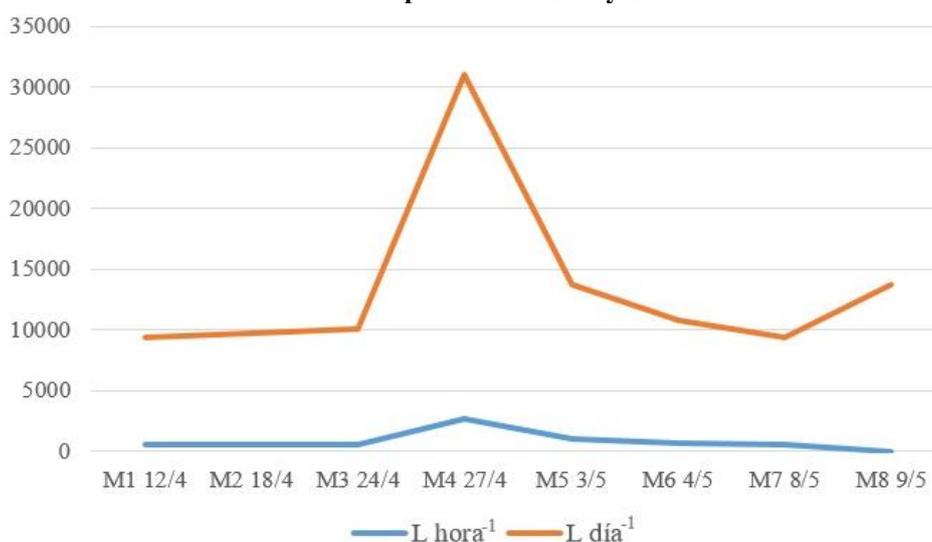
*10 horas productivas diarias

Tabla 42. Valores estadísticos de los caudales. Aceitera 2

Caudales	Máxima	Mínima	Promedio	Desvío	P 0,05	P 0,5	P 0,95
L s ⁻¹	0,75	0,15	0,26	0,20	0,15	0,18	0,58
L h ⁻¹	2.700	540	950	729	540	648	2095
L d ⁻¹	31.000	9.400	13.495	7.294	9.400	10.480	24.952

Los rangos de caudales variaron entre 0,15 a 0,75 L s⁻¹ con una media de 0,26 L s⁻¹. Los caudales diarios de la M4 se vieron alterados debido a que ese día se registran altos volúmenes de caudal en el canal de evacuación de efluentes, donde se disponía el agua de la purga de la centrífuga vertical, por lo que el valor del percentil 0,5 es más adecuado en el análisis de la generación de efluentes. Se evidencia un aumento de los caudales entre las M3 y M5, correspondiente al período de mayor molienda (*Gráfico 12*).

Gráfico 12. Caudales expresados en L h⁻¹ y L día⁻¹. Aceitera 2



Es importante destacar que en los caudales tomados de las submuestras cada una hora (*Anexo 3*) se registran pulsos de efluentes disimiles, en algunos casos con diferencias mayores a 0,2 L s⁻¹, lo

que evidencia la variabilidad de caudales generados a lo largo de la jornada diaria de molienda, esto también se advierte en los desvíos estándar.

El volumen total generado, considerando 90 día de molienda y la media correspondiente al percentil 0,5, es de 943.200 litros por campaña (Tabla 43).

Tabla 43. caudales promedios diarios y por campaña

Caudales promedios	Q (m³)
Diario	10,5
Total	943

ACEITUNA

Caracterización físico-química

Los resultados de la caracterización físico química de la industria elaboradora de aceituna de mesa se presentan por etapas de producción debido a las marcadas diferencias en el tipo de efluentes generado en cada etapa productiva y a las condiciones de infraestructura y disposición final. Como se mencionó en la metodología, la cantidad de muestras compuestas tomadas en cada etapa estuvo sujeta a los tiempos de producción, por lo cual varían dependiendo de la etapa analizada.

Quemado

En la *Tabla 44* se presentan los parámetros físico químicos de tres muestras compuestas junto con las medias y desvíos estándar. Vale aclarar que la M2 y M3 fueron del mismo día de producción, diferenciadas por variedad de aceituna.

Tabla 44. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Etapa de quemado

Parámetros (mg l ⁻¹)	M1 26/2 Manzanilla	M2 13/3 Picual	M3 13/3 Hojiblanca	Media	Desvíos
pH	12,5	12,2	13	12,5	0,4
CE* ¹	94.000	90.800	84.600	89.800	4.779
T* ²	21,1	20	21,3	20,8	0,7
DBO⁵	1.892	2.364	4.564	2.940	1.426
DQO	18.940	9.980	33.437	20.785	11.836
DBO⁵/DQO	0,10	0,24	0,14	0,15	0,7
Sol. Totales	59.012	89.347	68.615	72.324	15.504
Sol. Volátiles	19.578	48.718	31.132	33.142	14.673
Polifenoles	32,2	26,6	19,4	26,1	6,46
Calcio	144	121	57	107	45,3
Magnesio	36,9	50,8	46,2	44,6	7,06
Sodio	8.400	13.500	11.112	11.004	2.551
Potasio	2.550	1.512	687	1.583	933
Cloruro	15.224	18.212	15.999	16.478	1.550
Sulfato	484	226	270	327	137
Carbonato	6.115	11.760	12.480	10.118	3.485
Bicarbonato	1.674	5.124	4.331	3.709	1.806
Nitrógeno	711	283	407	467	220

*¹ Unidad de medida $\mu\text{S cm}^{-1}$. *² Unidad de medida $^{\circ}\text{C}$.

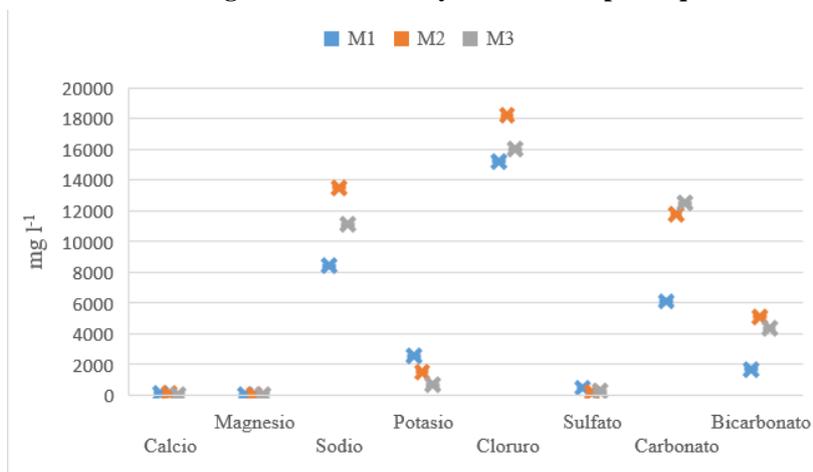
En la etapa de quemado los valores de pH se corresponden con características de un efluente alcalino, con una media de 12,5; y una elevada concentración de iones, principalmente sodio y cloruro, con valores promedios de 11.004 mg L⁻¹ y 16.478 mg L⁻¹, respectivamente; lo cual se ve reflejado con elevadas concentraciones de conductividad eléctrica –media de 89.900 $\mu\text{S cm}^{-1}$ –. Durante el proceso de quemado se utiliza soda cáustica elaborada a base de salmuera con cloruro de sodio, lo que explica las elevadas concentraciones de los parámetros mencionados. Las diferencias de sodio entre la primera muestra y la segunda, se explican por la variedad de aceituna

procesada y la diferencia en la concentración de soluciones que deben ser empleadas en esta etapa del proceso. A su vez, el pH básico, favorece a la presencia de carbonatos que también se encuentra en elevadas concentraciones. En cuanto a las cargas orgánicas, se destaca la baja relación DBO₅/DQO (0,15) que indicaría una baja biodegradabilidad del efluente. Los polifenoles y el nitrógeno también se encuentran en concentraciones elevadas, siendo los primeros de acción tóxica además de desfavorecer la biodegradabilidad. Las concentraciones de polifenoles también dependieron de la variedad de aceitunas, la manzanilla presentó una mayor concentración con 32,2 mg L⁻¹ seguida por la variedad picual –26,6 mg L⁻¹– y por último la hojiblanca –19,4 mg L⁻¹–.

Los sólidos totales y los sólidos volátiles presentan altos desvíos estándar, lo cual indica una amplia variabilidad entre muestras, con rangos de 89.347 mg L⁻¹ y 59.012 mg L⁻¹, para sólidos totales y rango de 48.718 mg L⁻¹ y 19.578 mg L⁻¹, para sólidos volátiles.

En el *Gráfico 13* se presentan las concentraciones de las tres muestras para cada ion estimado, como se mencionó anteriormente, los que presentan mayores concentraciones son sodio y cloruro por los insumos utilizados durante el quemado; siendo la M2 la de mayor concentración seguida de la M3 y en menor media la M1. Se destaca a su vez, la concentración del catión potasio, como constituyente natural de la aceituna y los aniones carbonatos y bicarbonatos.

Gráfico 13. Diagrama de iones mayoritarios. Etapa de quemado



En cuanto a sólidos sedimentables (*Tabla 45*), solo la muestra 1 presentó valores elevados a las 24 horas, esta diferencia puede ser explicada por la variedad de aceituna procesada y la concentración de soda y sal empleada. Se destaca que a los 2 y 10 minutos el efluente no exhibe sólidos sedimentables en ninguna de las muestras, y a las 2 horas todas las muestras presentan valores semejantes.

Tabla 45. Sólidos sedimentables muestras compuestas quemado

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	M1 26/2	M2 13/3	M3 13/3
2 min	0	0	0
10 min	0	0	0
2 hs	0,1	0,1	0,13
24 hs	4,5	0,28	0,32

Lavado

En la *Tabla 46* se presentan los parámetros físico químicos de dos muestras compuestas de lavado, junto a la media y el desvío. A diferencia de la etapa de quemado, estas muestras no se diferenciaron por variedad de aceituna debido a que los pulsos de efluentes de las distintas variedades se realizaron al mismo tiempo.

Tabla 46. Parámetros físico-químicos etapa lavado

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 26/2	M2 13/4	Promedio	Desvíos estándar
pH	12,1	12,7	12,4	0,42
CE*¹	22.000	36.640	29.320	10.352
T*²	21,4	22,4	21,9	0,7
DBO⁵	4.804	3.558	4.181	881
DQO	14.900	21.337	18.118	4.551
DBO⁵/DQO	0,32	0,17	0,24	0,11
ST	20.532	31.742	26.137	7.926
SV	11.022	16.933	13.977	4.179
Polifenoles	35,4	102	68,7	47
Calcio	114	83,6	98,8	21,5
Magnesio	48,5	37	42,7	8,13
Sodio	2.375	3.250	2.812	618
Potasio	1.050	600	825	318
Cloruro	3.546	3.791	3.668	173
Sulfato	250	215	232	24,7
Carbonato	2.080	4.800	3.440	1.923
Bicarbonato	1.493	3.721	2.607	1.575
Nitrógeno	688	240	464	316

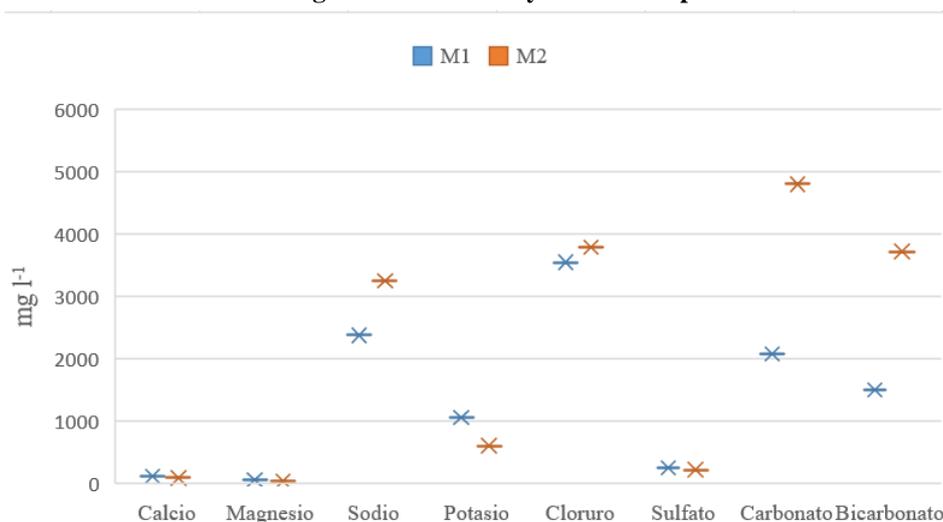
*Unidad de medida $\mu\text{S cm}^{-1}$ *²Unidad de medida °C.

En cuanto al pH se mantiene similar a la etapa anterior, con un promedio de 12,4 y la CE, si bien es elevada, se ve disminuida con respecto a la etapa de quemado, presentando un promedio de 29.320 $\mu\text{S cm}^{-1}$, con una reducción de sodio y cloruro. Esto se explica debido al empleo de agua como insumo principal en la etapa de lavado, de manera que es razonable que todos los valores se vean diluïdos. La relación DBO₅/DQO se mantiene por debajo de 0,4, manteniendo alto los polifenoles y nitrógeno, con medias de 68,7 mg L⁻¹ y 464 mg L⁻¹, respectivamente.

Los sólidos totales y volátiles también se vieron disminuidos en comparación con las muestras de la etapa de quemado, con medias de 26.137 mg L⁻¹ para sólidos totales y de 13.977 mg L⁻¹ para sólidos volátiles.

En el *Gráfico 14* se presenta el diagrama de iones mayoritarios para las dos muestras compuestas de la etapa de lavado, como ya se mencionó, existe preponderancia de los iones sodio y cloruro. En cuanto a los cationes también se destaca el potasio y por los aniones, carbonato y bicarbonato con concentraciones más elevadas que la etapa de quemado.

Gráfico 14. Diagrama de iones mayoritarios etapa de lavado



En la *Tabla 47* se presentan los sólidos sedimentables, donde los valores son muy bajos, acercándose a 1 ml L⁻¹ a las 24 horas. Estos valores son esperables debido a que el principal insumo de la etapa de lavado es agua de pozo.

Tabla 47. Sólidos sedimentables muestras compuestas lavado

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	M1 26/2	M2 13/3
2 min	0	0
10 min	0	0
2 hs	0,05	0,05
24 hs	0,75	0,2

Fermentado

En la *Tabla 48* se presentan las concentraciones de los parámetros físico químicos para las cuatro muestras compuestas de la etapa de fermentación junto con las medias y los desvíos estándar. Cabe mencionar que en la M3 solo se determinaron los parámetros estimados en el campo, ya que debido a problemas técnicos en el laboratorio los resultados debieron ser descartados sin disponer de suficiente volumen de muestra para su replicación.

Tabla 48. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Etapa de fermentación

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 15/4	M2 29/4	M3 15/5	M4 11/6	Medias	Desvíos estándar
pH	4,6	4,6	4,5	4,1	4,45	0,24
CE*¹	149.250	115.640	133.400	148.000	136.573	15.700
T*²	24,5	20,1	19	16	19,9	3,52
DBO₅	7.232	5.692	SD	692	4.539	3.412
DQO	54.240	32.270	SD	10.155	32.222	22.042
DBO₅/DQO	0,13	0,18	SD	0,07	0,13	0,05
ST	85.348	67.868	SD	29.133	60.783	28.769
SV	14.482	6.889	SD	5.695	9.022	4.766
Polifenoles	157	93,7	SD	117	122	32
Calcio	178	144	SD	184	168	21,5
Magnesio	177	182	SD	104	154	43,6
Sodio	23.812	21.800	SD	8.575	18.062	8.277
Potasio	1218	325	SD	172	571	564
Cloruro	36.169	31.828	SD	12.330	26.775	12.697
Sulfato	727	809	SD	833	789	55,5
Carbonato	0	0	SD	0	0	0
Bicarbonato	3.168	1.763	SD	468	1.800	1.350
Nitrógeno	148	392	SD	212	251	126

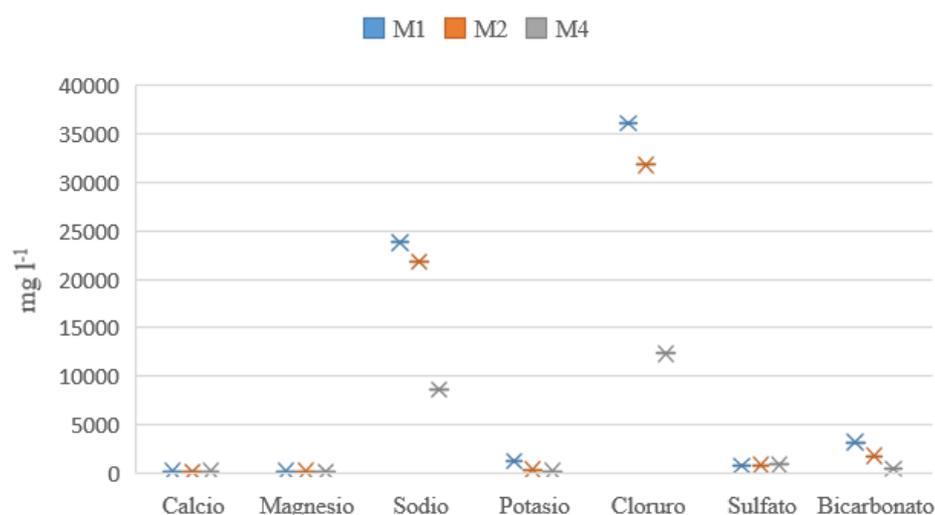
*¹ Unidad de medida $\mu\text{S cm}^{-1}$ *² Unidad de medida $^{\circ}\text{C}$.

A diferencia de las etapas anteriores, en la fermentación el pH disminuye drásticamente, convirtiéndose en un efluente ácido debido a la fermentación láctica, sin presencia de carbonatos. El valor promedio de pH para esta etapa es de 4,45. La CE es mayor a la etapa de lavado con un promedio de $136.573 \mu\text{S cm}^{-1}$, de manera similar ocurrió con las concentraciones de cloruro y sodio con medias de 18.062 mg L^{-1} y 26.775 mg L^{-1} , respectivamente; como consecuencia del uso de la salmuera. La carga orgánica mantiene elevados valores de DQO con medias de 32.222 mg L^{-1} y la relación DBO_5/DQO sigue sin superar los 0,4. El nitrógeno y los polifenoles continúan en valores elevados, con medias entre 251 mg L^{-1} y 122 mg L^{-1} , respectivamente.

Los sólidos totales presentan un aumento con respecto al lavado, con media de 60.783 mg L^{-1} , pero se evidencia una disminución de los sólidos volátiles, con una media de 9.022 mg L^{-1} . Esto asegura la baja concentración de sólidos orgánicos del efluente de fermentación.

En el *Gráfico 15* se presenta el diagrama de los iones mayoritarios de la etapa de fermentación. Al igual que en las etapas anteriores, sigue predominando los iones sodio y cloruro e incluso exhibiendo una concentración mayor que en las etapas de quemado y lavado. Se destaca la M4 presenta una disminución en los valores de estos iones con respecto a las muestras uno y dos, se deduce que esto ocurre como consecuencia de la finalización de la fermentación donde la salmuera ha perdido su vigor y no es necesario realizar un nuevo fondo para renovarla. Los iones potasio y bicarbonato presentan concentraciones menores que en las etapas anteriores, y el anión carbonato no presenta valores en esta etapa debido a la acidez.

Gráfico 15. Diagrama de iones mayoritarios etapa de fermentación



En cuanto a los sólidos sedimentables (*Tabla 49*), si bien se registraron valores más elevados que las etapas anteriores, éstos siguen siendo bajos con respecto a las otras agroindustrias, registrándose 1 ml L⁻¹ a las 24 horas en sólo dos de las cuatro muestras analizadas.

Tabla 49. Sólidos sedimentables muestras compensadas fermentado

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	M1	M2	M3	M4
2 min	0	0,6	0,1	0,1
10 min	0	0,9	0,1	0,15
2 hs	0,2	1,55	0,3	0,2
24 hs	1,3	1,55	0,65	0,5

Clasificado-maquinado

En la *Tabla 50* se presentan los parámetros físico químicos de las cinco muestras analizadas en la etapa de clasificado y maquinado. A su vez se presentan los valores medios y sus desvíos estándares.

Tabla 50. Parámetros físico-químicos muestras compuestas. Etapa de clasificado y maquinado

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 11/6	M2 2/7	M3 20/8	M4 10/9	M5 22/10	Promedio	Desvío estándar
pH	4,1	4,3	4,2	4,5	4,5	4,3	0,18
CE* ¹	40.800	43.100	49.170	57.860	30.800	44.346	10.043
T* ²	16,2	12,8	14,8	15,4	22,8	16,4	3,79
DBO ₅	8.076	2.416	1.522	1.994	2.918	3.385	2.672
DQO	30.640	52.000	17.250	10.148	19.775	25.962	16.310
DBO ₅ /DQO	0,26	0,05	0,09	0,20	0,15	0,14	0,09
ST	99.432	29.627	36.690	39.963	27.522	46.646	29.939
SV	15.111	6.311	8.795	5.198	10.223	9.127	3.888
Polifenoles	334	317	98,3	278	68,2	219	126
Calcio	444	126	270	265	266	274	112
Magnesio	125	124	51,5	34,3	49,2	76,8	44

Sodio	29750	61500	11250	12875	6550	24.385	22.524
Potasio	706	6125	280	82,5	152	1.469	2.613
Cloruro	44408	85130	15534	20492	9983	35.109	30.889
Sulfato	1661	304	630	620	326	708	554
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	1750	24668	2899	256	543	6.023	10.475
Nitrógeno	737	344	174	526	1061	568	345

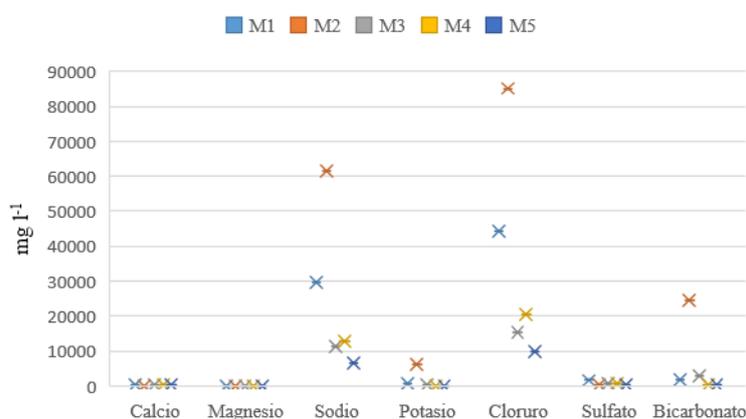
*¹ Unidad de medida $\mu\text{S cm}^{-1}$. *² Unidad de medida $^{\circ}\text{C}$.

En esta etapa, al igual que en la fermentación, los valores de pH son ácidos –media de 4.3-; las CE, si bien se mantiene elevada, disminuye con respecto a la etapa de fermentación, con un promedio de $44.346 \mu\text{S cm}^{-1}$, conservando la mayor proporción de iones de sodio y cloruro. La relación DBO⁵/DQO continua debajo de 0,4, presentando elevados valores de DQO con una media de 25.962 mg L^{-1} . Por su parte, nitrógenos y polifenoles también se mantienen elevados, con un promedio de 568 mg L^{-1} y 219 mg L^{-1} , respectivamente.

Los sólidos totales disminuyen con respecto a la fermentación, presentando una media de 46.646 mg L^{-1} , y los sólidos volátiles se mantienen en concentraciones similares a la etapa anterior, con una media de 9.127 mg L^{-1} .

En el *Gráfico 16* se presenta el diagrama para los iones mayoritarios de la etapa de clasificado y maquinado. En esta etapa se registran los valores máximos de cloruro y sodio con medias de 35.109 mg L^{-1} y 24.385 mg L^{-1} , respectivamente; registrando a su vez, una amplia variabilidad entre los valores de las muestras compuestas, lo cual se ve reflejado en los desvíos estándar de estos parámetros. El catión potasio vuelve a aumentar con respecto a la fermentación, al igual que el anión bicarbonato. Los valores para carbonatos se mantienen en cero.

Gráfico 16. Diagrama de iones mayoritarios. Etapa de clasificado y maquinado



En la *Tabla 51* se muestran los valores de sólidos sedimentables. En esta etapa, los valores aumentan, especialmente a partir de los 10 minutos, lo cual se explica por los desechos generados en la fábrica, principalmente en la etapa de maquinado, donde se rellenan, rodajan y se descaroan las aceitunas. A las 24 horas se registran valores máximos de 19 ml L^{-1} y mínimos de 6 ml L^{-1} .

Tabla 51. Sólidos sedimentables muestras compensadas clasificado y maquinado

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	M 1	M2	M3	M4	M5
2 min	3	0,7	2,5	5	0,2
10 min	6,5	5	10	15	4
2 hs	9	10,5	13	20	4,5
24 hs	9	12,5	15	19	6

Caudales

Al igual que la caracterización físico química, los caudales se presentan por etapas y, finalmente, se realizan estimaciones para toda la campaña.

Quemado

En la *Tabla 52* se presentan los caudales generados en la etapa de quemado, el método de aforo fue por método volumétrico indirecto a través de procesos por batch en cosederas con una capacidad de 5 m³. El promedio anual generado en esta etapa es de 1.850 m³ de efluente.

Tabla 52. Caudales generados en etapa de quemado

Muestras	Fruta procesada (t)	Cantidad de cosederas	m ³ de efluente
M1 26/2	70	7	35
M2 13/3	160	16	80
Total anual	3.700	370	1.850

Lavado

En la *Tabla 53* se presentan los valores de los caudales generados en la etapa de lavado. El método de aforo fue volumétrico al igual que en la etapa de quemado. Cabe destacar que la cantidad de cosederas en relación a la cantidad de fruta procesada (1 cosedera-10 t de aceituna) varía dependiendo de la cantidad de lavados realizados durante la campaña. Por ejemplo, cuando se realizan dos lavados se utilizan dos cosederas para la misma cantidad de fruta.

Tabla 53. Caudales generados en la etapa de lavado

Muestras	Fruta procesada (Tn)	Cantidad de cosederas	m ³ de efluente
M1 26/2	70	14* ¹	70
M2 13/3	160	16	80
Total anual	3.700	666*²	3.330

*¹El día 26/2 se realizaron dos lavados por cada cosedera.

*²80% del total procesado tuvo dos lavados y el 20% uno solo

El promedio anual de efluente generado en la etapa de lavados fue de 3.330 m³ anuales, considerando las variaciones entre las cantidades de lavados efectuados, estos valores son medias representativas del año donde se efectuaron las mediciones.

Fermentado

En la *Tabla 54* se presentan los valores de caudales generados en la etapa de fermentación en relación a la cantidad de fondos realizados por día. El método de aforo también fue volumétrico indirecto, el volumen erogado en cada fondo es de 1.500 litros.

Tabla 54. Caudales generados en la etapa de fermentación

Muestras	Cantidad de fondos	m³ de efluente
M1 15/4	25	37,5
M2 29/4	25	37,5
M3 15/5	25	37,5
M4 11/6	25	37,5
Total anual	3.000	4.500

El volumen de efluente generado para esta etapa es de 4.500 m³, considerando que a lo largo de los cuatro meses que dura la etapa de fermentado se realizan 25 fondos promedio por día.

Clasificado y maquinado

En la *Tabla 55* se presentan los volúmenes diarios que fueron proporcionados por el personal de la industria en relación a la cantidad de tanques de agua utilizados. Se calculó el volumen anual considerando que la etapa de clasificado/maquinado, para la campaña 2019, funcionó desde julio a enero (180 días). La cantidad de tanques hacen referencia a los utilizados para llenar las nodrizas de agua que ingresa al proceso. Cada nodriza tiene un volumen de 15 m³. El promedio diario se calculó a partir de los volúmenes utilizados los días de muestreo.

Tabla 55. Caudales generados en etapa de clasificado y maquinado

Muestras	Cantidad de tanques	m³ de efluente
M1 11/6	0,8	12,5
M2 2/7	1	15
M3 20/8	1	15
M4 10/9	1,3	20
M5 22/10	1,3	20
Promedio diario		16,5
Total anual		2.970

El promedio anual de efluente generado para la etapa de clasificado y maquinado fue de 2.970 m³, con una media de volumen diario de 16,5 m³ de agua que ingresó al proceso y que teóricamente se transformó en efluente.

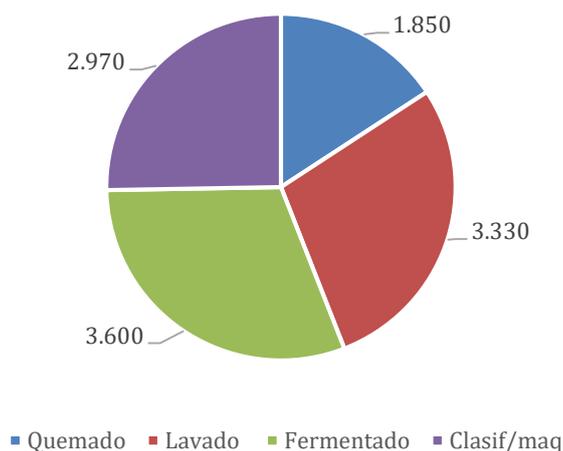
Caudales anuales

En la *Tabla 56* se presentan los valores de caudales promedio anuales para cada etapa y el total generado en la industria de aceituna de mesa. En total, la industria de aceituna de mesa genera aproximadamente 11.750 m³ de efluentes al año (*Gráfico 17*).

Tabla 56. Caudales anuales por etapas y total

Etapas	Caudal anual (m³)
Quemado	1.850
Lavado	3.330
Fermentado	3.600
Clasif/maq	2.970
Total anual	11.750

Gráfico 17. Caudal anual (m³) diferenciado por etapas. Aceituna de mesa



Como se mencionó en el Capítulo 5, la industria envía sus efluentes a una balsa de evaporación, el caudal de la balsa de evaporación no se consideró en el cálculo anual, ya que a ella llegan todos los efluentes de las distintas etapas que conforman el total anual. Por lo tanto, si se considerara el volumen de la balsa se estarían contabilizando dos veces el volumen de los efluentes generados.

La balsa de evaporación tiene un volumen de 19.200 m³, con 80 m de cada lado y 3 m de profundidad. Según Costa y Minetti (2001) la evaporación promedio del Valle es de 1.200 mm anuales en año seco, aproximadamente 12.000 m³ ha⁻¹, la superficie de la balsa es de 6,64 ha (80x80 m²), lo que daría un total de 7.680 m³ año⁻¹ que se evaporan. Considerando el volumen anual de efluentes generados y los datos de evaporación presentados anteriormente, restarían unos 4.000 m³ de efluentes que no se evaporarían. Estos valores se modifican bajo algunos aspectos: año seco o húmedo, año vecero de producción y proporción de grasas y aceites que llegan a la balsa de evaporación y que son situaciones que impiden una rápida evaporación de los efluentes.

NUEZ

Caracterización físico-química

Como se mencionó en la metodología el muestreo para la caracterización físico química se realizó en dos campañas consecutivas (2018-2019), en el primer año solo se tomaron dos muestras al final de la campaña y en el segundo cinco, desde inicio a fin de la campaña. Todos los resultados se muestran en la *Tabla 57*. En la *Tabla 58* se presentan los valores estadísticos para los dos años en estudio

Tabla 57. Parámetros físico-químicos muestras compuesta. Nuez

Parámetros (mg l ⁻¹)	M1 6/4/18	M2 11/4/18	M1 20/2/19	M2 7/3/19	M3 19/3/19	M4 3/4/19	M5 9/4/19
pH	6,7	7,8	6,8	6,6	6,4	6,9	8
CE* ¹	990	640	920	1.050	1.380	850	630
T* ²	19,9	22,8	24,8	24,3	16,5	20	17,1
DBO ₅	420	396	2.228	S/D* ³	3.712	2.740	0
DQO	3.850	1.780	4700	1.558	11.065	4.680	74
DBO ₅ /DQO	0,11	0,22	0,47	-	0,34	0,59	0
Sól. Totales	3.323	873	1695	2.145	3.175	4.105	577
Sól. Volátiles	1.127	280	1047	1.237	2.038	1.575	265
Polifenoles	29,8	3,85	5,03	4,4	17,7	2,74	1,65
Calcio	76,8	74,4	81,7	83,6	66,5	30,02	35,4
Magnesio	35,02	43,7	10,4	5,7	25,9	23,57	23,8
Sodio	85	28	60	48,5	73,75	92,5	68,7
Potasio	105	30	66,2	106	262	78,75	9,25
Cloruro	96,5	70,2	83,3	105	166	124	78
Sulfato	67,6	47,6	43,2	49,2	35	51,7	56,7
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	493	492	336	297	484	304	239
Nitrógeno	6,7	7,8	279	86	680	959	669

*¹ Unidad de medida $\mu\text{S cm}^{-1}$. *² Unidad de medida °C. *³ Error en la medición

Tabla 58. Valores estadísticos muestras compuestas. Nuez

Parámetros (mg l ⁻¹)	Valores máximos	Valores mínimos	Media	Percentil 0,05	Percentil 0,5	Percentil 0,95	Desvío estándar
T * ¹	24,8	16,5	20,77	16,68	20	24,65	3,31
CE * ²	1.380	630	922	633	920	1281	258
pH	8	6,4	7,03	6,46	6,8	7,94	0,62
DBO ₅	3.712	0	1.582	99	1.324	3.469	1.520
DQO	11.065	74	3.958	519	3.850	9.155	3.586
DBO ₅ /DQO	0,58	0	0,25	0	0,22	0,5	0,23
Sól. Totales	4.105	577	2.270	665	2.145	3.870	1.320
Sól. Volátiles	2.038	265	1.081	269	1.127	1.899	644
SS _{2hs}	248	2	111	8,3	90	242	96,4
Polifenoles	29,8	1,65	9,32	1,97	4,4	26,1	10,5
Calcio	83,6	30	64	31,6	74,4	83	22,1
Magnesio	43,7	5,7	24,02	7,11	23,8	41	13,1
Sodio	92,5	28	65,21	34,15	68,7	90,2	22
Potasio	262	9,25	93,9	15,4	78,7	215	82,4

*Tabla continúa en la siguiente página

Cloruro	166	70,2	103	72,5	96,5	154	33,3
Sulfato	67,6	34,9	50,1	37,4	49,2	64,4	10,3
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	601	239	382	256	336	566	126
Nitrógeno	959	86	522	144	493	875	285

*¹ Unidad de medida °C *² Unidad de medida $\mu\text{S cm}^{-1}$

Los efluentes de la industria nogalera, presentan valores de desvíos estándar más estables que el de las industrias anteriores. Sin embargo, se observan amplias diferencias en las cargas orgánicas. Los valores de pH se mantuvieron cerca al valor neutro, con una media de 7,03; el valor máximo fue levemente alcalino (8). La conductividad eléctrica presentó una media de $922 \mu\text{S cm}^{-1}$, con máximos de $1.380 \mu\text{S cm}^{-1}$ y mínimo de $630 \mu\text{S cm}^{-1}$, lo que indica que el efluente presenta bajos aportes de sales.

En cuanto a las cargas orgánicas, los valores de DBO₅ y DQO variaron entre muestras. Para DBO₅ la media fue de 1.582 mg L^{-1} y los máximos y mínimos de 3.712 mg L^{-1} y 0, respectivamente. Si bien el mínimo se registró en el año 2019, se destaca que los valores de DBO₅ fueron menores en el año 2018, debido a que las muestras analizadas fueron de finales de campaña donde la cantidad de fruta procesada con pelón es muy baja. Los valores de DQO no presentaron diferencias entre un año y otro, es importante remarcar que el valor máximo se dio a fines del mes de marzo donde llega la mayor cantidad de fruta. La media para DQO fue de 3.954 mg L^{-1} , con un máximo de 11.065 mg L^{-1} y un mínimo de 74 mg L^{-1} . Los valores máximos de DQO y de DBO₅ se registraron el mismo día (M3), al igual que los valores mínimos de ambos parámetros (M5).

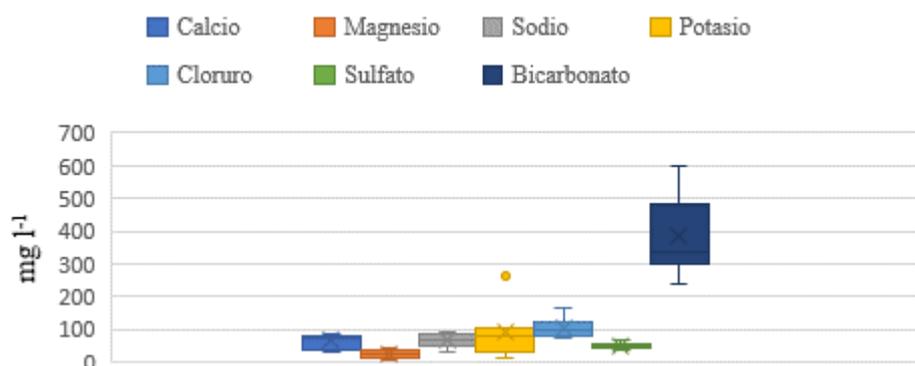
La media de la relación DBO₅/DQO es $0,25 \pm 0,23$, solo dos de las muestras analizadas superan el valor de 0,4. En un principio nos indicaría que el efluente analizado no tiene altos porcentajes de materia orgánica que sea biodegradable. Esta característica recalcitrante está dada, principalmente, por el contenido de polifenoles, con una media de $9,32 \text{ mg L}^{-1}$, y máximos de $29,8 \text{ mg L}^{-1}$.

En cuanto a los sólidos se observa que los valores máximos de sólidos volátiles coinciden con los valores máximos de cargas orgánicas, ocurriendo lo mismo con los valores mínimos de ambos parámetros. Esto es de esperar, ya que como se mencionó anteriormente, los sólidos volátiles indican la fracción sólida orgánica del efluente. Sin embargo, los valores mínimos de sólidos totales también coinciden con los mínimos de las cargas orgánicas. Esto ocurre, debido a que la mayor composición de sólidos del efluente está dada por el pelón de la nuez. El nitrógeno también se encuentra en elevadas proporciones, que presenta una media de 522 mg L^{-1} , y un valor máximo de 959 mg L^{-1} y mínimos de 86 mg L^{-1} .

En cuanto a los iones mayoritarios (*Gráfico 18*) la mayor proporción de aniones está dada por bicarbonato, seguido de cloruro y sulfato, vale destacar que el efluente no presenta carbonatos.

Por parte de los cationes predomina el ion sodio y potasio, seguido de calcio, y en menor medida magnesio.

Gráfico 18. Diagrama de caja iones mayoritarios nuez.

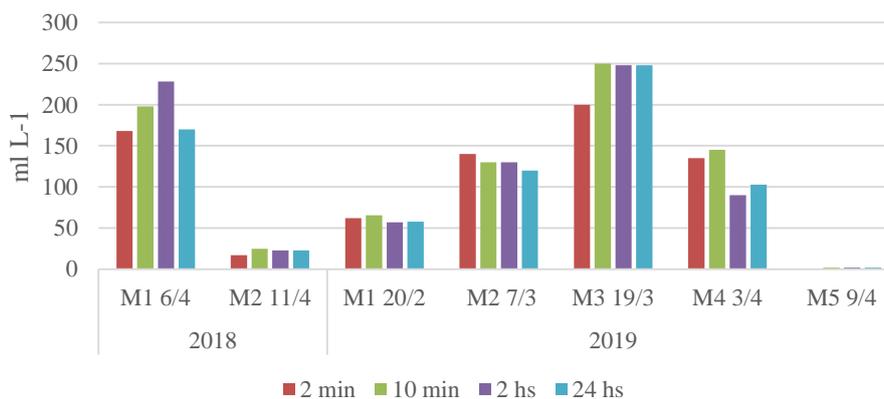


En la *Tabla 59* se presentan los sólidos sedimentables con valores elevados para las 2 horas y 24 horas. En algunos casos el volumen de sólidos se reduce después de los 10 minutos, como en la M4, debido al aplastamiento de los sólidos más grandes. El valor medio para los SS (2 hs) es de 111 ml L⁻¹, con un máximo de 248 ml L⁻¹ y un mínimo de 2 ml L⁻¹, esta amplia diferencia se debe a que al final de la campaña -M5- los sólidos disminuyen drásticamente debido a que la fruta llega sin pelón a la planta, situación similar entre las muestras 1 y 2 del año 2018 (Gráfico 19).

Tabla 59. Sólidos sedimentables de muestras compuestas. Nuez

Sólidos sedimentables (ml l ⁻¹)	M1 2018	M2 2018	M1 2019	M2 2019	M3 2019	M4 2019	M5 2019
2 min	168	17	62	140	200	135	0,8
10 min	198	25	65,5	130	250	145	1,8
2 hs	228	23	57	130	248	90	2
24 hs	170	23	58	120	248	103	2

Gráfico 19. SS año 2018 y 2019. Nuez



Caudales

El aforo de caudal, al igual que la caracterización físico química, se realizó durante dos campañas consecutivas. Como se mencionó en la metodología, el primer año se realizaron dos aforos, y por cuestiones de calidad en el dato solo se contabilizó uno de ellos. El segundo año se realizaron cinco aforos a lo largo de la campaña; el método utilizado fue volumétrico directo. En la *Tabla 60* se presentan los caudales parciales para los dos años y en la *Tabla 61* los valores estadísticos.

Tabla 60. Valores de caudales en litros por segundo, hora y día. Nuez

Caudal	M2 2018	M1 2019	M2 2019	M3 2019	M4 2019	M5 2019
L s ⁻¹	4,66	5,79	2,57	2,08	2,73	6,86
L h ⁻¹	16.776	20.844	9.252	7.488	9.828	24.696
L d ⁻¹ *	201.312	250.128	111.024	89.856	117.936	296.352

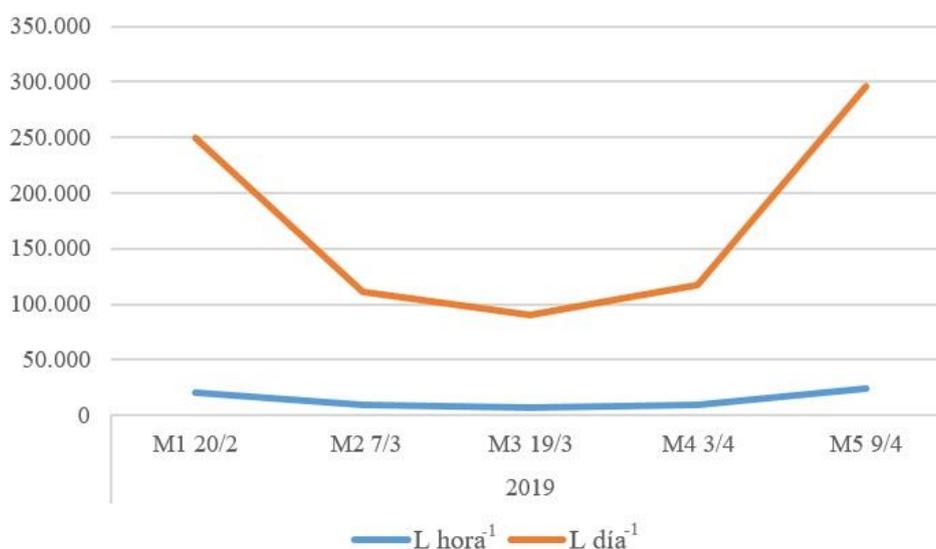
*12 horas diarias de producción

Tabla 61. Valores estadísticos de los caudales. Nuez

Caudales	Máxima	Mínima	Media	Desvío	P 0,05	P 0,5	P 0,95
L s ⁻¹	6,86	2,08	4,11	1,95	2,20	2,73	6,53
L h ⁻¹	24.696	7.488	14.814	7.033	7.929	9.828	23.508
L d ⁻¹	296.352	89.856	177.768	84.398	95.148	117.936	282.096

El máximo registrado durante el proceso fue de 6,86 L s⁻¹ y el mínimo de 2,08 L s⁻¹, con un promedio de 4,11 L s⁻¹. Se destaca que el máximo caudal se registró al final de la campaña, cuando la fruta llega sin pelón; estos valores demuestran el consumo de agua sin uso aparente (*Gráfico 20*). Los amplios desvíos estándar marcan la variabilidad de los efluentes generados, principalmente, en un mismo día productivo.

Gráfico 20. Caudales año 2019. Nuez



En la *Tabla 62* se presentan los caudales promedios por día y para el total de la campaña considerando una duración de 60 días (marzo-abril), siendo 178 m³ y 10.680 m³, respectivamente.

Tabla 62. Caudal promedio por día y para el total de la campaña. nuez

Caudales promedios	Q (m³)
Diario	178
Total	10.680

TOMATE

Caracterización físico-química

En la industria de tomate se trabajó durante la campaña 2019 desde febrero a noviembre. En la *Tabla 63* se presentan las concentraciones de los parámetros estimados para las 16 muestras y en la *Tabla 64* los valores para los sólidos sedimentables.

Al igual que el resto de las agroindustrias evaluadas, los efluentes derivados de la industria de tomate presentaron una elevada heterogeneidad, con amplios desvíos estándares para todos los parámetros, principalmente, para conductividad eléctrica, DQO y sólidos totales.

La media de la conductividad eléctrica fue de $3.275 \mu\text{S cm}^{-1}$, presentando marcadas variaciones en las submuestras diarias que constituyeron las muestras compuestas (*Anexo 3*). Por un lado, se registraron picos de conductividad con saltos de $1.500 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $30.400 \mu\text{S cm}^{-1}$ sin variación del pH que pueden atribuirse al uso de sal en el proceso de preparación de comidas; por otro, existieron saltos en la conductividad eléctrica con variaciones de pH se atribuyen a los lavados que se realizan dentro de la industria, donde se utilizan sustancias, como soda caustica, lo que aumenta la proporción de sales y el varía drásticamente el pH. A lo largo del muestreo el pH exhibió valores correspondientes a pH ácidos (5,3) y pH básicos (10,6). Sin embargo, el pH medio fue de 7,6 con un desvío de 1,5 lo que da cuenta de la neutralidad del pH en la mayoría de las muestras.

Si bien el color de la muestra no nos da información sobre su contenido de sales, en la *Figura 162* se puede ver la variabilidad del efluente entre una submuestra y la otra, con apenas una hora de diferencia entre cada una de ellas.



Figura 162. Variación de organoléptica de las submuestras

Tabla 63. Parámetros físico-químicos de las 16 muestras compuestas. Procesamiento de tomate. Año 2019.

Parámetros (mg L ⁻¹)	M1 4/2	M2 18/2	M3 6/3	M4 25/3	M5 10/4	M6 2/5	M7 13/5	M8 28/5	M9 10/6	M10 10/7	M11 22/7	M12 21/8	M13 17/9	M14 23/10	M15 5/11	M16 19/11
pH	6,2	5,3	9,8	6,9	10,6	7,7	6,5	6,3	6,5	8,3	7,9	7,8	10,5	7,6	7,7	7,3
CE* ¹	1.060	1.690	1.500	1.590	7.200	4.810	3.730	2.090	6.000	2.400	3.260	2.060	5.180	5.990	1.400	2.450
T* ²	18,2	18	19,8	18	17,7	18,4	17,4	18,1	17,5	16,5	14,3	18	21,8	23	28	28,7
DBO ₅	2.208	1.692	0	0	1.044	540	832	1.064	1.700	1.816	2.312	702	2.104	2.330	578	426
DQO	4.750	2.050	215	395	1.592	790	1.488	3.015	3.770	3.060	3.840	1.937	3.760	3.120	852	520
DBO ₅ /DQO	0,46	0,83	0,00	0,00	0,66	0,68	0,56	0,35	0,45	0,59	0,60	0,36	0,56	0,75	0,68	0,82
ST	1.508	4.004	1.458	1.548	5.110	3.270	3.109	2.348	5.263	1.636	2.370	2.189	4.310	4.257	1.452	2.248
SV	694	1.682	293	362	830	402	927	1.149	1.623	284	464	957	960	862	517	578
Polifenoles	0,27	3,22	2,61	2,47	6,4	1,85	1,86	2,07	3,35	3,92	1,49	5,36	3,26	18,1	10,8	1,73
Calcio	95,9	134	99,1	120	194	88,6	134	204	243	96,5	117	87,7	152	320	98	84
Magnesio	22,5	23,1	38,1	35,5	92,1	45,4	51,9	72,3	84,1	31,4	34,3	29,6	52,1	87,5	76,6	36,4
Sodio	73,7	152	117	138	1.245	937	550	348	950	595	630	390	987	1.062	202	545
Potasio	68,75	71,25	18	51,25	66,25	95	217	107	147	17	25,5	80	59,5	43,5	28,2	21,2
Cloruro	150	408	129	254	2.212	1.404	955	504	1.294	416	789	329	1.345	1.974	263	724
Sulfato	93,2	155	241	187	466	192	419	537	451	583	528	361	538	304	458	231
Carbonato	0	0	0	0	67,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato	373	209	349	298	152	338	189	475	1.087	498	324	528	422	392	234	442
Nitrógeno	578	88	< 1	461	241	105	< 1	411	90	366	210	205	95	377	486	537

*¹Unidad de medida °C *² Unidad de medida µS cm⁻¹

Tabla 64. Sólidos sedimentables de las 16 muestras compuestas. Procesamiento de tomate

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
2 min	62	230	4,5	17	0,1	0,3	0,1	0	0,4	0,1	0,3	1	0	2,5	0	4
10 min	46	265	6	26	0,1	0,4	0,1	0	240	0,1	1,2	1	98	14	0	5,5
2 hs	42,5	230	9,5	29	25	7	6,5	30	105	1,4	2,3	3,6	42	16	11	5
24 hs	37,5	220	8	25	19	7,5	7,5	34	100	3,5	2,2	4,6	30	14	11	6

En la *Tabla 65* se presentan los valores estadísticos de las 16 muestras analizadas.

Tabla 65. Valores estadísticos de las muestras compuestas. Tomate

Parámetros (mg L ⁻¹)	Valores máximos	Valores mínimos	Media	Percentil 0,05	Percentil 0,5	Percentil 0,95	Desvío estándar
T * ¹	28,7	14,3	19,5	15,9	18	28,1	3,95
CE * ²	7.200	1.060	3.275	1.315	2.425	6.300	1.960
pH	10,6	5,3	7,68	5,97	7,65	10,5	1,52
DBO₅	2.330	0	1.209	0	1.054	2.316	814
DQO	4.750	215	2.197	350	1.993	4.067	1.440
DBO₅/DQO	0,83	0,00	0,52	0,00	0,58	0,82	0,25
Sól. Totales	5.263	1.452	2.880	1.456	2.359	5.148	1.335
Sól. Volátiles	1.682	284	786	290	762	1.637	429
Polifenoles	18,1	0,27	4,30	1,18	2,91	12,6	4,44
Calcio	320	84	141	86,8	118	262	66,8
Magnesio	92,1	22,5	50,8	22,9	41,7	88,6	23,9
Sodio	1.245	73,7	557	106	547	1.107	381
Potasio	217	17	69,8	17,7	62,8	164	53,3
Cloruro	2.212	129	822	144	614	2.033	651
Sulfato	583	93,2	359	139	390	549	159
Carbonato	67,6	0	4,23	0	0	16,9	16,9
Bicarbonato	1.087	152	394	180	361	668	215
Nitrógeno	578	88	303	89,3	303	551	176

*¹ Unidad de medida °C *² Unidad de medida µS cm⁻¹

En cuanto a las cargas orgánicas, los valores de DBO₅ varían entre 0 (purgas de caldera) y 2.320 mg L⁻¹, y los valores de DQO oscilan entre 4.750 mg L⁻¹ y 250 mg L⁻¹. El promedio de la relación DBO₅/DQO fue de 0,52, de esta forma, se considera que el efluente presentó una buena biodegradabilidad, así sólo cuatro muestras se encuentran por debajo del valor de 0,4; lo que da cuenta de pulsos de efluente más recalcitrantes.

Todas las muestras exhiben altos contenidos de sólidos totales con valores que van desde 5.260 a 1.452 mg L⁻¹, y una media de 2.880 mg L⁻¹, a diferencia de los sólidos volátiles que presentan concentraciones menores con valores máximos de 1.682 mg L⁻¹ y una media de 786 mg L⁻¹. Esto indicaría que la mayoría de los sólidos son sales no degradables, ya que los sólidos volátiles nos indica la fracción sólida orgánica del efluente y los totales, las fracción orgánica e inorgánica.

En cuanto a los polifenoles, 13 de las 16 muestras presentan concentraciones que oscilan entre 0,2 y 6 mg L⁻¹, solo dos muestras presentaron valores superiores a 10 mg L⁻¹. El aumento del contenido de fenoles se vincula a períodos puntuales donde la materia prima empleada en el proceso no es sólo tomate, sino también cebolla, acelga, zapallo, entre otros.

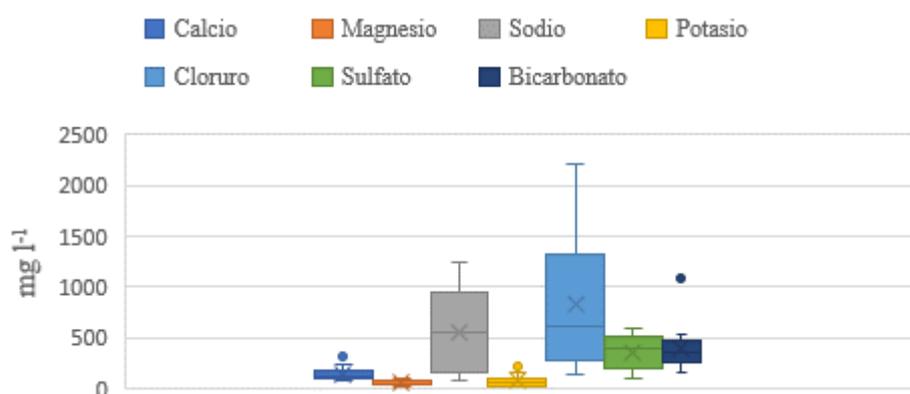
Se esperaría que la M1 y M2 adviertan una marcada diferencia de la calidad del efluente con respecto a las muestras posteriores, debido a que son las correspondientes a la llegada de la fruta. Sin embargo, las concentraciones de la mayoría de los parámetros de estas dos muestras son similares o incluso menores que muestras tomadas el resto del año. *A priori* la descarga de la fruta

no alteraría significativamente la calidad del efluente, situación que si se da con respecto a los volúmenes generados como se menciona en el apartado siguiente.

Los valores de sólidos sedimentables presentan diferencias entre las dos primeras muestras con respecto a las restantes, incluso la M2 registró los valores más altos de SS. Se destaca que algunas muestras que presentan menos de 0,5 ml L⁻¹ de sólidos a los 2 minutos aumentan exponencialmente a los 10 minutos, por ejemplo, M9 y M13.

En el *Gráfico 21* se presenta el diagrama de caja para los iones mayoritarios, la mayor concentración de aniones está dada en primer lugar por cloruro, seguido de bicarbonato y sulfato. Una sola muestra exhibió valores para carbonatos. De los cationes prevalece sodio, calcio, potasio y, finalmente, magnesio. La predominancia de cloruro y el sodio da cuenta, nuevamente, de la proporción de sal de mesa empleada en el proceso productivo.

Gráfico 21. Diagrama de caja iones mayoritarios del procesamiento de tomate



Caudales

En la industria de procesamiento de tomate se aforó mediante micromolinete. La *Tabla 66* se presentan los aforos medios para los días de muestreo en litros por segundo, hora y día; y en la *Tabla 67* los estadísticos para esos valores.

Tabla 66. Caudales en litros por segundo, hora y día. Tomate

Muestras	L s ⁻¹	L hora ⁻¹	L día ⁻¹
M1 4/2	16,9	60.840	1.460.160
M218/2	18,2	65.700	1.576.800
M3 6/3	2,52	9.072	217.728
M4 25/3	5	18.000	432.000
M5 10/4	3,33	11.988	287.712
M6 2/5	2,44	8.784	210.816
M7 13/5	2,47	8.892	213.408
M8 28/5	2,16	7.776	186.624
M9 10/6	1,86	6.696	160.704
M10 10/7	2,21	7.956	190.944
M11 22/7	2,65	9.540	228.960
M12 21/8	1,96	7.056	169.344

*Tabla continúa en la siguiente página

M13 17/9	2,84	10.224	245.376
M14 23/10	4,87	17.532	420.768
M15 5/11	6,23	22.428	538.272
M16 19/11	2,14	7.704	184.896

Tabla 67. Valores estadísticos de los caudales. Tomate

Caudales	Máxima	Mínima	Media	Desvío	P 0,05	P 0,5	P 0,95
L s⁻¹	18,25	1,86	4,86	5,12	1,93	2,58	5,36
L h⁻¹	65.700	6.696	17.511	18.441	6.966	9.306	19.328
L día⁻¹	1.576.800	160.704	420.282	442.595	167.184	223.344	463.881

El caudal promedio erogado por la industria es de 4,86 L seg⁻¹ (17 m³ h⁻¹). Cabe señalar que durante la época de cosecha el volumen de efluente generado es seis veces superior al del resto del año, mientras que en febrero se registra una máxima de 1.576 m³ día⁻¹, el resto de los meses presenta un caudal máximo de 538 m³ día⁻¹ registrado en el mes de noviembre (*Gráfico 22*). En la *Tabla 68* se presentan los promedios de los caudales diarios y anuales, el valor medio diario es de 420 m³ y la media anual de volumen de efluente es de 153.402 m³, considerando que la industria se encuentra en funcionamiento los 365 días del año.

Gráfico 22. Caudal expresado en L hora⁻¹ y L día⁻¹. Tomate

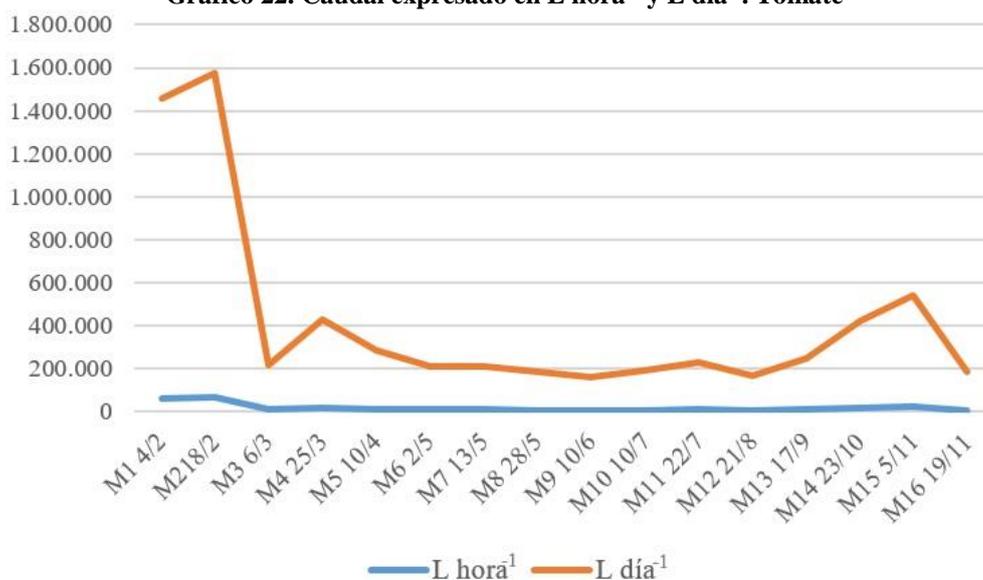


Tabla 68. Caudal promedio por día y para el total de la campaña del procesamiento de tomate

Caudales promedios	Q (m ³)
Diario	420
Total	153.402

Comparación de las características físicas químicas y de los caudales generados por todas las agroindustrias bajo estudio.

A continuación, se presenta en la *Tabla 69* un resumen de las características físico químicas evaluadas, a partir de las medias de los parámetros analizados en cada agroindustria. Las concentraciones para la industria elaboradora de aceituna de mesa se mantienen diferenciadas por etapa debido a la variabilidad de las características del efluente erogado en cada una de ellas. Los desvíos estándar no se presentan en la tabla para facilitar la lectura de las concentraciones, igualmente estos valores se encuentran especificados a lo largo del capítulo para cada industria.

Tabla 69. Parámetros físico químico comparativos entre agroindustrias

Parámetros mg L⁻¹	Vit1	Vit2	Ac1	Ac2	Q	L	F	CyM	N	T
T*¹	SD	17,6	21,2	20,2	20,8	21,9	19,9	16,4	20,7	19,5
CE*²	2.580	1.039	2.376	1.727	89.800	29.320	136.573	44.346	922	3.275
pH	7,6	7,7	5	6,49	12,5	12,4	4,45	4,3	7,03	7,68
DBO₅	3.939	2.008	4.013	2.920	2.940	4.181	4.539	3.385	1.582	1.209
DQO	11.700	5.428	13.431	6.806	20.785	18.118	32.222	25.962	3.958	2.197
DBO₅/DQO	0,35	0,38	0,34	0,43	0,15	0,24	0,13	0,14	0,25	0,52
ST	SD	2.386	15.521	9.822	72.324	26.137	60.783	46.646	2.270	2.880
SV	SD	1.645	13.145	8.212	33.142	13.977	9.022	9.127	1.081	786
Polifenoles	SD	13	105	104	26,1	68,7	122	219	111	4,3
Calcio	SD	56,8	93,5	115	107	98,8	168	274	9,32	141
Magnesio	SD	18,3	70,8	24,5	44,6	42,7	154	76,8	64	50,8
Sodio	SD	104	166	57,1	11.004	2.812	18.062	24.385	24,02	557
Potasio	SD	70,2	448	357	1.583	825	571	1.469	65,21	69,8
Cloruro	SD	143	410	218	16.478	3.668	26.775	35.109	93,9	822
Sulfato	SD	79,4	194	79,4	327	232	789	708	103	359
Carbonato	SD	42,1	0	0	10.118	3.440	0	0	0	4,23
Bicarbonato	SD	306	759	378	3.709	2.607	1.800	6.023	382	394
Nitrógeno	SD	837	706	948	467	464	251	568	522	303

Vit1: vitivinícola 1; Vit2: vitivinícola 2; Ac1: aceitera 1; Ac2: aceitera 2; Q: quemado; L: lavado; F: fermentación; CyM: clasificado y maquinado; N: nuez; T: tomate

Todas las agroindustrias analizadas presentan valores marcadamente superiores a lo exigido por la legislación presentada en el Capítulo 2. Las etapas de aceituna de mesa (quemado, lavado, fermentación y clasificado y maquinado) son las que presentaron las concentraciones más elevadas de conductividad eléctrica, DQO, ST, SV, sodio y cloruro. En cuanto a las cargas orgánicas expresadas en DBO₅ los mayores valores se encuentran en efluentes de fermentado y lavado, y luego en las aceiteras 1 y vitivinícola 1; los menores valores representados por las industrias de nuez y tomate.

Solo en dos industrias –Tomate y aceitera 2- se registró una relación DBO₅/DQO mayor a 0,4; en el resto de las industrias la mayoría del volumen de efluente erogado se considera recalcitrante, principalmente, los generados en la producción de aceituna de mesa, nuez y aceitera 1. Los valores más bajos de polifenoles coinciden con la DBO₅/DQO más alta, registrada en la industria de

tomate; al igual que los valores más altos de polifenoles con la relación más baja en la etapa de fermentación y clasificado y maquinado. Se destaca, debido a las características recalitrantes mencionadas anteriormente que, las etapas de quemado y lavado presentan los valores más bajos de polifenoles, pero no se ven reflejados en la relación DBO_5/DQO . Se concluye, entonces, que, si bien los polifenoles son compuestos tóxicos que favorecen una baja biodegradabilidad, no logran explicar por sí solos una baja relación DBO_5/DQO . En el caso de quemado y lavado, el valor de DBO_5/DQO estaría dado por las elevadas concentraciones de sodio y cloruro.

Los sólidos totales y volátiles, registraron las mayores concentraciones para la elaboración de aceituna de mesa, seguido por las industrias elaboradoras de aceite de oliva; mientras que las concentraciones más bajas registradas se asocian a las industrias procesadoras de nuez y tomate.

En cuanto a los iones mayoritarios, las mayores concentraciones son de sodio y cloruro registrados en la industria elaboradora de aceituna de mesa, seguida por aceitera 1 y vitivinícola 2, en sodio; y aceitera 1 y aceitera 2 en cloruro; los valores mínimos de ambos iones se registraron en las industrias de procesamiento de nuez y tomate. Por su parte, el potasio también registra los mayores valores en la elaboración de aceituna de mesa, seguido por las dos aceiteras; al igual que los iones sodio y cloruro, las menores concentraciones de potasio se encuentran en los efluentes de tomate y nuez. Solo en las etapas de quemado y lavado de la industria elaboradora de aceituna, en la vitivinícola 2 y en la industria procesadora de tomate se registran valores para carbonatos.

En lo que respecta al nitrógeno, las concentraciones más elevadas son las correspondientes a la aceitera 2, seguida por vitivinícola 2 y aceitera 1; y los menores valores registrados de nitrógeno en el efluente corresponden a la etapa de fermentación de aceituna y del procesamiento de tomate.

A su vez se destaca la diferencia entre industrias del mismo rubro. Las aceiteras, si bien emplean el mismo sistema de extracción de aceite, presentan marcadas diferencias entre ellas; la Aceitera 1 presenta valores más elevados para todos los parámetros, excepto nitrógeno, donde la Aceitera 2 supera a la 1, y polifenoles que tienen concentraciones similares. A su vez, el efluente generado por la Aceitera 1 es más ácido que el de la Aceitera 2. Se destaca que la relación DBO_5/DQO marca un efluente recalitrante con valores menores a 0,4 en la aceitera 1 y valores superiores a 0,4 en la aceitera 2. Se infiere que estas diferencias están dadas por el manejo de los efluentes empleados en cada agroindustria y en el punto de toma de muestras. Mientras que en la Aceitera 1 la toma de muestra se realizó después del tratamiento primario, en la Aceitera 2 la toma fue inmediatamente a la salida de la fábrica ya que no posee ningún tipo de tratamiento.

En cuanto a las vitivinícolas, la Vitivinícola 1 presenta valores superiores que la Vitivinícola 2 en todos los parámetros comparados, excepto pH donde ambas industrias mostraron valores medios neutros y una relación DBO_5/DQO igual a 0,3.

En la *Tabla 70* se presentan las medias de los sólidos sedimentables de las agroindustrias analizadas.

Tabla 70. Promedios de sólidos sedimentables de las agroindustrias

Sólidos sedimentables (ml L ⁻¹)	Vit1	Vit2	Ac1	Ac2	Q	L	F	CyM	N	T
2 min	SD	2,22	0,59	0,15	0	0	0,2	2,8	103	20,1
10 min	13,8	16,7	1,24	1,97	0	0	0,28	9,12	116	44
2 hs	39	10,2	3,88	13,5	0,11	0,05	0,56	13,1	111	35,3
24 hs	SD	6,41	9,18	12,9	1,7	0,47	1	13,8	103	33,1

Vit1: vitivinícola 1; Vit2: vitivinícola 2; Ac1: aceitera 1; Ac2: aceitera 2; Q: quemado; L: lavado; F: fermentación; CyM: clasificado y maquinado; N: nuez; T: tomate

A diferencia de las características físico químicas, los mayores valores de sólidos sedimentables se registraron en la industria procesadora de nuez, seguida de la de tomate y los menores valores en la industria elaboradora de aceituna de mesa en las etapas de clasificado y maquinado. En las industrias elaboradoras de aceite de oliva los valores fueron similares, siendo los máximos registrados a las 24 horas; a diferencia de las vitivinícolas donde los máximos de sólidos sedimentables se registraron a las dos horas.

En la *Tabla 71* se presentan los caudales medios generados por campañas de todas las agroindustrias y se complementa con la información de su duración y los volúmenes totales de efluentes generados.

Tabla 71. Resumen de caudales generados en las industrias por día y por campaña

Industria	m ³ día ⁻¹	m ³ totales	Duración anual de producción
Aceitera 1	16,3	1.120	90 días
Aceitera 2	10,5	943	90 días
Vitivinícola 1	360	32.400	90 días
Vitivinícola 2	134	12.060	90 días
Nuez	178	10.680	60 días
Tomate	420	153.402	365 días
Aceituna de mesa	-	11.750	365 días

Las campañas más largas corresponden a la industria del tomate y de aceituna de mesa y las más cortas a la del procesamiento de nueces. Las industrias vitivinícolas y elaboradoras de aceite de oliva tienen una campaña de 90 días, aproximadamente. El mayor volumen registrado por día y por campaña es en la industria procesadora de tomate, con 153.402 m³ anuales.; luego les siguen las industrias vitivinícolas, la de aceituna de mesa, nuez y, por último, las aceiteras.

Resulta necesario remarcar que las industrias vitivinícolas generan un mayor volumen de efluentes que las elaboradoras de aceitunas de mesa, pero en un tiempo menor, situación muy similar con la industria procesadora de nuez. Las industrias elaboradoras de aceite de oliva son

las que generan menor caudal, con una diferencia de 177 m³ entre la Aceitera 1 y la 2. En las industrias vitivinícolas la diferencia de volumen generado es mayor, la Vitivinícola 1 genera aproximadamente 4.900 m³ más que la Vitivinícola 2.

En resumen, tanto los caudales como las características físico químicas de los efluentes generados por las agroindustrias analizadas presentan una elevada heterogeneidad, dada no solo por la estacionalidad de los cultivos y las etapas de cada producción, sino también por el manejo y gestión intra y extra industria de los efluentes generados.

CAPÍTULO 7

CARGAS CONTAMINANTES E ÍNDICE DE INTENSIDAD DE GENERACIÓN DE EFLUENTES

En el siguiente capítulo se presentan las cargas contaminantes (CC) y el Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE) de las industrias analizadas.

Con los datos presentados en el Capítulo 6 se realizó el cálculo de las cargas contaminantes, relacionando los parámetros de calidad y cantidad de los efluentes. En todas las industrias el cálculo se realizó para los parámetros considerados más relevantes: CE, DBO₅, DQO, ST, SS_{2min}, polifenoles, nitrógeno, sodio, potasio y cloruro. En adición, se comparó las CC con un blanco de agua subterránea que ingresa al proceso, en el *Anexo 4* se presentan las concentraciones del blanco para CE, iones mayoritarios y nitrógeno; dado que la fuente de abastecimiento es de agua subterránea se infiere que las concentraciones del resto de los parámetros son 0 mg L⁻¹. Como se mencionó en capítulos anteriores, el valor de las cargas contaminantes nos permite salir de la visión parcial de considerar solo las concentraciones, incluyendo en el análisis los valores de efluentes generados, es decir, de caudales.

Finalmente, se establecen los índices de intensidad de generación de efluentes anuales al relacionar las cargas contaminantes anuales y los volúmenes de producción de cada una de las agroindustrias,

VITIVINÍCOLA 1

Cargas contaminantes

En la *Tabla 72* se presentan los datos de las cargas contaminantes para la Vitivinícola 1. En este caso, por razones explicadas en el Capítulo 6 página 137, solo se presentan para CE, DBO₅, DQO y SS_{2min}. A su vez se agregan los valores máximos, mínimos y medios.

Tabla 72. Cargas contaminantes muestras compuestas. Vitivinícola 1

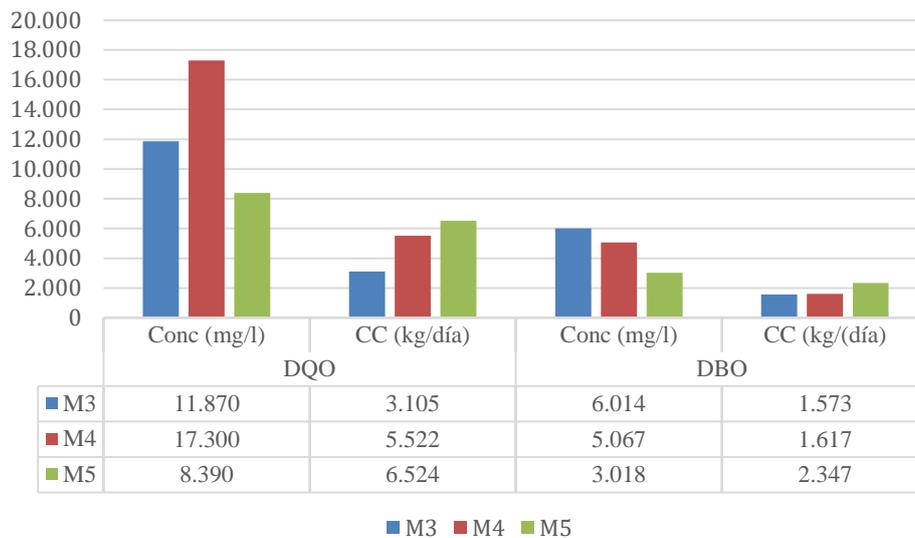
Muestras	CE dS/cm d ⁻¹	DBO ₅ kg d ⁻¹	DQO kg d ⁻¹	SS _{2hr} L día ⁻¹
M1 10/2	680	539	902	0,47
M2 16/2	462	618	1.338	2,57
M3 24/2	735	1.573	3.105	6,17
M4 2/3	670	1.617	5.522	58,4
M5 9/3	1.112	2.347	6.524	22,2
M6 16/3	936	1.185	3.989	29,1
M7 23/3	1.659	2.032	6.295	67,8
M8 29/3	1.647	2.205	9.556	3,79
M9 6/4	3.560	5.073	14.982	14,4
M10 13/4	641	1.016	3.712	27
M11 20/4	186	229	812	0,03
M12 27/4	211	213	565	0,05

*Tabla continúa en la siguiente página

M13 5/5	96,2	315	875	0,06
M14 11/5	532	930	3.490	0,08
Media	938	1.421	4.405	17
Máximo	3.560	5.073	14.982	68
Mínimo	96	213	565	0,03

En el *Grafico 23* se presentan las cargas orgánicas comparando las concentraciones y las CC. La M5 presenta concentraciones más bajas que la M3 y M4, pero CC más elevadas debido a los caudales.

Gráfico 23. Comparación entre concentraciones y CC. DBO5 y DQO. Vitivinícola 1



En cuanto a los sólidos sedimentables ocurre algo similar, la concentración de SS_{2hr} de la M3 y M5 son similares; en cambio cuando observamos las cargas contaminantes la M5 supera ampliamente a la M3, con una diferencia de 16 litros por día (*Gráfico 24*).

Gráfico 24. Comparación entre concentraciones y CC. Sólidos sedimentables. Vitivinícola 1



Se destaca que el valor máximo de carga contaminante para CE, DBO_5 y DQO se corresponden a la muestra (M9), independientemente, del valor máximo de las concentraciones. En rasgos

generales, los valores de las CC son menores para los últimos meses de la campaña, registrando los máximos a fines de marzo y principio de abril.

Índice de Intensidad de generación de efluentes (IIGE)

A continuación, se detallan los valores del IIGE de la Vitivinícola 1 para los parámetros analizados. Este índice permite profundizar el análisis de la generación de efluentes, además constituye una herramienta para la evaluación ambiental continua de las industrias, comparando la cantidad y calidad de sus efluentes con los volúmenes de producción; en el caso de la Vitivinícola 1 los resultados se expresan por litros de vino producido. El IIGE se estimó para el total de la campaña a partir de los valores medios de carga contaminante calculados para el periodo de campaña (90 días) y del volumen total de vino producido en el año de estudio. El índice se expresa en $g L^{-1}$ y en $dS.cm L^{-1}$ para CE (Tabla 73).

Tabla 73. IIGE Vitivinícola 1

Parámetros	CC y Q	Vol. vino (m³)	IIGE
CE	938 (ds.cm año ⁻¹)	9.500	8,89 (dS.cm L ⁻¹)
DBO₅	128 (tn año ⁻¹)		13,5 (g L ⁻¹)
DQO	396 (tn año ⁻¹)		41,7 (g L ⁻¹)
SS_{2hr}	1,53 (m ³ año ⁻¹)		0,16 (L L ⁻¹)
Q	32.400 (m ³)		3,41(L L ⁻¹)

Cuando se comparan, a través del índice, se observan que, los valores de cargas orgánicas son significativamente más elevados por unidad de producción, comparándolo con las concentraciones estimadas en el Capítulo 6. La Vitivinícola 1 generó, aproximadamente 13,5 g de DBO₅ por litro de vino producido y 41,7 g de DQO por litro de vino. Este valor es marcadamente superior a lo propuesto por Fernández et al. (2007) (9,7 g L⁻¹). El valor de la CE también resultó elevado, con valores de 8,88 dS cm⁻¹ por litro de vino y, los sólidos sedimentables generados a las dos horas, no superan los 0,2 l por litro de vino. El valor del IIGE para caudal, también supera a lo descrito por la bibliografía en el Capítulo 2. La industria genera 3,41 litros de efluentes por litro de vino en el período de vendimia, valor superior a 1,6-2 litros de efluente por litro producido para la época de vendimia (Fernández et al., 2007).

VITIVINÍCOLA 2

Cargas contaminantes

En la *Tabla 74* se presentan los valores de cargas contaminantes calculadas para las muestras compuestas de la Vitivinícola 2 y en la *Tabla 75* los valores estadísticos de las cargas, sumado a los valores de un blanco de agua que ingresaron al proceso, a partir del cual se calcularon los aportes del efluente.

Tabla 74. Cargas Contaminantes muestras compuestas. Vitivinícola 2

Parámetros kg día ⁻¹	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
CE ^{*1}	69,7	10,7	21,9	65,8	227	138	401	256	96,3	466	42,6	68
DBO₅	182	11,5	92,5	S/D	704	120	249	865	214	352	183	199
DQO	719	48,2	452	238	1.191	659	561	1.858	489	765	439	411
ST	519	31,5	54,7	91,5	674	328	276	815	138	401	115	184
SV	494	23,5	36,1	47,1	449	223	116	255	83,3	203	81,5	142
SS 2hs ^{*2}	3.577	2	99	41,1	1.633	3.218	892	3.580	214	294	608	246
Polif.	1,42	0,1	0,2	2,76	1,1	2,4	0,53	9,43	0,88	0,41	0,22	1,98
Sodio	7,6	0,9	1,91	12,5	19,6	8,38	41,6	20,1	9,18	55,1	3,5	5,12
Potasio	12,2	0,42	3,18	9,25	24,8	15,6	11,1	15,3	3,82	10,5	2,43	1,97
Cloruro	15,5	0,75	2,07	3,13	13,5	26	58,1	34	9,13	82,9	8,34	3,46
Nitrógeno	47,9	13	38,4	102	323	134	81,9	194	129	167	47,4	99,5

*1 CE expresada en dS cm día⁻¹ *2SS_{2hs} expresados en l día⁻¹

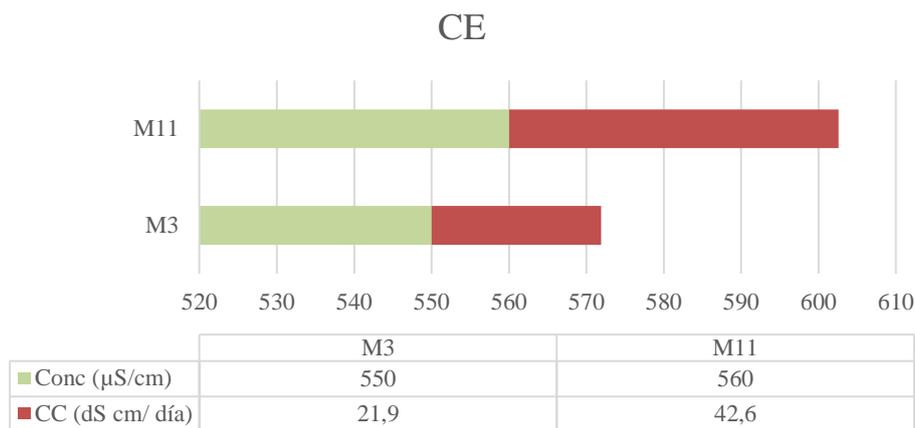
Tabla 75. Valores estadísticos de Cargas Contaminantes kg día⁻¹. Vitivinícola 2

Parámetros kg día ⁻¹	Máximo	Mínimo	Media	Blanco	Aporte
CE ^{*1}	466	10,7	155	63	92
DBO₅	865	11,5	288	S/D	288
DQO	1.858	48,2	652	S/D	652
Sólidos Totales	815	31,5	302	S/D	302
Sólidos Volátiles	494	23,6	179	S/D	179
SS 2hs ^{*2}	3.580	1,7	1.200	S/D	1.200
Polifenoles	9,4	0,1	1,8	S/D	1,8
Sodio	55,1	0,9	15,5	5,9	9,6
Potasio	24,9	0,4	9,24	0,40	8,8
Cloruro	82,9	0,8	21,4	3,65	17,8
Nitrógeno	323	13	114	0,85	113

*1 CE expresada en dS cm día⁻¹ *2SS_{2hs} expresados en l día⁻¹

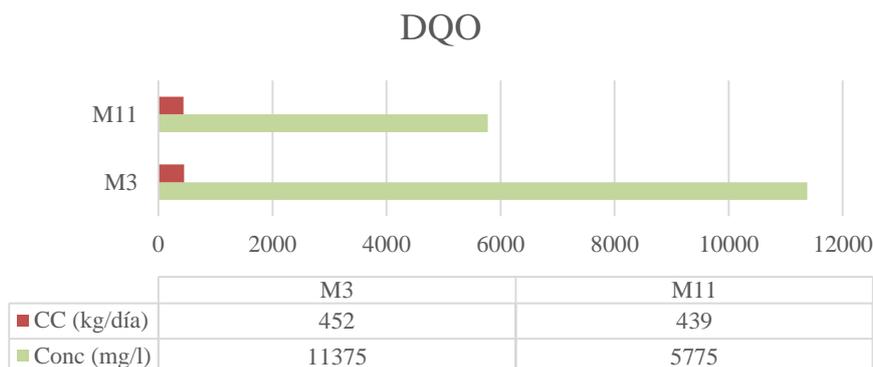
Al igual que en la industria anterior se observa que, comparando algunas muestras, las concentraciones son diferentes, mientras que las cargas contaminantes son similares o viceversa. Por ejemplo, la M3 y la M11, presentan valores similares en las concentraciones de CE y cargas contaminantes con diferencias mayores (*Gráfico 25*). Estas variaciones estuvieron sujetas a los caudales generados en los días de muestreo.

Gráfico 25. Comparación entre Concentraciones y CC de Conductividad Eléctrica. Vitivinícola 2



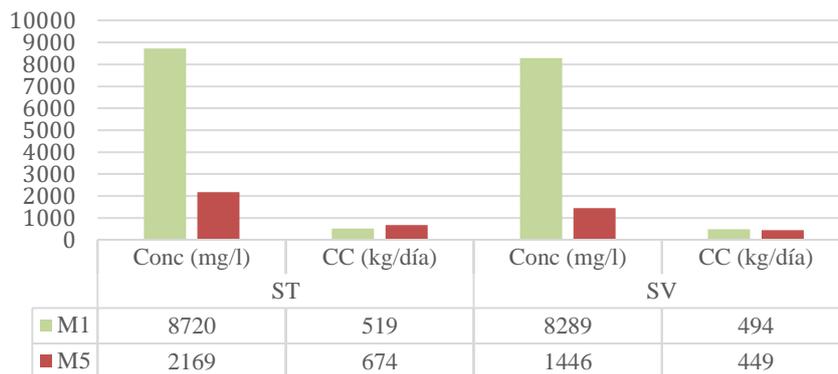
Con la DQO de ambas muestras ocurre lo contrario, la M11 presenta aproximadamente el doble de concentración que la M3, mientras que las CC para las dos muestras son similares (*Gráfico 26*).

Gráfico 26. Comparación entre Concentraciones y CC de DQO. Vitivinícola 2



También existen muestras que poseen concentraciones elevadas y cargas menores respecto a otras, por ejemplo, el caso de los ST y SV de la M1 y la M5 (*Gráfico 27*). Estos valores, vuelven a remarcar la importancia de considerar los caudales en la lectura de los valores de las concentraciones, ya que considerando solo la lectura de estas últimas se pueden presentar limitaciones o sesgos en el análisis.

Gráfico 27. Comparación entre concentraciones y CC de ST y SV. Vitivinícola 2



Al comparar el efluente con un blanco se observaron que, los mayores aportes están dados por el aporte de nitrógeno y los iones cloruro, sodio, y en menor medida potasio, derivados de los insumos que se utilizan en el proceso, como la soda cáustica para la limpieza de tanques. El aporte de conductividad eléctrica por parte de los efluentes generados también es elevado, alcanzando aproximadamente los 100 dS cm día⁻¹. Se considera que los valores que no presentan datos del blanco, son aportes exclusivos del efluente, dado que la fuente de abastecimiento es de agua subterránea. El cálculo del blanco se realizó a partir de la concentración de los analitos mencionados, y luego se calculó la carga orgánica con los volúmenes de efluentes generados.

Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE)

En la *Tabla 76* se presenta el IIGE anual para los analitos considerados más relevantes, calculados a partir de los volúmenes de vino producido y las CC medias anuales.

Total de vino producido: 1.980 m³

Tabla 76. IIGE por litro de vino producido. Vitivinícola 2

Parámetros	Q y CC ^{*1} (t año ⁻¹)	Vol. vino (m ³)	IIGE ^{*2} (g l ⁻¹)
CE	13.950 (ds.cm d ⁻¹)		7,06 (dS.cm L ⁻¹)
DBO₅	25,9		13,1
DQO	58,6		29,6
ST	27,1		13,7
SS_{2hr}	108 (m ³ año ⁻¹)		54,5 (LL ⁻¹)
Polif.	0,16	1.980	0,08
Sodio	1,4		0,7
Potasio	0,83		0,42
Cloruro	1,93		0,97
Nitrógeno	10,2		5,18
Q	12.060 (m ³)		6,09 (L L ⁻¹)

^{*1} Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

^{*2} Las unidades de IIGE corresponden a g l⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

A diferencia de la Vitivinícola 1, la Vitivinícola 2 produjo un volumen menor de 1.980 m³ de vino durante la campaña 2018. Sin embargo, presentó valores similares en el índice para DBO₅ y DQO, y valores significativamente mayores para SS_{2hr}. Se destacan los elevados valores del índice para

nitrógeno generados en 5 g de nitrógeno por litro de vino. En cuanto a los iones sodio y cloruro, la Vitivinícola 2, generó aproximadamente 0,7 y 1 gramos por unidad de producción, respectivamente. En cuanto al caudal, el valor fue ampliamente mayor que en la Vitivinícola 1, donde se generaron 6 litros de efluente por litro de vino producido siendo, aproximadamente, tres veces superior a lo sugerido por la bibliografía (Fernández et al., 2007). Si bien la Vitivinícola 2 presentó una menor producción y un menor caudal de efluentes, el valor del índice fue superior a la Vitivinícola 1, evidenciándose una ineficiencia durante el proceso productivo, generando cargas orgánicas similares y mayor caudal con menor volumen de producción.

ACEITERA 1

Cargas contaminantes

En la Aceitera 1 el análisis se realizó durante dos campañas consecutivas, para el cálculo de la carga contaminante se tomaron los valores medios de las concentraciones de los años 2018 y 2019.

En la *Tabla 77* se presentan las cargas contaminantes medias expresadas en kg por día y los valores máximos, mínimos y media. A su vez, se adicionan dos columnas donde se expresan los valores de un blanco, calculado a partir del agua subterránea que ingresa al proceso y los aportes del efluente generado.

Tabla 77. Cargas contaminantes muestras compuestas. Aceitera 1

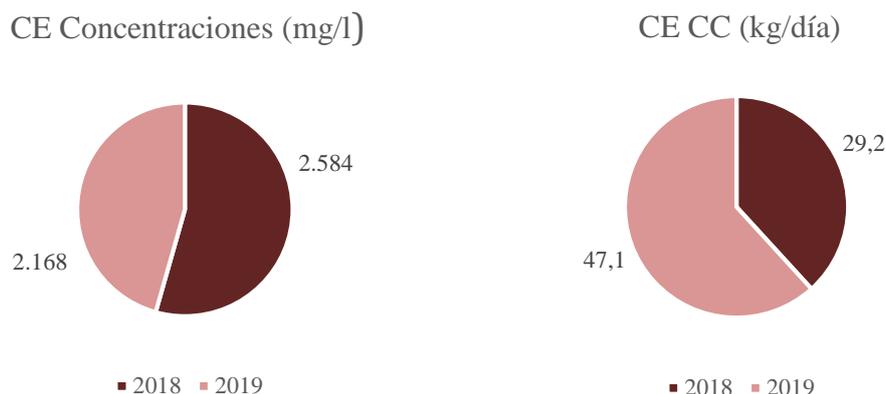
Parámetros kg día⁻¹	Media 2018	Media 2019	Media	Blanco	Aporte
CE^{*1}	29,2	47,1	38,1	16,4	21,7
DBO₅	32,6	114	73,3	0	73,3
DQO	108	412	260	0	260
ST	179	377	278	0	278
SS_{2hr}^{*2}	53,1	99,7	76,4	0	76,4
Polifenoles	1,41	1,79	1,63	0	1,63
Sodio	1,54	3,77	2,65	1,48	1,17
Potasio	6,38	7,93	7,15	0,13	6,52
Cloruro	5,01	8,99	7	1,71	5,29
Nitrógeno	10,5	10,4	10,4	0,22	10,1
Grasas	0	179	179	0	179

^{*1}CE expresada en dS cm día⁻¹ ^{*2}SS_{2hs} expresados en l día⁻¹

Al igual que en las vitivinícolas, cuando se comparan las concentraciones y las cargas contaminantes se observa que, en algunos casos, siendo las concentraciones muy diferentes, las cargas contaminantes son similares y viceversa. Además, en las agroindustrias olivícolas, la vecería del olivo es un condicionante en los volúmenes de producción, lo cual constituye una variable importante a tener en cuenta en los diagnósticos.

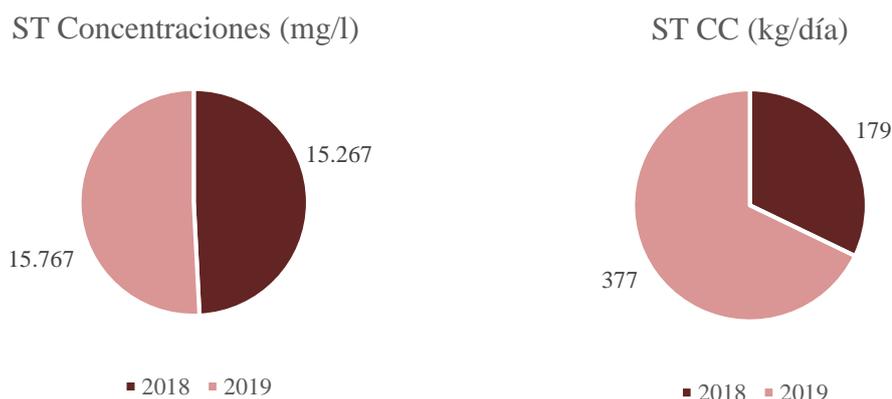
En cuanto a la CE las concentraciones son similares en ambos años. En cambio, cuando adicionamos el caudal en la lectura, la carga de CE para el año 2019 es casi dos veces mayor que la del año 2018 (*Gráfico 28*). Se destaca que en el año 2019 el caudal de efluente generado fue el triple que para el año 2018, debido a la vecería del olivo.

Gráfico 28. Comparación entre año 2018 y 2019 de concentraciones y CC CE. Aceitera 1



De igual manera ocurre con los sólidos totales, las concentraciones son similares y las cargas contaminantes mayores para el año 2019 (*Gráfico 29*).

Gráfico 29. Comparación entre año 2018 y 2019 de concentraciones y CC ST. Aceitera 1



En cambio, las CC de polifenoles son similares para ambos años, siendo las concentraciones mayores para el año 2018; en cuanto a los iones son mayores las CC para el año 2019, no así las concentraciones y, finalmente, con el nitrógeno se igualan las CC para ambos años, siendo las concentraciones mayores para el año 2018.

Al comparar las CC con un blanco se observa que los mayores aportes están dados por el catión potasio seguido del anión sodio, lo cual se refleja en un aporte en la conductividad eléctrica de aproximadamente 21 dS cm día⁻¹. A su vez, se destaca la elevada proporción de nitrógeno aportado por el efluente.

Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE)

El cálculo del IIGE se realizó teniendo en cuenta las CC medias y los volúmenes de producción total de los dos años analizados –2018 y 2019–. En la *Tabla 78* se presentan los índices para el año 2018 y en la *Tabla 79* para el año 2019.

Tabla 78. IIGE año 2018 Aceitera 1

Parámetros	Q y CC ^{*1} t año ⁻¹	Vol. aceite 2018 (m ³)	IIGE ^{*2} g L ⁻¹
CE	2.634 (dS.cm año ⁻¹)	395	6,67 (dS.cm L ⁻¹)
DBO₅	2,93		7,43
DQO	9,72		24,6
ST	14,1		36,2
SS_{2hr}	4,77 (m ³ año ⁻¹)		12,1 (L L ⁻¹)
Polif.	0,12		0,32
Sodio	0,14		0,35
Potasio	0,57		1,45
Cloruro	0,45		1,14
Nitrógeno	0,94		2,39
Q	530 (m ³)		1,34 (L L ⁻¹)

^{*1} Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

^{*2} Las unidades de IIGE corresponden a g L⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

Tabla 79. IIGE año 2019. Aceitera 1

Parámetros	Q y CC ^{*1} t año ⁻¹	Vol. aceite 2019 (m ³)	IIGE ^{*2} g L ⁻¹
CE^{*1}	4.239 (dS.cm d ⁻¹)	1.646	2,58 (dS.cm L ⁻¹)
DBO₅	10,2		6,23
DQO	37,1		22,5
ST	34		20,6
SS_{2hr}^{*2}	8,98 (m ³ año ⁻¹)		5,45 (L L ⁻¹)
Polif.	0,16		0,10
Sodio	0,34		0,21
Potasio	0,71		0,43
Cloruro	0,81		0,49
Nitrógeno	0,94		0,57
Grasas	16,1		9,78
Q	1.711 (m ³)	1,03 (L L ⁻¹)	

^{*1} Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

^{*2} Las unidades de IIGE corresponden a g L⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

Cuando relacionamos las CC con los volúmenes de producción se observa que los valores del índice son más elevados con respecto a las concentraciones. A su vez, se destaca que, si bien los valores de CC son en todos los parámetros mayores para el año 2019, donde la producción fue significativamente mayor, no sucede lo mismo con los valores del índice que son mayores para el año 2018. Esto evidencia que, a menor producción de aceite el proceso productivo es menos eficiente, generando mayores cargas orgánicas, conductividad eléctrica, sólidos y nitrógeno por litro de aceite. Los valores del índice para grasa también resultan elevados, aproximadamente, 10 g de grasas por litro de aceite producido este valor es de relevancia considerando que la

concentración de grasas en el efluente representa el volumen de aceite que se desecha. Se destacan también, los valores de caudales. En 2018 se generaron 1,34 litros de efluente por litro de aceite, mientras que en el 2019 fue de 1,03 litros. En el año 2018 se generó aproximadamente un 30% más de efluente, pero con menor cantidad de fruta procesada. La bibliografía específica que el sistema de dos fases genera 0,25 litros de efluentes por kilo de aceituna procesada (Borja et al., 2006) lo que equivale a 1,62 litros de efluente por litro de aceite ya que un litro de aceite se obtiene de 6,5 kg de aceituna (Comp. Pers. Jorge Olmedo). Promediando los dos años, uno vecero y otro no, la Aceitera 1 generó 1,18 litros de efluente por litro aceite, un valor que se mantuvo por debajo de lo sugerido por la bibliografía. Se destaca que los índices deben ser comparados con el producto final, a fin de evitar sesgos que devienen del proceso productivo (estado de la fruta, proporción de aceite del fruto, variedades de aceituna, etc).

ACEITERA 2

Cargas contaminantes

En la *Tabla 80* se presentan los valores de cargas contaminantes expresadas en kg día^{-1} para todos los analitos. En la *Tabla 81* se muestran los valores estadísticos de dichos analitos, los valores de un blanco de agua subterránea utilizada en el proceso productivo y los aportes del efluente.

Tabla 80. Cargas contaminantes muestras compuestas. Aceitera 2

Parámetros kg día^{-1}	M1 12/4	M2 18/4	M3 24/4	M4 27/4	M5 3/5	M6 4/5	M7 8/5	M8 9/5
CE* ¹	79,9	7,1	7,1	32,6	9,5	8,8	7,6	7,3
DBO ₅	48,5	18	30	43,5	29,7	39,2	33,3	36,1
DQO	129	47	63,5	135	58,8	74,5	73,5	85
ST	432	29	17,6	107	30,1	189	30	21,8
SS _{2hr} * ²	846	136	20,2	46,5	0	0	0	16,5
Polifenoles	5,17	0,33	0,39	2,20	0,39	0,46	0,41	0,40
Sodio	0,99	0,42	4,81	14,4	11,6	4,39	4,42	5,83
Potasio	23	0,31	0,49	3,06	0,56	0,61	0,90	0,49
Cloruro	8,66	1,11	1,42	2,99	1,57	1,71	0,91	1,45
Nitrógeno	16,1	6,54	9,26	23,3	11,4	9,12	8,44	13,1

*¹CE expresada en dS cm día^{-1} *²SS_{2hs} expresados en L día^{-1}

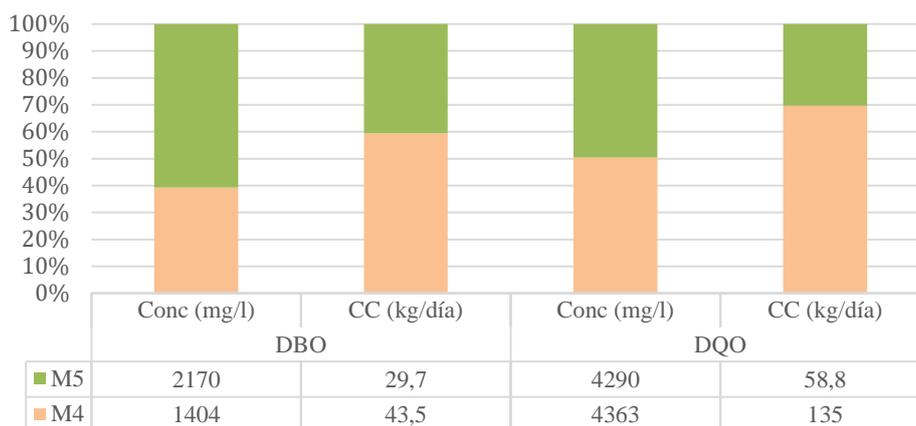
Tabla 81. Valores estadísticos y aportes del efluente. Aceitera 2

Parámetros kg día^{-1}	Máximo	Mínimo	Media	Blanco	Aporte medio (kg día^{-1})
CE* ¹	79,90	7,08	19,97	6,34	13,6
DBO ₅	48,5	18	34,8	S/D	34,8
DQO	135	47	83,4	S/D	83,4
Sól. Totales	432	17,6	107	S/D	107
SS _{2hr} * ²	846	0	133	S/D	133
Polifenoles	5,17	0,33	1,22	S/D	1,22
Sodio	14,4	0,42	5,87	0,59	5,27
Potasio	23	0,31	3,68	0,04	3,64
Cloruro	8,66	0,91	2,48	0,37	2,11
Nitrógeno	23,3	6,54	12,1	0,02	12,1

*¹CE expresados en dS cm día^{-1} . *²SS_{2hs} están expresados en L día^{-1} ;

Debido a la diferencia de los caudales, al igual que en las agroindustrias anteriores, las concentraciones y las cargas contaminantes, presentan diferencias entre ellas. Existen muestras que presentan concentraciones mayores a otras, pero cargas contaminantes menores o concentraciones similares, pero con cargas distintas. En el *Gráfico 30* se presenta un ejemplo de las diferencias entre concentraciones y CC de DBO₅ y DQO en la M4 y M5.

Gráfico 30. Comparación entre concentraciones y CC de DBO₅ y DQO. Aceitera 2



Al comparar las cargas contaminantes de los iones mayoritarios del efluente con los del agua que ingresa al proceso, se evidencia que los mayores aportes están dados por el nitrógeno y el bicarbonato y, en menor medida por sodio y cloruro y se refleja en los valores de conductividad eléctrica.

Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE)

En la *Tabla 82* se presenta el IIGE para el volumen de aceite producido durante la campaña 2018.

Total de aceite producido: 220.000 litros

Tabla 82. IIGE por litro de aceite producido. Aceitera 2

Parámetros	Q y CC ^{*1} (t año ⁻¹)	Vol. aceite (m ³)	IIGE ^{*2} (g L ⁻¹)
CE	1.797 (dS.cm año ⁻¹)		8,17 (dS.cm L ⁻¹)
DBO₅	3,13		14,2
DQO	7,51		34,1
Sól. Totales	9,63		43,8
SS_{2hr}	11,9 (m ³ año ⁻¹)		54,4 (L L ⁻¹)
Polif.	0,11	220	0,5
Sodio	0,53		2,4
Potasio	0,33		1,51
Cloruro	0,22		1,01
Nitrógeno	1,08		4,95
Q	945 (m ³)		4,3 (L L ⁻¹)

^{*1} Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

^{*2} Las unidades de IIGE corresponden a g L⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

Como ocurre en la Aceitera 1 los valores del índice son marcadamente mayores que las concentraciones, debido a que estos valores incluyen los caudales y el volumen de producción. Por litro de aceite producido se generaron 14,2 g de DBO₅ y 34,1 g de DQO. El valor del índice para caudal es mayor para la Aceitera 2 que el de la Aceitera 1, con un volumen de 4,3 litros de efluente por litro de aceite producido, marcadamente superior a lo sugerido por la bibliografía citada (Borja, 2006). A diferencia de la Aceitera 1, la producción de aceite en la Aceitera 2 es

menor, incluso comparando el mismo año productivo, coincidente con una menor cantidad de fruta procesada debido a la vejería del olivo. Sin embargo, los valores del IIGE son mayores en la mayoría de los parámetros para la Aceitera 2. Al igual que en las agroindustrias vitivinícolas se observó que la industria que produjo menos aceite presentó valores más elevados del IIGE, marcando una menor eficiencia del proceso productivo.

ACEITUNA DE MESA

Cargas contaminantes

En la *Tabla 83* se presentan las cargas contaminantes medias de las etapas del procesamiento de aceituna de mesa, calculadas a partir de las concentraciones promedio y los caudales de cada etapa.

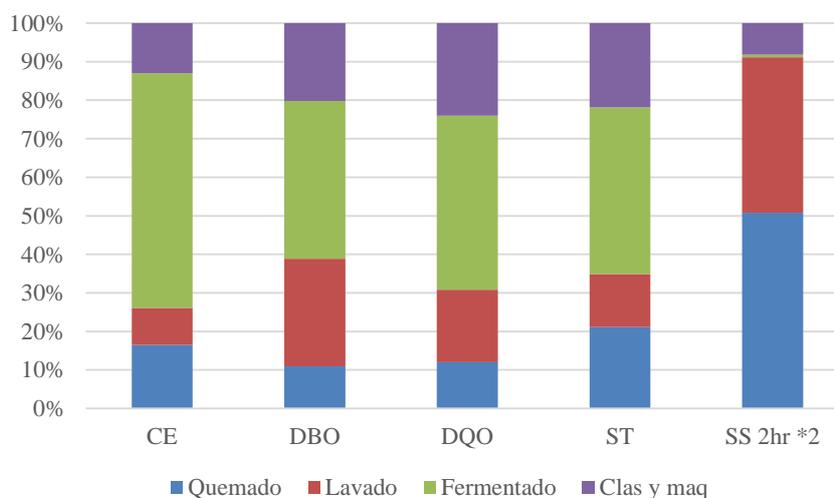
Tabla 83. Cargas contaminantes medias de las etapas del procesamiento de aceituna de mesa

Parámetros kg día ⁻¹	Quemado	Lavado	Fermentado	Cla. y Maq.
CE ^{*1}	166.130	97.636	614.576	131.707
DBO₅	5.439	13.923	20.424	10.054
DQO	38.453	60.335	144.998	77.108
ST	133.801	87.036	273.524	138.541
SS_{2hr} ^{*2}	210	167	2,53	34
Polifenoles	48	228	552	650
Sodio	20.359	9.365	81.281	72.423
Potasio	2.929	2.747	2.573	4.363
Cloruro	30.485	12.216	120.491	104.274
Nitrógeno	864	1.545	1.128	1.688

^{*1}CE expresada en dS cm día⁻¹ ^{*2}SS_{2hs} expresados en L día⁻¹

Las mayores cargas están representadas por las etapas de fermentado y quemado en CE, y fermentado y maquinado y clasificado en cargas orgánicas, principalmente las CC de fermentado son marcadamente superior a las demás etapas, representando el 60,8% del valor de CC para CE, 45,1% de CC DQO, 41% de CC DBO₅ y 43,2% de CC de ST. En cuanto a los sólidos, la etapa de fermentado también presenta valores superiores para sólidos totales. Los sólidos sedimentables a 2 horas presentaron mayores CC para las etapas de quemado y lavado (*Gráfico 31*).

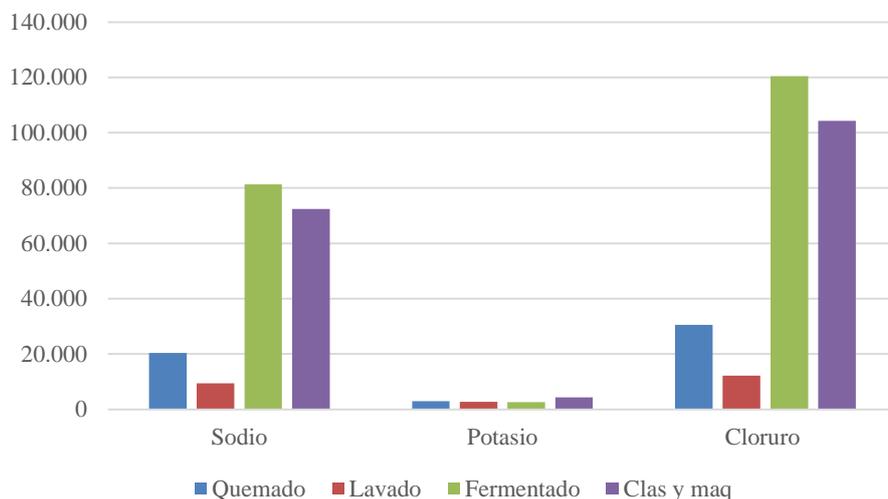
Gráfico 31. Comparación de CC entre las etapas del procesamiento de aceituna.



En lo que respecta a los iones (*Gráfico 32*), sodio presentó CC más elevadas para fermentado y clasificado y maquinado, al igual que cloruro. Los valores de CC para potasio se mantuvieron en

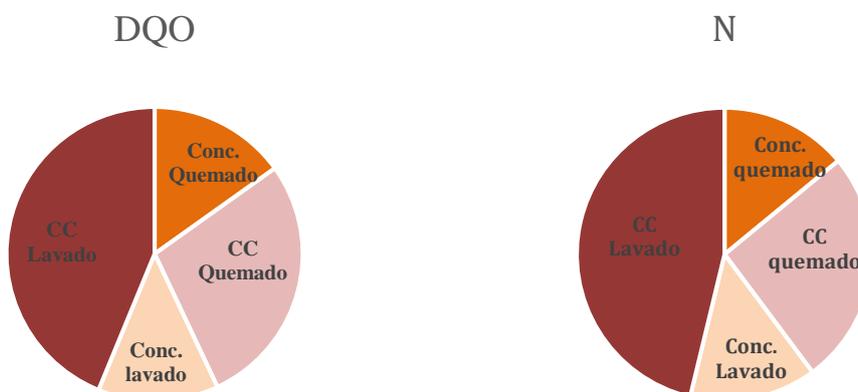
las tres primeras etapas y se duplicaron para la etapa de clasificado y maquinado. Las CC de polifenoles se incrementaron con cada etapa, siendo los valores más bajos para la etapa de quemado y los más altos en la etapa de clasificado y maquinado. Finalmente, las CC de nitrógeno fueron mayores para las etapas de lavado y clasificado y maquinado.

Gráfico 32. Comparación de iones entre las etapas del procesamiento de aceituna.



Si comparamos las cargas con las concentraciones del Capítulo 6, se observa que la mayoría de las concentraciones para lavado son menores que para el resto de las etapas debido al uso de agua. Sin embargo, si observamos las CC en algunos parámetros como la DQO y el nitrógeno, los valores para lavado son superiores que para la etapa de quemado, explicado en parte por los caudales generados al momento de la realización de los dos lavados (*Gráfico 33*). En adición, los valores de potasio presentan CC similares para las dos etapas, siendo las concentraciones de potasio superiores para quemado.

Gráfico 33. Comparación de concentraciones y CC de DQO y N. Aceituna de mesa



Situación similar ocurre con las CC de sólidos volátiles en las etapas de fermentado y clasificado y maquinado, mientras que las concentraciones son similares –aproximadamente 9.000 mg l⁻¹–, las CC son ampliamente mayores para fermentado.

En la Tabla 84 se añade el total de las CC de la agroindustria, obtenido a partir de las CC diarias multiplicado por la duración de cada etapa, se añade un blanco del agua subterránea utilizada en el proceso y los aportes del efluente.

Tabla 84. Cargas contaminantes medias total anual

Par. kg año ⁻¹	Q	L	F	CyM	Total	Blanco	Aporte
CE ^{*1}	9.967.800	5.858.160	73.749.120	15.804.840	105.379.920	25.732	105.354.188
DBO₅	326.340	835.380	1.838.160	1.206.480	4.206.360	SD	4.206.360
DQO	2.307.180	3.620.100	13.049.760	9.252.960	28.230.000	SD	28.230.000
ST	8.028.060	5.222.160	24.617.160	16.624.920	54.492.300	SD	54.492.300
SS_{2hr} ^{*2}	12.600	10.020	30.3720	4.062.960	4.389.300	SD	4.389.300
Polif.	2.880	13.740	49.680	78.000	144.300	SD	144.300
Sodio	1.221.420	561.960	7.315.200	8.690.760	17.789.340	1.351	17.787.989
Potasio	175.740	164.820	231.480	523.560	1.095.600	82,2	1.095.517
Cloruro	1.829.100	732.960	10.844.160	12.512.880	25.919.100	3.959	25.915.141
Nitrógeno	51.840	92.700	135.360	202.560	482.460	117	482.343

Cuando comparamos los aportes del efluente con un blanco de agua subterránea que ingresa al proceso, se observa un importante aporte de todos los parámetros, principalmente para CE (105.354.188 dS cm⁻¹) y los iones sodio (17.788 t año⁻¹) y cloruro (25.915 t año⁻¹).

Índice de intensidad de Generación de Efluentes (IIGE)

En la Tabla 85 se presentan los valores totales del IIGE para el procesamiento de aceituna verde. El mismo se calculó a partir de las CC totales (Tabla 83) y de volumen total de efluente generado en las cuatro etapas. El volumen de producción para la campaña 2019 fue de 3.700 toneladas de aceitunas verdes.

Tabla 85. IIGE por litro de aceite producido. Aceituna

Parámetros	Q y CC ^{*1} (t año ⁻¹)	t de aceituna	IIGE ^{*2} (g kg ⁻¹)
CE	105.379.920 (dS.cm d ⁻¹)		28.481 (dS.cm kg ⁻¹)
DBO₅	4.206		1.137
DQO	28.230		7.630
Sol. Totales	54.492		14.728
SS_{2hr}	4.389 (m ³ año ⁻¹)	3.700	1.186 (L kg ⁻¹)
Polif.	144		38,9
Sodio	17.789		4.808
Potasio	1.095		296
Cloruro	25.919		7.005
Nitrógeno	482		130
Q	11.750 (m ³)		3,17 (l kg ⁻¹)

^{*1} Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

^{*2} Las unidades de IIGE corresponden a g kg⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

El procesamiento de aceitunas de mesa verde, produjo en total 28.481 dS.cm de CE por kilo de aceituna. Las cargas orgánicas presentaron valores elevados por unidad de producción en comparación con las demás industrias, 1.137 g kg⁻¹ de DBO₅ y 7.630 g kg⁻¹ de DQO. Por parte de los iones, el valor más alto del índice es para cloruro (7.005 g kg⁻¹), seguido por sodio (4.808 g kg⁻¹) y en menor medida potasio (295 g kg⁻¹). Los valores de polifenoles (38,9 g kg⁻¹) y nitrógeno (130 g kg⁻¹) también son elevados, considerando que los primeros son tóxicos y que el nitrógeno puede convertirse en nitrato, en caso de la llegada de efluentes al acuífero. Por último, el volumen total de efluente generado fue de 3,17 litros por kilo de aceituna. Según la bibliografía, el volumen de efluentes por kilo de aceituna osciló entre los 2-3 litros en fábricas muy eficientes a 15 litros en la menos eficientes (Cabezas, 2011). Por lo tanto, la agroindustria bajo estudio se encuentra cerca del rango de las fábricas más eficientes.

NUEZ

Cargas contaminantes

En la *Tabla 86* se presentan las cargas contaminantes correspondientes a los parámetros analizados anteriormente y los valores medios, también se agregan los valores de un blanco procedente del agua subterránea utilizada como agua de proceso, y los aportes del efluente.

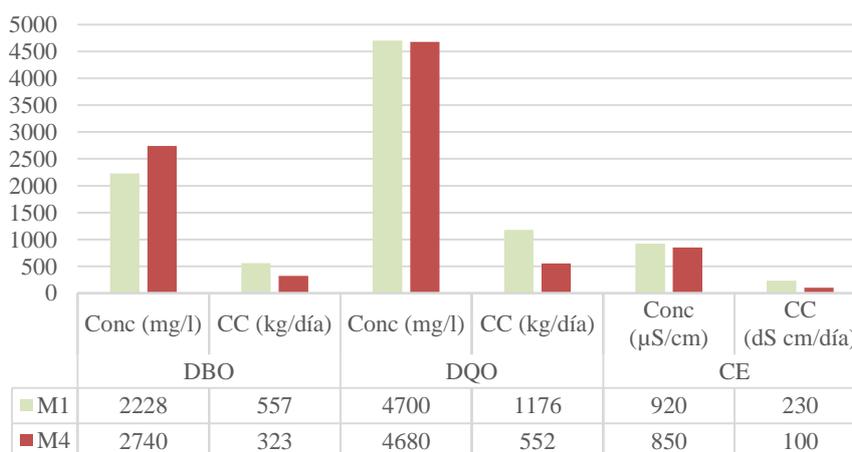
Tabla 86. Cargas contaminantes kg día⁻¹ muestras compuestas 2018/2019. Nuez

Año	2018		2019					Media	Blanco	Aporte
Par.	M1	M2	M1	M2	M3	M4	M5			
CE ^{*1}	199	129	230	116	124	100	186	155	110	45
DBO ₅	84,6	79,7	557	0	334	323	0,0	230	0	230
DQO	775	358	1.176	173	994	552	21,9	476	0	476
SS _{2hs} ^{*2}	45.899	4.630	14.257	14.433	22.284	10.614	593	16.101	0	16.101
ST	669	176	424	238	285	484	171	350	55	295
SV	227	56,4	262	137	183	186	78,5	161	0	161
Polif.	6,0	0,8	1,3	0,5	1,6	0,3	0,5	2	0	2
Sodio	17,1	5,6	15,0	5,4	6,6	10,9	20,4	12	3,25	8,75
Potasio	21,1	6	16,6	11,8	24	9,3	2,7	13	1,04	11,9
Cloruro	19,4	14,1	20,8	11,7	15,0	14,7	23,1	17	5,19	11,8
Nitrog.	99	99	70	10	61	113	198	93	0,35	92,6

^{*1}CE expresada en dS cm día⁻¹ ^{*2}SS_{2hs} expresados en L día⁻¹

Relacionando las concentraciones con el caudal para obtener las CC se observa que, como en el resto de las agroindustrias, existen diferencias entre las concentraciones y las CC. Así, la CE del año 2019 presentó la concentración más alta para la M4 y exhibió la CC más baja para ese parámetro; algo similar aconteció con las concentraciones y los valores de CC para DBO₅ y DQO de la misma muestra. En el *Gráfico 34* se presenta una comparación de concentraciones y cargas entre la M1 y M4.

Gráfico 34. Comparación entre concentraciones y CC. Nuez



Cuando comparamos los valores de las CC con un blanco, se observa que, en cuanto a los iones, los principales aportes fueron dados por potasio y cloruro (12 kg día⁻¹ aproximadamente); acompañado por un gran aporte de nitrógeno que se aproxima a los 100 kg día⁻¹. También se

observó un gran aporte de SS (2hs) principalmente por las proporciones de pelón que trae el efluente, con una media de 16.101 kg día⁻¹.

Índice de Intensidad Generación de Efluentes (IIGE)

En la industria de nuez, el IIGE no se diferenció entre los dos años debido que en el 2018 solo se tomaron dos muestras. Para el cálculo del índice del total de la campaña se realizó un promedio del volumen de producción de los dos años analizados, para el año 2018 el volumen de producción fue de 1.800.000 kg y para el año 2019 de 2.233.186 kg. Las CC también fueron promediadas entre los dos años analizados. En la *Tabla 87* se presenta el IIGE para la agroindustria de nuez.

Tabla 87. IIGE anuales. Nuez

Parámetros	Q y CC^{*1} (t año⁻¹)	t de fruta	IIGE^{*2} (g kg⁻¹)
CE^{*1}	9.177 (dS.cm d ⁻¹)		4,61 (dS.cm año ⁻¹)
DBO₅	13,8		6,84
DQO	28,5		14,2
ST	21		10,4
SS_{2hr}^{*2}	966 (m ³ año ⁻¹)		479 (L kg ⁻¹)
Polif.	0,12	2.017	0,06
Sodio	0,72		0,36
Potasio	0,78		0,39
Cloruro	1,02		0,51
Nitrógeno	5,58		2,77
Q	10.680 (m ³)		5,3 (L kg ⁻¹)

^{*1} Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

^{*2} Las unidades de IIGE corresponden a g L⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

Los valores del IIGE de cargas orgánicas, CE y ST fueron elevados si se los comparara con las concentraciones estimadas en el Capítulo 6, los valores de los iones no superaron los 550 mg por kilo de fruta procesada. El valor del IIGE para nitrógeno fue de 2,77 g kg⁻¹ y para polifenoles de 0,06 g kg⁻¹. El valor del IIGE para caudal fue el más significativo con respecto a los demás parámetros, la cantidad de efluente generado en la industria de la nuez fue de aproximadamente 5,3 l kg⁻¹. Este valor no es comparable con los antecedentes presentados en el Capítulo 3 ya que estos son para la industria de anarcado o Nuez de la India, y a su vez no están relacionados a los volúmenes de producción.

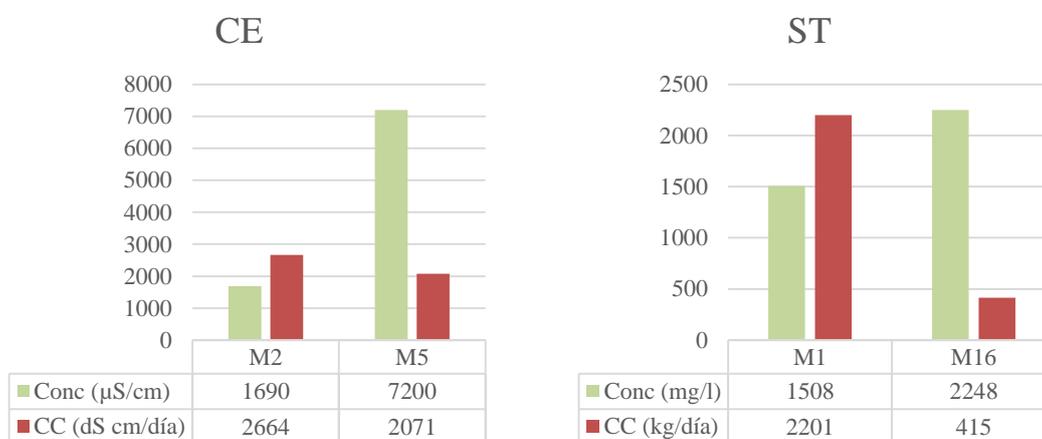
TOMATE

Cargas contaminantes

En la *Tabla 88* se presentan los estadísticos de las CC. En el caso de la industria del tomate, solo se cuenta con algunos datos de un blanco para comparar con los aportes del efluente. Y en la *Tabla 89* se presentan los valores de CC para las 16 muestras analizadas.

En el *Gráfico 35* se presenta la comparación entre las primeras muestras, coincidentes con la época de llegada de la fruta a la industria y las últimas muestras. Tanto en CE como en ST, las muestras de la época de cosecha, presentan CC más elevadas por los caudales generados en ese período.

Gráfico 35. Comparación de concentraciones y CC de CE y ST. Tomate



Los mayores aportes de cargas contaminantes están dados por las cargas orgánicas – 614 kg día⁻¹ DBO₅ y 1.067 kg día⁻¹ DQO- y la CE 1.063 dS cm día⁻¹. Este aporte de sales se refleja a su vez en las cargas de los iones sodio y cloruro. Las cargas medias de nitrógeno y polifenoles son de 844 kg día⁻¹ y 7,6 kg día⁻¹, respectivamente. La comparación con el blanco solo se realizó para el ion cloruro y nitrógeno debido a que la empresa no contaba con más datos.

Tabla 88. Valores estadísticos carga contaminante de muestras compuestas. Tomate

Parámetros kg día ⁻¹	Valores máximos	Valores mínimos	Media	Desvío estándar	Blanco	Aporte
CE* ¹	2.664	326	1.063	2.664	SD	SD
DBO ₅	3.224	0,0	614	3.224	0	3.224
DQO	6.935	46,8	1.067	6.935	0	6.935
ST	6.313	312	1.180	6.313	0	6.313
SS 2hs* ²	362.664	267	31,1	362	0	362
Polifenoles	7,6	0,3	1,7	7,6	0	7,6
Sodio	446	25,6	159	446	SD	SD
Potasio	112	3,2	27,7	112	SD	SD
Cloruro	830	28,1	262	830	18,2	243
Nitrógeno	844	0,0	128	844	2,98	125

*¹CE expresada en dS cm día⁻¹ *²SS_{2hs} expresados en L día⁻¹

Tabla 89. Cargas contaminantes kg día⁻¹ muestras compuestas 2019. Tomate

Parámetros Kg día⁻¹	M1 4/2	M2 18/2	M3 6/3	M4 25/3	M5 10/4	M6 2/5	M7 13/5	M8 28/5	M9 10/6	M10 10/7	M11 22/7	M12 21/8	M13 17/9	M14 23/10	M15 5/11	M16 19/11
CE*¹	1.547	2.664	326	686	2.071	1.014	796	390	964	458	746	348	1.271	2.520	753	453
DBO⁵	3.224	2.667	0,00	0,00	300	113	177	198	273	346	529	118	516	980	311	78,7
DQO	6.935	3.232	46,8	170	458	166	317	562	605	584	879	328	922	1.312	458	96,1
ST	2.201	6.313	317	668	1.470	689	663	438	845	312	542	370	1.057	1.791	781	415
SS 2hs*²	62	362	2,07	12,5	7,19	1,48	1,39	5,6	16,8	0,27	0,53	0,61	10,3	6,73	5,92	0,92
Polifenoles	0,39	5,08	0,57	1,07	1,84	0,39	0,40	0,39	0,54	0,75	0,34	0,91	0,80	7,62	5,81	0,32
Sodio	107	240	25,5	59,9	358	197	117	65	152	113	144	66	242	446	108	100
Potasio	100	112	3,92	22,1	19	20	46,4	20	23,6	3,25	5,84	13,5	14,6	18,3	15,1	3,92
Cloruro	219	643	28,1	110	636	295	203	94,1	207	79,6	180	55,7	330	830	141	133
Nitrógeno	843	138,76	0	199,15	69,3	22,1	0	76,7	14,4	69,8	48,08	34,72	23,3	158	261	99,2

*¹ CE expresada en dS cm día⁻¹ *²SS_{2hs} expresados en L día⁻¹

Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE)

En la *Tabla 90* se presenta el IIGE total para el volumen de producción anual.

Tabla 90. IIGE anual procesamiento de tomate.

Parámetros	CC y Q ^{*1} (t año ⁻¹)	t de fruta	IIGE ^{*2} (g kg ⁻¹)
CE	387.995(dS.cm d ⁻¹)		20,1 (dS.cm kg ⁻¹)
DBO₅	224		11,6
DQO	389		20,2
ST	431		22,4
SS_{2hr}	11.340 (m ³ año ⁻¹)		588 (L kg ⁻¹)
Polif.	0,62	19.265	0,03
Sodio	58		3,01
Potasio	10,1		0,52
Cloruro	95,6		4,96
Nitrógeno	46,7		2,43
Q	153.402 (m ³)		7,96 (L kg ⁻¹)

*1 Las unidades de CC corresponden a t año⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

*2 Las unidades de IIGE corresponden a g L⁻¹, excepto las que figuran al lado de los datos CE, SS y Q

Al igual que las agroindustrias anteriores, los valores del IIGE para cargas orgánicas y ST por kilo de tomate procesado son mayores que las concentraciones y las CC estimadas. En cuanto a los iones, los valores más elevados son para sodio y cloruro, aproximadamente 3 gramos de sodio por kilo de tomate y 5 gramos de cloruro por kilo de tomate. Se destaca el valor de sólidos sedimentables, aproximadamente 588 litros por kilo de tomate. El caudal generado es de, aproximadamente, 8 litros de efluentes por kilo de tomate. La bibliografía presentada en el Capítulo 3 expresa que el total de agua consumida por industrias procesadoras de tomate, ronda los 25 L kg⁻¹ y en fábricas muy eficientes 5 L kg⁻¹ (Duek y Fasciolo, 2014), la generación de efluentes en la industria analizada es más cercana al último valor.

Recapitulación de cargas contaminantes de todas las agroindustrias

En la *Tabla 91* se presentan las cargas orgánicas medias para todas las agroindustrias analizadas.

Tabla 91. Cargas contaminantes de todas las agroindustrias

Parámetros kg día ⁻¹	Vitivinícola 1	Vitivinícola 2	Aceitera 1	Aceitera 2	Aceituna	Nuez	Tomate
CE ^{*1}	938	155	38,1	19,9	1.010.049	155	1.063
DBO₅	1.421	288	73,3	34,8	49.840	230	614
DQO	4.405	652	260	83,4	320.894	476	1.067
ST	SD	302	278	107	632.902	350	1.180
SS_{2hr} ^{*2}	17	1.200	76,4	133	413	16,1	31.070
Polifenoles	SD	1,8	1,63	1,22	1.478	2	1,7
Sodio	SD	15,5	2,65	0,75	183.428	12	159
Potasio	SD	9,2	7,15	3,68	12.612	13	27,7
Cloruro	SD	21,4	7	2,48	267.466	17	262
Nitrógeno	SD	114	10,4	12,1	5.225	93	128

^{*1}Expresado en dS.cm día⁻¹ ^{*2}Expresado en L día⁻¹ *

La industria procesadora de aceituna de mesa verde presentó los valores más altos de CC, significativamente superior que el resto de las agroindustrias. En cuanto a CE le sigue la industria de tomate, seguido por las vitivinícola y nuez, y en menor medida las aceiteras. Por parte de las cargas orgánicas, luego de aceituna de mesa, las agroindustrias con DBO₅ y DQO más elevada son la Vitivinícola 1 y tomate, seguido por Vitivinícola 2, nuez y aceiteras. Con respecto a los sólidos, el procesamiento del tomate fue la industria que presentó la mayor CC de ST y SS_{2hr}, estos últimos superando a la industria de elaboración de aceituna de mesa; el resto de las empresas presentaron valores similares para ST, entre 100 a 350 kg, pero disímiles en SS_{2hr}, siendo la Vitivinícola 2 la que se ubica luego de tomate, seguida por la industria de aceituna, luego por las aceiteras y en menor medida Vitivinícola 1 y nuez. Los valores de CC para polifenoles, excepto los de aceituna, se encuentran entre valores de 1 a 2 kg, siendo la industria de la nuez la que presenta el valor más elevado luego de aceituna de mesa.

En cuanto a los iones, el procesamiento de aceituna presenta los valores más elevados, por parte de sodio le siguen tomate, vitivinícola 2 y nuez, y en menor medida las aceiteras, al igual que potasio y cloruro. Finalmente, los valores de las CC para nitrógeno, luego de aceituna, los mayores valores se registran en tomate, Vitivinícola 2, nuez y por últimos en las aceiteras.

En resumen, la agroindustria elaboradora de aceituna de mesa presento valores superiores al resto de las agroindustrias. La elaboración de aceituna presentó el menor volumen de efluente por unidad de producción, lo que destaca la importancia de las características físico-químicas de los parámetros analizados. Luego de la industria aceitunera, las mayores CC corresponden a la agroindustria procesadora de tomate que, si bien no presento valores elevados de los parámetros físico químicos analizados, registró el mayor caudal de todas las agroindustrias analizadas.

Recapitulación de IIGE de todas las agroindustrias

En la *Tabla 92* se presentan los IIGE de todas las agroindustrias analizadas. En la Aceitera 1 se promediaron los índices de los dos años analizados.

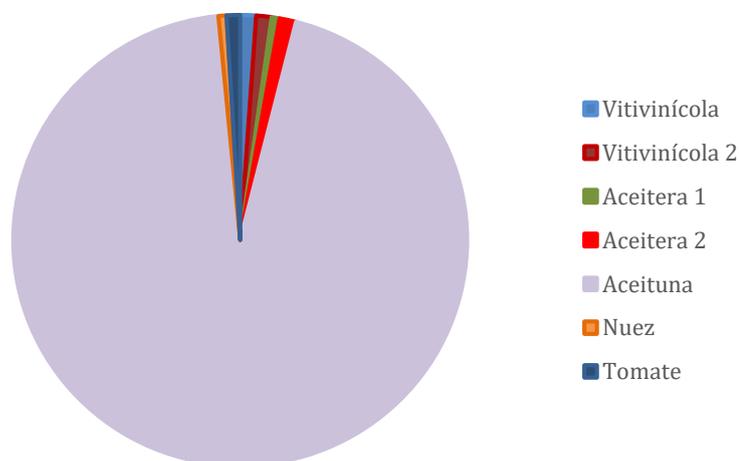
Tabla 92. IIGE de todas las agroindustrias expresados en g kg⁻¹ o L⁻¹

Parámetros g kg ⁻¹ o L ⁻¹	Vitivinícola 1	Vitivinícola 2	Aceitera 1	Aceitera 2	Aceituna	Nuez	Tomate
CE dS.cm kg ⁻¹ o L ⁻¹	8,88	7,06	4,62	8,17	24.481	4,61	20,1
DBO ₅	13,5	13,1	6,8	14,2	1.137	6,84	11,6
DQO	41,7	29,6	23,5	34,1	7.630	14,2	20,2
ST	SD	13,7	28,4	43,8	14.728	10,4	22,4
SS _{2hr} L kg ⁻¹ o L L ⁻¹	0,16	54,5	8,78	54,4	1.186	479	588
Polifenoles	SD	0,08	0,21	0,5	38,9	0,06	0,03
Sodio	SD	0,7	0,28	2,4	4.808	0,36	3,01
Potasio	SD	0,42	0,94	1,51	296	0,39	0,52
Cloruro	SD	0,97	0,82	1,01	7.005	0,51	4,96
Nitrógeno	SD	5,18	1,48	4,95	130	2,77	2,43
Q L L ⁻¹ o L kg ⁻¹	3,41	6,09	1,18	4,3	3,17	5,3	7,96

El IIGE nos permite unificar las estimaciones previas que se realizaron para el diagnóstico de la caracterización de los efluentes agroindustriales: calidad y cantidad de efluentes, unificadas en las CC y el volumen de producción de cada agroindustria.

Los valores del IIGE para aceituna de mesa supera ampliamente a los IIGE de las demás industrias. En cuanto a las cargas orgánicas 4 agroindustrias (Vitivinícolas 1 y 2, Aceitera 2 y tomate), después de aceituna de mesa, presentaron los valores más elevados y similares entre ellas para DBO₅, entre 11 y 14 gramos por unidad de producción, Aceitera 1 y nuez están por debajo con valores entre 6 y 7 gramos de DBO₅ por unidad de producción (*Gráfico 36*).

Gráfico 36. Comparación del IIGE DBO₅ entre agroindustrias



Los valores del índice para DQO son más variables entre agroindustrias, luego de la industria de aceituna de mesa, la aceitera 2 y Vitivinícola 1 presentaron un valor superior al resto con 34 y 41 gramos de DQO por unidad de producción, respectivamente. El resto de las agroindustrias presentaron valores de IIGE para DQO entre 14 y 29 gramos por unidad de producción, de mayor a menor IIGE se encuentra Vitivinícola 1, Aceitera 2, Vitivinícola 2, Aceitera 1, Tomate y Nuez.

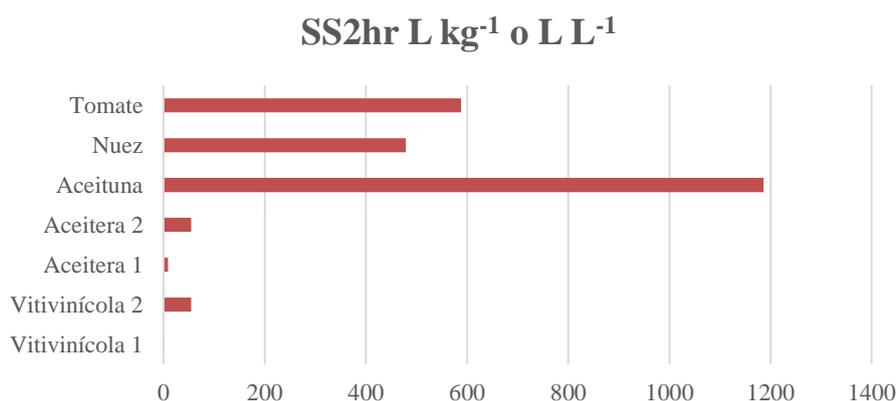
El índice para CE registró el máximo valor en la industria procesadora de aceituna de mesa, marcadamente superior al resto de las agroindustrias con 24.481 dS cm⁻¹ por kilo de aceituna, seguida por la industria de tomate con un IIGE de 20 dS cm⁻¹ por kilo de tomate. El resto de las agroindustrias presentaron valores entre 4 y 9 dS cm⁻¹ por unidad de producción.

En cuanto a los sólidos totales, el IIGE más elevado también resultó ser el de aceituna de mesa, seguido por las aceiteras, tomate, vitivinícola 2 y nuez. El valor máximo del IIGE para polifenoles también fue en la industria elaboradora de aceituna de mesa (38,9 g kg⁻¹) y los valores más bajos en las industrias Vitivinícolas 2 (0,08 g L⁻¹), procesadora de nuez (0,06 g kg⁻¹) y tomate (0,03 g kg⁻¹).

Los valores del IIGE de los iones fueron mayormente superiores para la industria de aceituna, seguido por tomate en sodio y cloruro y las aceiteras en potasio. El índice de nitrógeno también exhibió el mayor valor por unidad de producción para la industria elaboradora de aceituna de mesa, seguida por Vitivinícola 2 y Aceitera 2, nuez y tomate, y en menor medida la Aceitera 1.

Por último, los valores del IIGE para SS_{2hr} fueron mayores para aceituna de mesa, seguida por tomate y nuez; y en menor medida aceiteras y vitivinícolas (*Gráfico 37*).

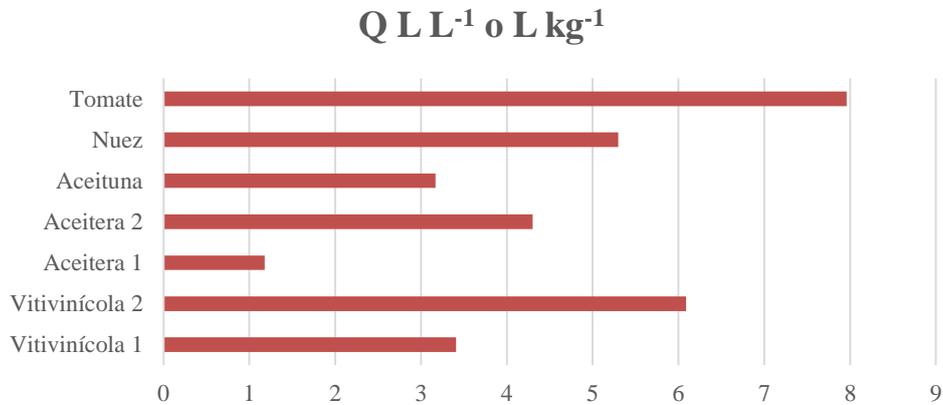
Gráfico 37. Comparación del IIGE SS_{2hr} entre agroindustrias



En cuanto a los caudales, la industria que registra el valor máximo del índice es la procesadora de tomate, generando aproximadamente 8 litros de efluentes por kilo de tomate; le siguen la Vitivinícola 2 con 6 litros de efluentes por litro de vino. Las industrias que menos efluentes

generan por unidad de producción son la Aceitera 1, Vitivinícola 1 y Aceituna de mesa (Gráfico 38).

Gráfico 38. Comparación del IIGE de Q entre agroindustrias



En conclusión, el cálculo del IIGE remarca la importancia de incluir otras variables en el diagnóstico de la generación de efluentes, dejando en evidencia que las concentraciones brindan poca información por sí solas, sino se las relaciona a los caudales generados y al volumen de producción de cada agroindustria.

CAPÍTULO 8

ECOTOXICOLOGÍA

En la *Tabla 93* se presentan las muestras aleatorias utilizadas en los bioensayos. Para la Vitivinícola 1 no se desarrollaron los bioensayos, ya que no se contó con el presupuesto correspondiente.

Tabla 93. Muestras compuestas empleadas en los bioensayos

Muestras	
Vitivinícola 2	M11
Aceitera 1	M5
Aceitera 2	M1 M3
Aceituna quemado	M1
Aceituna lavado	M2
Aceituna fermentación	M1
Aceituna Clasificado y maquinado	M2
Tomate	M12
Nuez	M1 M3

Raphanus sativus

En la *Tabla 94* se presentan los valores de los puntos finales ecotoxicológicos e índices de fitotoxicidad analizados para los bioensayos en rabanito. Se determinó la concentración inhibitoria 50 (CI₅₀), Máxima concentración en la que no se observan efectos (NOEC) y mínima concentración de observación de efectos (LOEC) para la inhibición de la germinación y para la elongación de la radícula. Finalmente, se calcularon los índices fitotóxicos a través de CICR_{0,8} y CIG_{80%}.

Tabla 94. Puntos finales ecotoxicológicos e Índices de Toxicidad Rabanito (%)

Muestras	Ính. de germinación			Inh. Elongación radicular			Índice Fitotóxico		
	CI ₅₀	NOEC	LOEC	CI ₅₀	NOEC	LOEC	CICR _{0,8}	CIG _{80%}	
Vitivinícola	NT	100	NT	NT	100	NT	NT	NT	
Ac. 1	57,27	10	50	25,41	10	50	8,96	8,82	
Ac. 2	M1	NT	100	NT	42,8	10	50	5,85	4,87
	M3	NT	100	NT	NT	100	NT	NT	NT
Ac. Q	30	10	50	11,59	5	10	5,29	5,46	
Ac. L	54,03	10	50	16,3	5	10	7,79	7,88	
Ac. F	24,94	1	10	2,53	1	10	0,38	0,38	
Ac. CyM	33,12	10	50	21,81	10	50	9,16	9,34	
T	NT	100	NT	NT	100	NT	NT	NT	
N	M1	NT	100	NT	100	NT	NT	NT	
	M3	NT	100	NT	96,5	50	100	38,27	35,07

NT: No determinado debido a baja toxicidad

Vit2: vitivinícola 2; Ac.1: Aceitera 1; Ac.2: Aceitera 2; Ac. Q: Aceituna quemado; Ac. L: Aceituna lavado; Ac. F: Aceituna Fermentado; Ac. CyM: Aceituna clasificado y maquinado; T: Tomate; N: Nuez.

Inhibición a la germinación y elongación de la radícula

La Vitivinícola 2 no presentó valores para los puntos LOEC Y CI_{50} , debido a su baja toxicidad, de igual manera ocurrió con la muestra de tomate, una muestra de nuez (M1) y una de la Aceitera 2 (M3). Algunas muestras, como la M3 de nuez y M1 de Aceitera 2 no presentaron toxicidad para la inhibición de la germinación, pero si para la elongación radicular. Las muestras de aceituna de mesa exhibieron toxicidad para todas las etapas productivas analizadas. Con respecto a la germinación, la etapa de fermentado fue la más tóxica (CI_{50} 24,9%), seguida por la etapa de quemado (CI_{50} 30%), clasificado y maquinado (CI_{50} 33,1%), y en menor medida lavado (CI_{50} 54%). En cuanto a la elongación de la radícula, las etapas más tóxicas también fueron fermentado (CI_{50} 2,53%) y quemado (CI_{50} 11,5%), pero la etapa de lavado (CI_{50} 16,3%) generó mayor toxicidad que la de clasificado y maquinado (CI_{50} 21,8%).

En cuanto a las aceiteras, en la Aceitera 2 se analizaron dos muestras debido a que no había suficiente volumen para realizar el ensayo de *Daphnia* en una de ellas. Una de las muestras no exhibió toxicidad y la otra, si bien no registró valores significativos para la inhibición de la germinación, si lo hizo para la elongación de la radícula con una CI_{50} de 42,8%, NOEC de 10% y LOEC de 50%. En cuanto a la Aceitera 1 los valores de toxicidad fueron mayores, exhibiendo toxicidad para la germinación de semilla (CI_{50} 57,2%) NOEC 10% y LOEC 50%. La elongación de la radícula también mostró valores más tóxicos que la Aceitera 2 con una CI_{50} 25,4%, aunque los valores de NOEC y LOEC fueron iguales para las dos agroindustrias.

Finalmente, en lo que respecta al procesamiento de nuez, se analizaron dos muestras, la M1 correspondiente al año 2018 y la M3, al año 2019. Ninguna de las dos muestras analizadas exhibió toxicidad para la inhibición de la germinación y, solo una de ella, presentó valores para la elongación de la radícula con una CI_{50} de 96,5%, NOEC de 50% Y LOEC de 100%.

En rasgos generales, la elongación de la radícula presentó mayor sensibilidad que la germinación de semillas. Incluso dos de las 14 muestras, no presentaron valores significativos para la germinación, pero si para la elongación de la radícula.

Índices fitotóxicos

Debido a la baja toxicidad, cuatro muestras no exhibieron valores para los índices –Vitivinícola 2, M3 Aceitera 2, tomate y M1 nuez–. Siete muestras mostraron inhibición de la germinación, el procesamiento de la aceituna de mesa mostró los valores de IG mas tóxicos, principalmente, en las etapas de fermentado ($IG_{80\%}$ 0,38%) y quemado ($IG_{80\%}$ 5,46%). La Aceitera 1 mostro un IG más elevado que la Aceitera 2, con $IG_{80\%}$ de 8,82% y 4,87%, respectivamente. En el procesamiento de nuez, el $IG_{80\%}$ presentó valores solo para una muestra ($IG_{80\%}$ 37%).

En cuanto al ICR, solo la etapa de fermentado del procesamiento de aceitunas inhibió la elongación, cuatro muestras presentaron valores no significativos –Vitivinícola 2, M3 Aceitera 2, tomate y M1 nuez–, y el resto registró estimulación de la elongación. La M3 de nuez exhibió el valor más elevado de ICR_{0,8} con 38,2, seguida por la etapa de clasificado y maquinado de aceituna (ICR_{0,8} 9,16) y Aceitera 1 (ICR_{0,8} 8,96). Las etapas de quemado y lavado del procesamiento de aceituna, junto con la Aceitera 2 mostraron ICR_{0,8} similares (ICR_{0,8} 5,29, ICR_{0,8} 7,79 y ICR_{0,8} 5,85; respectivamente).

Daphnia magna

En la *Tabla 95* se presentan los valores de los puntos finales para los ensayos de *Daphnia magna*, al igual que los ensayos de Rabanito se determinó la concentración efectiva 50 (CE₅₀), máxima concentración en la que no se observan efectos (NOEC) y mínima concentración de observación de efectos (LOEC) para la inmovilidad de los cladóceros.

Tabla 95. Puntos eco toxicológicos finales *Daphnia magna*

Muestras	Mortalidad			
	CE ₅₀	NOEC	LOEC	
Vit. 2	92,6	50	100	
Ac. 1	6,86	1	5	
Ac. 2	M1	83,32	60	100
	M3	SD	SD	SD
Ac. Q	5,14	1	5	
Ac. L	6,92	5	10	
Ac. F	2,64	1	5	
Ac. CyM	SD	SD	SD	
T	58,62	25	50	
N	M1	SD	SD	SD
	M3	14,73	10	25

SD: sin datos

La M3 de la Aceitera 2 y la M1 de nuez no se presentaron datos, debido a la falta de volumen de muestra para realizar el ensayo, al igual que la muestra de clasificado y maquinado. En cuanto a las muestras de las aceiteras existe una marcada diferencia entre la Aceitera 1 y la 2. La primera presenta mayor toxicidad que la 2, con CE₅₀ de 6,86% y 83,32%; respectivamente. Los NOEC y LOEC de ambas industrias también están diferenciados, mientras que la Aceitera 1 presenta NOEC de 1% y LOEC de 5%; la Aceitera 2 presenta NOEC de 60% y LOEC de 100%.

En cuanto al procesamiento de las aceitunas de mesa, todas las etapas presentan toxicidad para el ensayo de *Daphnia*, siendo la etapa de fermentado la que presenta valores más tóxicos que el resto con CE₅₀ de 2,64%, mientras que la CE₅₀ de quemado es de 5,14 % y la de lavado de 6,92%. En cuanto a los NOEC el de lavado es de 5% y la de quemado y fermentado de 1%; y LOEC son de 5% para quemado y fermentado y 10% para lavado. Al igual que ocurre con las concentraciones físico químicas, es de esperar que la fitotoxicidad de la etapa de lavado sea menor que la del resto

de las etapas, debido a los volúmenes de agua empleada en el lavado de las aceitunas, lo que favorece la dilución de las concentraciones.

En cuanto a los efluentes generados en el procesamiento de nuez, también mostraron valores tóxicos con una CE_{50} de 14,73 % con NOEC de 10 % y LOEC de 25 %. Valores menos tóxicos exhibieron los efluentes provenientes del procesamiento de tomate y de vid. Tomate exhibió CE_{50} de 58,6 % con NOEC de 25 % y LOECg de 50 %; mientras que la CE_{50} de la Vitivinícola 2 fue de 92,6 % con NOEC de 50 % y LOEC de 100 %.

Se destaca que todas las industrias presentaron concentraciones significativas para el bioensayo de *Daphnia magna*, siendo las del procesamiento de aceituna de mesa de las más tóxicas, seguida por Aceitera 1, nuez, tomate, y en menor medida Aceitera 2 y Vitivinícola 2.

La sensibilidad de los organismos, medidos en términos de CE_{50} o CI_{50} , fueron mayores para *Daphnia magna* que para *Raphanus sativus*. En el caso del cladócer, todas las muestras registraron valores de toxicidad.

Coefficiente de correlación de Spearman

En la *Tabla 96* se presenta la matriz de correlación entre parámetros físico químicos y puntos finales ecotoxicológicos; si bien estas relaciones no abordan la particularidad de cada industria, permiten obtener un análisis general entre los parámetros físico químicos y los ecotoxicológicos.

Los parámetros que mostraron correlaciones positivas y significativas fueron DQO, CE, ST y fenoles. La DQO mostro correlación positiva entre CE (r 0,86 valor- p < 0,001), ST (r 0,84 valor- p < 0,01) y fenoles (r 0,75 p-valor < 0,01); en cuanto a los puntos finales ecotoxicológicos las relaciones significativas fueron en todos los casos negativas para NOEC y LOEC y para CE_{50} . La variable DBO_5 no se incluye en la tabla debido a que no exhibió correlaciones significativas con ningún parámetro; en cuanto a la relación DBO_5 /DQO se correlacionó negativamente con la CE (r 0,67 valor- p < 0,05), y positiva para NOEC gs (germinación de semilla), y CE_{50} , NOEC y LOEC de *Daphnia* (valor- p entre 0,01 y 0,05). Por otra parte, la CE exhibió correlaciones positivas con ST (r 0,94 valor- p < 0,001) y fenoles (r 0,67 valor- p < 0,05), para los puntos finales ecotoxicológicos las correlaciones de CE fueron negativas en los puntos finales de rabanito, incluyendo los índices de toxicidad, exceptuando LOEC er (elongación de la radícula). Para el ensayo de *Daphnia* la CE no presento relaciones significativas. Finalmente, los ST presentaron correlación con los fenoles con un r 0,75 y un valor- p < 0,01, las correlaciones para los puntos finales ecotoxicológicos fueron similares a las de CE.

Con respecto a las correlaciones de la germinación de semillas estas fueron positivas entre CI_{50} gs y NOEC Y LOEC gs, junto con CI_{50} er; a su vez NOEC gs también mostró correlaciones significativas con LOEC gs y CI_{50} y NOEC er, y para los puntos finales de *Daphnia* también la

correlación con NOEC gs fue positiva en los tres puntos con r de 0,8 y valor-p < 0,01. Por último, LOEC gs mostró correlación positiva con CI₅₀ er y con ambos índices fitotóxicos (r 0,83 valor-p < 0,05).

En cuanto a la elongación radicular LOEC no mostró valores significativos; CI₅₀ solo mostró relaciones positivas con CICR_{0,8} (r 0,81 valor-p < 0,05) y CE₅₀ (r 0,84 valor-p < 0,01). NOEC correlacionó positivamente con LOEC er (r 0,98 valor-p < 0,001), CICR_{0,8} (r 0,7 valor-p < 0,05) y para *Daphnia* con NOEC Y LOEC con r 0,68 y r 0,71, respectivamente y un valor-p < 0,05.

Los índices de fitotoxicidad no mostraron valores significativos, excepto CICR_{0,8} que exhibió una relación positiva con CIG_{80%} con r 0,98 y un valor-p < 0,01.

Finalmente, los puntos finales de *Daphnia* no exhibieron relaciones significativas con los puntos del bioensayo de rabanito. CE₅₀ presentó correlación positiva con NOEC y LOEC de *Daphnia* con r 0,9 y valor-p < 0,001. Por último, NOEC correlacionó positivamente con LOEC con r 1 y valor-p < 0,001.

En síntesis, el aumento de la DQO y CE se ve reflejado en el aumento de los ST y fenoles. Vale destacar que el aumento de la relación DBO/DQO refleja una disminución de la CE, lo cual afirma que una menor proporción de sales favorece la biodegradabilidad del efluente. El aumento de la CE y ST se ve reflejado en una mayor toxicidad para los puntos finales de rabanito (excepto LOEC er), a su vez CI₅₀ y LOEC de la elongación radicular también se ve afectada por el aumento de la DQO. Los puntos finales de *Daphnia* aumentaron su toxicidad con el aumento de la DQO y disminuyeron cuando la relación DBO₅/DQO aumenta.

A su vez, con el aumento la CI₅₀ gs también lo hace NOEC gs y LOEC gs, y CI₅₀ er. Por otro lado, el aumento del NOEC en la germinación se ve reflejado en un aumento de los tres puntos finales para *Daphnia*. También se destaca que al aumentar el LOEC gs, aumentan ambos índices de fitotoxicidad. Por otra parte, la CI₅₀ er está en relación al aumento de la CE₅₀ de *Daphnia*; y el NOEC er con el aumento de NOEC y LOEC de *Daphnia*. Finalmente, se destaca que los puntos finales de *Daphnia* están relacionados entre sí, el aumento de CE₅₀ refleja un aumento de NOEC y LOEC.

Tabla 96. Matriz de correlación (Spearman) parámetros físicos químicos y puntos finales ecotoxicológicos

		<i>Parámetros físico químicos</i>			<i>Raphanus sativus</i>						<i>Daphnia magna</i>				
					Germinación de semillas			Elongación radicular			Índice fitotox.		Inmovilidad		
		CE	ST	Fenoles	CI50	NOEC	LOEC	CI50	NOEC	LOEC	CICR 0,8	CIG 80%	CE50	NOEC	LOEC
Parámetros físico químicos	DQO	0,86*	0,84**	0,75**	ns	-0,92***	-0,83*	-0,9*	-0,84***	ns	ns	ns	-0,7*	-0,66*	-0,68*
	DBO/DQO	-0,67*	ns	ns	ns	0,75**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,77*	0,86**	0,88**
	CE		0,94***	0,67**	-1**	-0,86***	-0,83*	-0,95**	-0,83***	ns	-0,81*	-0,74*	ns	ns	ns
	ST			0,75**	-0,94*	-0,8***	-0,83*	-0,86*	-0,85***	ns	-0,95**	-0,93**	ns	ns	ns
Germinación de semillas Rabanito	CI50					0,83*	0,83*	0,94*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	NOEC						1***	0,93***	0,81***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LOEC							0,83*	ns	ns	0,83*	0,83*	ns	ns	ns
Elongación de radícula rabanito	CI50								ns	ns	0,81*	ns	0,84*	ns	ns
	NOEC									0,98***	0,7*	ns	ns	0,68*	0,71*
Índice fitotóxico	CICR 0,8											0,98**	ns	ns	ns
Inmovilidad Daphnia	CE50													0,95***	0,96***
	NOEC														1***

ns: valores no significativos *** p < 0,001 ** p < 0,01 *p < 0,05

Análisis de componentes principales

En la *Figura 163* se presenta un análisis de los componentes principales, el cual muestra la asociación entre parámetros fisicoquímicos, criterios de valoración ecotoxicológicos y las industrias analizadas.

Se observa una asociación entre concentraciones elevadas de CE, ST y DQO y en menor medida DBO y fenoles con las etapas correspondientes al procesamiento de aceituna de mesa, principalmente fermentado y maquinado; a su vez, las etapas de quemado y lavado están asociadas a valores elevados de pH. Por otro lado, en el otro extremo se encuentran la Vitivinícola 2, tomate y nuez, con toxicidades menores, asociadas a los NOEC (concentraciones bajas) de la germinación de semillas y elongación de radícula de rabanito, y NOEC de *Daphnia*.

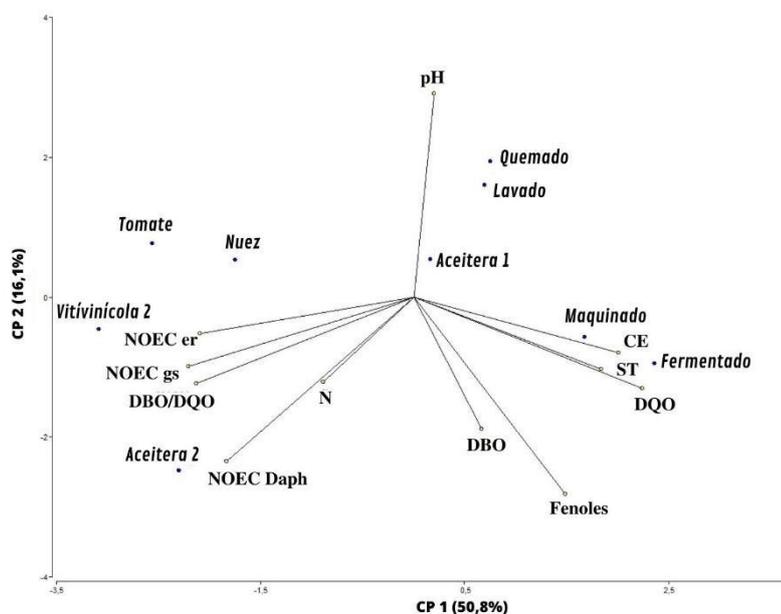


Figura 163. Análisis de componentes principales

CAPÍTULO 9

VULNERABILIDAD, CARGA CONTAMINANTE Y PELIGRO DE CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO

En el siguiente apartado se presenta la evaluación de la vulnerabilidad del sistema acuífero en el V-CALC y los Índices de Cargas Contaminantes (ICC) potenciales. Finalmente, se presenta el peligro de contaminación del agua subterránea para las agroindustrias del Valle.

Vulnerabilidad del sistema acuífero

Para la evaluación de la vulnerabilidad se efectuó el análisis de los factores utilizados en la metodología GOD para el área de estudio.

Sustrato litológico

Para el análisis del sustrato litológico del área de estudio se recurrieron a estudios antecedentes de perfiles hidrogeológicos de Sosic (1971), Rocca (1975); Garcia et al (2011) y Garcia et al. (2016). También se recopilaron estudios edafológicos, los cuales presentan una escala de 1:1.000.000 y no fueron de utilidad.

El documento de Rocca (1975), realizado por el Instituto Nacional del Agua, Centro Regional de Agua Subterránea es la principal fuente de información para las áreas donde se desarrollaron las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta, Anguinan, Nonogasta, Vichigasta y Catinzaco (Departamento de Chilecito), por fuera de la red de canales de agua superficial. En este documento se presentan los estudios climático, geológico, hidrológico e hidrogeológico, a través de mapas de perfiles geológicos, materiales que los conforman, junto con láminas de características litológicas del aluvión moderno (donde se encuentra la zona no saturada y saturada explotada) a profundidades de 0-50 y 50-100 metros (*Figuras 164 y 165*).

Los estudios de Garcia et al. (2011) y Garcia et al. (2016) complementan el área Sur de Catinzaco y el área Norte de San Nicolás y Vista Larga, donde se instalaron grandes proyectos olivícolas entre el año 2000 y 2010 a la fecha.

Los estudios edafológicos son escasos y de baja relevancia debido a la escala y a su limitado espesor en relación a la zona no saturada. En líneas generales, los materiales son los correspondientes a torrifluventes (sedimentos depositados por ríos), torriortentes típicos y los subordinados torrifluventes típicos (playa y bajos salinos) y torripsamientos típicos (áreas distales de abanicos aluviales).



Figura 164. Información antecedente sobre perfiles geológicos en documento de Rocca, 1975



Figura 165. Interpretación de perfiles litológicos de aluvión moderno en Rocca, 1975

Considerando los perfiles geológicos y la composición litológica para las áreas estudiadas por Rocca *et al.*, se advierte que en las áreas de Tilimuquí, Malligasta, Anguinan y Nonogasta el espesor saturado explotado y la zona no saturada corresponde al relleno aluvial moderno con fracciones permeables sobre los ápices y centro de abanicos aluviales de 70-100%, las cuales disminuyen a 41-70 % hacia el área distal. Por lo general, los perfiles litológicos de los pozos presentan bloques, de gravas con intercalaciones de arenas y limos.

Sobre el aluvión moderno en Vichigasta y Catinzaco, los materiales permeables que constituyen los espesores entre 0 y 100 m presentan fracciones permeables mayores, entre el 70 y 100 %. Situación particular ocurre al Noreste de Vichigasta, lo que se conoce como Colonia Agrícola 4, donde la presencia de limos y arcillas aumenta, reduciendo por lo tanto el porcentaje de materiales permeables que varían entre 0-40 %.

Los perfiles hidrogeológicos del área de abanicos aluviales hacia las áreas de Catinzaco Sur, San Nicolás y Vista Larga (García *et al.*, 2011) indican la presencia de grava mediana a gruesa e incluso con grandes rodados, con intercalaciones de arenas mediana a gruesa sobre la zona no saturada.

Como es esperable, hacia el área distal de los abanicos aluviales los materiales del subsuelo se vuelven más finos debido al transporte de sedimentos, allí aparecen los barreales y playas salinas constituidos por limos aluviales, donde los espesores no saturados rondan entre los 30 y 10 metros de profundidad. Otra área particular, se localiza en un sector al Oeste del pueblo de Vichigasta donde debido a un sistema de fallas los materiales del subsuelo y portadores de agua han sido

determinados como de arenas finas (Socic, 1971) con presencia de limos, situación que se refuerza con el perfil litológico de un informe desarrollado por Tálamo (2017) para un pozo en el sector.

Considerando las particularidades del área y las clasificaciones propuestas por Foster e Hirata (2002), los criterios del factor sustrato litológico se clasifican en dos tipos, “arenas y gravas aluviales en abanicos” con un valor de 0,7 y “limos aluviales en bajos y pozos de balde” con un valor de 0,5 (*Tabla 97*).

Tabla 97. Criterios de la variable sustrato

Sustrato	Valor
Arenas y gravas aluviales en abanicos	0,7
Limos aluviales en bajos y pozos de balde	0,5

Ocurrencia del acuífero

El sistema acuífero explotado en el valle Antinaco Los Colorados es multicapa, donde dependiendo de la localización de los pozos pueden diferenciarse de acuíferos libres, semilibres, semiconfinados o confinados. Para este trabajo, se pretende sólo evaluar la vulnerabilidad de la capa superior del sistema acuífero como mayor susceptibilidad a la contaminación. No obstante, por ser un sistema multicapa existe la posibilidad de flujos preferenciales por espacios anulares de pozos que incrementan la vulnerabilidad de capas acuíferas más profundas, situación no evaluada en esta investigación.

En la *Tabla 98* se presentan los criterios para la variable ocurrencia, al acuífero libre asociado a los pozos de balde se les asignó un valor de 1; mientras que, en áreas con mayores espesores no saturados, donde es posible la presencia de lentes de limos y arcillas, se los considero como acuíferos libres multicapa o cubiertos según la clasificación de Foster e Hirata (2002) con un valor de 0,9.

Tabla 98. Criterios de la variable ocurrencia

Ocurrencia	Valor
Libre (pozos de balde)	1
Libre Multicapa (cubierto)	0,9

Profundidad del agua

Para determinar la profundidad del agua subterránea se efectuó un censo de 58 pozos en el área de estudio durante el año 2020. Las profundidades variaron entre 10 m, al Oeste del área de Vichigasta (por equidistancia en mapa se observa el nivel de 30 m sobre escarpa de falla) y superior a 120 m sobre los ápices de los grandes abanicos aluviales de los Ríos Capayán, Los Sarmientos, Miranda y quebradas de cauces intermitentes hacia el Sur de la cuenca.

En la *Tabla 99* se presentan los criterios para la variable profundidad. Se construyó una escala acorde a las profundidades relevadas en el área de estudio. Los valores se escalaron con una diferencia de 20 metros, iniciándose en profundidades entre 0-20 metros (valor asignado 1) hasta mayores a 140 metros (valor asignado 0,3).

Tabla 99. Criterios de la variable profundidad

Profundidad	
Escala	Valor
<20	1
20-40	0,9
40-60	0,8
60-80	0,7
80-100	0,6
100-120	0,5
120-140	0,4
>140	0,3

En la *Figura 166* se presenta el mapa de profundidad del agua subterránea con los 58 pozos censados y las isolíneas de profundidad.

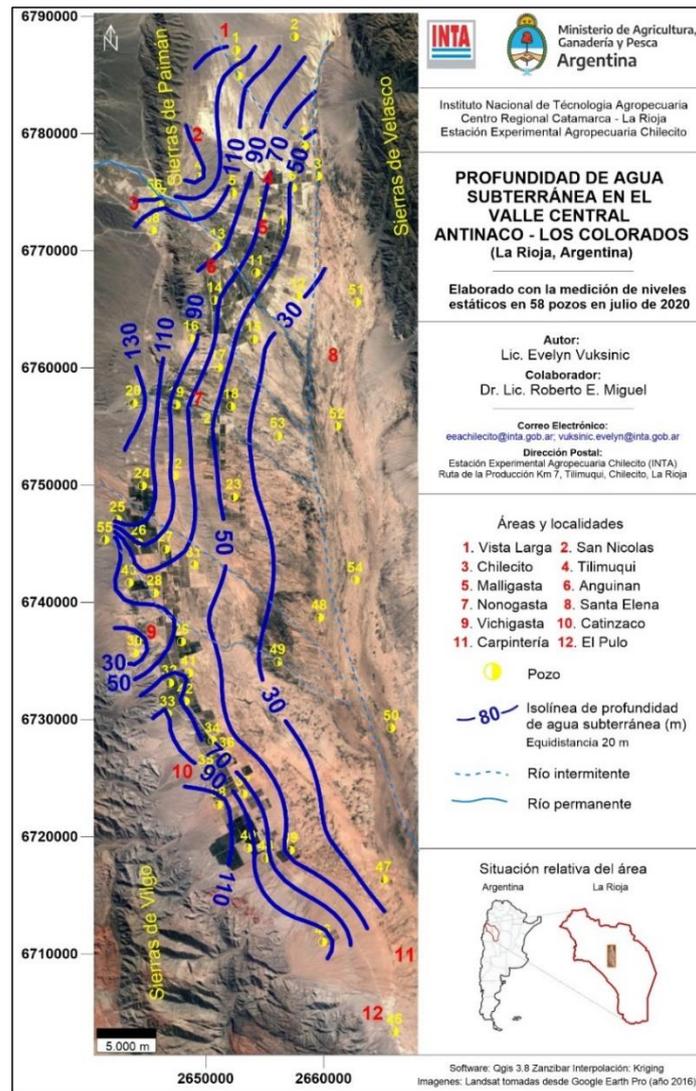


Figura 166. Mapa de profundidad del agua subterránea

Vulnerabilidad intrínseca del acuífero libre

En la *Tabla 100* se detallan los valores que toman las tres variables de la metodología GOD para el Valle Central Antinaco – Los Colorados en los 58 pozos censados, así como el valor y grado de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero libre. El índice para la vulnerabilidad se estableció en rango de 0-0,3 bajo, de 0,31-0,49 moderado, de 0,5 a 0,7 alto y de 0,71 a 1 extremo.

Tabla 100. Valores de las variables GOD

Pozos	X	Y	Ocurrencia	G	Sustrato	O	Prof.	D	Vuln.	Grado
1	6787115	2652560	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	149,2	0,3	0,18	Bajo
2	6788268	2657517	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	102,7	0,5	0,31	Mod.
3	6784928	2652749	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	115,9	0,5	0,31	Mod.

4	6776308	2649398	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	158,5	0,3	0,18	Bajo
5	6774928	2652263	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	101,1	0,5	0,31	Mod.
6	6775364	2657352	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	47,15	0,8	0,50	Alto
7	6778916	2658334	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	45,33	0,8	0,50	Alto
8	6776366	2659497	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	37,78	0,9	0,56	Alto
9	6773049	2654705	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	69,12	0,7	0,44	Mod.
10	6771540	2656822	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	50,98	0,8	0,50	Alto
11	6768117	2654263	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	57,44	0,8	0,50	Alto
12	6766144	2657786	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	31,95	0,9	0,56	Alto
13	6770359	2651010	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	96,2	0,6	0,37	Mod.
14	6765802	2650743	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	72,61	0,7	0,44	Mod.
15	6762436	2654054	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	34,71	0,9	0,56	Alto
16	6762517	2648739	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	97,83	0,6	0,37	Mod.
17	6760030	2651075,95	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	57,22	0,8	0,50	Alto
18	6756728	2652140	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	41,68	0,8	0,50	Alto
19	6756867	2647496	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	78,65	0,7	0,44	Mod.

20	6756997	2643860	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	147,9	0,3	0,18	Bajo
21	6754645	2650479	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	50,33	0,8	0,50	Alto
22	6750770	2647329	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	84,52	0,6	0,37	Mod.
23	6749001	2652367	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	39,52	0,9	0,56	Alto
24	6749955	2644606	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	124,3	0,4	0,25	Bajo
25	6747073	2642502	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	127,2	0,4	0,25	Bajo
26	6745100	2644299	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	94,81	0,6	0,37	Mod.
27	6744523	2646586	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	75	0,7	0,44	Mod.
28	6740799	2645650	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	54,93	0,8	0,50	Alto
29	6736639	2647940	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	55,11	0,8	0,50	Alto
30	6735662	2643971	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	13,51	1	0,63	Alto
31	6743199	2648983	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	65,66	0,7	0,44	Mod.
32	6733120	2646918	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	80,49	0,6	0,37	Mod.
33	6730484	2646764	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	93,86	0,6	0,37	Mod.
34	6728222	2650562	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	60,3	0,7	0,44	Mod.
35	6725481	2650018	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	92,04	0,6	0,37	Mod.

36	6726984	2651789	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	60,48	0,7	0,44	Mod.
37	6723672	2653187	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	78,02	0,6	0,37	Mod.
38	6722729	2651064	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	124,5	0,4	0,25	Bajo
39	6718856	2657155	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	42,87	0,8	0,50	Alto
40	6719051	2653608	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	99,1	0,6	0,37	Mod.
41	6733962	2648561	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	69,29	0,7	0,44	Mod.
42	6731557	2648255	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	63,61	0,8	0,50	Alto
43	6741679	2643507	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	69,74	0,7	0,44	Mod.
44	6718187	2655104	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	74,04	0,7	0,44	Mod.
45	6703373	2666005	Libre	1	Limos aluviales	0,5	13,02	1	0,5	Mod.
46	6711007	2659934	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	102,0	0,5	0,31	Mod.
47	6716371	2665079	Libre	1	Limos aluviales	0,5	13,3	1	0,5	Alto
48	6738705	2659626	Libre	1	Limos aluviales	0,5	16,52	1	0,5	Alto
49	6734925	2656102	Libre	1	Limos aluviales	0,5	20,44	0,9	0,45	Mod.
50	6729274	2665728	Libre	1	Limos aluviales	0,5	13,9	1	0,5	Alto
51	6765599	2662781	Libre	1	Limos aluviales	0,5	21	0,9	0,45	Mod.
52	6755031	2661112	Libre	1	Limos aluviales	0,5	11,96	1	0,5	Alto
53	6754217	2656101	Libre	1	Limos aluviales	0,5	17,81	1	0,5	Alto

54	6741906	2662666	Libre	1	Limos aluviales	0,5	12,05	1	0,5	Alto
55	6745326	2641438	Libre	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	10	1	0,63	Alto
56	6774578	2645646	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	136,7	0,4	0,25	Bajo
57	6773852	2646085	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	109	0,5	0,31	Mod.
58	6771753	2645455	Libre multicapa	0,9	Arenas y Gravas aluviales	0,7	95	0,6	0,37	Mod.

Las vulnerabilidades a la contaminación del sistema acuífero para el valle Centran Antinaco-Los Colorados adquieren valores desde 0,18 a 0,63, determinando tres tipos de vulnerabilidades: baja, modera y alta.

En la *Figura 167* se presenta el mapa de vulnerabilidad a la contaminación del VCALC y la localización de las principales agroindustrias.

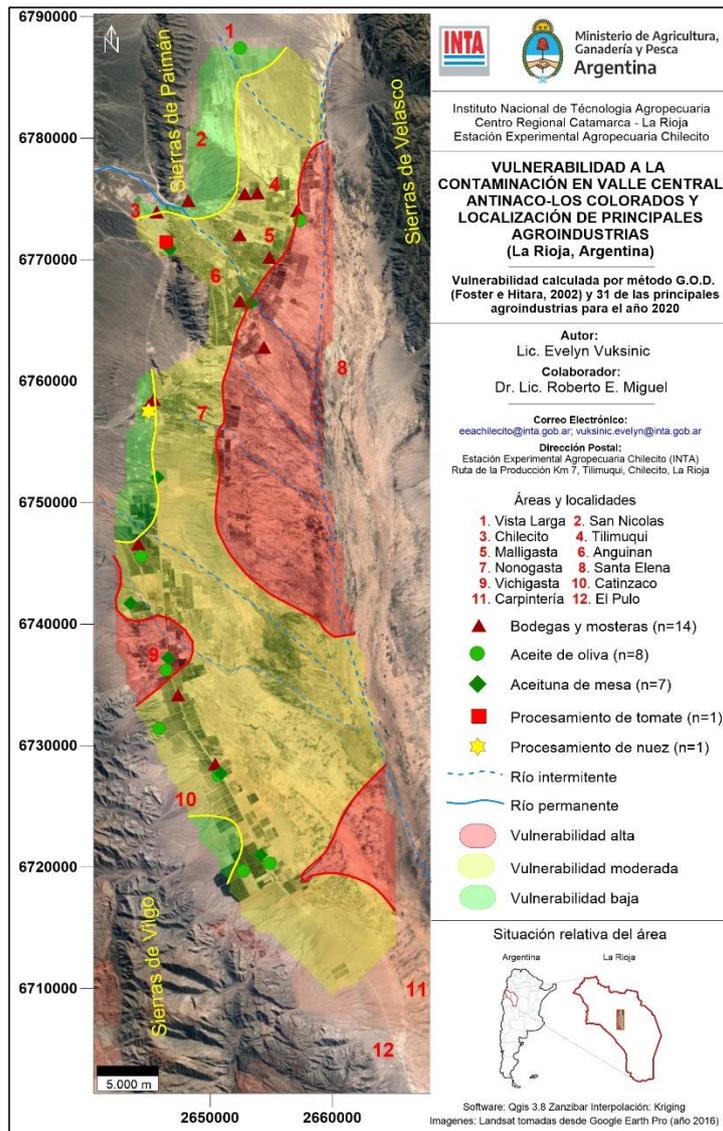


Figura 167. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación

De las 31 agroindustrias mapeadas, 18 se encuentran en áreas de vulnerabilidad moderada, 4 en áreas de vulnerabilidad baja y 3 en áreas de vulnerabilidad alta. Algunas agroindustrias se ubican en zonas de transición entre vulnerabilidades baja y moderada (3 agroindustrias) y entre vulnerabilidades moderada y alta (3 agroindustrias).

Cargas contaminantes

Para la estimación de las cargas contaminantes se elaboró el Índice de Carga Contaminante (ICC) a partir de la metodología GOD presentada en el Capítulo 4 y los subíndices: clase de contaminante, intensidad de la contaminación, modo de disposición y duración de la carga contaminante.

Clase de contaminante: los elementos cloruro y nitrato están presentes, o tienen el potencial de estarlo (en caso del nitrógeno a nitrato), en menor o mayor medida en todos los efluentes estudiados. El cloruro y el nitrato son conservativos y tienen la capacidad de llegar a las capas

superiores del sistema acuífero contaminándolo movilizados por el propio efluente al cual constituyen. En tal sentido, este subíndice adopta un valor de 1 para todas las agroindustrias del Valle (Figura 168).

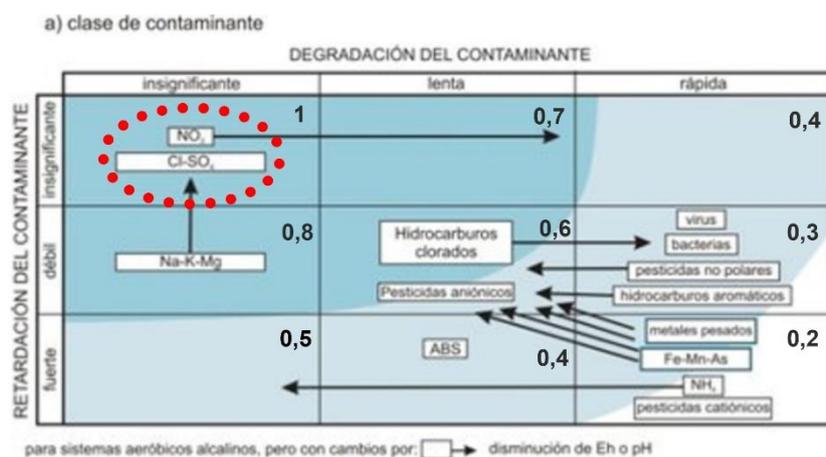


Figura 168. Criterios para la variable clase de contaminante (Foster e Hirata, 2002)

Intensidad de la contaminación: el componente de intensidad de la contaminación está dado por la proporción de área de recarga afectada y la concentración relativa del contaminante en comparación a los valores de guía de la OMS para agua potable (Figura 169). Para el caso de las intensidades en el valle se consideran los siguientes supuestos:

- La recarga en el Valle Antinaco–Los Colorados se produce por una compleja red de diaclasas en la zona de las Sierras de Famatina y Velasco y en las áreas aluviales de los lechos de ríos permanentes y temporarios (Sosic, 1971). Por lo tanto, considerando la escala de recarga propuesta por Foster e Hirata (2002), el porcentaje afectado por la totalidad de las industrias es menor al 0,01% de la superficie.
- Se tomará para la industria vitivinícola, nogalera, tomate y aceite de oliva la concentración media de nitrógeno (estimada en el Capítulo 6) y su potencial transformación total en Nitrato, como posición de máxima y desde un margen de seguridad.
- Se tomará el anión cloruro para la industria de aceituna de mesa, su cálculo corresponde a la concentración media de las etapas de cada proceso productivo.
- Se tomarán los parámetros de OMS actualizados, el cual fija al nitrato un valor máximo de 50 mg L⁻¹ por su efecto a la salud de lactantes, mientras que fija un valor de 250 mg L⁻¹ de Cloruro por su afección al sabor del agua (OMS, 2006).

Si se consideran las concentraciones medias en los efluentes de nitrógeno total como nitrato (vitivinícola, nogalera, tomate y aceite de oliva) y cloruro (aceituna de mesa) se advierte que, en todos los casos, los órdenes de magnitud son de 1×10^3 (Tabla 101).

Tabla 101. Ponderación de la variable intensidad de la contaminación

Tipo de industria	Concentración media*	Ordenes de magnitud por encima de OMS
Vitivinícola	837 mg L ⁻¹ de N = 3767 mg L ⁻¹ NO ₃	1x10 ³
Aceite de oliva	827 mg L ⁻¹ de N = 3722 mg L ⁻¹ NO ₃	1x10 ³
Aceituna de mesa	20.500 mg L ⁻¹ Cl	1x10 ³
Nogal	522 mg L ⁻¹ de N = 2349 mg L ⁻¹ NO ₃	1x10 ³
Tomate	303 mg L ⁻¹ de N = 1364mg L ⁻¹ NO ₃	1x10 ³

*Considera el valor medio, en caso de dos industrias el valor se promedió.

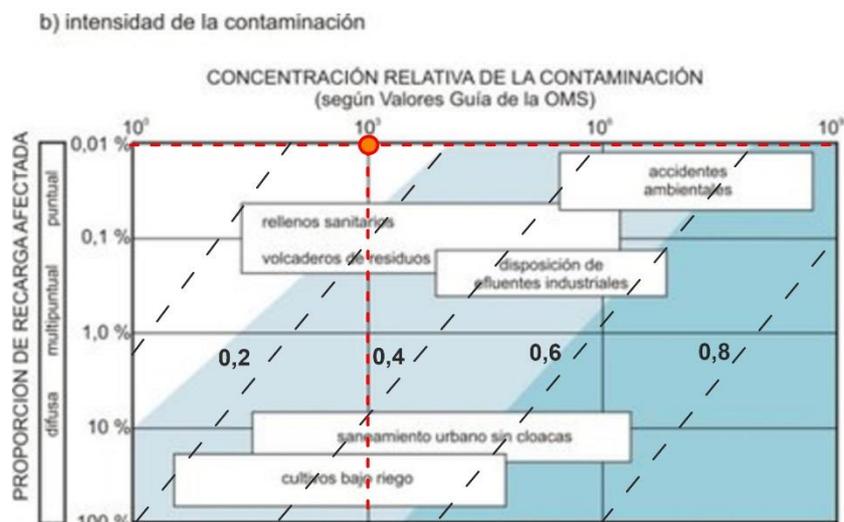


Figura 169. Criterios para la variable intensidad de contaminación (Foster e Hirata, 2002)

Considerando el área de recarga afectada (<0,01%) y los órdenes de magnitud de concentración relativa del contaminante en función de los valores guía de OMS (1x10³), la totalidad de las industrias presenta un valor de intensidad de contaminación de 0,2.

Modo de disposición: Según la gestión de los efluentes en las agroindustrias estudiadas se definieron tres modos disposición final: vuelco de efluente en suelo o lecho de río seco, balsa de evaporación y a la red cloacal. Considerando los caudales de vuelco puntales en suelo o lechos de ríos, se considera que estos superan ampliamente los 100 mm día⁻¹ de carga hidráulica tomando un valor del índice de 0,4. Las balsas de evaporación si bien se encuentran impermeabilizadas con geomembrana, almacenan un efluente líquido que, en caso de filtraciones, podrían realizar aportes al sistema acuífero, al no poseer otra barrera de impermeabilización por lo cual se toma un valor de 0,2. En el caso de efluentes volcados a la red cloacal, y bajo el supuesto del correcto tratamiento y vuelco, se considera un índice de 0,1 (Figura 170).

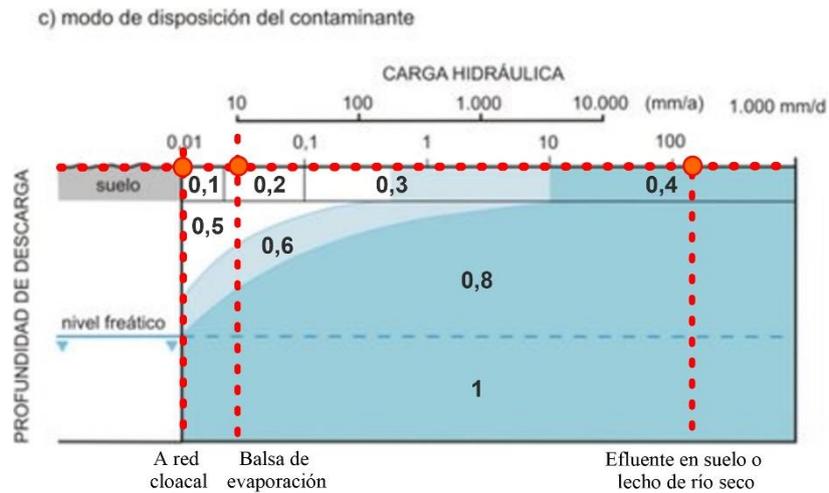


Figura 170. Criterios para la variable modo de disposición (Foster e Hirata, 2002)

Duración de la carga contaminante: Para esta variable se consideraron los vertidos de efluente en suelo o lecho de río seco, balsa de evaporación y a la red cloacal, todos en una escala temporal entre años y décadas asignándose valores de 1, 0,8 y 0,5; respectivamente (Figura 171).

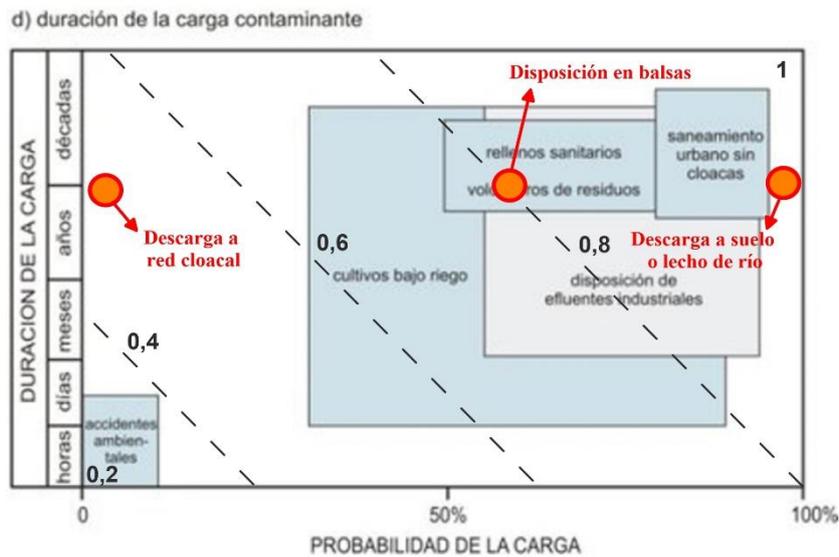


Figura 171. Criterios para la variable duración de la carga contaminante (Foster e Hirata, 2002)

En la Tabla 102 se presentan los valores de las variables para la construcción del ICC de cada agroindustria.

Tabla 102. Valores del ICC

Agroindustria	Tipo de contaminante	Clasificación del contaminante				ICC	
		Clase	Intensidad	Modo	Duración	Ponderación Lexow et al., (2016)	Ponderación Foster e Hirata, 2002
Vitícola 1 LR	NO ₃	1	0,2	0,1	0,5	0,45	1
Vitícola Til1	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola Til 2	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola Gonz	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola Mall	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola abn	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola Ang	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola RP 1	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola RP 2	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola nono 1	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola nono 2	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitivinicola 2	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola 1	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Vitícola 2	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceitera Mall	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceitera Vdlp	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceitera 1	NO ₃₋	1	0,2	0,2	0,8	0,55	1
Aceite 1	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceite 2	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceite VG	NO ₃₋	1	0,2	0,2	0,8	0,55	1
Aceite 3	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceite 4	NO ₃₋	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceituna VG	Cl ⁻	1	0,2	0,2	0,8	0,55	1
Aceituna Chil	Cl ⁻	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceituna RP	Cl ⁻	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceituna 1	Cl ⁻	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceituna 2	Cl ⁻	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceituna 3	Cl ⁻	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Aceituna 4	Cl ⁻	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Tomate	NO ₃	1	0,2	0,4	1	0,65	1
Nogalera	NO ₃	1	0,2	0,4	1	0,65	1

Siguiendo la propuesta de Lexow et al., (2016) todas las industrias presentan una ICC elevado, de 0,55 para las que presentan disposición en balsas de evaporación y 0,65 para las que disponen sus efluentes en terreno o lecho de río. La única industria que presentó un ICC moderado fue la vitivinícola 1 por su disposición en cloacas (ICC=0,45). Siguiendo la propuesta de Foster e Hirata (1988) todas las industrias presentan un ICC=1 debido a que esta metodología toma el mayor valor, correspondiente, en este caso, a clase de contaminante. Esta última propuesta se posiciona desde una visión de seguridad, contemplando que, los contaminantes al ser conservativos, en algún momento llegan a las capas superiores del sistema acuífero. No se presentan mapas de ICC

debido a que en las dos propuestas los índices no se diferencian al mapearse. No obstante, los *ICC ponderados se estimaron como elevados* mientras que los *ICC sin ponderar se estimaron como extremos* para todas las agroindustrias.

Peligro de contaminación

En base a los índices de vulnerabilidad del sistema hídrico subterráneo y los valores del ICC se determinó el peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo. En las Figuras 172 y 173 se presenta el peligro de contaminación del agua subterránea de las agroindustrias, según los valores de vulnerabilidad e ICC ponderados (Lexow et al., 2016) y sin ponderar (Foster e Hirata, 1988). Si se analiza el peligro, tomando la ponderación según Lexow et al. (2016), en el Valle hay 8 agroindustrias que se ubican en zonas de peligro moderado de contaminación, dos con valores cercano a peligro bajo. A su vez, existen 23 agroindustrias en zonas de peligro elevado de contaminación, 20 en áreas cercanas a valores de peligro moderado. Sin embargo, el peligro de contaminación de agua subterránea sin ponderar, según Foster e Hirata (1988), ubica a la mayoría de las agroindustrias en peligro elevado de contaminación, y tres de las agroindustrias en peligro extremo. Esta última propuesta, como se mencionó anteriormente, se posiciona desde la seguridad, evaluando el peor escenario posible.

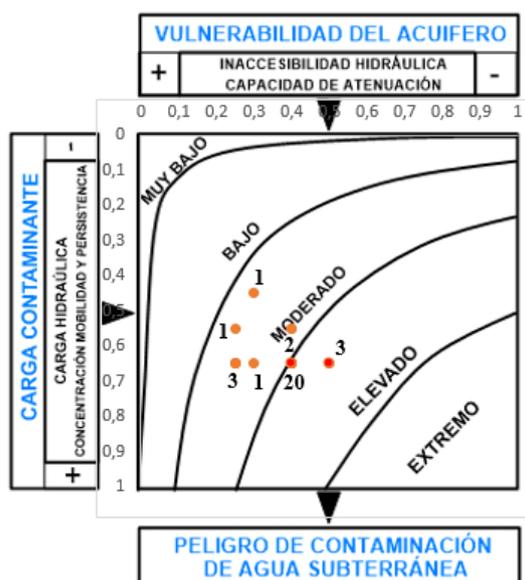


Figura 172. Peligro de contaminación del agua subterránea ponderado según Lexow et al. (2016)

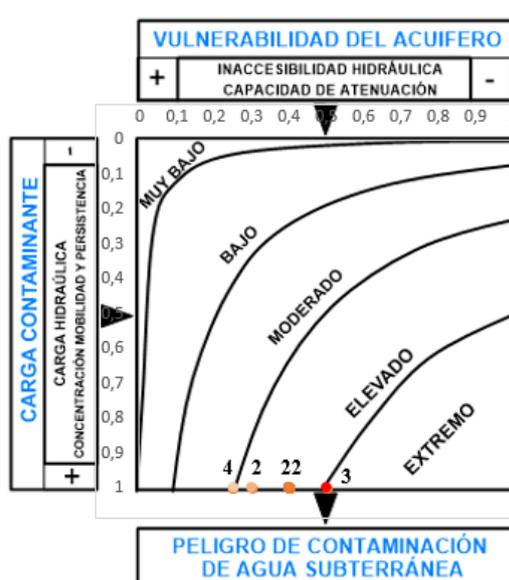


Figura 173. Peligro de contaminación del agua subterránea sin ponderar según Foster e Hirata (1988)

En conclusión, ambos gráficos muestran, que el peligro de contaminación del agua subterránea en el Valle es, en general, elevado, ya que más de 20 agroindustrias se localizan en esas áreas. A los fines de la gestión del recurso hídrico, se vuelve necesario considerar la vulnerabilidad, las cargas contaminantes potenciales y el peligro de contaminación del recurso, para garantizar el desarrollo productivo del Valle preservando la calidad del recurso hídrico subterráneo.

Cabe destacar que en las áreas de Vichigasta y Catinzaco, donde los peligros de contaminación son elevados o extremos, ya se han advertido procesos de contaminación debido a vuelco de efluentes agroindustriales (Poblete y Guimaraes, 2006) o estos sumados a contaminaciones difusas por los retornos de riego (Miguel et al. 2016).

CAPÍTULO 10

LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS EFLUENTES AGROINDUSTRIALES DEL VALLE ANTINACO-LOS COLORADOS

Como se ha desarrollado a lo largo de la investigación, los efluentes agroindustriales generados en el Valle Antinaco-Los Colorados presentan características que requieren de una gestión integral a fin de evitar impactos negativos en el medio. Actualmente, el manejo de estos efluentes es parcial o nulo, por lo cual, para intervenir en la actual gestión, esta investigación aportó al conocimiento de los procesos productivos, las características de los efluentes y las cantidades generadas, considerando, además, las particularidades de cada agroindustria y los posibles impactos en el ambiente. En este capítulo se presentan algunos lineamientos considerados relevantes para la gestión integral de los efluentes en el VCALC.

Durante los trabajos de campo, se interactuó con operarios, gerentes y directores de las distintas industrias, la mayoría en desconocimiento de las características, cantidades y cargas contaminantes generadas por los efluentes de sus producciones. En tal sentido, el desarrollo y los resultados de esta investigación han sido extendidos a las industrias con las que se ha trabajado, constituyendo importantes aportes.

La gestión integral de los efluentes en la provincia de La Rioja no se ve favorecida por la legislación vigente. Como se mencionó en el Capítulo 2, los parámetros de vuelco para efluentes agroindustriales no solo son pocos, sino que los valores están descontextualizados de lo que las industrias de la provincia generan, debido a las características de los efluentes mencionadas en el Capítulo 6, principalmente las industrias asociadas a la olivicultura. A su vez, existen parámetros que no son contemplados en la ley y que, por su fácil medición, pueden reflejar y detectar efluentes contaminantes, como, por ejemplo, los valores de conductividad eléctrica, especialmente en los efluentes de la elaboración de aceituna de mesa.

Las legislaciones de otras provincias, mencionadas en el Capítulo 2, no son comparativas con las realidades de La Rioja. Sin embargo, la provincia de Catamarca desarrolla producciones similares, como la olivicultura y nogalicultura, y también presenta parámetros de vuelco alejados de la realidad de los efluentes generados en estas industrias. La legislación de la provincia de Buenos Aires, aporta una herramienta para la clasificación de industrias, a través de la metodología del NCA. En esta investigación permitió seleccionar las industrias de mayor nivel de complejidad.

Actualmente, en la provincia de La Rioja, las autoridades de aplicación no efectúan controles en el territorio más allá del incipiente pedido de estudios de impacto ambiental, lo que induce a las industrias a efectuar tratamientos puntuales o utilizar balsas de evaporación como sitios de disposición final, donde los efluentes generados están lejos de acercarse a los parámetros de

vuelco de la legislación. Además, existen vacíos legales en cuanto a los cuerpos receptores; por ejemplo, como se mencionó en el Capítulo 2, la ley permite el vuelco a colectora cloacal pero no existen los límites permisibles para esta disposición. Por último, la legislación tampoco hace mención a las particularidades de la disposición final de las industrias productoras en la provincia, en lo que respecta a las balsas de evaporación no exigen que estas sean construidas como un relleno de seguridad; con lo cual se podría evitar accidentes, impidiendo drenajes y contaminación de fuentes de agua.

En este contexto, se destaca la necesidad de una legislación acorde al contexto del territorio, que se comprometa y promueva mecanismos que aporten a la gestión integral de los efluentes agroindustriales, que tenga en cuenta las particularidades y dinámicas de cada rubro, y, sobre todo, que arbitre los medios para la inspección y control. Para ello a continuación se efectúan algunas propuestas de gestión.

Propuestas de gestión de efluentes agroindustriales

A continuación, se presentan propuestas generales y en particular para cada industria con el fin de aportar a la gestión integral de los efluentes en el Valle. Las medidas se diferencian en cuanto a la legislación, tratamientos de efluentes, operaciones generales intra y extra industria y vulnerabilidad y peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo. Finalmente, se mencionan propuestas particulares para cada producción. Las medidas apuntan al desarrollo de políticas de producción más limpia, las cuales permiten desarrollar estrategias ambientales integradas a los procesos y productos a través de los siguientes criterios: evitar, minimizar, reciclar y valorizar los efluentes generados.

En cuanto a la legislación

- ✓ En una primera instancia se recomienda una revisión integral de los parámetros de vuelco, para que sean congruentes con las realidades territoriales de las industrias. Asimismo, se deben rever los cuerpos receptores, ya que la legislación actual no posee parámetros a colectora cloacal y a su vez permite la disposición en capa freática, lo cual debería estar prohibido ya que, de efectuarse, afectará la calidad química del sistema acuífero.
- ✓ Se recomienda iniciar un proyecto de Ley en la Provincia de La Rioja, que abarque la gestión integral de residuos sólidos, efluentes líquidos y emisiones gaseosas en las industrias.
- ✓ Se propone una discusión general de las legislaciones que conciernen a la generación de efluentes industriales, reemplazando o complementando los parámetros de vuelco expresados en concentraciones por valores de cargas contaminantes, que permiten un análisis más profundo de la generación de efluentes asociados a los caudales generados por las industrias.

- ✓ Se recomienda a las autoridades de aplicación, con poder de policía, la fiscalización de las industrias generadoras de efluentes, exigiendo el tratamiento de los efluentes y el cumplimiento de parámetros de vuelco. Estos controles deberían ser con una periodicidad mayor a la anual, debido a la variabilidad y estacionalidad de los efluentes generados por las industrias de la provincia.

En cuanto al tratamiento

A lo largo de la investigación se presentaron las características físico químicas de los efluentes generados en el Valle Antinaco Los Colorados, si bien estas características son diferentes para cada industria, la mayoría presentan valores por encima de los parámetros de vuelco establecidos en la legislación.

En este sentido, se vuelve necesario la aplicación de tratamientos físicos, químicos y biológicos que permitan reducir las concentraciones de elementos no deseados en los efluentes como CE, DBO₅, DQO, compuestos fenólicos y nitrógeno, sin peligro de efectos no deseados (como fitotoxicidad o contaminación de fuentes de agua). A continuación, se proponen acciones que contribuyan a reducir las cargas contaminantes de los efluentes analizados.

- ✓ En las industrias donde no se emplea ningún tratamiento se recomienda al menos un tratamiento primario, que permita reducir el volumen de sólidos generados, lo cual favorecerá en la reducción de otros parámetros.
- ✓ En industrias que ya emplean tratamientos físicos, se recomienda evaluar su eficiencia y la aplicación de tratamientos secundarios y/o terciarios acordes a las características y volúmenes de los efluentes generados.
- ✓ Estudiar los barros sedimentados en las industrias que emplean tratamientos físicos, a fin proporcionar un tratamiento previo a la disposición en campo como compostaje.
- ✓ Lograr un tratamiento de los efluentes líquidos con baja salinidad en algunas industrias (como la de tomate y nuez), permitiría su valorización para riego de cultivos, reemplazando parcialmente el agua de pozo, o bien, reutilizarlo como recurso en el proceso en la instancia de lavado de la fruta.

En cuanto a operaciones generales intra y extra industria

A continuación, se presentan medidas de fácil implementación, y en general de bajo costo; a fin de contribuir a una rápida implementación por parte de las industrias.

- ✓ Priorizar la limpieza mecánica de las superficies sobre la limpieza con agua. Por ejemplo, medidas sencillas como el cepillado de las paredes de los depósitos y de la maquinaria o el barrido del suelo y la posterior recogida de todos los residuos sólidos antes de proceder

al lavado con agua, suponen una reducción importante del volumen de agua a utilizar y de la carga contaminante total del efluente.

- ✓ Disponer de manera diferenciada los residuos extraídos con limpieza mecánica y recolectados dentro de las industrias, a fin de evitar que se dirijan junto a los efluentes. De esta manera se evitarán obstrucciones y el mal funcionamiento de las conducciones y sistemas de tratamiento.
- ✓ Realizar las tareas que requieran lavado con agua a presión o hidrolavadora a fin de utilizar menos agua y favorecer a la merma de caudal generado.
- ✓ Evitar la disposición del efluente en campo cuando se limpian las instalaciones de los tratamientos físicos.
- ✓ Evitar el funcionamiento de grifos y mangueras que erogan agua sin uso.
- ✓ Dosificar correctamente los productos químicos empleados en los procesos productivos para no introducir sustancias que dificulten la aplicación de un proceso biológico.
- ✓ Mantener en funcionamiento los caudalímetros de entrada de agua a la planta. Esto permitirá lograr un registro del consumo del recurso a lo largo de todo el año.
- ✓ En las industrias que emplean un tratamiento físico, se recomienda realizar un mantenimiento de las instalaciones a fin de que cumplan las funciones correctamente (eliminación de sólidos y barros).
- ✓ Instalar cámaras de aforo para efluentes con vertederos calibrados. Esto permitirá obtener valores de caudales instantáneos de cada producción.

En cuanto a la vulnerabilidad y peligro de contaminación del agua subterránea

- ✓ En industrias nuevas que empleen como tratamiento balsas de evaporación, se recomienda acondicionarlas de manera similar a un relleno de seguridad, a fin de controlar y confinar posibles pérdidas y evitar la contaminación al sistema acuífero.
- ✓ Monitorear la presencia de contaminantes o concentraciones por encima de las de fondo natural en agua subterráneas, principalmente en áreas de vulnerabilidad alta y moderada.
- ✓ Realizar mapas de riesgo de la contaminación de acuíferos, incluyendo en el análisis la vulnerabilidad social asociada a las producciones del Valle.
- ✓ Para el emplazamiento de nuevas industrias o balsas, se recomienda trabajar previamente con herramientas que ayuden a tomar decisiones sobre la gestión de los recursos, asociadas al uso de la tierra y el espacio, por ejemplo: análisis multicriterio o sistemas de decisión de soportes espaciales.

Particularidades de las agroindustrias

Como se describió a lo largo de la investigación, los efluentes generados en cada industria son diversos y con distintas particularidades, incluso en industrias del mismo rubro; sujetos a la gestión que se hagan de los mismos. A continuación, se detallan propuestas y recomendaciones particulares observadas en cada industria, más allá de las cuestiones vinculadas al tratamiento de los efluentes ya descritos.

VITIVINÍCOLA

- ✓ Reutilizar el agua que eroga el filtro tangencial para la limpieza de las instalaciones, a fin de evitar el aumento del caudal con agua sin carga contaminante, al igual que el agua del enjuague de botellas.
- ✓ En las industrias que se utilizan filtros de tierra de diatomeas, se recomienda instalar “filtros de residuo seco” a la salida de la filtración de tierras de diatomeas, con el objetivo de evitar que estas lleguen al efluente y evaluando su posterior valorización. Otra opción es reemplazar la tecnología por filtros tangenciales.
- ✓ En la vitivinícola que dispone sus efluentes en cloacas, se recomienda registrar parámetros básicos (pH y CE) previo al ingreso del efluente en el sistema cloacal, a fin de garantizar que el contenido de sales y pH no perjudiquen el sistema de tratamiento de efluentes cloacales.

ACEITERAS

- ✓ Recolectar mecánicamente el alperujo eliminado en la limpieza del decanter y destinarlo a la producción de hueso, evitando el uso de agua para su limpieza.
- ✓ Instalar un sistema de evaporación forzada mediante aspersión sobre las balsas para favorecer la evaporación.
- ✓ En la Aceitera 1 se recomienda redimensionar o rever el diseño de las desgrasadoras con el objetivo de regularizar su funcionamiento y que el efluente llegue a la balsa con menor contenido graso para favorecer su evaporación.
- ✓ En la Aceitera 2 se recomienda separar el alperujo del efluente. Construir desgrasadoras, plantas de sedimentación y balsas de evaporación; con el objetivo de evitar la disposición en suelo.

ACEITUNA DE MESA

- ✓ Minimizar el consumo de agua en la etapa de lavado efectuando un solo lavado por cosedera. De esta manera, para la campaña 2019, se ahorrarían 1.480 m³ de agua que terminan en la balsa y el costo energético del bombeo y su evaporación.

- ✓ Lograr un mayor rendimiento de la salmuera, sobre todo en la etapa de fermentado, con el fin de realizar menos fondos, lo que reduciría las cargas contaminantes generadas.
- ✓ Instalar caudalímetros a las entradas de las cuatro etapas principales del proceso, en especial en la etapa de clasificado y maquinado, donde se dificulta estimar el caudal por volumen. Los caudalímetros de efluentes pueden ser más complejos de mantener por la salinidad, pH, cloruros y otros elementos y compuestos característicos de estos efluentes, como grasas.
- ✓ Separar el efluente de aceituna de mesa del proveniente de aceite de oliva. Si bien este último no fue analizado, las características físico químicas de ambos son muy disimiles, lo cual, dificultaría el tratamiento, a su vez, el sobrenadante de grasa aportado potencialmente por el efluente de aceite de oliva dificulta la evaporación en las balsas.

TOMATE

- ✓ En la limpieza de la pista de descarga se recomienda realizar un barrido en seco, recogida y almacenamiento como residuo sólido para luego limpiar con agua a presión, a fin de disminuir el volumen de agua utilizado.
- ✓ En cuanto al tratamiento primario, se recomienda realizar un mantenimiento de las instalaciones destinadas al tratamiento físico del efluente a fin de que cumplan las funciones correctamente y evitar la colmatación de la pileta de sedimentación (eliminación de sólidos y barros).
- ✓ Reutilizar el agua proveniente de las purgas de la caldera, ya que no contiene compuestos contaminantes.
- ✓ Debido a la relación DBO_5/DQO del efluente, la cual no evidencia un efluente recalcitrante, se recomienda realizar la equalización del efluente y la evaluación de un tratamiento biológico luego del tratamiento primario.

NUEZ

- ✓ Se recomienda detener las líneas productivas, que necesitan agua para su funcionamiento, cuando no se está procesando fruta.
- ✓ Se recomienda efectivizar el tratamiento físico del efluente. Disminuyendo la cantidad de sólidos del efluente, principalmente por el pelón de la fruta, se puede disminuir otros parámetros como DQO y polifenoles, confiriéndole características que lo conviertan en un efluente biodegradable.

CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha logrado dar respuesta al objetivo general de caracterizar los efluentes generados por las agroindustrias del VCALC; y analizar la generación, manejo e implicancias ambientales de los efluentes agroindustriales sobre el recurso hídrico subterráneo y proponer estrategias de gestión integral de los efluentes en el VCALC.

Las agroindustrias estudiadas fueron seleccionadas, según su dimensionamiento y la posibilidad de concretar convenios de colaboración científica que permitieron financiar la investigación. Estas agroindustrias estuvieron vinculadas a las principales producciones del valle: vitivinícolas, olivícolas (aceite y aceituna), tomate y nuez.

Para avanzar en la gestión de los efluentes, se realizó un diagnóstico de la generación y manejo actual de los efluentes agroindustriales en el VCALC. Se detallaron los procesos productivos de cada agroindustria estudiada, identificando entradas y salidas a través de la construcción de diagramas de flujo. Seguidamente se detalló la actual gestión de los efluentes. Ninguna de las agroindustrias estudiadas garantiza la inocuidad de los efluentes generados, si bien algunas poseen un tratamiento primario, ninguna cuenta con tratamientos secundarios o terciarios. Se evidenció que el manejo interno de los efluentes, es diferente entre las agroindustrias de distintos rubros, y también en agroindustrias con procesos y tecnologías equivalentes.

En general, los efluentes agroindustriales del VCALC, presentan cargas orgánicas elevadas, con pH ácidos y básicos, elevadas concentraciones de sólidos y de sales, principalmente de los iones sodio y cloruro. El ion potasio presentó concentraciones elevadas en los efluentes de las agroindustrias olivícolas, por ser un constituyente natural del fruto. Todas las agroindustrias analizadas presentan valores marcadamente superiores a lo exigido por la legislación de la provincia de La Rioja. Las concentraciones más elevadas en la mayoría de los parámetros se registraron en la industria elaboradora de aceituna de mesa mientras que las concentraciones más bajas en la agroindustria asociada al procesamiento de tomate.

A su vez, se destacan las diferencias entre las características de los efluentes generados en agroindustrias del mismo rubro. En el caso de las aceiteras, los pH variaron desde neutros en la Aceitera 2 (6,49) a ácidos en la Aceitera 1 (5), como así también diferencias en la relación DBO₅/DQO que marcaron un efluente con características recalcitrante en la Aceitera 1 (0,34) y otro con características biodegradables en la Aceitera 2 (0,43). En el caso de las vitivinícolas todos los parámetros presentaron diferencias, excepto pH (7,6 Vitivinícola 1 y 7,5 Vitivinícola 2) y la relación DBO₅/DQO (0,35 Vitivinícola 1 y 0,38 Vitivinícola 2).

En cuanto a los caudales, el mayor caudal registrado por día y por campaña es en la industria procesadora de tomate, con 153.402 m³ anuales.; luego le siguen las industrias vitivinícolas

(32.400 m³ año⁻¹ vitivinícola 1 y 12.060 m³ año⁻¹ Vitivinícola 2), la de aceituna de mesa (11.750 m³ año⁻¹), nuez (10.680 m³ año⁻¹) y por último las aceiteras (1.120 m³ año⁻¹ Aceitera 1 y 943 m³ año⁻¹ Aceitera 2). Es necesario remarcar que las industrias vitivinícolas generan un mayor volumen que la elaboradora de aceituna de mesa en un tiempo menor, situación similar con la industria procesadora de nuez. Las industrias elaboradoras de aceite de oliva son las que generan menor caudal.

En resumen, tanto los caudales como las características físico químicas de los efluentes de las agroindustrias analizadas presentan una elevada heterogeneidad, dada no solo por la estacionalidad de los cultivos y las etapas de cada producción, sino también por el manejo y gestión intra y extra industria de sus efluentes. Industrias con procesos y tecnologías similares, generan efluentes diferentes en cantidad y calidad.

Luego de conocer la cantidad y calidad de los efluentes se procedió al cálculo de las cargas contaminantes (CC) y a la construcción del Índice de Intensidad de Generación de Efluentes (IIGE). Al igual que las concentraciones, la industria elaboradora de aceituna de mesa presentó los valores más elevados de CC, superando ampliamente al resto de las agroindustrias. Se destaca que la elaboración de aceituna presentó un volumen de efluente menor en comparación con otras industrias estacionales (11.750 m³ año⁻¹), lo que destaca la importancia de las características físico-químicas de los parámetros analizados en esta industria. Luego de la industria aceitunera, las mayores CC corresponden a la agroindustria procesadora de tomate, que, si bien no presentó valores elevados de los parámetros físico químicos analizados, registró el mayor caudal de todas las agroindustrias analizadas (153.402 m³ año⁻¹). De esta manera, el concepto de CC manifiesta la necesidad de incluir los caudales en el análisis de la generación de efluentes, para obtener diagnósticos que sean representativos de la situación de cada agroindustria y su impacto en el ambiente.

El IIGE propuesto, permitió unificar las estimaciones previas que se realizaron para el diagnóstico de la caracterización de los efluentes agroindustriales: calidad y cantidad de efluentes, unificadas en las CC, y el volumen o masa de producción de cada agroindustria. Los mayores valores del índice, se registraron para la industria elaboradora de aceituna de mesa y del procesamiento de tomate. En el caso del IIGE de caudal, la industria que registra el valor máximo del índice es la procesadora de tomate, generando aproximadamente 8 litros de efluentes por kilo de tomate; y las industrias que menos efluentes generan por unidad de producción son la aceitera 1 (1,18 L L⁻¹), aceituna de mesa (3,17 L kg⁻¹) y vitivinícola 1 (3,41 L L⁻¹).

Las aplicaciones de este tipo de índices permiten identificar puntos críticos para mejorar la calidad y cantidad de los efluentes generados. Por ejemplo, en el caso de la industria procesadora de tomate el índice evidencia que el foco de la gestión debería ser en la disminución de los valores

del caudal y de sólidos sedimentables. En este sentido, se podrían aplicar medidas sencillas que favorecerían la gestión de los efluentes; por ejemplo, mantener en condiciones la planta sedimentadora para que cumpla correctamente su función; y separar agua de las purgas de las calderas del efluente final para su reutilización como limpieza de instalaciones, lo cual colaboraría a disminuir los caudales. En el caso de la industria elaboradora de aceituna de mesa, se debería hacer hincapié sobre las concentraciones de sales. En este sentido se podrían aplicar medidas de reutilización de soda y de las salmueras de fermentado.

En conclusión, el cálculo del IIGE remarca la importancia de incluir otras variables en el diagnóstico de la generación de efluentes, dejando en evidencia que las concentraciones brindan poca información por sí solas, sino se las relaciona a los caudales generados y al volumen o masa de producción de cada agroindustria. A su vez, la aplicación del IIGE permite a las industrias identificar puntos clave para la gestión de sus efluentes, favoreciendo la mejora continua.

En lo que respecta a la evaluación ecotoxicológica, se evaluó la inhibición de la elongación de la raíz y la inhibición de la germinación de un organismo terrestre (*Raphanus sativus*), y la inmovilidad en un organismo acuático (*Daphnia magna*). En rasgos generales, la elongación de la raíz presentó mayor sensibilidad que la germinación de semillas. Dos de las 14 muestras analizadas, no presentaron valores significativos para la germinación, pero sí para la elongación de la raíz. Las etapas de la elaboración de aceituna de mesa fueron las más tóxicas tanto para inhibición de la germinación, como para la inhibición de la elongación radicular, siendo la etapa de fermentado más tóxica que el resto de las etapas. Para el bioensayo de *Daphnia magna*, todas las industrias presentaron concentraciones significativas, siendo también las etapas del procesamiento de aceituna de mesa las más ecotóxicas.

En resumen, la sensibilidad de los organismos, medidos en términos de CE_{50} o CI_{50} , fueron mayores para *Daphnia magna* que para *Raphanus sativus*. En el caso del cladócer, todas las muestras registraron valores de toxicidad.

Se destaca que, para los bioensayos, se evaluaron muestras puntuales de cada agroindustria. Si bien, éstas brindan una aproximación de los potenciales fitotóxicos de los efluentes, no representan su totalidad. Durante el desarrollo de la investigación, se remarcó que las características de los efluentes varían entre industrias del mismo rubro, e incluso dentro de una misma industria, por los tiempos de producción y estacionalidad de los cultivos. Por lo cual, para llegar a conclusiones más robustas sobre la toxicidad de los efluentes, se deben realizar bioensayos de varias muestras que sean representativas de las escalas temporales de los procesos productivos.

Posteriormente, para evaluar el impacto en el recurso hídrico subterráneo, se analizó la vulnerabilidad del sistema acuífero del VICALC por intermedio de la metodología GOD. Se

determinaron tres tipos de vulnerabilidades: baja, moderada y alta. De las 31 agroindustrias mapeadas, 18 se encuentran en áreas de vulnerabilidad moderada, 4 en áreas de vulnerabilidad baja y 3 en áreas de vulnerabilidad alta. Algunas agroindustrias se ubican en zonas de transición entre vulnerabilidades baja y moderada (3 agroindustrias) y entre vulnerabilidades moderada y alta (3 agroindustrias).

En segunda instancia, se calculó el Índice de Carga Contaminante (ICC), considerando la carga contaminante potencial que podría afectar al recurso hídrico subterráneo, a través de los contaminantes cloruro y nitrato. Se evaluaron dos metodologías de evaluación de la carga en base a GOD, una ponderada y otra no ponderada. Para la primera el Índice de Carga Contaminante (ICC) fue “elevado” en la mayoría de las agroindustrias mientras que para el ICC no ponderado el resultado fue “extremo”. Estos valores del ICC podrían disminuirse a través del manejo y gestión de los efluentes, principalmente en medidas que infieran sobre la intensidad de la contaminación y el modo de disposición. Por último, se evaluó el peligro de contaminación del agua subterránea, las dos metodologías resultaron con agroindustrias que se ubican en áreas de peligro moderado-elevado para el ICC ponderado y elevado-extremo para el ICC no ponderado. Más allá de las diferencias, ambas metodologías evidencian que más de 20 agroindustrias (23 ponderado y 24 sin ponderar) del VCALC se localizan en áreas de peligro elevado de contaminación del recurso hídrico subterráneo. Los resultados evidenciaron que las áreas de Vichigasta y Cantinzaco, se encuentran en peligro elevado y extremo de contaminación de agua subterránea e incluso con trabajos que evidencian contaminaciones “consumadas” pero sin determinar su origen a la fecha. Esta situación advierte sobre la necesidad de una gestión integral de los recursos hídricos, que garantice la calidad del recurso, esencial en el desarrollo productivo del VCALC.

Finalmente, se propusieron lineamientos para la gestión de los efluentes en el VCALC. Se focalizaron en cinco temas: legislación, tratamientos de efluentes, operaciones generales intra y extra industria y vulnerabilidad y peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo. Por último, se realizaron medidas particulares para cada agroindustria.

Los diagnósticos de la generación de efluentes agroindustriales deben presentar una sólida metodología en cuanto al muestreo de las características y cantidades generadas, garantizando la representatividad de las características de los efluentes sujetas a las escalas temporales de la producción y estacionalidad de los cultivos. A su vez, es necesario incluir en los diagnósticos, indicadores que permitan simplificar y cuantificar la información, incluyendo en el análisis caudales generados y volúmenes de producción de cada industria. Por otro lado, se debe evaluar el impacto en el ambiente generado por la disposición de los efluentes, sobre todo en los que afectan a los recursos esenciales del territorio, como es el caso del agua subterránea en el VCALC.

De esta manera, la gestión de los efluentes puede ser abordada desde la integralidad, aportando soluciones que sean acordes a la realidad de cada región.

La hipótesis planteada en esta investigación se corrobora ya que los efluentes de las agroindustrias estudiadas en el VCALC poseen características físico químicas con altas cargas orgánicas, pH ácidos y básicos, presencia de sales y compuestos recalcitrantes, superando los límites de regulación legal. La evaluación ecotoxicológica evidenció que los efluentes poseen concentraciones tóxicas para el organismo acuático evaluado, y algunos efluentes, mostraron concentraciones tóxicas para el organismo terrestre. A su vez, el actual manejo de los efluentes pone en peligro elevado y extremo de contaminación al recurso hídrico subterráneo, principalmente en las áreas de Vichigasta y Catinzaco, y como consecuencia, a la sustentabilidad del sistema agroindustrial.

BIBLIOGRAFÍA

- AIH. Vrba, J. y Zaporozec, A. (1994). Guidebook on mapping groundwater vulnerability. Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Vol. 16: 1-131
- Álvaro, J., y Mariana, D. (2014). Situación actual, potencial y perspectivas de la nogalicultura en Argentina. En *Congreso Regional de Economía Agraria. 4. Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. 45. Congreso de Economistas Agrarios de Chile. 19. 2014 10 21-23, 21-23 de octubre 2014. Buenos Aires. AR.*
- Amón, R., Maulhardt, M., Wong, T., Kazama, D., & Simmons, C. W. (2015). Waste heat and water recovery opportunities in California tomato paste processing. *Applied Thermal Engineering*, 78, 525-532.
- Amón, R., Wong, T., Kazama, D., Maulhardt, M., Maulhardt, T., & Simmons, C. W. (2017). Assessment of the Industrial Tomato Processing Water Energy Nexus.
- Andreou, V., Dimopoulos, G., Dermesonlouoglou, E., & Taoukis, P. (2020). Application of pulsed electric fields to improve product yield and waste valorization in industrial tomato processing. *Journal of Food Engineering*, 270, 109778.
- APHA, A. W., Greenberg, W. I. A., Clesceri, L., & Eaton, A. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. *Washington DC American Public Health Association.*
- Aragüés Lafarga, R. (2013). ¿Qué son los retornos de riego? Monográfico Autocontrol de los retornos de riego. Riegos del Alto Aragón. Unidad de Suelos y Riesgos. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Disponible en: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/2448/1/2013_283.pdf
- Auge, 2004 “Hidrogeología Ambiental I”. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento Ciencias Geológicas, Cátedra de Hidrogeología. Buenos Aires. pp 120.
- Asfi, M., Ouzounidou, G., Panajiotidis, S., Therios, I., & Moustakas, M. (2012). Toxicity effects of olive-mill wastewater on growth, photosynthesis and pollen morphology of spinach plants. *Ecotoxicology and environmental safety*, 80, 69-75.
- Aybeke, M. (2018). Genotoxic effects of olive oil wastewater on sunflower. *Ecotoxicology and environmental safety*, 147, 972-981.
- Babić, S., Malev, O., Pflieger, M., Lebedev, A. T., Mazur, D. M., Kužić, A., ... & Trebše, P. (2019). Toxicity evaluation of olive oil mill wastewater and its polar fraction using multiple whole-organism bioassays. *Science of the total environment*, 686, 903-914.

- Báez, M.C.D., Granados, Y.P., & Ronco, A. (2004). 4.2 Bioensayo de toxicidad aguda con *Daphnia magna*. *Ensayos Toxicológicos Y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas*, 52.
- Baker, D., Shepherd, A. W., Jenane, C., & da Cruz, S. M. (2013). Agroindustrias y desarrollo. C. A. Da Silva (Ed.). FAO.
- Barbera, A. C., Maucieri, C., Cavallaro, V., Ioppolo, A., & Spagna, G. (2013). Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. *Agricultural Water Management*, 119, 43-53.
- Beily, M. E. (2015). Caracterización de efluentes de cerdos, con énfasis en biodegradabilidad anaeróbica. Tesis para el título de Magíster en Gestión Ambiental. Instituto tecnológico de Buenos Aires.
- Bianchi, A.R.; Volante, J.R.; Noe, Y.E.; Gonzalez, A.C. (2006). Mapa de distribución geográfica de lluvias en el Noroeste de Argentina. Adhesión al cincuentenario del INTA. Editorial INTA.
- Birame, B., María, S. D. J., Antonio, S. H. J., Mercedes, P. C. M., Amalia, V. C., José, V. S. F., y Domingo, O. C. (2007). Planta industrial de tratamiento de las aguas de lavado provenientes de almazaras. Extraído de <http://www.cyclucid.com/planta-industrial-de-tratamiento-de-las-aguas-de-lavado-provenientes-de-almazaras/>. Fecha de acceso 28/1/2019.
- Blarasin, M., Cabrera, A., Matteoda, E., Felizzia, J., Maldonado, L., Quinodóz, F. N. B., & Albo, J. G. (2014). El agua subterránea y la actividad ganadera-Tambera. Ebook, Editorial UniRío. ISBN 978-987-688-105-0
- Blarasin, M., Degiovanni, S., Cabrera, A. y Doffo, N. (2000). Estudio geoambiental para la selección de sitios aptos para la ubicación de una planta de residuos sólidos urbanos en Río Cuarto, Córdoba.
- Boccia, F., Di Donato, P., Covino, D., & Poli, A. (2019). Food waste and bio-economy: A scenario for the Italian tomato market. *Journal of Cleaner Production*, 227, 424-433.
- Borgo, E., Polenta, G., Juárez, J. y Maldonado, M. (2014). Potential benefit from the recovery of polyphenols of commercial interest from the wastewater of the production of Spanishstyle green olives from the region of Mendoza (Argentina). 8th World Congress on Polyphenols Applications. June 5-6, 2014 - Lisboa, Portugal.
- Borja, R., Raposo, F. y Rincón, B. (2006). Tecnologías de tratamiento de residuos líquidos y sólidos de almazaras de aceite de oliva bifásicas. *Grasas y aceites*, 57 (1), 32-46.

- Boujon, P. y Sancí, R. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero libre en la Cuenca del Arroyo El Cura, Gualeguaychú, Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71 (2): 275-291.
- Brundtland, G. H. (1989). Nuestro futuro común. En Ponencias y comunicaciones: Congreso internacional de tecnologías alternativas de desarrollo (pp. 7-8). Servicio de Extensión Agraria. Publicaciones.
- Cabezas, J. E. (2011). La aceituna de mesa: nociones sobre sus características, elaboración y cualidades. Aceituna de Mesa Fundación para el Fomento y Promoción.
- Cando Pacheco SS. y Fernández Arguelles, LR. (2018). Análisis y evaluación de impactos ambientales. Cáp 4. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. ISBN: 978-9942-35-465-5.
- Caputo, M.C., De Girolamo, A.M. y Volpe, A. (2013). Soil amendment with olive mills wasted. Impact to groundwater. *Journal Environmental Management*. Vol. 131, pp. 216-221.
- Carande Rodríguez, L. (2019). Economía circular: posibilidades de desarrollo en la Unión Europea y en España.
- Carducci, P.; Castellanos, J.; Ceballos, L.; Císero, A.; Der Meguerditchian, M.; Gil, W.; Lomazzi, S.; Maldonado, N; Marcev, R.; Molina, C; Nigro, C.; Rodríguez Reta, A.; Ruhl, A.; Stein, M.; y villamor, M. (2018). Manual de plantas depuradoras. Vol. 1: Caracterización de efluentes: ensayos físicos y químicos. - 1a ed. - ISBN 978-987-29750-7-4. Agua y Saneamientos Argentinos S.A. - AySA S.A.
- Castillo, G. (2004). Ensayos ecotoxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. IMTA, México.
- Cendrero, A. (1997). Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. *Naturzale*, 12, 5-25.
- Censo Nacional Agropecuario. (2018). Ministerio de Economía. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Disponible en: https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_definitivos.pdf
- Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 13(1).
- Christ, K. L., y Burritt, R. L. (2013). Critical environmental concerns in wine production: an integrative review. *Journal of Cleaner Production*, 53, 232-242.

- Chungcharoen, T., & Srisang, N. (2020). Preparation and characterization of fuel briquettes made from dual agricultural waste: Cashew nut shells and areca nuts. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120434.
- COI (2018). Informe del Consejo Oleícola Internacional. Newsletter International Olive Council N°131.
- Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas CEE. (2014) Convenio sobre la protección y utilización de los cursos de agua transfronterizos y de los lagos internacionales. Guía para la Implementación del Convenio sobre el Agua.
- Comunicación personal. Jorge Olmedo – Jefe de Planta. 21 de enero de 2022.
- Costa, M. y Minetti, J.L. (2001). El agua: una limitante de la agricultura en La Rioja. Avances de la producción vegetal del NOA (1998 – 2001). Pág. 146-152.
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1976). Hidrología subterránea (Vol. 1). Barcelona: Omega.
- Da Ros, C., Libralato, G., Ghirardini, A. V., Radaelli, M., & Cavinato, C. (2018). Assessing the potential phytotoxicity of digestate from winery wastes. *Ecotoxicology and environmental safety*, 150, 26-33.
- Davis, S. y De Wiest, R. (1971). Hidrogeología. Barcelona: Ediciones Ariel.
- De los Santos, B., Brenes, M., García, P., Aguado, A., Medina, E., & Romero, C. (2019). Effect of table olive wastewaters on growth and yield of cucumber, pepper, tomato and strawberry. *Scientia Horticulturae*, 256, 108644.
- Duek, A. E., y Fasciolo, G. E. (2014). Uso de agua en industrias de elaboración de conservas de tomate y de durazno de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 46(1), 59-72.
- Elabdouni, A., Haboubi, K., Merimi, I., & El Youbi, M. S. M. (2020). Olive mill wastewater (OMW) production in the province of Al-Hoceima (Morocco) and their physico-chemical characterization by mill types. *Materials Today: Proceedings*, 27, 3145-3150.
- FAO (2019). Base de datos FAOSTAT disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/TP>. Ultimo acceso: 11/3/2021.
- Fernández, A. G., Balbuena, M. B., & García, P. G. (1992). Tratamiento de salmueras de fermentación de aceitunas verdes. *Grasas Aceites*, 43(5), 291-298.

- Fernández, B., Seijo, I., Ruiz-Filippi, G., Roca, E., Tarenzi, L., & Lema, J. M. (2007). Characterization, management and treatment of wastewater from white wine production. *Water science and technology*, 56 (2) 121-128
- Fernández, D., y Daniel y Varsavsky, A. L. (2005). Prevención de la contaminación, producción más limpia y ecoeficiencia: Desde la remediación hacia la prevención.
- Filippin, AJ. (2009). Un estudio de caso: La gestión de residuos y efluentes para una planta productora de aceite de oliva. Editorial Científica Universitaria. Universidad Nacional de Catamarca.
- Flores, L., García, J., Pena, R., & Garfí, M. (2020). Carbon footprint of constructed wetlands for winery wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 156, 105959.
- Fresta, P. (2016). Evaluación de peligrosidad de contaminación potencial del agua subterránea por fuentes puntuales. Proyecto Final de Licenciatura. Universidad Nacional de Fasta.
- Foster, S.S.D., e Hirata, R.C.A. (1988). Groundwater pollution risk assessment; a methodology using available data. In *Groundwater pollution risk assessment; a methodology using available data* (pp. 86-86).
- Foster, S.S.D. e Hirata R.C.A. (2002). Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., Delia, M., & Paris, M. (2003). Protección de la calidad del agua subterránea. Banco Mundial.
- Gabutti, E. G. (2007). Cronología ambiental (actualizada). Centro de gestión Ambiental, Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Argentina. Consultado en: https://www.researchgate.net/publication/228916624_CRONOLOGIA_AMBIENTAL (5/4/21)
- Gallopín, G. C. (1991). Human dimensions of global change-linking the global and the local processes. *International social science journal*, 43(4), 707-718.
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. (C. E. (CEPAL), Ed.) Serie Medio Ambiente y Desarrollo (Nº 64).
- Garcia, J.W. (2011). Captación de aguas subterráneas para riego en olivares en la zona de Catinzaco, Chilecito, La Rioja, República Argentina. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Captación y Modelación de Agua Subterránea Salta, Argentina, 2011 ISBN: 978-987-23936-8-7. Pág. 181-186.

- García, R. (2006). *Sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa, 202.
- Ginos, A., Manios, T., & Mantzavinos, D. (2006). Treatment of olive mill effluents by coagulation–flocculation–hydrogen peroxide oxidation and effect on phytotoxicity. *Journal of hazardous materials*, 133(1-3), 135-142.
- Gohil, A., y Nakhla, G. (2006). Treatment of tomato processing wastewater by an upflow anaerobic sludge blanket–anoxic–aerobic system. *Bioresource technology*, 97(16), 2141-2152.
- Gómez Órea, D. y De Miguel, C. (1994). *Auditoría Ambiental. Un instrumento de gestión de la empresa*. Agrícola Española, Madrid. ISBN: 84-85441-32-X.
- González, G., Navarro, A., Borbón, L. D., Albornoz, L., & Hidalgo, A. (2003). Caracterización química de efluentes de bodegas, Mendoza (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 35(1).
- González, N., Hernández, M.A. y Vilela, C.R. (1986). *Léxico Hidrogeológico*. La Plata. CICPBA Publicación especial.
- Gudynas, E. (2003). *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Cap. 2.
- Guimarães, R. P., y Fontoura, Y. S. D. R. D. (2012). ¿Rio+ 20 ou Rio-20?: crônica de um fracasso anunciado. *Ambiente & Sociedade*, 15(3), 19-39.
- RC/IMTA. 2004. *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones*. Editado por Gabriela Castillo.
- FAO - Extraído de <http://www.fao.org/docrep/w5800s/w5800s12.htm>
- Hayek, T. F. M. (2012). Diálogos entre a contracultura, o meio ambiente e o desenho animado: The bear that wasn't (o urso que não foi). Disponible en: <http://copec.eu/congresses/shewc2012/proc/works/075.pdf> .
- Hidalgo Togores, J. (2011). *Tratado de enología*. 2da Edición. Editorial Mundi Prensa. ISBN 9788484764144.1823 p.
- Hirzel, D. R., Steenwerth, K., Parikh, S. J., & Oberholster, A. (2017). Impact of winery wastewater irrigation on soil, grape and wine composition. *Agricultural Water Management*, 180, 178-189.
- Iaquinta, M., Stoller, M., & Merli, C. (2006). Development of synthetic wastewater from the tomato industry for membrane processing purposes. *Desalination*, 200(1-3), 739-741.
- Iaquinta, M., Stoller, M., & Merli, C. (2009). Optimization of a nanofiltration membrane process for tomato industry wastewater effluent treatment. *Desalination*, 245(1-3), 314-320.

- IDEAM (2007). Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales. *Toma de muestras de Aguas Residuales*, vol. 3, p. 1-17. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, República de Colombia.
- Ilay, R., Kavdir, Y., & Sümer, A. (2013). The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85, 254-259.
- Informe Productivo Provincial, La Rioja. (2018). Ministerio de Hacienda. Presidencia de la Nación. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_productivo_la-rioja.pdf (Ultima consulta: 17/8/21)
- INTA (2009). Cáseres, R., Novello, R., y Robert, N. Análisis de la cadena de olivo en Argentina. Ediciones INTA. Proyecto específico 2742.
- Isik, Z., Arıkan, E. B., Ozay, Y., Bouras, H. D., & Dizge, N. (2020). Electrocoagulation and electrooxidation pre-treatment effect on fungal treatment of pistachio processing wastewater. *Chemosphere*, 244, 125383.
- Jahanban-Esfahlan, A., Ostadrahimi, A., Tabibiazar, M., & Amarowicz, R. (2019). A comprehensive review on the chemical constituents and functional uses of walnut (*Juglans* spp.) Husk. *International journal of molecular sciences*, 20(16), 3920.
- Juarez, J.A., Miguel, R.E, Ladux, J.L. y Matias, C. (2016) Aportes para la producción más limpia de aceituna de mesa en el Departamento de Arauco, La Rioja.
- Kopsidas, G. C. (1992). Wastewater from the preparation of table olives. *Water research*, 26(5), 629-631.
- Leff, E. (2006). Aventuras de la Epistemología Ambiental. De la Articulación de las Ciencias al Diálogo de Saberes. Siglo XXI Editores.
- Leopold, A. (1949). A Sand County Almanac and Sketches Here and There. Londres: Oxford University Press.
- Lexow, C., Di Martino, C., Lafont, D., Albouy, R., y Marcos, Á. (2016). Identificación y cuantificación de la carga contaminante al acuífero freático en la localidad de Monte Hermoso. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (37), 37-44.
- Luján-Facundo, M. J., Mendoza-Roca, J. A., Soler-Cabezas, J. L., Bes-Piá, A., Vincent-Vela, M. C., Cuartas-Uribe, B., & Pastor-Alcañiz, L. (2020). Management of table olive processing wastewater by an osmotic membrane bioreactor process. *Separation and Purification Technology*, 248, 117075.

- Luzzani, G., Lamastra, L., Valentino, F., y Capri, E. (2020). Development and implementation of a qualitative framework for the sustainable management of wine companies. *Science of The Total Environment*, 759, 143462.
- Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., & Becker, K. (1993). Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(2), 161-165.
- Martins, R., Beatriz, A., Santaella, S. T., y Lotufo, L. V. C. (2009). Ecotoxicological analysis of cashew nut industry effluents, specifically two of its major phenolic components, cardol and cardanol. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(3), 363-368.
- Massone, H., Corleto, B., Albornoz, D., Lima, L., Pertini, I., Damiano, F., y Fresta, P. (2016). Inventario de fuentes puntuales de contaminación potencial del agua subterránea: caso de estudio Mar del Plata.
- Matías, A. C. (2010). Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina (No. 634.63). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina).
- Meadows, D.H., D.L. Meadows, J. Randers y W.W. Behrens III. (1972). Los límites del crecimiento. Fondo Cultura Económica, México.
- Mekki, A., Dhouib, A., Aloui, F., & Sayadi, S. (2006). Olive wastewater as an ecological fertiliser. *Agronomy for Sustainable Development*, 26(1), 61-67.
- Mérida, S. y Tores, L. (2011). Riesgo de contaminación del agua subterránea en el Valle de Tulúm – Provincia de San Juan.
- Miguel, R.E. (2015) Diagnóstico de los recursos hídricos en la cuenca Antinaco-Los Colorados, La Rioja, Argentina. Aportes para tender a su gestión integrada. Tesis de Diplomatura en Gestión Integrada de Recurso Hídricos. Instituto sobre el Agua, Ambiente y Salud de la Universidad de las Naciones Unidas. 45 p.
- Miguel, R. E.; Tálamo, E; Cristos, D; Gonzalez Ribot, J; Chayle, L. (2016). Análisis y evolución del proceso de salinización del sistema acuífero Antinaco – Los Colorados en las colonias Vichigasta y Cantinzaco, La Rioja. Argentina.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina (MAGyP). (2020). La Producción de tomate en Argentina, diciembre 2020. Dirección de producción agrícola.
- Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas. (2018) Presidencia de la nación. Informes productivos provinciales. Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Microeconómica (SSPMicro).

- Mohod, A. T. U. L., Jain, S. U. D. H. I. R., y Powar, A. G. (2011). Cashew nut processing: Sources of environmental pollution and standards. *BIOINFO Environment and Pollution*, 1(1), 5-11.
- Nayak, A., Bhushan, B., & Rodriguez-Turienzo, L. (2018). Recovery of polyphenols onto porous carbons developed from exhausted grape pomace: A sustainable approach for the treatment of wine wastewaters. *Water research*, 145, 741-756.
- OECD (1993). Report N°. 83 (39 pp.). Date of reference: February 1st of 2015. Organization for Economic Cooperation and Development. Recovered from <http://enrin.grida.no/htmls/armenia/soe2000/eng/oecdind.pdf>.
- Oki, T., y Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *science*, 313(5790), 1068-1072.
- Oleaga, A., Pacheco, F., y Puig, L. (2004). Guía para medición de caudales de efluentes industriales. *Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo, Uruguay*.
- OMS (2006). Fawell, J. K., Magara, Y., Gidding, M., Ohanian, E., & Tof, P. (2006). Guías Para La Calidad Del Agua Potable-Primer Apéndice.
- ONUDI. (2010). Introducción a la producción más limpia. Manual de producción más limpia. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Extraído de https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf
- Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., Gonzalez Delgado, M. N., Rodriguez Vidal, F. J., & Alfayate Blanco, J. M. (2003). Contaminación ambiental: Una visión desde la química. Paraninfo.
- Ortega Santillana, G.S. (2014). Instructivo de medición de caudal. Laboratorio de calidad ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Disponible en: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_MEDICION_DE_CAUDAL_ANEXO_INF.CORREGIDO_Guliana.pdf
- Osella, A.M.; Pomposiolo M.C.; Mamani, C. y Maidana, A. (1994) Description of the shallow layers at Antinaco-Los Colorados Valley, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 8, No. 1, Pág. 117-122
- Osella, A.M; Favetto, A.; Martinelli, P. y Cernadas, D. (1999). Electrical imaging of an alluvial aquifer at the Antinaco-Los Colorados tectonic valley in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of Applied Geophysics* 41 _1999. Pág. 359-368.

- Paladino, S. (2008). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis de maestría en alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.
- Papadaki, E., & Mantzouridou, F. T. (2016). Current status and future challenges of table olive processing wastewater valorization. *Biochemical engineering journal*, 112, 103-113.
- Parinos, C. S., Stalikas, C. D., Giannopoulos, T. S., & Pilidis, G. A. (2007). Chemical and physicochemical profile of wastewaters produced from the different stages of Spanish-style green olives processing. *Journal of hazardous materials*, 145(1-2), 339-343.
- Pasculli, M., y Plaza, G. D. C. (2002). Evaluación del desempeño ambiental de una bodega de Cafayate. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 5, 2001. ISSN 0329-5184 01.
- Plaza, G., & Pasculli, M. N. (2001). Actividad vitivinícola y ambiente. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 5.
- Phino, I. A., Lopes, D. V., Martins, R. C., & Quina, M. J. (2017). Phytotoxicity assessment of olive mill solid wastes and the influence of phenolic compounds. *Chemosphere*, 185, 258-267.
- Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M. A., & Gianfreda, L. (2006). Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biology and biochemistry*, 38(3), 600-610.
- Pérez Saenz, D. (2012). Diseño de una EDAR para la industria de conserva de tomate. Trabajo fin de estudios. Universidad de La Rioja. Escuela técnica superior de ingeniería industrial.
- Poblete, M.A. y Guimaraes R.E. (2006). Evaluación hidrogeológica de los acuíferos explotados en la cuenca Antinaco-Los Colorados. INA-CRAS. p 28.
- Polenta, G. (2016). 1.1 El aprovechamiento de subproductos como estrategia para la prevención de pérdidas y desperdicios en alimentos. En *Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad*. ISBN: 978-987-42-1627-4. Pp. 13-16.
- PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). Informe sobre desarrollo humano 2015. Nueva York, Estados Unidos: Communication Developments, Incorporated, Washington, D. C.

- Rocca, J.A. (1975). Investigación del agua subterránea en el Valle Antinaco-Los Colorados, Provincia de La Rioja. Publicación N° P-067. INA CRAS. Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano, Subsecretaría de Recursos Hídricos. pp. 350.
- Rosa, C. (1998). Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante. La Habana, Cuba: CIGEA.
- Saavedra, J. F. E. (2001). Proyección Ideológica del Debate Entorno al Medio Ambiente. Inicio, 21(1), 135-153.
- Saez, J. A., Perez-Murcia, M. D., Vico, A., Martinez-Gallardo, M. R., Andreu-Rodriguez, F. J., Lopez, M. J., ... & Moral, R. (2021). Olive mill wastewater-evaporation ponds long term stored: Integrated assessment of in situ bioremediation strategies based on composting and vermicomposting. *Journal of Hazardous Materials*, 402, 123481.
- Sierra, J., Martí, E., Garau, M. A., & Cruañas, R. (2007). Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater: field experiment. *Science of the total environment*, 378(1-2), 90-94.
- Sobrero, M. C., Ronco, A. (2004). 4. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga. *Ensayos Toxicológicos Y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas*, 31.
- Sophocleous, M. (2002). Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology journal*, 10(1), 52-67.
- Sosic, M. (1971). Descripción hidrogeológica del Valle de Antinaco-Los Colorados, prov. de La Rioja. Buenos Aires. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 123. 51 pp.
- Sousa, R. M. O., Amaral, C., Fernandes, J. M., Fraga, I., Semitela, S., Braga, F., ... & Sampaio, A. (2019). Hazardous impact of vinasse from distilled winemaking by-products in terrestrial plants and aquatic organisms. *Ecotoxicology and environmental safety*, 183, 109493.
- Tálamo, E. (2017). Informe Técnico Pozo N°2 Campo 3 de Finca Aimurai. Vichigasta - Departamento de Chilecito, Provincia de La Rioja. Septiembre, 2017. CONHIDRO S.R.L.
- Truhaut, T. (1977). Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1: 151-173.
- Ugarte, S., Fernández Llano, J., Arreghini, M., Denita, L., y Herrero, C. (2000). Parámetros de diseño para el tratamiento biológico aerobio de efluentes de la industria vitivinícola. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4.
- USEPA (1975). Methods for estimating parameters of effluents and receiving water. Ecol Res Ser. EPA-660/3-75-009. Environmental Protection Agency. USA

-USEPA (1996). Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1010. Aquatic Invertebrate Acute Toxicity Test. Freshwater Daphnids. EPA 712-C-96-114. Environmental Protection Agency. USA

- Victoria, J. (1962). Capítulo 4: Provincia geológica de los bolsones de los llanos occidentales” Editor: Victoria, J. “Evaluación de los recursos naturales de la Argentina, Recursos Hidráulicos Subterráneos” Consejo Federal de Inversiones 55-73. Buenos Aires. Editorial CFI.

- Vidyarthi, S. K., & Simmons, C. W. (2020). Characterization and management strategies for process discharge streams in California industrial tomato processing. *Science of The Total Environment*, 723, 137976.

-Young, B. J., Riera, N. I., Beily, M. E., Bres, P. A., Crespo, D. C., & Ronco, A. E. (2012). Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76, 182-186.

-Young, B. J., Rizzo, P. F., Riera, N. I., Della Torre, V., López, V. A., Molina, C. D., ... & Sánchez, A. (2016). Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure. *Waste management*, 54, 101-109.

- Xu, Z., Nakhla, G., & Patel, J. (2016). Characterization and modeling of nutrient-deficient tomato-processing wastewater treatment using an anaerobic/aerobic system. *Chemosphere*, 65(7), 1171-1181.

- Xu, Z., y Nakhla, G. (2006). Pilot-scale demonstration of pre-fermentation for enhancement of food-processing wastewater biodegradability. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 81(4), 580-587.

Páginas web:

-Consejo Oleícola Internacional (COI). www.internationaloliveoil.org

-Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). www.inv.gov.ar

-Servicio Meteorológico Nacional (SMN). www.smn.gob.ar

-Convertor de coordenadas <http://sumapa.com/>

ANEXO 1

ANTECEDENTES DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

A continuación, se exponen las tablas con los trabajos antecedentes de las características físico químicas de los efluentes generados en las distintas producciones estudiadas. Primero se presentan los antecedentes para bodega, luego para aceite de oliva y aceituna de mesa y finalmente para tomate.

I. Antecedentes de las características físico-químicas de efluentes de bodega

Autor	Pr.	pH	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	CE (µS/cm)	SS 10 min (ml/l)	SS 2 hr (ml/l)	ST (mg/l)	SD (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fen. (mg/l)
Ugarte, N. 2000	Ve.	5,3	7.600	10.330	1.670	12	10	5.600	4.900	-	125	11	86,3	-	-	-	-
	Vin.	6	5.400	9.170	1.820	26	10	3.900	5.880	-	140	8	110	-	-	-	-
	Est.	7,2	1.840	2.800	4.950	7	7	4.200	3.810	-	190	5	490	-	-	-	-
	Emb	11,6	270	560	4.950	7	7	1.280	890	-	107	-	610	-	-	-	-
Fernández et al. 2007	Ve.	-	5.200	9.300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vin.	-	4.400	6.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Est.	-	4.000	8.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Emb	-	4.300	8.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plaza, G. 2001	Ge.	5,28	255	1051	600	1,4	2,6	340	-	28	54	2,3	-	-	-	-	-
Hirzel, D. 2016	Ge.	7,4-9	-	-	428-2.380	-	-	-	-	-	-	2,53-12	134-424	24,9-28,9	109-129,6	20,9-36,1	-
Nayak et al. 2018	Ge.	3,8	-	182.450	-	-	-	127.000	120.000	-	-	-	-	-	-	-	856

Pr: procesos, Ve: Vendimia, Vin: vinificación, Est: estabilización, Emb: embotellado, Ge: general, Fen: fenoles

II. Antecedentes de las características físico-químicas de efluentes de aceite de oliva

Autor	pH	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	CE (μS/cm)	ST (mg/l)	SV (mg/l)	SO₄²⁻ (mg/l)	Cl⁻ (mg/l)	N (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fenoles (mg/l)	% Graso
Caputo, MC. 2013	4,8	-	-	7.900	-	-	-	-	700	-	7.000	-	10,6	-
Dermeche, S. 2012	2,4- 5,9	30.000- 132.000	30.000- 320.000	5.500- 10.000	25.000- 30.000	42.000	-	-	0,63%	0,15%	0,44- 5,24%	0,42- 1,15%	0,63- 5,45%	-
Birame, B. 2007		2.000- 16.000	5.000- 25.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borja, R. 1992	4,5-5	90.000- 100.000	120.000- 130.000	-	120.000	105.000	-	-	-	-	-	-	-	-
Romero, Q. 2001	5,9	-	10.000- 80.000	-	4.998	-	-	-	-	50,6	1.144	486	2.500	0,10
Martinez Nieto, L. 2001	5-6,6	-	2.002- 5.196	1.870- 2.280	-	-	413- 511	554- 2552	-	-	-	-	163-486	0,29
Elabdouni et al., 2020	4,7- 4,5	73.600- 44.300	171.200- 93.600	17.500 - 16.200	-	-	-	5.700- 7.500	480- 440	-	-	-	4.300	1.200- 380 (mg/l)

III. Antecedentes de las características físico-químicas de efluentes de aceituna de mesa verde

Autor	Proceso	pH	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	CE (µS/cm)	SST (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	N (mg/l)	Na (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Grasa (g/l)
Parinos et al., 2007	Q	12,9	3.115	9.390	11.130	-	-	-	-	211	-
	L	11,5	4.640	13.630	10.170	-	-	-	-	446	-
	F	4,3	6.050	18.910	53.100	-	-	-	-	128	-
Kopsidas, 1992	Q	12-13,2	4.800-6.600	12.000-16.200	-	-	0,6	-	-	-	-
	L	7,2-11,5	100-5.200	300-13.200	-	-	0,6	-	-	-	-
	F	6-9	200-1.000	600-2.600	-	-	36.400-48.500	-	-	-	-
Papadaki, 2016	Q	12,1	9.500	18.800	12.100	2.030	320	580	-	1.780	-
	L	10	11.000	16.100	10.200	70	300	-	-	2.320	-
	F	4	10.600	15.900	81.400	810	49.100	320	-	2.780	-
Fernández et al. 1992	F	3,6-4,3	14.000-18.000	16.000-26.000	-	-	-	-	-	1.800-4.000	-
	G	3,8-11,5	500-2.700	800-5.800	-	-	-	-	-	-	100-1.400
AINIA, 1993	G	4,7	2.600	7.000	17.900	-	-	250	-	-	400
Lujan Facundo, 2020	F	5,5	-	8.050	34.400	-	13.200	138	11.000	-	-

Q: quemado, L: lavado; F: fermentado; G: general

IV. Antecedentes de las características físico-químicas de efluentes del procesamiento de tomate

Autor	pH	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	CE (µS/cm)	ST (mg/l)	SV (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	N (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)
Xu, Z. 2006	-	1.880	4.920	-	1.310	900	-	-	131	-	-	-
Iaquinta, 2006	6,6	-	1.200	2.560	-	-	87	455	-	418	78	138
Perez Saenz, 2012	6,8	592	884	2.750	-	-	-	-	10,5	-	-	-
Gohil y Nakhla, 2006	5,6	-	4.507	-	1.380	763	-	-	151	-	-	-

ANEXO 2

CÁLCULO DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD AMBIENTAL

En el presente anexo se detallan los valores de cada variable que componen al cálculo del nivel de complejidad ambiental, según las agroindustrias analizadas. En una primera instancia se resumen las variables y valores y finalmente se presenta el resultado final del NCA.

Vitivinícola 1

Efluentes y residuos: borras, escobajos, orujo, agua de lavado con aditivos, tierra de diatomeas, emisiones de CO₂ en proceso de fermentación, emisiones de calderas. Tipo 2. Valor asignado 6.

Rubro: Elaboración de vinos y sidras. Grupo 2. Valor asignado 5.

Riesgo: aparatos sometidos a presión, acústico, sustancias químicas y de incendio. Valor asignado 4.

Dimensionamiento:

Cantidad de personal: entre 151 y 500 personas. Valor asignado 3

Potencia instalada: entre 100 y 500 HP. Valor asignado 2

Relación entre su cubierta y total: $23930 \text{ m}^2 / 27290 \text{ m}^2 = 0,87$. Valor asignado 2.

Localización:

Zona urbana. Valor asignado 2.

Infraestructura: carece de gas. Valor asignado 0,5.

I. Nivel de Complejidad Ambiental – Vitícola 1

Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Industria de bebidas, elaboración de vinos	5
ER	<i>Gaseosos:</i> Emisiones de calderas (gasoil) <i>Sólidos:</i> trapos empapados en aceites, envases de agroquímicos, materiales de laboratorio. <i>Líquidos:</i> líquidos que requieren más de un tratamiento	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Sustancias químicas Acústico Incendio	4
Di	Cantidad de personal: entre 151 y 500 personas Potencia instalada: 100 y 500 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $23930 \text{ m}^2 / 27290 \text{ m}^2 = 0,87$	7
Lo	Zona: urbana residencial Infraestructura: carece de red de gas	2,5
Total	Segunda Categoría	24,5

Vitivinícola 2

Efluentes y residuos: borras, escobajos, orujo, agua de lavado con aditivos, tierra de diatomeas, emisiones de CO₂ en proceso de fermentación. Tipo 2. Valor asignado: 6 puntos.

Rubro: Elaboración de vinos y sidra. Grupo 2. Valor asignado: 5 puntos.

Riesgo: acústico, incendio, aparatos sometidos a presión y sustancias químicas de laboratorio. Valor asignado: 4 puntos.

Dimensionamiento:

Cantidad de personal: la industria se organiza por turnos de 12 hs, en época de molienda son 10 y el resto del año son 4 personas las que trabajan en planta. La ley establece 0 puntos para las industrias que posean menos de 15 personas trabajando.

Potencia instalada: 636,6 HP. Mayor de 500 HP. Valor asignado 3 puntos.

Relación entre su cubierta y total: $1.925\text{m}^2 / 65.275\text{m}^2 = 0,02$. Hasta 0,2 valor 0.

Localización:

Zona rural. Valor asignado: 1 punto.

Infraestructura: carece de gas, cloacas y agua. Valor asignado 1,5 puntos.

II. nivel de complejidad Ambiental – Vitícola 2

Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Elaboración de vinos y sidra.	5
ER	<i>Gaseosos</i> : componentes naturales del aire <i>Sólidos</i> : orujos y borras, escobajos, tierra de diatomeas <i>Líquidos</i> : líquidos que requieren más de un tratamiento	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Acústico Sustancias químicas Incendio	4
Di	Cantidad de personal: Hasta 15 personas Potencia instalada: más de 500 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $1925\text{ m}^2 / 65275\text{ m}^2 = 0,02$	3
Lo	Zona: rural Infraestructura: carece de red de gas, agua y cloacas	2,5
Total	Segunda Categoría	20,5

Aceite de oliva 1

Rubro: Elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal. Grupo 2. Valor asignado: 5 puntos.

Riesgo: acústico, incendio, aparatos sometidos a presión y sustancias químicas de laboratorio. Valor asignado: 4 puntos.

Dimensionamiento: Potencia instalada: 636,6 HP. Mayor de 500 HP. Valor asignado: 3 puntos.

III. potencia instalada por sector y equipos

Potencia instalada		
Sector	Kw	HP
Patio de recepción	26,63	35,71
Extracción	272,67	365,65
Almacenamiento	35	46,94
Equipo	Kw	HP
Bomba - pozo de agua	74,77	100
Bomba de agua fabrica	7,47	10
Bomba autocebante (efluentes)	4,1	5,5
Compresor	5,6	7,5
Bomba jockey (contra incendios)	4	5,3
Electrobomba (contra incendios)	45	60

Cantidad de personal: la industria se organiza por turnos de 12 Hs, en época de molienda son 10 y el resto del año son 4 personas las que trabajan en planta. La ley establece 0 puntos para las industrias que posean menos de 15 personas trabajando.

Relación entre superficie cubierta y total: $7115 \text{ m}^2/50000 \text{ m}^2 = 0,14$. Hasta 0,2 valor asignado: 0 puntos.

Localización:

Zona rural. Valor asignado: 1 punto

Infraestructura: carece de red de gas, cloacas y agua. Valor asignado: 1,5 puntos

IV. Nivel de Complejidad Ambiental – Aceitera 1

Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal.	5
ER	<i>Gaseosos:</i> Emisiones de calderas (gasoil) <i>Sólidos:</i> alpeorujos y borras, tierra de diatomeas, barros de las cámaras de sedimentación, orujo de la deshuesadora. <i>Líquidos:</i> líquidos que requieren más de un tratamiento	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Acústico Sustancias químicas Incendio	4

Di	Cantidad de personal: Hasta 15 personas Potencia instalada: más de 500 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $7.115 \text{ m}^2 / 50000 \text{ m}^2 = 0,2$	3
Lo	Zona: rural Infraestructura: carece de red de gas, cloacas y agua	2,5
Total	Segunda Categoría	20,5

Aceite de oliva 2

Efluentes y residuos: alpeorujos y borras, agua de lavado sin aditivos, tierra de diatomeas, barros, orujo de la deshuesadora, emisiones de calderas accionada con carozos de aceituna. Tipo 2. Valor asignado 6.

Rubro: Elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal. Grupo 2. Valor asignado 5.

Riesgo: aparatos sometidos a presión, acústico, sustancias químicas y de incendio. Valor asignado 4.

Dimensionamiento:

Cantidad de personal La industria realiza dos turnos de 12 horas. En época de molienda son 7 operadores y el resto del año 4 (2 por turno). Se le suman 3 en laboratorio y 5 administrativos. Hasta 15. Valor asignado 0

Potencia instalada: 235 HP. Valor asignado 2

Relación entre su cubierta y total: $3.100/10.000=0,3$. Valor asignado 1

Localización:

Zona rural. Valor asignado 1.

Infraestructura: carece de gas, agua y cloacas. Valor asignado 1,5.

V. Nivel de Complejidad Ambiental – Aceitera 2

Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal.	5
ER	<i>Gaseosos:</i> Emisiones de calderas (gasoil) <i>Sólidos:</i> alpeorujos y borras, tierra de diatomeas, barros, orujo de la deshuesadora. <i>Líquidos:</i> líquidos que requieren más de un tratamiento	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Acústico Sustancias químicas Incendio	4
Di	Cantidad de personal: Hasta 15 personas Potencia instalada: de 101 a 500 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $10000 \text{ m}^2 / 3.100 \text{ m}^2 = 0,3$	3
Lo	Zona: rural Infraestructura: carece de red de gas, agua y cloacas	2,5
Total	Segunda Categoría	20,5

Nuez

Efluentes y residuos: agua de lavado sin aditivos (con restos de pelón), barros de las cámaras de sedimentación. Tipo 2. Valor asignado 6.

Rubro: Elaboración de sémolas y tortas de origen vegetal, incluso nueces. Grupo 2. Valor asignado 5.

Riesgo: aparatos sometidos a presión (tres redes de fluido: agua, aire y gas), sustancias químicas (fosforo de aluminio y sipertrin), acústico y de incendio. Valor asignado 4.

Dimensionamiento:

Cantidad de personal: permanente 53 (45 masculinos y 8 femeninos) temporarios 190 (5 masculinos y 185 femenino) Se considerará entre 151 y 500 ya que los operarios temporales operan durante el período de mayor producción de efluentes. Valor asignado 3.

Relación entre su cubierta y total: $6.427 \text{ m}^2/48.300 \text{ m}^2 = 0,13$ Valor asignado 0.

Potencia instalada: 1.692 HP. Mayor a 500 HP. Valor asignado 3.

VI. Potencia instalada por sector y equipos			
Potencia total Instalada en Planta Industrial (HP)			
Unidad	Detalle	Potencia unitaria	Potencia total
3	Despilonadoras	80	240
8	Hornos chicos	40	320
4	Hornos grandes	100	400
4	Calibradoras	10	40
1	Quebradora	20	20
16	Cintas de Selección	2	32
8	Auto - elevadores	80	640
Total			1.692

Localización:

Zona rural. Valor asignado 1.

Infraestructura: carece de gas, agua y cloacas. Valor asignado 1,5.

VII. Nivel de Complejidad ambiental – Procesamiento de nuez		
Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Elaboración de sémolas y tortas de origen vegetal, incluso nueces	5
ER	<i>Gaseosos:</i> Emisiones de los hornos de secado – Gases de combustión de gas <i>Sólidos:</i> Pelón de la nuez, restos de carozo, barros de las cámaras de sedimentación <i>Líquidos:</i> Agua del proceso que no contiene residuos especiales. Requiere más de un tratamiento	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Acústico	4

	Sustancias químicas Incendio	
Di	Cantidad de personal: Entre 151 y 500 personas Potencia instalada: más de 500 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $6.427 \text{ m}^2/48.300 \text{ m}^2 = 0,13$	6
Lo	Zona: rural Infraestructura: carece de red de gas, agua y cloacas	2,5
Total	Segunda Categoría	23,5

Tomate

Efluentes y residuos: Con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de un tratamiento. Sólidos procedentes de restos de frutas y barros de la pileta sedimentadora. Tipo 2. Valor asignado 6.

Rubro: Elaboración de frutas, legumbres y hortalizas. Grupo 2. Valor asignado 5.

Riesgo: aparatos sometidos a presión, sustancias químicas, acústico y de incendio. Valor asignado 4.

Dimensionamiento:

Cantidad de personal: 136, en temporada. Valor asignado: 2

Potencia instalada: 2.215 HP. Mayor a 500 HP. Valor asignado 3.

Relación entre su cubierta y total: $11.000 \text{ m}^2/46.000 \text{ m}^2 = 0,23$ Valor asignado 1.

Localización:

Zona urbana. Valor asignado 2

Infraestructura: carece de gas. Valor asignado 0,5.

VIII. Nivel de Complejidad Ambiental – Procesamiento de tomate

Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Elaboración de frutas, legumbres y hortalizas.	5
ER	<i>Gaseosos:</i> Componentes naturales del aire (incluido vapor de agua) gases de combustión de gas natural. <i>Sólidos:</i> Restos de frutas y verduras, barros de las cámaras de sedimentación <i>Líquidos:</i> Con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de un tratamiento.	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Acústico Sustancias químicas Incendio	4
Di	Cantidad de personal: 136 Potencia instalada: 2.215 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $11.000/46.000 = 0,23$	6
Lo	Zona: urbana Infraestructura: carece de red de gas	2,5
Total	Segunda Categoría	23,5

Aceituna de mesa

Efluentes y residuos: Con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de un tratamiento. Barros de las balsas de evaporación. Tipo 2. Valor asignado 6.

Rubro: Elaboración de frutas, legumbres y hortalizas, no clasificados en otra parte. Grupo 2. Valor asignado 5.

Riesgo: aparatos sometidos a presión, sustancias químicas, acústico y de incendio. Valor asignado 4.

Dimensionamiento:

Cantidad de personal: 32. Valor asignado 1.

Potencia instalada: 422 HP. Valor asignado 2.

Relación entre su cubierta y total: $22.500 \text{ m}^2/62.500\text{m}^2= 0,3$ Valor asignado 1.

Localización:

Zona rural. Valor asignado 1.

Infraestructura: carece de gas, agua y cloacas. Valor asignado 1,5.

IX. Nivel de Complejidad Ambiental – Aceituna de mesa

Ítem	Descripción	Puntaje
Ru	Elaboración de frutas, legumbres y hortalizas, no clasificados en otra parte.	5
ER	<i>Gaseosos:</i> gases de combustión de gas natural <i>Sólidos:</i> Restos de fruta y carozo, barros de las balsas de evaporación. <i>Líquidos:</i> Provenientes del quemado y lavado, fondos de fermentadores, salmuera, agua de proceso de maquinado.	6
Ri	Aparatos sometidos a presión Acústico Sustancias químicas Incendio	4
Di	Cantidad de personal: Entre 16 y 50 personas Potencia instalada: de 101 a 500 HP Relación Sup. Cubierta/ Sup. Total: $22.500 \text{ m}^2/62.500 \text{ m}^2= 0,3$	4
Lo	Zona: rural Infraestructura: carece de red de gas, cloacas y agua de red	2,5
Total	Segunda Categoría	21,5

ANEXO 3

PARÁMETROS DE LAS SUBMUESTRAS

En el siguiente anexo se presentan los valores de los parámetros estimados en campo para las submuestras que conformaron las muestras compuestas analizadas en el Capítulo 6. A su vez se agrega el horario de toma de muestras y los valores para caudal. En la vitivinícola 1 los parámetros CE, pH y T° no se tomaron en las submuestras debido a cuestiones explicadas anteriormente por presupuesto y tiempos de producción.

VITIVINÍCOLA 2

Se presentan los datos de campo estimados para las submuestras de las 12 muestras compuestas de la vitivinícola 2. Las variaciones en los días y horarios del muestreo se deben a la adaptación a los tiempos de elaboración de la industria.

MUESTRA COMPUESTA 1 - 30/1/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.10	5,9	660	22,6	
2	9.00	6,3	630	24,3	
3	10.00	5	680	23,8	
4	11.00	3,6	3.280	23,5	
5	12.00	6,6	610	24	
6	13.00	6,5	590	25,1	
7	14.00	11,4	1.920	25,4	
8	15.00	7,5	500	24,8	

MUESTRA COMPUESTA 2 - 7/2/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	11,6	900	22,9	SD
2	9.00	7,7	500	24,9	0,084
3	10.00	6,8	470	24,5	SD
4	11.10	7,2	760	27,3	0,069
5	12.00	11,3	1240	25,6	0,27
6	13.00	6,1	630	26,3	0,25
7	14.00	6,8	560	26,7	0,32
8	15.00	7,1	450	27,2	0,23

MUESTRA COMPUESTA 3 - 15/2/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.40	3,4	440	23,4	0,27
2	9.30	7	560	24,1	0,67
3	10.30	7,7	740	23,5	1,28
4	11.30	6,5	670	24,8	0,93
5	12.30	10,5	820	25,1	0,47
6	13.30	9,2	590	24,9	0,13
7	14.30	7,3	530	26,5	0,005
8	15.15	7,9	540	26,6	0,001

MUESTRA COMPUESTA 4 – 22/2/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.20	7	550	22,7	2,37
2	9.15	7,2	510	22,3	2,6
3	10.10	8,2	630	22,9	0,09
4	11.10	7,4	700	22,7	0,48
5	12.10	7,3	540	23,4	2,79
6	13.05	10,9	1150	24	0,57
7	14.00	6,9	550	25,9	0,31
8	15.00	10,7	950	24,7	0,31

MUESTRA COMPUESTA 5 – 1/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.07	4,6	1080	19,4	0,55
2	9.15	9,5	960	22,5	2,32
3	10.10	6	840	22,1	2,7
4	11.05	7,1	540	22,9	6,03
5	12.05	7,4	550	23	5,17
6	13.00	6,8	560	23,3	5,7
7	14.15	6,3	750	24,1	2,77

MUESTRA COMPUESTA 6 – 7/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.10	6,9	570	21,4	2,25
2	9.00	6,4	630	20,8	2,06
3	10.00	7,4	550	22	2,1
4	11.00	6,7	580	23,1	0,88
5	11.50	4	1.260	22,6	4,28
6	12.45	6,4	640	24,2	0,45
7	13.45	3,7	1.910	23,1	2,93
8	14.15	6,4	610	23,6	0,79

MUESTRA COMPUESTA 7 – 14/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	7.45	6,2	1280	22	0,8
2	9.00	11,8	3200	21,5	1,54
3	9.45	6	680	22,5	1,77
4	10.45	7,2	650	22,6	0,42
5	11.45	6,5	650	24,6	0,69
6	12.40	12,5	5660	22,8	3,43
7	13.35	9,9	730	23,3	2,69
8	14.15	8,9	650	24,4	2,45

MUESTRA COMPUESTA 8 – 22/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	4,8	860	18	2,78
2	8.25	3,7	2870	18,4	3,65
3	9.15	5,6	750	20,6	4,24
4	10.05	7,6	570	21,2	2,29
5	11.05	7,1	530	21,3	1,48
6	12.05	3,9	1240	23,2	1,09

7	13.05	7,1	530	22,9	2,83
8	14.15	6,7	540	22,8	2,42

MUESTRA COMPUESTA 9 – 26/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8:15	10,5	900	16,6	0,32
2	8:50	6,5	580	17,2	2,32
3	9:55	10,7	890	19,2	0,49
4	10:55	7,1	470	21,1	0,51
5	12:10	7,3	580	18,7	1,53
6	13:00	9,1	1000	20,7	3,2
7	13:45	7,8	580	22,1	2,88
8	14:15	7,1	510	20	2,95

MUESTRA COMPUESTA 10 – 4/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	12,2	6310	18,3	2,16
2	9.00	12,35	13.600	20,3	3,8
3	10.00	6,4	620	21,8	4,22
4	11.00	6,55	480	21,9	0,88
5	12.00	11,8	2630	24,4	4,28
6	13.00	7,1	450	22,3	0,45
7	13.50	11,9	3230	22,1	2,93
8	14.30	7,4	500	22,7	0,79

MUESTRA COMPUESTA 11 – 12/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.20	4,4	920	20,9	0,81
2	9.00	9,9	560	21,1	0,27
3	10.00	9,2	470	21,5	3,48
4	11.00	7	570	20,4	1,45
5	12.00	6,35	630	20,6	0,25
6	13.00	7	580	20,8	0,24
7	14.00	8,1	450	21,7	0,28
8	14.45	8,3	420	22,1	0,27

MUESTRA COMPUESTA 12 – 18/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.30	5,5	950	19,3	0,67
2	9.30	6,5	720	20,1	1,26
3	10.30	No se erogaba efluentes			
4	11.30	7,5	620	21,7	2,7
5	12.30	10,9	960	22,2	1,74
6	13.30	4,2	850	21,3	1,35
7	14.15	7,2	560	22,1	0,16
8	14.45	7,5	500	22,6	0,11

ACEITERA 1

Se presentan los datos de campo estimados para las submuestras de las 7 muestras compuestas de la aceitera 1 para el año 2018 y 2019. Las variaciones en los día y horarios del muestreo se deben a la adaptación a los tiempos de elaboración de la industria, y a la particularidad de disposición final del efluente. La cantidad de submuestras para componer la muestra compuesta depende del encendido de la bomba que trasiega el efluente desde la planta de sedimentación hacia la balsa de evaporación. El caudal en esta industria se estimó por método volumétrico indirecto, a partir del volumen de descenso de la pileta de sedimentación, por tal motivo no se encuentran los datos en $l\text{ seg}^{-1}$, como en las demás industrias.

AÑO 2018

MUESTRA COMPUESTA 1 - 13/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.15	6,8	1.100	17,1
2	14.30	5	1.520	18,3

MUESTRA COMPUESTA 2 - 23/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.30	4	1.920	32,4
2	14.00	4,6	2.510	35,9

MUESTRA COMPUESTA 3 – 27/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.00	5	3.100	24,7
2	11.00	5,4	3.520	28
3	14.30	4	4.900	27

MUESTRA COMPUESTA 4 – 5/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.30	7,3	1.010	28,2
2	10.30	5,45	2.510	23,1
3	11.30	5,5	2.700	30

MUESTRA COMPUESTA 5 – 10/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.15	5	3.330	28.1
2	10.40	5,1	2.810	27,1
3	11.25	5,1	2.580	26,8
4	12.25	5,1	1.910	27,4

MUESTRA COMPUESTA 6 – 17/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.15	4,9	2780	26,2
2	11.15	4,9	2600	27,9
3	12.50	5	2710	26,5
4	14.35	4,9	2620	20,8

MUESTRA COMPUESTA 7 – 3/5/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.30	4	2.110	26,8
2	11.15	4,1	2.740	27,9
3	13.40	4,6	2.340	26,3

AÑO 2019**MUESTRA COMPUESTA 1 – 18/3/2019**

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	8.30	4,5	2.150	24,4
2	10.00	4	1.950	25,4
3	11.15	4,5	1.860	25,6

MUESTRA COMPUESTA 2 – 1/4/2019

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	8.30	4,8	1.560	24,3
2	9.20	4,5	1.690	24,9
3	11.40	5,3	1.860	25,4
4	13.30	5,4	1.570	25,2

MUESTRA COMPUESTA 3 – 8/4/2019

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	8.50	5	2.220	29
2	9.35	4,9	1.670	26,9
3	12.00	4,9	2.290	29,7
4	14.00	5,1	1.960	29,5

MUESTRA COMPUESTA 4 – 23/4/2019

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	15.55	5	2030	24,8
2	17.30	5	2020	24,3

MUESTRA COMPUESTA 5 – 14/5/2019

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	8.40	5,1	1.990	24
2	11.00	5	2450	23,8
3	13.30	4,9	2200	24,5
4	15.00	4,9	2.230	27,1

MUESTRA COMPUESTA 6 – 27/5/2019

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.10	4,9	2.010	21,4
2	9.35	4,8	2.380	22,2
3	10.15	4,8	2360	22,3
4	11.00	4,9	2010	23,2
5	12.30	4,9	2120	23,4
6	13.20	5	2750	21,7

MUESTRA COMPUESTA 7 – 3/6/2019

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.50	5,1	2930	20,6
2	11.50	7,7	4030	24,3
3	12.10	5,8	2.720	25,1
4	12.45	7	2950	26,1
5	13.30	6,1	3.120	25,9
6	14.15	6,3	3.310	25,6

ACEITERA 2

Se presentan los datos de campo estimados para las submuestras de las 8 muestras compuestas de la aceitera 2. Las variaciones en los día y horarios del muestreo se deben a la adaptación a los tiempos de elaboración de la industria.

MUESTRA COMPUESTA 1 - 12/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	10.30	5	6.910	29	0,190
2	11.30	5,1	7.180	29,9	0,120
3	12.30	5,3	2.920	23	0,169
4	13.30	5,3	5.120	30,3	0,168
5	14.25	5,2	4.810	28,2	0,119
6	15.00	6,4	1.030	28,4	0,152

MUESTRA COMPUESTA 2 - 18/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	9.00	7,3	500	29,1	0,144
2	10.00	6,4	1020	28,6	0,124
3	11.00	6,6	880	23,4	0,236
4	12.00	6	800	24,1	0,155
5	13.00	6,2	810	24,3	0,174
6	14.00	6,2	800	23,5	0,151

MUESTRA COMPUESTA 3 – 24/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	4.00	6,9	690	27,4	0,118
2	4.30	7,1	670	21,9	0,109
3	5.00	5,6	1680	29,8	0,308
4	5.30	6,6	560	22,5	0,151
5	6.00	6,8	770	25,6	0,121
6	6.30	6,9	530	21,8	0,105
7	7.00	6,8	560	22,3	0,104
8	7.30	6,8	550	21,9	0,113

MUESTRA COMPUESTA 4 – 27/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	4.00	6,5	900	30,6	0,121
2	4.30	5,2	3.010	22,7	SD
3	5.00	6,6	910	31,9	0,115
4	5.30	6,4	730	23	0,590
5	6.00	6,4	1.000	33,5	0,09
6	6.30	6,9	540	26,6	0,440
7	7.00	6,4	770	33,1	0,118
8	7.30	6,6	560	26,1	3,78

MUESTRA COMPUESTA 5 – 3/5/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	17.00	7,7	590	36,2	SD
2	17.45	6,8	740	30,8	0,211
3	18.15	7,1	570	30,1	0,373
4	18.45	6,9	760	34,8	0,377
5	19.15	6,5	920	35,6	0,207
6	19.45	6,5	960	28,2	0,208
7	20.15	6,7	810	30,5	0,261
8	20.45	6,9	720	32,7	0,346

MUESTRA COMPUESTA 6 – 4/5/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	17.00	7,6	550	32,4	0,17
2	17,40	7,6	540	32,9	0,22
3	18.15	7,1	730	33,7	0,24
4	19.00	6,3	1080	35,4	0,3
5	19.40	6,3	1310	29,3	0,09
6	20.15	6,6	1000	29,7	0,15
7	20.45	6,6	890	30,3	0,16
8	21.15	6,5	910	32,3	0,22

MUESTRA COMPUESTA 7 – 8/5/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	17.30	6.8	770	32.1	0,12
2	18.00	6.2	1090	30.2	0,11
3	18.30	6	1210	32,1	0,18
4	19.00	6,8	660	32,2	0,18
5	19.30	6	1260	31,8	0,18
6	20.00	7	590	28,5	0,22
7	20.30	7,4	460	29,1	0,13
8	21.00	7,3	470	28,7	0,1

MUESTRA COMPUESTA 8 – 9/5/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg $^{-1}$)
1	17.00	7,5	460	28,7	0,14
2	18.00	7	570	29,4	0,75
3	18.30	7,2	590	28,2	0,3
4	19.00	7,9	460	30,9	0,27
5	19.30	7,3	640	31,1	0,33
6	20.00	6,9	820	32,7	0,17
7	20.30	7	660	28,3	0,13
8	21.00	6,9	770	29,8	0,13

ACEITUNA DE MESA

Se presentan los datos de campo estimados para las submuestras de las muestras compuestas de las etapas de fermentado y clasificado y maquinado. En las etapas de quemado y lavado no se tomaron submuestras debido a la disposición y tiempos de erogación del efluente. Las variaciones en los días y horarios del muestreo se deben a la adaptación a los tiempos de elaboración de la industria.

-FERMENTADO

MUESTRA COMPUESTA 1 - 15/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.00	5,4	192.000	19,2
2	11.00	5,9	180.200	19,6
3	12.00	5,2	179.900	20
4	13.00	5,3	170.000	20,5

MUESTRA COMPUESTA 2 - 29/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.10	5,1	182.000	19
2	11.10	5,4	171.600	19,1
3	12.10	7,3	12.560	21,2
4	13.10	4,5	96.400	20,5

MUESTRA COMPUESTA 3 - 18/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	11.00	4,5	134.200	15,8
2	12.00	4,5	138.200	17,4
3	13.00	4,5	136.400	17,9
4	14.00	4,5	136.500	17,8

MUESTRA COMPUESTA 4 - 11/6/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.15	4,2	190.000	14,8
2	11.15	4	156.750	15,5
3	12.15	4,3	134.000	13
4	13.15	4,1	128.750	12,9

-CLASIFICADO Y MAQUINADO

MUESTRA COMPUESTA 1 - 11/6/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.50	4,4	62.200	14,2
2	11.50	4,1	31.000	15,3
3	12.50	4,1	33.600	15,5
4	13.50	4,1	33.300	16,6

MUESTRA COMPUESTA 2 - 2/7/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	11.15	5,3	19.700	12,4
2	12.15	4,1	34.550	12,1
3	13.15	8,7	18.000	13,5
4	14.15	4	100.250	12,5

MUESTRA COMPUESTA 3 - 20/8/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.00	4,5	34.320	12,4
2	11.00	4,2	36.520	12,1
3	12.00	4,4	34.200	13,5
4	13.00	4,1	102.700	12,5

MUESTRA COMPUESTA 4 - 10/9/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.30	4,4	29.500	15,5
2	11.30	4,4	28.750	14,9
3	12.30	6	5.380	15,6
4	13.30	4,3	156.944	15,5

MUESTRA COMPUESTA 5 - 22/10/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	10.30	4,3	47.600	22,8
2	11.30	4,6	22.500	23
3	12.30	4,5	22.600	24
4	13.30	4,4	34.500	23,3

TOMATE

Se presentan los datos de campo estimados para las submuestras de las 16 muestras compuestas de la industria del procesamiento de tomate. Las variaciones en los día y horarios del muestreo se deben a la adaptación a los tiempos de elaboración de la industria.

MUESTRA COMPUESTA 1 - 4/2/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.20	6,2	1780	22,3	22,6
2	9.00	6,4	1080	22,7	16,89
3	9.40	6,8	980	25,2	18,29
4	10.15	7	910	22,7	14,17
5	11.15	6,1	1050	22,8	18,29
6	12.15	6,7	880	23,7	16,89
7	13.15	6,5	990	24,7	15,52
8	14.15	6,5	950	25,1	12,85

MUESTRA COMPUESTA 2 - 18/2/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	7.00	6,4	1.690	24,7	21,14
2	8.10	5	1.790	26,6	21,14
3	9.00	5,2	4.100	26	18,29
4	10.00	5,9	1.140	25,2	12,85
5	11.00	6,6	1.050	27,3	19,71
6	12.00	6,2	1.590	27,3	16,89
7	13.00	4,6	1.060	26,5	19,71
8	13.50	5,7	1.080	26,9	16,34

MUESTRA COMPUESTA 3 – 6/3/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	9,7	2100	24,9	2,76
2	8.50	6,9	1280	25,5	5,66
3	9.40	7,9	1310	25,5	1,95
4	10.30	8,3	1360	24,6	1,95
5	11.20	9,1	1330	24,6	1,95
6	12.10	9,1	1400	24,9	1,95
7	13.00	9,8	1520	26	2,76
8	13.50	9,8	1630	27,5	1,23

MUESTRA COMPUESTA 4 – 25/3/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	7,2	1510	21,9	4,23
2	9.00	6,7	1320	21,5	3,66
3	10.00	6,7	1330	22,3	5,24
4	11.00	7,4	2430	23	5,66
5	12.00	6	1610	24	5,87
6	12.50	7,1	1430	23,4	6,31
7	13.40	7,4	1390	23,9	6,31
8	14.15	7,6	1480	24,6	2,76

MUESTRA COMPUESTA 5 – 10/4/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	7,1	1900	22,6	2,76
2	9.00	8,8	1750	21,9	2,42
3	10.00	9,1	1910	23	1,95
4	11.00	8,6	2120	23,5	2,42
5	12.00	12,3	9.500	24,1	3,66
6	13.00	9,3	8.610	24,8	4,63
7	13.30	8,2	7.560	24,6	4,63
8	14.00	8,4	5460	25,9	4,23

MUESTRA COMPUESTA 6 – 2/5/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.30	7,4	1740	21,6	1,37
2	9.15	7,5	1500	21,5	1,37
3	10.00	7,7	1540	21,6	1,37
4	10.45	8,1	30400	20,7	2,59
5	11.30	7,3	4980	23,5	2,59
6	12.15	7,4	1690	23,7	2,59
7	13.00	7,6	1790	29,9	3,66
8	13.45	8,8	1930	25,5	4,04

MUESTRA COMPUESTA 7 – 13/5/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	9.00	6,7	3580	19,1	1,95
2	10.00	6,7	3050	18,9	1,23
3	11.00	6,7	3040	19,7	2,76
4	12.00	6,8	2590	21,1	2,26
5	13.00	6,7	2830	22,2	2,76
6	13.45	6	2920	23,1	2,26
7	14.30	5,3	4290	23,5	3,29
8	15.15	6,4	7070	23,5	3,29

MUESTRA COMPUESTA 8 – 28/5/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	9.30	7	2080	15,6	1,95
2	10.30	7,1	2060	15,8	1,95
3	11.30	6,2	2410	17,1	2,76
4	12.30	5	2230	18,5	2,42
5	13.30	5,7	1990	19,6	1,95
6	14.30	6,6	1900	20,7	1,95

MUESTRA COMPUESTA 9 – 10/6/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	9.00	6,3	2890	14,8	1,23
2	10.00	6,5	2900	15,3	1,65
3	11.00	5,7	2910	16,1	1,65
4	12.00	7	3140	18,1	2,76
5	12.30	6,3		18,3	2,76
6	13.00	6,9	4770	19,1	2,76
7	14.00	6,8	3520	19,3	1,23

8	15.00	6,9	3450	20	0,86
---	-------	-----	------	----	------

MUESTRA COMPUESTA 10 – 10/7/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.50	7	3600	18,5	2,42
2	9.40	7,4	2790	16,1	2,42
3	10.30	8	2480	16,4	1,95
4	11.20	7,7	2100	16	2,42
5	12.10	8,3	2020	16,7	2,42
6	13.00	8,7	1870	17,6	1,23
7	13.50	8,8	2130	18,7	2,42
8	14.40	8,3	2000	19,4	2,42

MUESTRA COMPUESTA 11 – 22/7/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	9.10	7,1	4840	18,5	5,66
2	10.10	7,2	3930	17,8	3,66
3	11.10	7,1	2680	17,1	1,23
4	12.10	7,2	2530	17,2	1,23
5	13.10	7,3	2690	18	2,42
6	14.15	8,5	3320	17,9	2,42
7	15.10	8,5	2730	17,9	1,95
8	16.00	7,4	2.630	18,1	2,13

MUESTRA COMPUESTA 12 – 21/8/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.30	9,5	2240	16,8	1,23
2	9.30	5,8	2460	16,9	0,86
3	10.30	6,9	2120	17,8	1,95
4	11.30	8,6	2200	13,1	2,76
5	12.30	8,5	1850	18,2	2,76
6	13.30	7,5	1760	21,1	2,76
7	14.30	8,4	1920	21,4	0,64
8	15.30	8,6	1830	21,4	2,76

MUESTRA COMPUESTA 13 – 17/9/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.30	8,6	3.640	19,2	2,76
2	9.30	7,1	12.780	17	1,23
3	10.20	7	6.100	20,5	1,23
4	11.30	6,4	4.500	22,4	2,76
5	12.30	11,8	6.080	26,4	4,63
6	13.25	11,5	3.890	25	2,76
7	14.30	10,5	3.400	24,6	0,64
8	15.15	11	3.710	23,5	6,75

MUESTRA COMPUESTA 14 – 23/10/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.45	6,9	1420	21,3	2,76
2	9.45	7	1440	20,8	2,76
3	10.45	8,5	1760	21	2,76
4	11.45	7,1	31.300*	23	2,76
5	12.45	6,6	3350	24,2	3,66
6	13.40	7,2	1420	23,2	6,09
7	14.45	7,6	1380	23,2	7,89
8	15.30	8,9	1520	23,6	10,3

MUESTRA COMPUESTA 15 – 5/11/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	6,8	1420	22,6	7,89
2	9.00	7,2	1420	23,2	5,66
3	10.00	7,1	1566	24,5	7,89
4	11.00	7	1220	25,2	4,63
5	12.00	7	1210	27,5	6,75
6	13.00	7	1170	28,2	6,75
7	14.00	7,1	1150	30,6	9,08
8	15.00	9,3	1560	27,7	1,23

MUESTRA COMPUESTA 16 – 19/11/2018

Submuestras	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	8.00	7,1	3.740	24,3	5,66
2	9.00	7,2	2.080	25,7	1,95
3	10.00	7,3	2.140	27,3	1,95
4	11.00	7,2	2.280	29,4	1,23
5	12.00	7,3	2.440	30,4	1,23
6	13.00	7,1	2.200	30,5	1,95
7	14.00	7,2	2.130	30,5	1,23
8	15.00	7,2	2.420	30,5	1,95

NUEZ

Se presentan los datos de campo estimados para las submuestras de las 7 muestras compuestas de la industria nogalera del año 2018 y 2019. Las variaciones en los día y horarios del muestreo se deben a la adaptación a los tiempos de elaboración de la industria.

AÑO 2018

MUESTRA COMPUESTA 1 - 6/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	9.00	6,6	3950	20,1
2	10.00	7,1	670	19,8
3	11.00	7,45	520	21,1
4	12.00	5,3	2010	21,8
5	13.00	6,3	1330	20,9
6	14.00	7,1	950	19,9
7	14.45	7,3	710	19,6
8	15.10	7,3	750	19,4

MUESTRA COMPUESTA 2 - 11/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	9.00	6,6	3950	20,1	3,22
2	10.00	7,1	670	19,8	3,33
3	11.00	7,45	520	21,1	5,77
4	12.00	5,3	2010	21,8	5,94
5	13.00	6,3	1330	20,9	6,27
6	14.00	7,1	950	19,9	3,46
7	14.45	7,3	710	19,6	SD
8	15.10	7,3	750	19,4	SD

AÑO 2019

MUESTRA COMPUESTA 1 – 20/2/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	14.00	7,2	700	25,6	5,58
2	14.15	7,2	740	25,4	5,58
3	14.30	5,7	1.520	25,4	6,42
4	14.45	7,2	760	25,2	5,58

MUESTRA COMPUESTA 2 – 27/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	13.45	8,8	600	24	1,95
2	14.20	8,2	790	24,3	2,59
3	15.00	7,5	1150	24,4	3,27
4	15.40	5,7	1650	24,3	3,27
5	16.20	7,3	630	24,2	1,95
6	17.00	6,7	1080	24,4	2,33
7	17.40	6,9	1130	24,5	1,95
8	18.20	7	1160	24,8	3,27

MUESTRA COMPUESTA 3 – 19/3/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	13.30	7,3	870	22	0,87
2	14.20	7	1030	21,3	1,95
3	15.00	6,9	1980	21,8	1,71
4	15.40	6,6	2390	21,4	1,38
5	16.20	6,5	1390	21,3	2,85
6	17.00	8,2	760	21,1	1,95
7	17.40	7,8	1260	20,3	2,99
8	18.20	7,6	1540	19,5	2,99

MUESTRA COMPUESTA 4 – 3/4/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	13.20	8,4	820	23,7	3,71
2	14.00	8,5	690	24,7	1,73
3	14.40	9,1	630	24,7	2,33
4	15.20	8,9	870	25,4	3,46
5	16.00	9,1	900	24,9	3,23
6	16.40	9,2	1020	25,3	2,33
7	17.20	9,3	710	25,3	2,33
8	18.00	9,2	920	24,6	2,76

MUESTRA COMPUESTA 5 – 9/5/2018

Submuestra	Hora	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (l seg^{-1})
1	14.15	7,9	650	20,9	8,36
2	14.50	8	650	20,7	0,89
3	15.30	7,8	680	20,8	0,89
4	16.10	8,1	630	21,1	24,3
5	16.50	8,1	620	20,6	11,8
6	17.30	8,1	640	20,8	0,89
7	18.10	8,1	630	20,8	0,89

ANEXO 4

PARÁMETROS DE LAS MUESTRAS BLANCO

En el siguiente anexo se presentan las concentraciones de los blancos a partir del cual se calculan los aportes del efluente. Los valores del blanco se estimaron para CE, iones mayoritarios y nitrógeno; dado que la fuente de abastecimiento es de agua subterránea se infiere que las concentraciones del resto de los parámetros se igualan a 0. En la industria vitivinícola 1 no se contaron que los datos por falta de presupuesto, y en la agroindustria de tomate solo se contó con los datos de cloruro y nitrógeno.

I. Características físico-químicas blanco

	Vitivinícola 2	Aceitera 1	Aceitera 2	Aceituna	Nuez	Tomate
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	470	1.000	470	2.190	640	SD
Sodio mg l^{-1}	44	90	44	110	115	SD
Potasio mg l^{-1}	3	8	8	7	6	SD
Cloruro mg l^{-1}	27,2	104	104	337	30	43,5
Nitrógeno mg l^{-1}	6,3	13,5	13,5	9,96	2,04	7