

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Caracterización y propuesta de tratamiento
para efluentes líquidos generados en la
elaboración de aceite de oliva en la Planta
Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias
de la Universidad Nacional de Cuyo

Tesina de grado

AÑO 2017

Alumno: Nicolás Chumbita

Director: Ing. Emilio Rearte

Agradecimientos

Agradezco a todas aquellas personas que colaboraron para la realización de este trabajo, ya que sus aportes y buena predisposición fueron fundamentales.

En particular, agradezco a:

El Sr. Emilio Rearte, director de este trabajo

A las Sras. Carolina Barbuzza y Mónica Zimmermann y al Sr. Alejandro Drovandi

A la Sra. Cintia Ruiz, secretaria de la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias

A los Sres. Martín Simoni, Jacinto Ochoa, Guillermo Moyano y Rubén Guzmán, empleados de la Planta Piloto

Al Sr. Edgar Cerchiai

A la Sra. Mónica Mirábile, jefa de la Fábrica Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias

Al Sr. Pablo Loyola, secretario de producción de la Facultad de Ciencias Agrarias

A mi familia, cuyo apoyo fue indispensable durante todo el tiempo y me formaron como la persona que soy hoy en día.

Índice de contenidos

1.	Resumen.....	8
2.	Introducción.....	9
3.	Marco referencial.....	10
3.1.	Aceite de oliva.....	10
3.2.	Cultivo del olivo en Mendoza.....	11
3.2.1.	Superficie cultivada.....	11
3.2.2.	Panorama varietal.....	14
3.2.3.	Destino de la producción.....	17
3.3.	Industria del olivo en Mendoza.....	18
3.4.	Proceso de elaboración del aceite de olivo en la Planta Piloto de la F.C.A.....	19
3.5.	Aguas residuales industriales.....	28
3.5.1.	Definición.....	28
3.5.2.	Problemas generados por aguas residuales.....	28
3.6.	Tratamiento de efluentes.....	29
3.6.1.	Importancia del tratamiento de efluentes.....	29
3.6.2.	Finalidad del tratamiento de efluentes.....	30
3.6.3.	Tipos de tratamiento de efluentes.....	30
3.6.4.	Marco legal.....	33
4.	Objetivos.....	35
4.1.	Objetivo general.....	35
4.2.	Objetivos específicos.....	35
5.	Material y métodos.....	36
5.1.	Descripción del agroecosistema y diagnóstico de la situación actual.....	36
5.1.1.	Ecosistema.....	36
5.1.2.	Tecnosistema.....	38
5.1.3.	Sociosistema.....	40
5.1.4.	Disposición actual de efluentes.....	41
5.2.	Caracterización de los efluentes.....	43
5.2.1.	Toma de muestra y análisis realizados.....	43
5.2.2.	Determinación de la cantidad de efluentes generados.....	45
6.	Resultados y discusiones.....	51
6.1.	Efluente generado en el lavado y deshojado de aceitunas.....	51

6.2.	Efluente generado en la centrifugación vertical del aceite	52
6.3.	Características químicas del efluente de la centrifugación vertical del aceite	60
7.	Propuesta de tratamiento	61
7.1.	Tratamiento Primario	63
7.2.	Tratamiento Secundario	65
8.	Conclusiones.....	67
9.	Recomendaciones	68
10.	Bibliografía.....	69
11.	Anexos	71
11.1.	ANEXO I.....	71
11.2.	ANEXO II.....	72
11.3.	ANEXO III.....	73

Índice de figuras

Figura 1: Porcentaje de superficie implantada con frutales, por tipo de cultivo, en la provincia de Mendoza.	11
Figura 2: Distribución de la superficie con olivo por región, en hectáreas, en la provincia de Mendoza, año 2010.	12
Figura 3: Distribución de la superficie con olivo por departamento productor en la provincia de Mendoza, en hectáreas, año 2010.....	13
Figura 4: Evolución de la superficie total de olivo en la provincia de Mendoza, según censos, en hectáreas.....	14
Figura 5: Porcentaje de superficie con olivo según el destino de las variedades implantadas, en la provincia de Mendoza, años 1992 y 2010.....	15
Figura 6: Superficie (ha) con olivo por variedad en la provincia de Mendoza, año 2010.....	16
Figura 7: Superficie (ha) implantada por variedad de olivo, por rango de edad de plantación, en la provincia de Mendoza, año 2010.....	17
Figura 8: Ubicación por departamento de las empresas industriales olivícolas inscriptas en la provincia de Mendoza, año 2006.....	18
Figura 9: Tipos de industrias olivícolas en la provincia de Mendoza, año 2006.....	19
Figura 10: Cinta de bandas que transporta las aceitunas desde la tolva hasta la cuba de lavado.....	20
Figura 11: Cuba de lavado con recirculación de agua.....	21
Figura 12: Molino a martillo y primer máquina termoamadora.....	22
Figura 13: Segunda máquina termoamadora.....	22
Figura 14: Decanter continuo.....	23
Figura 15: Salida de aceite del Decanter.....	24
Figura 16: Centrifugadora vertical.....	25

Figura 17: Tanques de decantación.....	26
Figura 18: Ubicación geográfica de la Facultad de Ciencias Agrarias	37
Figura 19: Ubicación de la Planta Piloto dentro de la Facultad de Ciencias Agrarias	37
Figura 20: Organigrama de la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias en la temporada 2017 de elaboración de aceite de oliva.....	41
Figura 21: Contenedor receptor del alperujo.....	42
Figura 22: pH metro marca Orion Research utilizado para la determinación del pH del efluente.....	44
Figura 23: Conductímetro marca Aradel utilizado para la determinación de la conductividad eléctrica del efluente.....	45
Figura 24: Esquema de la cuba de lavado y deshojado.....	47
Figura 25: Recipiente contenedor del alperujo conectado a la manguera de agua y a la manguera de desagüe	48
Figura 26: Pileta receptora de efluentes resultantes de la centrifugación vertical, junto a la bomba de succión.....	49
Figura 27: Esquema de la pileta receptora de efluentes dentro de la fábrica.....	50
Figura 28: Esquema de la variación del nivel del efluente en la pileta de recepción, indicando con el punto B el nivel al cual el flotador activa la bomba de succión, y con el punto A, el nivel al cual el flotador apaga la bomba.....	51
Figura 29: Comparación del porcentaje de días dedicados al procesamiento de aceitunas criollas y aceiteras, en las fechas analizadas y en toda la temporada 2017.....	53
Figura 30: Cantidad de aceitunas ingresadas para molienda en la temporada 2017 en la Planta Piloto de la F.C.A.....	54
Figura 31: Diagrama de barras indicando cantidad de aceitunas procesadas (en kg) por tipo de aceituna en las fechas analizadas	55

Figura 32: Cantidad de materia prima requerida por litro de aceite obtenido en las distintas fechas analizadas	56
Figura 33: Caudal del efluente generado durante la centrifugación (en m³/hora) en las fechas analizadas, según tipo de aceituna procesada.....	57
Figura 34: Duración del proceso de centrifugado (en horas) en las fechas analizadas	58
Figura 35: Cantidad de efluente generado por día (en m³), según la fecha analizada e indicando el tipo de aceituna procesada.....	59
Figura 36: Cantidad de efluentes generados por kilogramo de aceituna procesada en las distintas fechas analizadas	60
Figura 37: Trampa de aceite y grasas	64
Figura 38: Aeroflotador separador de aceites y sólidos en suspensión.....	65
Figura 39: Etapas del tratamiento biológico de lodos activados.....	65
Figura 40: Contaminantes eliminados durante el tratamiento de lodos activados.....	67
Figura 41: Infografía de las categorías comerciales de aceites de oliva.....	71
Figura 42: Infografía de productos, subproductos e industrias implicadas en la elaboración de aceites de oliva.....	72

Índice de tablas

Tabla 1: Resultados de medición de caudales de efluentes generados en el proceso de centrifugación vertical de la aceituna.....	52
Tabla 2: Resultados de los análisis de las muestras de efluente.....	60
Tabla 3: Características del termostato utilizado en el calentamiento del agua en el triturado y amasado de la aceituna.....	72
Tabla 4: Parámetros para el reúso agrícola.....	73
Tabla 5: Parámetros para el vuelco de efluentes.....	74

Listado de abreviaturas

DQO.....	Demanda Química de Oxígeno
pH.....	Potencial Hidrógeno
FAO.....	Food and Agriculture Organization of the United Nations
UNESCO.....	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
CRICYT.....	Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
ACRE.....	Área de Cultivos Restringidos Especiales
INTA.....	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
F.C.A.....	Facultad de Ciencias Agrarias
DGI.....	Departamento General de Irrigación
uS.....	Micro siemens
INTI.....	Instituto Nacional de Tecnología Industrial

1. Resumen

El presente estudio se llevó a cabo en la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo para caracterizar los efluentes líquidos generados en el proceso de elaboración del aceite de oliva y proponer tratamientos que mejoren sus características, haciéndolos aptos para uso agrícola o su vuelco a cauces públicos.

El sistema actual de producción de aceite de oliva en la Planta Piloto es de dos fases, obteniéndose aceite y alperujo (orujo y alpechín, que es el agua de vegetación de las aceitunas). En este proceso se generan dos efluentes líquidos: las aguas del lavado de las aceitunas y las aguas de centrifugación del aceite, que se realiza en una centrífuga vertical para eliminar borras y agua que ha quedado emulsionada en el aceite luego de pasar por el decanter, centrífuga horizontal.

Para realizar la caracterización, se midió la cantidad generada de los dos efluentes líquidos en distintas épocas de la elaboración y con distintas materias primas. Se tomaron muestras del efluente generado y se determinó el pH, la conductividad eléctrica y la DQO. Los valores obtenidos variaron según la cantidad y el tipo de aceituna procesada (criolla o aceitera), siendo las aceitunas criollas las que generan efluentes con menores valores de pH, de conductividad eléctrica, y con mayores valores de DQO.

Finalmente se propusieron tratamientos de estos efluentes para poder mejorar la calidad de los mismos y poder volcarlos a cauces públicos o utilizarlos en el riego de cultivos dentro de la Facultad, de forma de cumplir con la normativa vigente en lo que respecta a emisión de efluentes industriales, al uso de efluentes para el riego de cultivos, y además poder conservar un recurso escaso en la provincia de Mendoza como es el agua.

Los tratamientos propuestos fueron primarios y secundarios. Los primarios seleccionados fueron rejas y tamices para eliminar sólidos en suspensión, y separadores de grasas y aeroflotadores para eliminar los restos de aceite que contuvieran los efluentes. El tratamiento secundario propuesto fue el de lodos activados, para disminuir la DQO de los efluentes.

Palabras Clave: Caracterización del efluente, tratamiento de efluentes industriales, uso agrícola, reúso de efluentes, Área de Cultivos Restringidos Especiales, agroecosistema.

2. Introducción

El agua es uno de los recursos naturales que demanda mayor cuidado, puesto que es parte esencial de nuestras vidas. Actualmente existe la necesidad de enfrentar seriamente el deterioro del agua por la persistente acción contaminante de las actividades humanas (UNESCO, 2017). Sumado a esto, el manejo inadecuado del recurso hídrico por deficiencias en la distribución y aplicación del mismo en las actividades agropecuarias produce la salinización, desertificación y degradación de los suelos. La resultante es la pérdida de capacidad productiva de los mismos que conlleva a la escasez de alimentos, situación grave en un mundo con un crecimiento poblacional cercano a los 90 millones de habitantes por año (FAO, 2015). Es por ello que la búsqueda de alternativas de utilización de los efluentes ha sido esencial para su recuperación, neutralización y limpieza, evitando que su contaminación produzca un daño irreversible.

La denominación de “efluentes industriales” se aplica a un conjunto muy variado de líquidos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial (CRICYT, 2017). Estos efluentes, sumados a los domésticos y agrícolas pueden transformar los lagos, ríos y arroyos en cloacas a cielo abierto y los acuíferos en inservibles para cualquier uso.

La industria del olivo es muy importante en la provincia de Mendoza, ya que ha sido históricamente una de las principales productoras de aceitunas del país, tanto destinadas a la elaboración de conservas, como a la elaboración de aceite. Las características agroecológicas, los avances en materia comercial y las nuevas tecnologías de cultivo han permitido posicionar a la provincia en los principales mercados del mundo (Instituto de Desarrollo Rural, 2010).

En el caso del aceite de oliva, para su elaboración se utilizan cantidades de agua importantes en sus distintas etapas. En este proceso se generan efluentes líquidos y sólidos. Los sólidos, en algunos casos son aprovechados como combustibles para generar calor durante el termoamasado en la extracción de aceite (Abdulla, 2006). En cambio, los líquidos pueden originar problemas de contaminación de aguas y de suelos. En Mendoza es común volcarlos sin tratar a cauces, zonas de sacrificio o a campos abiertos. En ambos casos aparece un serio riesgo de contaminación y también riesgos de multas severas por parte de las autoridades de control, como el Departamento General de Irrigación, que ejerce el poder de policía del agua. Sin embargo, estos efluentes tienen un alto contenido de materia orgánica debido a que provienen de un fruto rico en grasas e hidratos de carbono como la aceituna, por lo que se les pueden realizar distintos tratamientos, acordes a las realidades agroecosistémicas de cada lugar, y como resultado obtener agua de una calidad apta para

el riego (Sosa, 2013). Esto genera la posibilidad de evitar la contaminación de cuerpos de agua, suelos y del ambiente en general, disminuyendo el riesgo en la salud humana, la flora y la fauna, además de conservar un recurso tan esencial como el agua en una provincia donde la misma es escasa.

En la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias se elaboran alrededor de 20 productos alimenticios, según la época del año. Los efluentes líquidos resultantes de sus actividades junto con los efluentes líquidos de la bodega de la Facultad, se vuelcan a un prado para realizar un tratamiento de infiltración lenta. Actualmente se está trabajando en la implementación de una planta de tratamiento para estos efluentes y su posterior vuelco en un ACRE de frutales.

3. Marco referencial

3.1. Aceite de oliva

Los diferentes tipos de Aceite de Oliva se clasifican en función de su forma de obtención, su calidad, grado de acidez y características sensoriales: sabor, olor (Esencia de Olivo, 2017).

El Código Alimentario Argentino (C.A.A.) en su artículo 536, indica que:

Se denominan aceites de oliva vírgenes a los obtenidos a partir del fruto del Olivo (*Olea europaea*) exclusivamente por procedimientos mecánicos y técnicos adecuados y purificado solamente por lavado, sedimentación, filtración y/o centrifugación (excluida la extracción por disolventes).

El aceite de oliva obtenido por presión y sometido a proceso de refinación se designará como Aceite de oliva refinado.

Con la designación de Aceite de Oliva (sin otra denominación) se entiende a una mezcla de aceite de oliva virgen con aceite de oliva refinado.

En el ANEXO I se observa la infografía de las categorías comerciales de aceites de oliva y de los productos, subproductos e industrias implicadas en la elaboración de aceite de oliva.

3.2. Cultivo del olivo en Mendoza

3.2.1. Superficie cultivada

Según datos consultados en el Censo Frutícola Provincial 2010, realizado por el Instituto de Desarrollo Rural, en Mendoza el olivo es la especie frutícola con mayor superficie cultivada, siendo esta de 20.642,2 ha.

En la Figura 1 se muestra la participación de cada una de las especies en el total de superficie frutícola implantada de la provincia de Mendoza (Instituto de Desarrollo Rural, 2010).

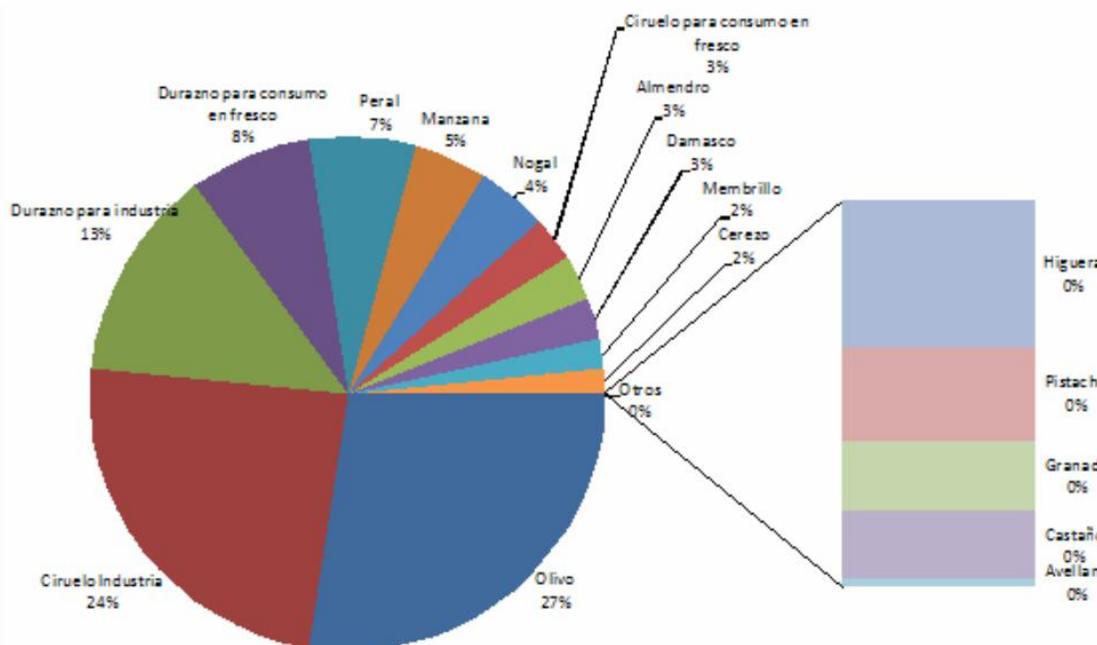


Figura 1: Porcentaje de superficie implantada con frutales, por tipo de cultivo, en la provincia de Mendoza. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

Como se observa en la figura, el olivo es entre los frutales monitoreados, la especie de mayor participación en el total de la superficie frutícola implantada. En la Figura 2 se observa la participación de las cuatro regiones productoras en la superficie total implantada con olivo, según la

importancia por región. Asimismo, el grupo Otros, sólo evidencian los departamentos que efectivamente poseen en la actualidad superficie con olivo.

El mapa de la Provincia de Mendoza fue dividido en las siguientes regiones:

-Norte: Las Heras, Guaymallén, Godoy Cruz, Luján de Cuyo, Maipú, Capital y Lavalle.

-Este: Rivadavia, Junín, San Martín, Santa Rosa y La Paz.

-Sur: Gral. Alvear, San Rafael

-Otros: Tunuyán

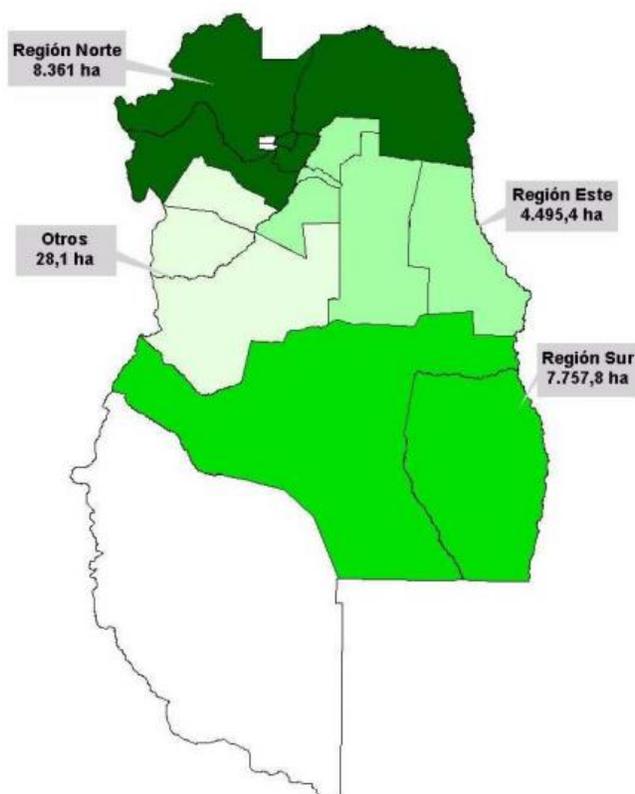


Figura 2: Distribución de la superficie con olivo por región, en hectáreas, en la provincia de Mendoza, año 2010. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

El Norte representa en primer lugar junto con el Sur, las principales regiones productoras de olivo, ya que aportan casi el 80 % al total.

A continuación en la Figura 3, se presenta la superficie con olivo por cada departamento, registrando la máxima superficie de la Provincia el departamento de San Rafael con 7.678 ha, lo cual representa el 37%. En segundo lugar se ubica Maipú con 4.117 ha, seguido por Lavalle con 2.579 ha y Rivadavia con 2.385 ha, aportando el 19%, el 12% y el 11%, respectivamente. Estos cuatro departamentos suman casi el 80% de la superficie con olivo del total de Mendoza. Luego siguen en orden decreciente, San Martín con 1.069 ha, Las Heras con 928 ha y Junín con 903 ha, que en conjunto representan el 13% del total. Finalmente, cinco son los departamentos -Guaymallén, Luján de Cuyo, Santa Rosa, Gral. Alvear, La Paz y Tunuyán- que registran los menores valores de superficie, alcanzando apenas un 4%. Este último departamento no ha sido graficado en el siguiente mapa debido a que los valores absolutos que posee no son representativos y su expresión en porcentaje no tiene correspondencia con la realidad.

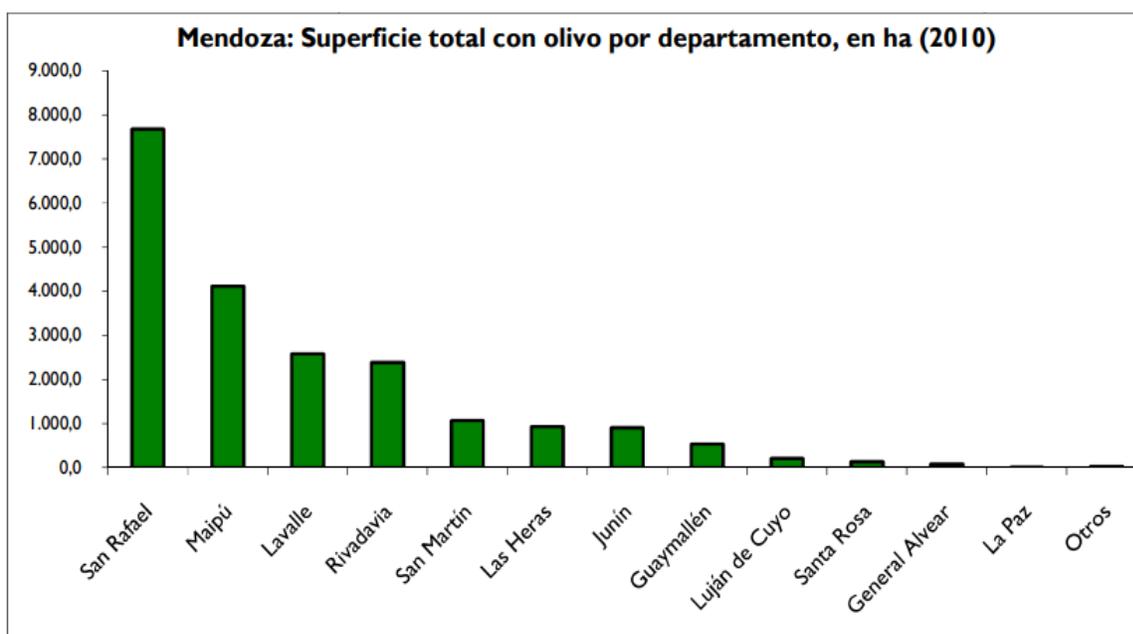


Figura 3: Distribución de la superficie con olivo por departamento productor en la provincia de Mendoza, en hectáreas, año 2010. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

La superficie cultivada con olivo ha ido creciendo a lo largo de los años. Esto queda evidenciado por diversos censos realizados tanto a nivel nacional como provincial. En la Figura 4, se muestra cómo ha ido aumentando en la provincia de Mendoza, según los censos de 1988 (nacional), 1992 (provincial), 2002 (nacional) y 2010 (provincial).

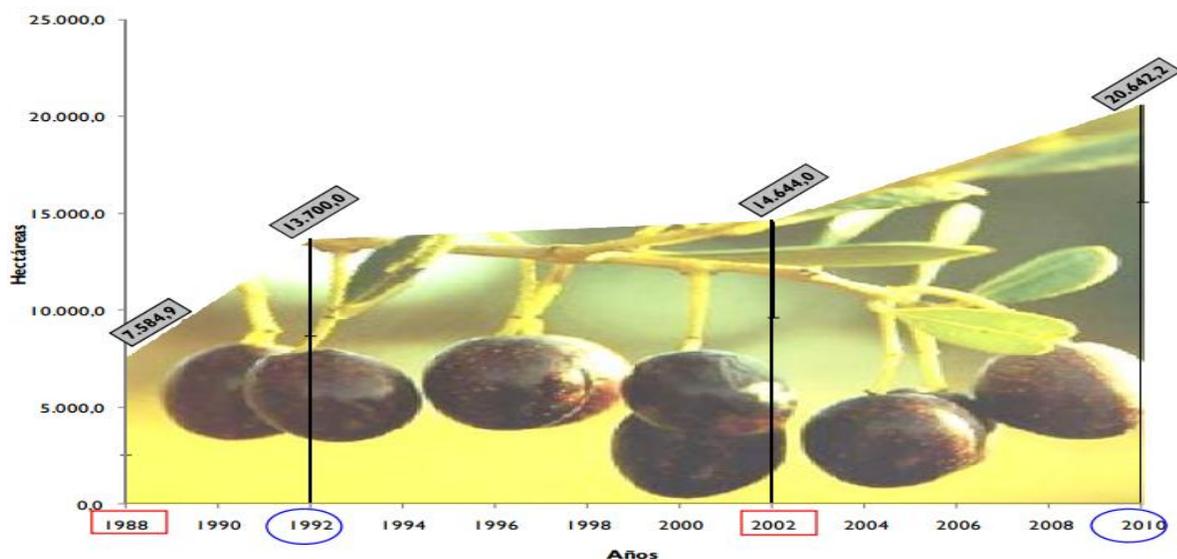


Figura 4: Evolución de la superficie total de olivo en la provincia de Mendoza, según censos, en hectáreas. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

En general, al analizar los valores intercensales se puede mencionar que entre 1988 y 1992, la superficie implantada con olivo registró un fuerte y rápido incremento en los valores. A partir de este último año, las cifras manifiestan un aparente estancamiento. Sin embargo hacia el 2002, vuelven las cifras a crecer, continuando con esta tendencia hasta el año 2010.

3.2.2. Panorama varietal

El panorama varietal del olivo ha presentado variaciones importantes desde el primer censo provincial en el año 1992. En aquel entonces, la principal producción de aceitunas se destinaba a la industria conservera, mientras que actualmente la distribución por destino muestra que el principal es el aceite (Instituto de Desarrollo Rural, 2010). En el siguiente gráfico (Figura 5) se observan los porcentajes de superficie implantada con olivo, según destino, en los años 1992 y 2010.

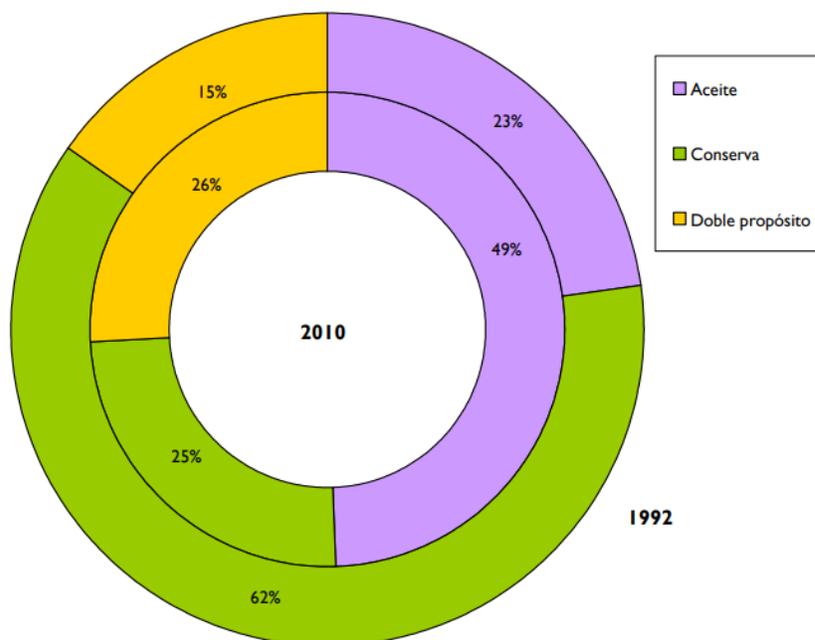


Figura 5: Porcentaje de superficie con olivo según el destino de las variedades implantadas, en la provincia de Mendoza, años 1992 y 2010. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

El círculo central de la figura anterior representa la distribución del año 2010, en este se observa un gran incremento de las variedades destinadas a la producción de aceite de oliva y de las variedades doble propósito, en detrimento de las variedades destinadas a elaboración de aceitunas en conserva. El gran crecimiento de las variedades para aceite esta principalmente representado por la variedad Arbequina, la cual en el año 1992 presentaba alrededor de 530 ha en toda la provincia y actualmente es la principal variedad con alrededor del 33% del total de la superficie implantada. La variedad Arauco, que en el año 1992 representaba el 47% de la superficie total, ha disminuido su participación a aproximadamente 20% (Instituto de Desarrollo Rural, 2010).

En la Figura 6 se observa la superficie correspondiente a cada una de las variedades implantadas en la provincia en el año 2010.

En el censo realizado en el año 1992, se registraron solo 9 variedades de olivos cultivados en Mendoza. Luego en el censo realizado en 2010, se registraron 21 variedades en total, lo que muestra la importancia que le dieron los productores al cultivo de variedades aceiteras del olivo, principalmente Arbequina y Arauco (Instituto de Desarrollo Rural, 2010).

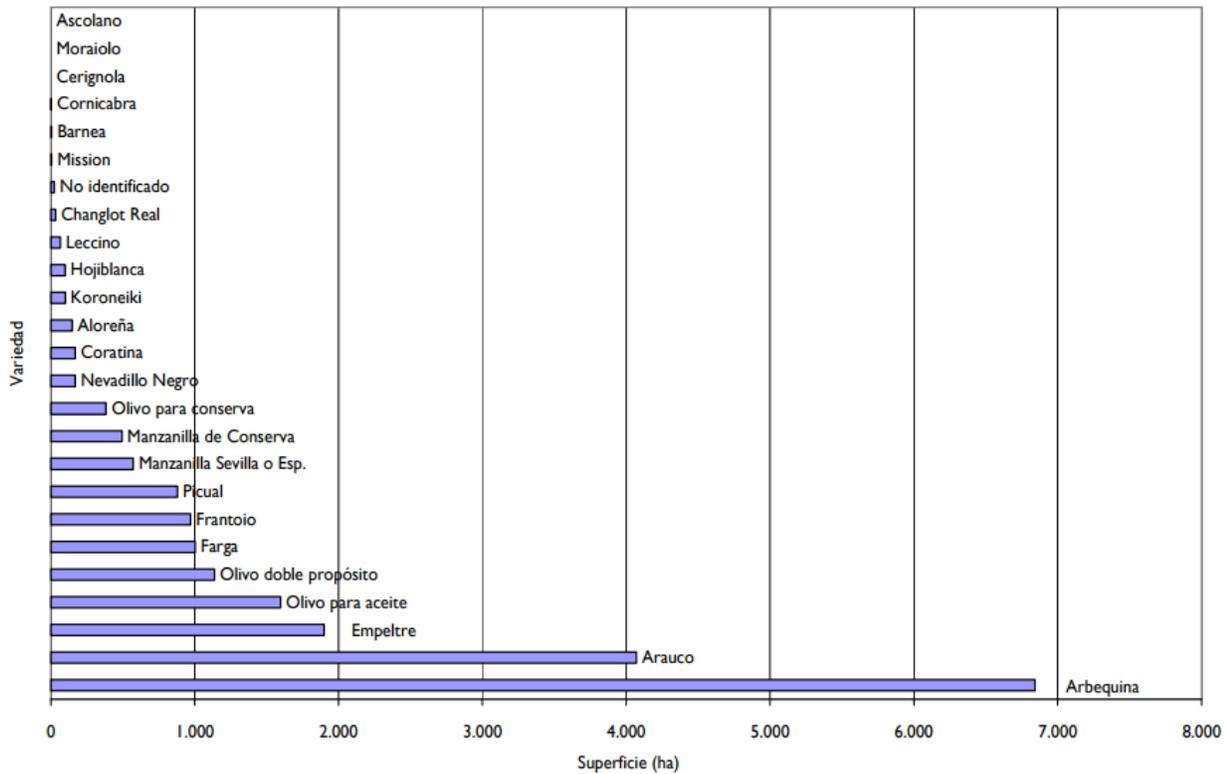


Figura 6: Superficie (ha) con olivo por variedad en la provincia de Mendoza, año 2010. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

La distribución de superficie implantada por variedad, no significa una producción proporcional, ya que un 54% de la superficie implantada tiene hasta 10 años y esta corresponde en gran parte a la variedad Arbequina, mientras que la variedad Arauco tiene alrededor del 50% de su superficie con más de 50 años de edad (Instituto de Desarrollo Rural, 2010). En la Figura 7 se observa la distribución por rango de edad de la superficie implantada de las principales variedades en la provincia de Mendoza.

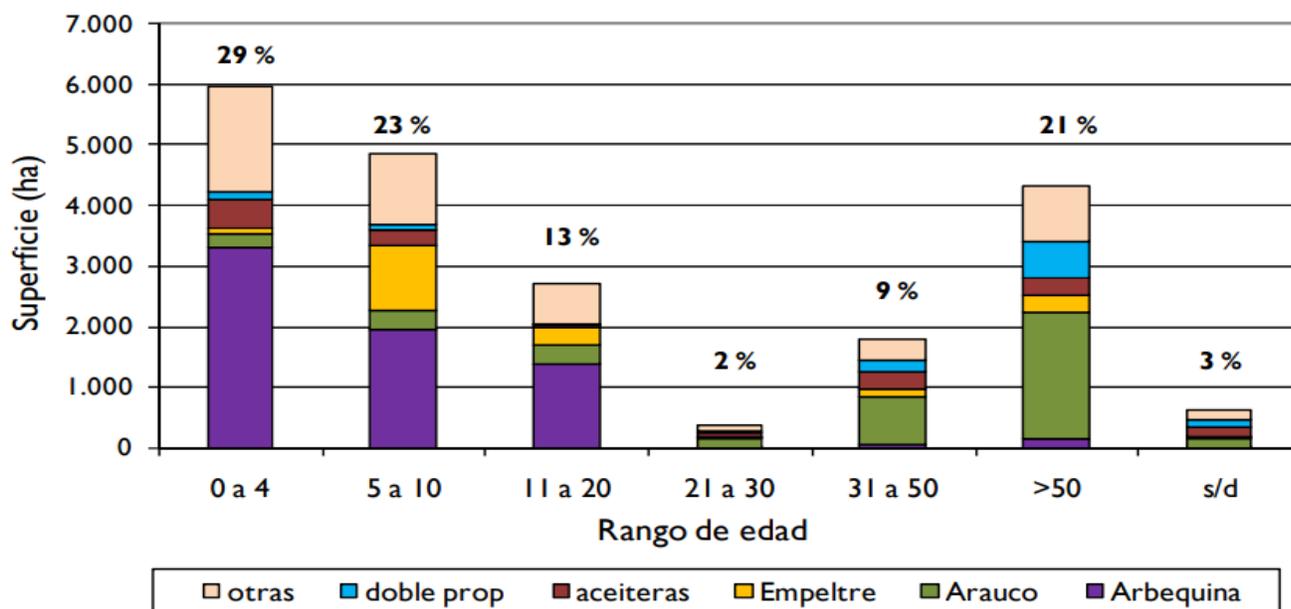


Figura 7: Superficie (ha) implantada por variedad de olivo, por rango de edad de plantación, en la provincia de Mendoza, año 2010. Fuente: Censo Frutícola Provincial 2010.

3.2.3. Destino de la producción

Según el Censo Frutícola Provincial 2010, la mayor parte de la superficie implantada con variedades de doble propósito declararon ser destinadas a la obtención de aceite de oliva, quedando la distribución real en 73% de la superficie destinada a aceite y el 27% restante destinadas a conservas (Instituto de Desarrollo Rural, 2010).

La producción obtenida, tanto de fruta destinada a conserva como destinada a elaboración de aceite de oliva, puede ser comercializada directamente desde el productor a la industria por medio de un acopiador o ser procesada por el mismo productor. La mayor cantidad de registros obtenidos durante el censo frutícola 2010 indican que la fruta, tanto destinada a aceite como a industrias, se comercializa directamente con la industria.

3.3. Industria del olivo en Mendoza

En la provincia de Mendoza existen 138 empresas dedicadas al procesamiento de olivo. Como se muestra en la Figura 8, la mayor parte de las industrias se encuentran radicadas en los departamentos Maipú y Guaymallén, que representan el 57,25% de las empresas elaboradoras de los productos industriales de la cadena del olivo. El 28,3% se encuentran distribuidas en los departamentos del este, y el resto en el oasis sur (INTA, 2009).

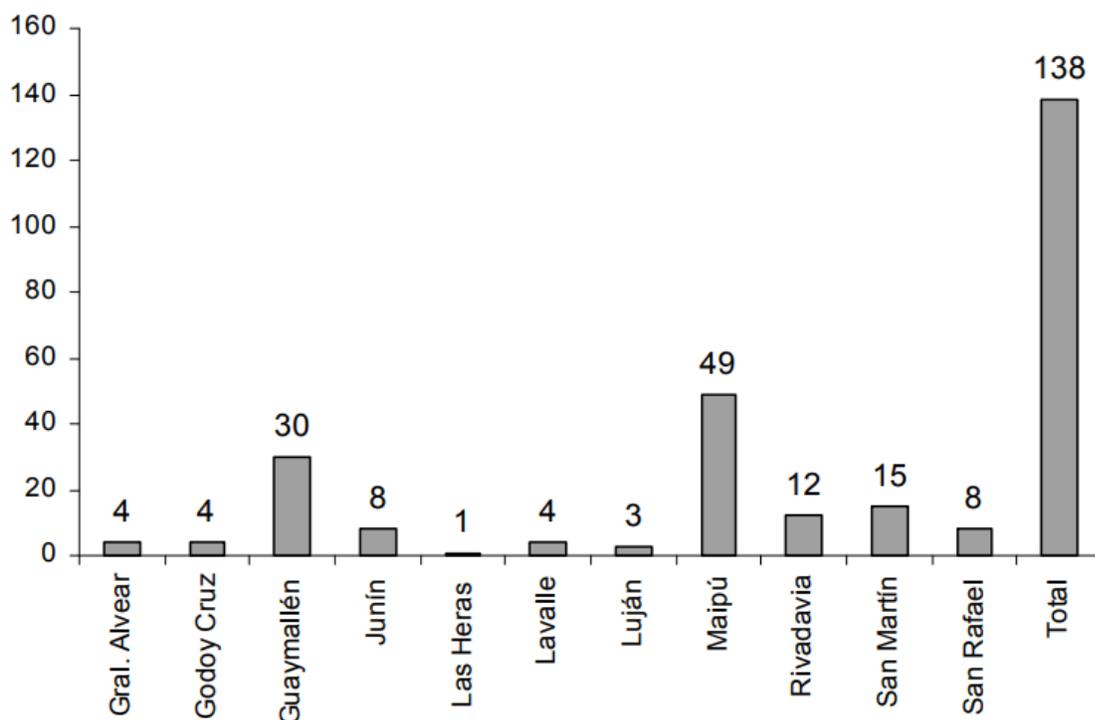


Figura 8: Ubicación por departamento de las empresas industriales olivícolas inscriptas en la provincia de Mendoza, año 2006. Fuente: INTA.

Las fábricas inscriptas en Mendoza que se dedican a la industrialización de aceitunas se dividen en tres grupos de acuerdo al destino que le dan a la materia prima. Así, 94 firmas realizan la preparación de conservas, 25 se dedican a la elaboración de aceites y 19 son mixtas, dado que efectúan ambos procesos (Figura 9).

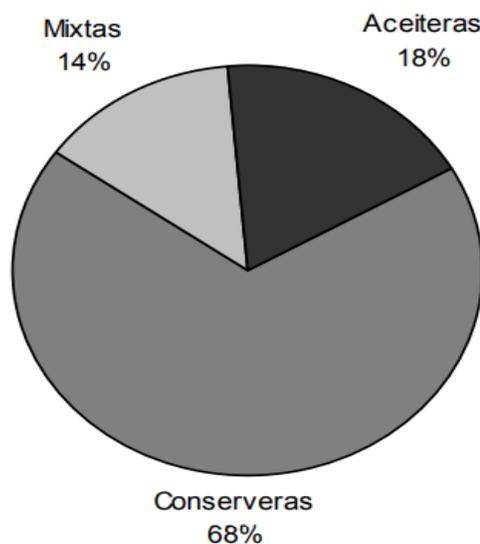


Figura 9: Tipos de industrias olivícolas en la provincia de Mendoza, año 2006. Fuente: INTA.

3.4. Proceso de elaboración del aceite de oliva en la Planta Piloto de la F.C.A.

1) Recepción de aceitunas

Se recibe la materia prima en cajones de plástico y se realiza un control de calidad de la aceituna ingresada, para determinar si su sanidad es apta para la molienda. Los cajones se pesan en una báscula y se acopian en playa de recepción, identificándose las partidas por productor y fecha de ingreso para ordenar su momento de molienda.

2) Almacenamiento de la aceituna

La aceituna se almacena en los cajones a la espera de iniciar su molturación. Es muy conveniente iniciar la molturación el mismo día de su recolección, ya que si no, la oliva al ser un fruto con agua vegetal, se fermentaría y el aceite se oxidaría. Hay que señalar que el tiempo de almacenamiento de la oliva deteriora notablemente la calidad del producto final. En este punto las aceitunas se clasifican por calidades o variedades para obtener los mejores aceites de oliva y varietales.

2) Deshojado y Lavado

Las aceitunas se colocan en una tolva que por medio de una cinta de bandas conduce las aceitunas hasta la maquina lavadora y deshojadora (Figura 10). En ésta las aceitunas caen a una cuba de lavado en la cual hay una corriente de agua en agitación que se recircula mediante una bomba (Figura 11). Aquí es donde se eliminan las hojas, la suciedad y carga microbiana que traen de la cosecha y es el primer momento en el proceso de elaboración en que se utiliza agua. El agua de lavado se cambia, según la suciedad de la materia prima, de forma de disminuir el consumo de agua, aproximadamente 2 veces al día.



**Figura 10: Cinta de bandas que transporta las aceitunas desde la tolva hasta la cuba de lavado.
Fuente: Propia.**



Figura 11: Cuba de lavado con recirculación de agua. Fuente: Propia.

3) Molienda y primer termoamasado

Un tornillo sin fin de acero inoxidable transporta las aceitunas lavadas y deshojadas a un molino de martillos de acero inoxidable para ser molidas (Figura 12). Aquí se produce la trituración de la aceitunas para romper paredes celulares, y lograr que se liberen las microgotas de aceite que se encuentra en la vacuola de las células.

La aceituna molida cae en una primer termoamadora. Esta máquina tiene unas paletas que amasan la pasta y la calientan a 30 °C en un recipiente con doble camisa donde circula agua caliente. De esta forma se logra la unión de las microgotas de aceite en gotas mayores que favorecen la separación del aceite. El agua utilizada aquí se calienta por medio de combustión de gas, ya que poseen un termotanque con capacidad de 75 litros. En el ANEXO II se muestran las características del termotanque utilizado.



Figura 12: Molino a martillo y primer máquina termoamadora. Fuente: Propia.

5) Segundo termoamado

En esta etapa, la pasta proveniente del proceso anterior llega mediante un tornillo sin fin hasta otra termoamadora. Aquí se termina el amasado (Figura 13).



Figura 13: Segunda máquina termoamadora. Fuente: Propia.

6) Separación del aceite por centrifugación horizontal

Por medio de una bomba positiva de tornillo se alimenta la centrifugadora horizontal o decanter (Figura 14). Este sistema continuo de dos fases, separa el aceite contenido en la pasta, del resto de componentes de la aceituna, que son el alpechín (agua vegetal) y el orujo (residuo sólido) llamados en conjunto alperujo.

Por una de las salidas de esta centrifugadora horizontal o decanter sale el alperujo, que se descarga a un tacho plástico azul que luego se bombea hacia un contenedor ubicado en la entrada principal de la fábrica. Por la otra salida, sale el aceite con agua de vegetación emulsionada, tal como se observa en la Figura 15.



Figura 14: Decanter. Fuente: Propia.



Figura 15: Salida de aceite del Decanter. Fuente: Propia.

7) Centrifugación vertical

El aceite obtenido del decanter se bombea hasta la centrifugadora vertical (Figura 16). Este líquido, además de aceite, presenta un porcentaje de pulpa y agua emulsionada todavía importante, por lo que se le somete a una segunda centrifugación en esta máquina. Esta centrifuga vertical aplica agua que por acción de la fuerza centrífuga atraviesa el anillo de aceite de oliva, arrastrando gran cantidad de impurezas. Esta etapa del proceso es donde se requiere mayor cantidad de agua.



Figura 16: Centrifugadora vertical. Fuente: Propia.

8) Decantación

El aceite obtenido de la centrifugadora vertical se conduce mediante bombeo hacia los tanques de decantación (Figura 17), en donde se deja reposar por 30 días para la decantación de las borras. Aquí se evita el contacto con la luz y con el oxígeno, que producen oxidaciones y bajan la calidad del aceite. Cada 48 horas se retira el alpechín que ha sedimentado para evitar malos sabores en el aceite.



Figura 17: Tanques de decantación. Fuente: Propia.

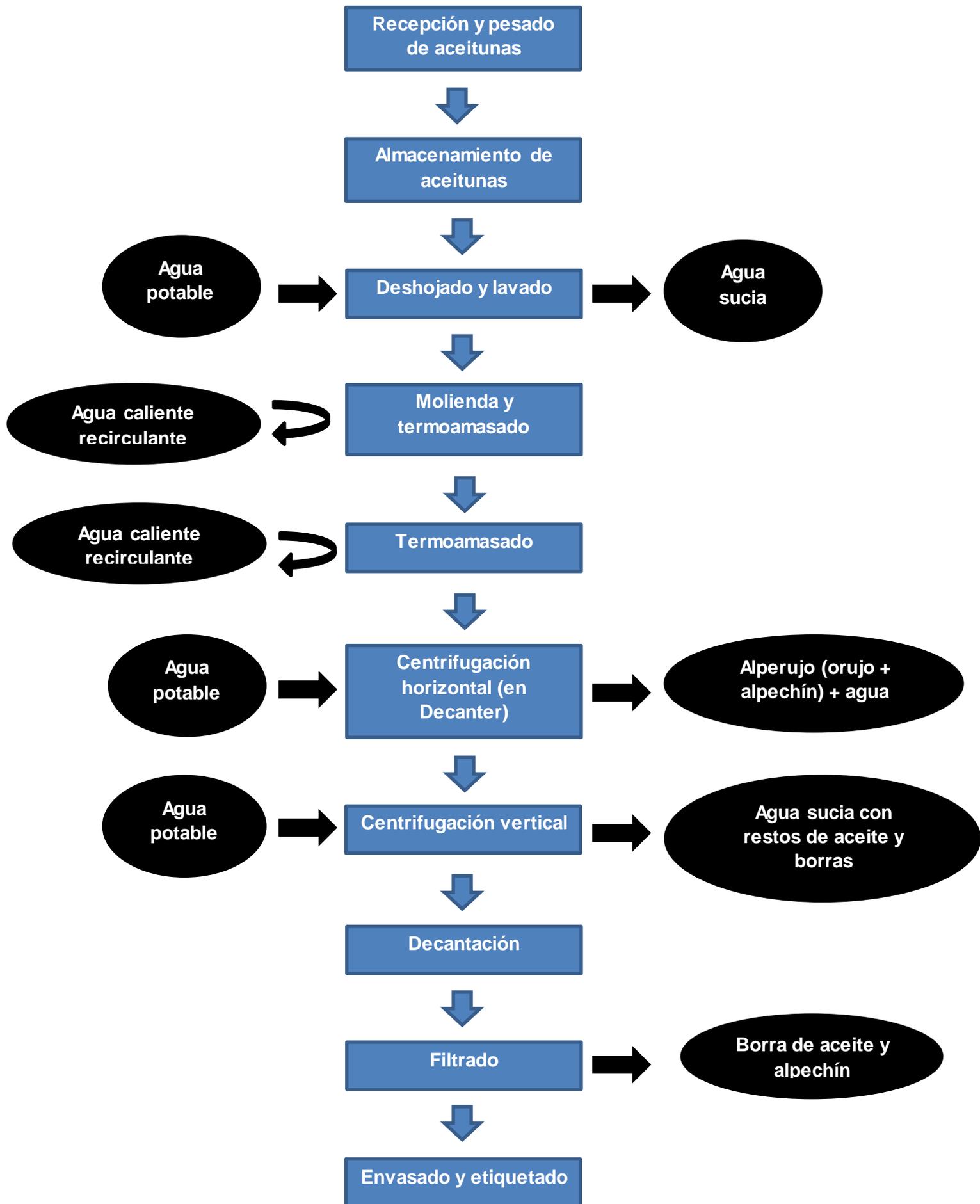
9) Filtrado

El aceite de los tanques de decantación se filtra para darle brillantez y se coloca en tanques de almacenamiento, para su posterior envasado y comercialización.

10) Envasado y etiquetado

El aceite es envasado y etiquetado manualmente en botellas de plástico, proceso realizado a temperatura ambiente.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo del proceso de elaboración del aceite de oliva en la Planta Piloto:



3.5. Aguas residuales industriales

3.5.1. Definición

Las aguas residuales industriales son aquellas que resultan de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y que pueden contener contaminantes como aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas u otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares García & Pérez López, 2017). En el caso de la industria aceitera y en particular en la Planta Piloto de la Facultad, el agua residual contiene una gran cantidad de sales inorgánicas, de aceite proveniente de las aceitunas procesadas, y también productos sanitizantes utilizados en el lavado de la sala de elaboración.

3.5.2. Problemas generados por aguas residuales

Las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que portan, pueden ser causa y vehículo de contaminación en aquellos lugares donde son volcadas sin un tratamiento previo.

Se puede definir la polución del agua como una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia y peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Espigares García & Pérez López, 2017).

A continuación se relacionan los principales inconvenientes de las aguas residuales:

Malos olores y sabores: Son consecuencia de la diversidad de sustancias que portan, y sobre todo, de los productos de la descomposición de éstas, especialmente en aquellos procesos, sobre todo anaerobios, en los que se descompone materia orgánica con desprendimiento de gases. A esto hay que añadir las causas naturales de olores y sabores: la proliferación de microorganismos, los procesos de descomposición, la presencia de vegetación acuática, mohos, hongos, etc., y la reducción de sulfatos a sulfuros en condiciones anóxicas (Espigares García & Pérez López, 2017).

Acción tóxica: Es el efecto y la repercusión que tienen algunos residuos sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que se vean

afectados por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria. A este respecto, es importante tener en cuenta, que en numerosas ocasiones las aguas residuales se utilizan, sin un tratamiento previo, para el riego de cultivos, con el enorme riesgo que esto supone, ya que el hombre puede consumirlas crudas, pasando a él directamente la contaminación por tóxicos o microorganismos. En otras ocasiones, no son directamente los residuos los que provocan la desaparición de los organismos del agua, sino que para la descomposición de las sustancias contaminantes son necesarias grandes cantidades de oxígeno, llegando a agotarse y creando condiciones anóxicas que impiden la vida acuática.

Los compuestos con acción tóxica tienen características y orígenes diversos:

Compuestos orgánicos de efluentes domésticos e industriales: representan el problema más antiguo de contaminación del agua. Hay una gran diversidad de compuestos orgánicos presentes en el ambiente acuático causando la polución de éste. Podemos citar los hidrocarburos, y dentro de éstos, los hidrocarburos aromáticos policíclicos, algunos de los cuales son cancerígenos. También son muy importantes los fenoles que provocan problemas de olor y sabor acentuados cuando éstos reaccionan con el cloro en los procesos de cloración del agua. Otras sustancias a tener en cuenta son los compuestos organometálicos, ya que su presencia en el medio ambiente, incluso a pequeñas concentraciones, puede afectar a la cadena alimentaria, alcanzando concentraciones mucho mayores en los organismos. En las industrias de alimentos y en especial la del aceite de oliva, el agua residual contiene contaminantes como aceites y grasas, azúcares, sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos, polialcoholes, polifenoles, etc (Espigares García & Pérez López, 2017).

Compuestos inorgánicos y minerales: proceden de industrias mineras y de productos químicos inorgánicos. Entre ellos podemos citar amonio, cianuros, fluoruros, sulfuros, sulfitos y nitritos. También están los metales pesados, que se acumulan en la cadena alimentaria, a través de la captación por el fitoplancton, peces y organismos filtradores, y pueden afectar al hombre. En el caso de la industria del aceite de oliva, los efluentes contienen polvo y tierra que puede incrementar la salinidad del mismo (Espigares García & Pérez López, 2017).

3.6. Tratamiento de efluentes

3.6.1. Importancia del tratamiento de efluentes

El agua es un recurso escaso en la provincia de Mendoza, que tiene múltiples usos, poblacionales, agrícolas, energéticos (energía hidroeléctrica), industriales y de esparcimiento. Así mismo, los

efluentes que se generan en las actividades agroindustriales pueden generar problemas ecológicos, sociales y económicos. Debido a esto es sumamente importante desarrollar métodos por los cuales los efluentes puedan ser reutilizados. Ese es el caso de las áreas denominadas como ACRE (Áreas de Cultivos Restringidos Especiales), en las que sólo se permite determinados tipos de cultivos que cumplan con ciertos requerimientos, para que los mismos puedan ser regados con aguas tratadas sin que ello represente un riesgo mayor al ser cosechados y consumidos por la población (Sosa, 2013).

En el caso en estudio, los efluentes generados en la elaboración del aceite de oliva podrían ser utilizados, luego de un tratamiento, para el riego de las parcelas que se encuentran dentro de la facultad. Esto es debido a que los efluentes contienen gran cantidad de materia orgánica y nutrientes que son beneficiosas para las plantas.

3.6.2. Finalidad del tratamiento de efluentes

El principal objetivo del tratamiento o depuración del agua es la disminución de su carga contaminante para minimizar el impacto ambiental que se genera cuando estas son vertidas a los cultivos. Así, se busca el ajuste del pH y la disminución de la salinidad para que los nutrientes que poseen estas aguas sean aprovechados por los cultivos. Los sistemas de depuración se basan en procesos físicos (sedimentación, coagulación, floculación, decantación, flotación, filtración, evaporación), químicos (osmosis inversa, reacciones de oxidación) y biológicos. Existen diversos tipos de tratamiento de efluentes, cada uno con sus ventajas y sus desventajas, por lo que hay que caracterizar correctamente el efluente a fin de utilizar la técnica más apropiada, y no aplicar sistemáticamente uno de los sistemas para todos los casos. Los tratamientos se pueden clasificar en primarios, secundarios y terciarios (Contaminación y Saneamiento Ambiental, 2017).

3.6.3. Tipos de tratamiento de efluentes

A continuación, se nombran los diferentes tipos de tratamientos y ejemplos de algunos de ellos, extraídos de las presentaciones realizadas para la clase de tratamiento de efluentes por la asignatura Contaminación y Saneamiento Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Tratamientos Primarios

Los objetivos de estos tipos de tratamientos son eliminar sólidos en suspensión y los materiales flotantes. Algunos de los tratamientos primarios utilizados en la actualidad que podrían aplicarse para el efluente en estudio son:

- Rejas: formadas por barras metálicas fijas colocadas desde 20 mm a 100 mm unas de otras. Separan sólidos gruesos.
- Tamices: estructuras que separan sólidos de menor tamaño que las rejas.
- Decantadores: Eliminan por decantación las partículas finas en suspensión.
- Centrífugas: Máquinas que se utilizan para la extracción, separación y concentración del efluente líquido y de barros biológicos.
- Aeroflotadores: Separan aceites y grasas o partículas de baja densidad.
- Neutralizadores: Sistemas que se utilizan para controlar el pH.

Tratamientos Secundarios

El objetivo de estos tipos de tratamientos es transformar las sustancias orgánicas inestables en otras formas más estables, por la acción de diversos microorganismos. Pueden ser aerobios o anaerobios. Se pueden nombrar los siguientes tratamientos consultados en la bibliografía de Contaminación y Saneamiento Ambiental:

- Barros o Lodos Activados: consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua. Aquí se generan barros procedentes de la sedimentación del fango producido (Rodríguez, 2010).
- Lagunas Aireadas: depósitos excavados en un terreno que se utilizan para realizar un proceso de tratamiento biológico simple.
- Lagunas de estabilización: estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias.
- Filtros de percolación: filtros biológicos por donde pasan los efluentes para su depuración.

- Discos rotativos: discos que giran en un eje horizontal dentro de un tanque que contiene el agua residual y sobre los cuales se fija la biomasa microbiana para interactuar con el efluente y el oxígeno.
- Filtros verdes: habitualmente se diferencian dos grandes grupos; los métodos de tratamiento mediante aplicación en el terreno y los sistemas acuáticos. En todos ellos, el efecto depurador se debe a la acción de la vegetación, el suelo, los microorganismos (terrestres y acuáticos) y, en menor medida, los animales superiores (Instituto Geológico y Minero de España, 2017).
- Filtros anaerobios: El agua a ser tratada se hace pasar a través de un cuerpo poroso (piedra), llevándola al contacto con una fina biopelícula de microorganismos adheridos a la superficie, o floculados, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia.
- Reactor anaerobios: Es un reactor biológico, donde los microorganismos oxidan la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando gases que pueden ser utilizados en biocombustibles.

Tratamientos terciarios

El objetivo de estos tipos de tratamientos es eliminar otros contaminantes que no se consiguen reducir en el tratamiento secundario o que se forman durante el mismo. Para cada contaminante que se quiere eliminar hay distintos tipos de técnicas.

Para la eliminación de la turbidez y la disminución de sólidos se utilizan:

- Coagulación
- Floculación
- Filtración
- Microtamizado

Para la reducción de las sales se utilizan:

- Intercambio iónico
- Ósmosis inversa
- Electrodialisis

Para la desinfección se utilizan:

- Cloración
- Ozonización

Para otros contaminantes no nombrados anteriormente se utilizan, por lo general:

- Adsorción
- Reducción de nutrientes

3.6.4. Marco legal

La implementación de un sistema de tratamiento de efluentes en una industria consiste en que los líquidos que se desechan no sean eliminados al ambiente tal como se generan, sino que deban ser sometidos a algún tipo de tratamiento que permita que esos efluentes sean liberados sin riesgo de contaminar los recursos naturales más próximos. Además, los procesos industriales deben adecuarse a la política ambiental, provincial y nacional, haciendo un aprovechamiento integral, racional y eficiente de los recursos dentro del marco del desarrollo sustentable. Por ello es imprescindible la continua actualización de la normativa en materia de contaminación hídrica, debiendo ajustarse a los requerimientos de la sociedad y de la protección de los recursos para mantener y asegurar la calidad de los mismos (Sosa, 2013).

Los efluentes industriales, luego de ser tratados, pueden volcarse a cauces públicos o bien usarse para el riego de cultivos especiales en las denominadas Áreas de Cultivos Restringidos Especiales (ACRE). Actualmente, la provincia de Mendoza cuenta con normativas como la Resolución N° 400 y la N° 778 del Departamento General de Irrigación, que es el encargado de la administración general de las aguas, y, dentro de sus incumbencias, se encuentra la de poder de policía. Es decir, tiene como función la vigilancia del recurso hídrico con el objeto de preservar la salud pública y promover el bienestar común de los habitantes de Mendoza.

Según establece el artículo 3.2 de la resolución N° 400 del DGI, en las ACRE sólo podrán implantarse los cultivos autorizados expresamente por el Departamento General de Irrigación en base a la calidad de las aguas destinadas a reuso y a recomendaciones brindadas por entes científicos, técnicos y/o académicos de reconocida trayectoria, sean organismos internacionales, extranjeros o nacionales.

Para el uso de aguas recuperadas para el riego de cultivos mediante el tratamiento de efluentes industriales, el Artículo 1.1 de la resolución N° 400 del DGI establece que: “El presente reglamento resulta de orden público y tiene por objeto regular y establecer las condiciones de reuso en agricultura de aguas recuperadas mediante depuración de efluentes tratados en plantas operadas por Obras Sanitarias Mendoza SA u otra operadora del servicio de saneamiento, las que deben encontrarse en condiciones de vuelco a las áreas de cultivos restringidos especiales delimitadas por la autoridad

hídrica, en un todo de acuerdo a la normativa vigente en el ámbito del Departamento General de Irrigación”. En la Tabla 4 del ANEXO III de este trabajo se muestran los límites establecidos que deben cumplir los efluentes tratados para el reúso agrícola, extraídos de la resolución N° 400.

En el caso del vuelco de sustancias de cualquier naturaleza, ya sea industrial, cloacal, de establecimientos comerciales, etc., se requiere de la autorización previa, extendida por el DGI, y debe ajustarse a los requisitos técnicos que se incluyen en la Resolución N° 778 y sus modificatorias (resolución N°627/00, la cual pretende modificar los parámetros exigibles y/o tolerados para el vertido de líquidos a cauces públicos, fijando parámetros de acuerdo al tipo de tratamiento primario o secundario y la calidad del efluente tratado).

En la Tabla 5 del ANEXO III de este trabajo se muestran los parámetros máximos permitidos y tolerados para los vertidos directos e indirectos al dominio público hidráulico, extraídos de la resolución N° 778. En los artículos 11-15 de dicha resolución se establece que toda empresa o establecimiento que requiera Permiso de Vertido al Departamento General de Irrigación deberá contar, necesariamente, con el pertinente tratamiento de efluentes. El Superintendente General de Irrigación podrá otorgar dicho Permiso de Vertido a todas aquellas personas físicas o jurídicas, públicas o privadas que se hayan inscripto en el RUE (Registro Único de Establecimientos) y cuyos efluentes cumplan rigurosamente con las condiciones de calidad (química, física y bacteriológica), caudal (instantáneo máximo, promedio diario), frecuencia (variaciones diarias y/o semanales típicas), periodicidad (épocas del año en que se produce el vertido) y ubicación de su punto de vuelco.

Además de las condiciones de calidad que debe cumplir el efluente tratado, se prohíbe la mezcla de efluentes y la dilución del mismo, utilizando agua potable, para luego ser volcados al dominio público hidráulico.

Entre la legislación provincial, también debe tenerse en cuenta la Ley 5961, “Ley General del Ambiente”, cuyo objetivo principal es “la preservación del medio ambiente en todo el territorio provincial a los fines de resguardar el equilibrio ecológico y el desarrollo sustentable, siendo sus normas de orden público”. Esta ley entiende que dentro del concepto de preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente se comprende la utilización racional de suelo, atmósfera, agua, flora, fauna, paisajes, fuentes energéticas y demás recursos naturales en función de los valores del ambiente (Art 3, inc. b). Esta legislación toma importancia ya que el agua es un bien de derecho colectivo y debe ser preservado para la utilización y goce de todos los grupos humanos, y aun cuando

sufriese algún tipo de menoscabo, la persona física o jurídica es la encargada de la reposición a su estado anterior.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Realizar la caracterización de los efluentes líquidos generados durante la producción de aceite de oliva de la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias y plantear una propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento de estos efluentes, teniendo en cuenta los aspectos ambientales relevantes y la capacidad técnica del establecimiento, además de la legislación medioambiental vigente.

4.2. Objetivos específicos

- Describir el agroecosistema en el que está inserto el establecimiento.
- Analizar el proceso de elaboración del aceite de oliva en la Planta Piloto.
- Realizar un diagnóstico preliminar de la situación actual acerca de la disposición de los efluentes.
- Caracterizar los efluentes generados durante el proceso de elaboración del aceite de oliva.
- Determinar si hay diferencias en los contaminantes de los efluentes generados por distintos tipos de aceitunas.
- Describir, ajustar y proponer el funcionamiento de un sistema de tratamiento para los efluentes líquidos acorde a la realidad agroecosistémica de la Facultad.

5. Material y métodos

5.1. Descripción del agroecosistema y diagnóstico de la situación actual

5.1.1. Ecosistema

La Planta Piloto de la F.C.A., también llamada Fábrica Experimental de la F.C.A. se encuentra dentro de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cuyo. Esta se ubica en Chacras de Coria, departamento de Luján de Cuyo en la Provincia de Mendoza. En la Figura 18 se observa una imagen satelital de la ubicación geográfica de la Facultad y en la Figura 19 la ubicación de la Planta Piloto dentro de la Facultad, ambas extraídas de Google Earth.

La Facultad tiene una superficie aproximada de 105 ha (1.050.000 m²), dentro de la misma se pueden encontrar especies vegetales y animales típicas del departamento, además de los cultivos que hay dentro de ella y los animales exóticos de la granja.

Entre los cultivos que se encuentran en la facultad se destaca principalmente la vid, cuyos frutos van destinados a la elaboración de vino en la bodega. También se cultivan hortalizas y frutales como manzano, ciruelo, durazneros, perales, que son destinados a la Planta Piloto para su procesamiento.

La Facultad se encuentra dentro de la Provincia Fitogeográfica del Monte cuya vegetación dominante son los matorrales de *Larrea cuneifolia* y *Atriplex argentina* (Municipalidad de Luján de Cuyo, 2017).



Figura 18: Ubicación geográfica de la Facultad de Ciencias Agrarias. Fuente: Google Earth.

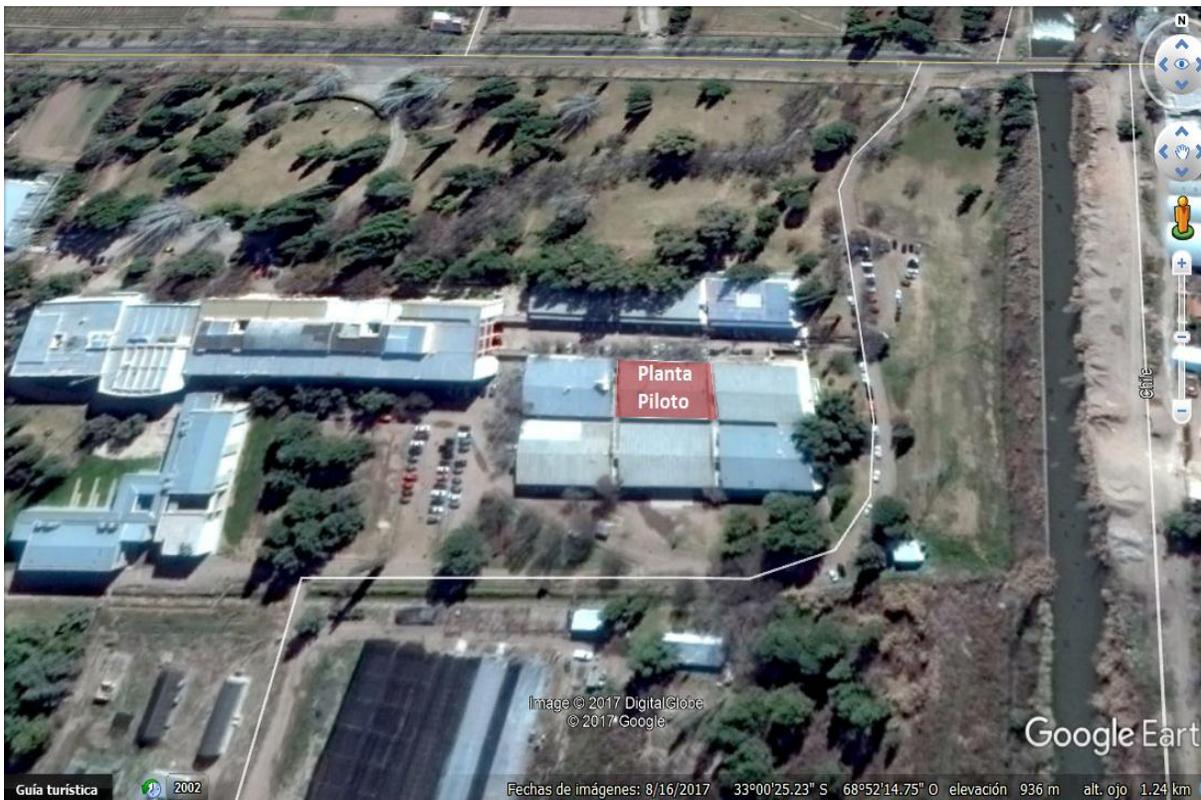


Figura 19: Ubicación de la Planta Piloto dentro de la Facultad de Ciencias Agrarias. Fuente: Google Earth.

Según un estudio de la flora y vegetación del centro urbano de Luján de Cuyo, florísticamente se han registrado 61 especies reunidas en 54 géneros y 20 familias. Dominan las especies de las familias Asteraceae y Poaceae, las que junto con las Fabaceae, Chenopodiaceae, Solanaceae y Brassicaceae representan más del 80 % de la flora urbana. El 68.8 % de las especies son introducidas y el 31.2 % son nativas y endémicas. El 54.0 % son perennes, el 42.7 % anuales y 3.3 % bienales (Méndez, 2005).

Entre los animales que pueden encontrarse están las aves ñandúes, águilas moras, aguiluchos comunes, halconcitos colorados, lechucitas de las vizcacheras, chimangos, caranchos, gallitos arena, coperotes, jotes, martinetas, loicas, fiofíos comunes, calandrias, cotorras y palomas medianas. También pueden encontrarse mamíferos como piches, ratones de campo y maras (Municipalidad de Luján de Cuyo, 2017).

Luján de Cuyo tiene un clima seco con temperaturas medias anuales de 12.3 °C. Las temperaturas en verano rondan los 22,9 °C y en invierno los 5,3 °C. Las precipitaciones medias anuales son de 230 mm. La mayoría de las precipitaciones son siempre en verano. Estas suelen ser violentas y con descargas eléctricas, los también llamados “chaparrones” son comunes, al igual que las nubes portadoras de granizo que provocan grandes daños en los cultivos (Municipalidad de Luján de Cuyo, 2017). Los suelos son de origen aluvional de carácter limoso-arenoso (Méndez, 2005).

Con respecto a la hidrografía del departamento, el mismo está atravesado por el cauce del río Mendoza. Dicho río nace a partir de la confluencia de tres ríos cordilleranos: Las Cuevas, Tupungato y Las Vacas. Más de las tres cuartas partes del caudal del Mendoza proviene de los tres ríos mencionados; el resto proviene de riachuelos y arroyos secundarios, también derivados de la cordillera y pre cordillera mendocinas (Municipalidad de Luján de Cuyo, 2017).

5.1.2. Tecnosistema

Manejo de la fertilización

La fertilización del suelo se realiza manualmente y con maquinarias. El abonado tanto de hortalizas como de frutales es mediante fertilizantes químicos y abonos orgánicos. Otra forma de abonar el suelo es mediante el entierro de restos vegetales, como restos de poda. En el caso de cultivos como la

vid, utilizan también guano en fresco proveniente de la granja de la facultad y de proveedores externos. El guano en fresco no se utiliza para abonar los cultivos hortícolas debido a los problemas con patógenos que pueden traer con ellos.

Manejo del suelo y labranzas

Utilizan maquinaria perteneciente a la Facultad para preparar el suelo antes de la siembra y también para la fertilización del mismo mediante el entierro de los restos vegetales. La cosecha tanto de frutales como de hortalizas se realiza en forma manual.

Manejo de malezas

El desmalezado se realiza químicamente con el agregado de herbicidas, y manualmente con escardillos y otras herramientas simples para el desmalezado.

Manejo de plagas y enfermedades

Se ven afectados frecuentemente por Grafolita, que ataca principalmente a los durazneros, además de los pulgones que atacan otros frutales y las hortalizas. Una enfermedad común por la que se ven afectados principalmente los durazneros es el mal de munición, provocado por *Stigmina*,

Para combatir las plagas realizan un manejo integrado de plagas. Frecuentemente se realizan monitoreos en los cultivos, llevados a cabo por personal capacitado, y en base a los monitoreos se aplican plaguicidas o insecticidas.

Manejo del riego

El riego es principalmente superficial con agua de turno. Se tiene además en la Facultad parcelas experimentales con riego por goteo.

Métodos de defensa

Solo poseen telas de defensa contra granizo en algunas parcelas experimentales donde se realizan cultivos hortícolas.

Técnicas de reproducción de plantas

Las plantas se obtienen tanto del vivero de la facultad como de viveros externos a los que se les compran los plantines.

5.1.3. Sociosistema

La Planta Piloto de la Facultad lleva más de 40 años funcionando, y en ella se procesan frutas y hortalizas que se producen en la zona, produciendo conservas, dulces, jaleas y mermeladas, confituras y aceite de oliva. Por método Appert se obtienen conservas de tomate: tomate entero, triturado y puré; duraznos en almíbar, enteros y rodajas, peras en almíbar. También néctares de duraznos y damascos. Se producen mermeladas de frutillas, damascos, ciruelas, duraznos, membrillo y tomate; dulce de membrillo, jalea de membrillo y confituras de alcayota y zapallo, obteniéndose más de 20 productos durante el año. La materia prima con la que se elaboran estos productos provienen de los cultivos de la Facultad, a excepción de las aceitunas que provienen de alrededor de 100 productores a través del sistema façon, que consiste en la contratación de terceros para llevar a cabo parte de la producción. Luego de darles el producto, comparten porcentaje de la manufactura con ellos (Adi, 2017).

En el establecimiento trabajan 8 personas de forma permanente y por lo general 2 personas más en temporadas altas como en las del aceite de oliva, que requiere mucha producción en poco tiempo. Además, de los alumnos de la facultad que realizan concurrencias de producción o que han obtenido una beca de prestación de servicios. El establecimiento funciona de lunes a viernes, a excepción de las temporadas altas donde en algunas ocasiones se trabaja incluso los sábados y domingos.

El aceite de oliva producido en esta fábrica es reconocido por su calidad, y ha obtenido reconocimientos en concursos internacionales, como lo son los galardones Gran Prestigio Oro y Prestigio Oro en Olivinus 2017, donde compitieron con 202 empresas de 17 países (Adi, 2017). La producción del mismo comienza a principios de mayo y termina a finales de junio. En la Figura 20 se observa un organigrama de la Planta Piloto, realizado con las personas que trabajaron durante la temporada de elaboración de aceite de oliva en el año 2017.

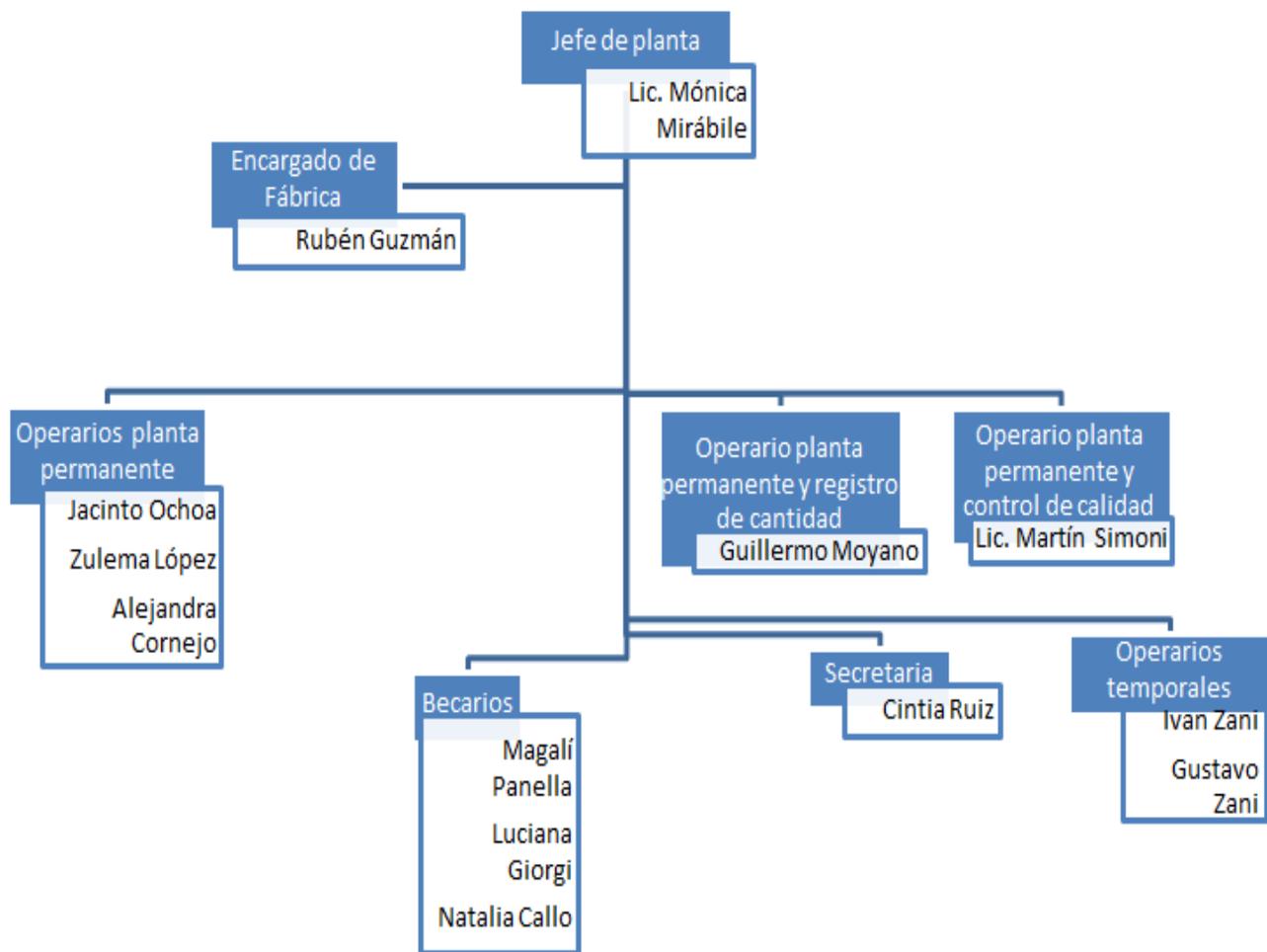


Figura 20: Organigrama de la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias en la temporada 2017 de elaboración de aceite de oliva. Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Disposición actual de efluentes

Efluentes del lavado de aceitunas y de la sala de elaboración

Tanto los efluentes líquidos resultantes del lavado y deshojado de las aceitunas como los resultantes del lavado de la sala de elaboración se conducen por canaletas con rejillas que están por debajo del piso hacia la bodega, donde se juntan con los efluentes de esta y se dirigen por cañerías hasta un pozo ubicado en las afueras de ambos establecimientos, en la zona de la Planta de biogás. A estos efluentes, según una consulta con el secretario de producción de la facultad, el Ing. Pablo Loyola, se les hace un tratamiento biológico de flujo superficial, llamado infiltración lenta, que consiste en distribuir los efluentes en un suelo con pendiente de modo de que los microorganismos del suelo y las raíces de las plantas degraden y metabolicen la materia orgánica del efluente.

Efluentes del Decanter

En el caso de la centrifugación horizontal en el decanter, el efluente es el alperujo que, tal como se mencionó anteriormente, se conduce hacia un contenedor ubicado en la puerta de la entrada principal a la fábrica (Figura 21). Cuando el contenedor se llena, un camión llega y lo cambia por otro contenedor vacío, llevándose el recipiente lleno de alperujo, que actualmente se está utilizando tanto para la producción de compost como para la alimentación de ganado. También hay personas trabajando en el tratamiento adecuado de estos residuos.



Figura 21: Contenedor receptor del alperujo. Fuente: Propia.

Efluentes de la centrifugación vertical

El efluente líquido resultante de la centrifugación vertical del aceite, se conduce hacia una pileta receptora que se encuentra dentro de la fábrica, donde luego mediante cañerías, es bombeado hacia el pozo que se encuentra junto a la Planta de Biogás donde se junta con el resto de los efluentes para realizar un tratamiento de infiltración lenta.

5.2. Caracterización de los efluentes

Para la realización del trabajo, se hicieron alrededor de 20 visitas a la fábrica durante la temporada de elaboración de aceite de oliva. Durante estas visitas, se realizó un seguimiento del proceso de elaboración del aceite de oliva, identificando las etapas en las que se utilizaba agua. Una vez identificadas esas etapas, se cuantificaron los efluentes líquidos que se generaban.

Para conocer las características físico-químicas de los efluentes, se eligió analizar los que se generaron durante la etapa de centrifugación vertical o lavado del aceite, ya que son los que se generan en mayor cantidad y contienen más contaminantes. Para esto se tomaron muestras cuyos análisis en laboratorios fueron realizados personalmente y por profesionales.

El estudio junto a la toma de datos y muestras fue durante el período comprendido entre Abril y Junio de 2017. Esta es la época donde se elabora el aceite en la fábrica.

5.2.1. Toma de muestra y análisis realizados

Las muestras fueron tomadas en la pileta donde llegan los efluentes resultantes de la centrifugación vertical del aceite. Estas muestras fueron extraídas en 4 días diferentes durante Mayo y Junio para caracterizar el efluente en épocas distintas de elaboración. Se colocó en recipientes adecuados para su análisis y en total se extrajeron 4 muestras, a las que se les determinó el pH, la conductividad eléctrica y la DQO. No se realizaron análisis de sólidos solubles en éter etílico por dos motivos: el primero es que el sistema de producción al ser de dos fases, libera el alpechín junto a los orujos, siendo el alpechín el líquido donde pueden encontrarse mayores cantidades de aceites producto de fallas en la separación centrífuga, generalmente producidas por obstrucciones en los orificios de salida de los alperujos del decanter. Por este motivo, no hay pérdidas significativas de aceite en los efluentes. El segundo motivo fue que en los laboratorios donde se realizaron los demás estudios no se realizan análisis de sólidos solubles en éter etílico, aunque para una caracterización más precisa del efluente se deben realizar.

Para determinar el pH y la conductividad eléctrica, las muestras se colocaron en frascos de vidrio de 1 litro adecuadamente lavados y fueron analizadas personalmente en el laboratorio de edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias inmediatamente luego de tomadas las muestras. En la Figura 22, se observa el instrumento utilizado para la medición del pH. Este es un pH metro marca ORION

RESEARCH modelo 701, que fue calibrado por personal del laboratorio de Edafología. Para la medición de la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro de marca ARADEL (Figura 23), también calibrado por personal del laboratorio de Edafología.

Para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), las muestras fueron colocadas en botellas plásticas de 1 litro aportadas por el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, y las mismas fueron analizadas por el laboratorio Agroas. Estas botellas estaban adecuadamente lavadas y antes de llenarlas se les colocó 1 mililitro de ácido sulfúrico, según la metodología de análisis de DQO.



**Figura 22: pH metro marca Orion Research utilizado para la determinación del pH del efluente.
Fuente: Propia.**



Figura 23: Conductímetro marca Aradel utilizado para la determinación de la conductividad eléctrica del efluente. Fuente: Propia.

5.2.2. Determinación de la cantidad de efluentes generados

Durante la elaboración de aceite de oliva en la Planta Piloto, hay 6 etapas donde es necesaria la utilización de agua:

- 1. Lavado y deshojado de las aceitunas**
- 2. Primer y segundo termoamasado**
- 3. Centrifugación horizontal**
- 4. Centrifugación vertical del aceite**
- 5. Lavado de la sala de elaboración**

La cantidad de agua utilizada en cada una de estas etapas es diferente entre ellas, y varía dependiendo de la cantidad de aceituna molida y, en algunos casos, del tipo de aceituna procesada (aceitera o criolla). A excepción del agua de las termoamasadoras, donde el agua recircula, en las demás etapas

se generan efluentes líquidos en cantidades diferentes, y los mismos son conducidos a distintos lugares.

Los efluentes generados en el lavado y deshojado de aceitunas y los generados en la centrifugación vertical del aceite fueron los únicos posibles de medir, debido a que se los mismos se juntaban en una cuba de lavado y en una pileta receptora de efluentes, respectivamente, antes de su disposición final.

A continuación, se explican los diferentes usos del agua en el proceso de elaboración de aceite de oliva en la Planta Piloto y el modo de cálculo de su cantidad:

1) Agua utilizada en el lavado y deshojado de las aceitunas

En esta etapa, la cuba de lavado y deshojado se llena con agua potable y se lavan las aceitunas, cambiando el agua cuando sea necesario, generalmente y de acuerdo al estado de la materia prima, se realiza una vez por día. El efluente es conducido por canaletas con pendiente hacia la bodega, tirando el líquido por canaletas con rejillas que se encuentran bajo el piso de la fábrica. Este efluente resultante se conduce por estas canaletas con pendiente hacia la bodega de la Facultad, ubicada justo atrás de la fábrica. Aquí, el agua desechada se junta con los efluentes líquidos de la bodega y ambos son conducidos hacia un pozo ubicado junto a la Planta de Biogás de la Facultad. Debido a que el agua desechada en esta etapa, antes de su disposición final se combina con los efluentes de la bodega, es que solo se calculó su cantidad, ya que no tiene sentido conocer sus características debido a que las mismas cambian al combinarse con los otros líquidos de la bodega.

Para el cálculo de la cantidad de agua utilizada en esta etapa se tomó la medida de la cuba de lavado con una cinta métrica, hasta el nivel donde se llena, como se observa en la Figura 24. Conociendo sus medidas se contó la cantidad de veces que la misma se llena por día. Las medidas de la cuba hasta el nivel donde la misma se llena son:

- 1,52 m de largo
- 1,00 m de ancho
- 0,56 m de profundidad

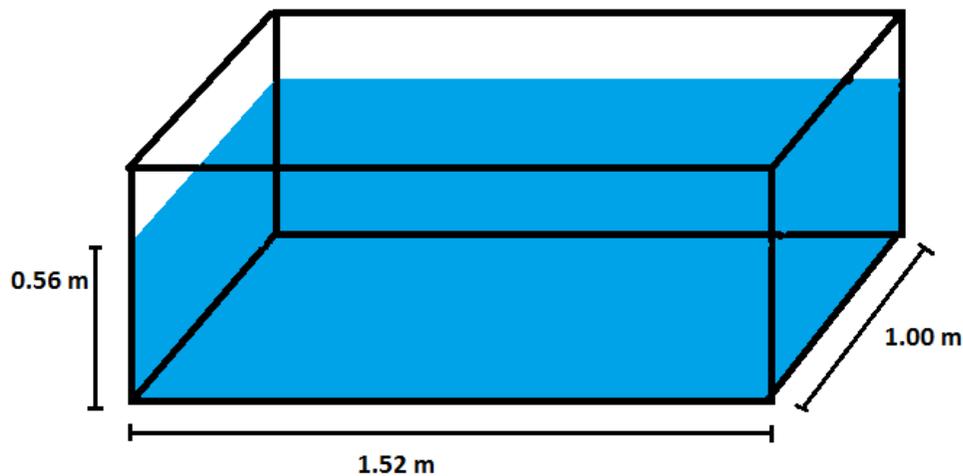


Figura 24: Esquema de la cuba de lavado y deshojado. Fuente: Elaboración propia.

2) Agua utilizada en el primer y segundo termoamasado

El agua utilizada aquí es una cantidad fija que se reutiliza. Esto es debido a que las cañerías por donde el agua circula para el calentamiento de la pasta, forman un circuito cerrado que vuelve al termotanque. Debido a esto, no se calculó la cantidad utilizada ya que su volumen es insignificante (75 litros que se reutilizan) y no se generan efluentes líquidos. Lo importante a remarcar aquí es que tanto este sistema de calentamiento como la calefacción de la fábrica, son mediante circuitos cerrados de agua que se calienta por combustión de gas. La diferencia entre estos dos sistemas radica en que para el calentamiento de la pasta el agua es calentada por el termotanque, mientras que para la calefacción del establecimiento el agua es calentada por una caldera.

3) Agua utilizada por el Decanter

El agua en esta etapa es utilizada para facilitar el bombeo del alperujo hacia el contenedor ubicado en la entrada principal de la fábrica. El alperujo, pasta semisólida, tiene un 75% de agua, por lo que es un residuo sumamente difícil de manejar. Este es descargado por una de las salidas del decanter a un recipiente plástico que se observa en la Figura 25. A este recipiente se conecta una manguera de desagüe y también una manguera de agua. La manguera de agua se abre solo en aquellos casos en que el alperujo sale del decanter demasiado sólido como para ser bombeado hacia el contenedor. Debido a esto, la cantidad de agua utilizada aquí no se pudo medir. Debido a que los alperujos son llevados a un lugar de destino ubicado fuera de la Facultad, estos no forman parte de los efluentes a tratar.



Figura 25: Recipiente contenedor del alperujo conectado a la manguera de agua y a la manguera de desagüe. Fuente: Propia.

4) Agua utilizada en la centrifugación vertical

En esta etapa es donde se utiliza la mayor cantidad de agua y por consiguiente se genera la mayor cantidad de efluente líquido. El agua se utiliza para realizar el sellado de la centrífuga vertical y lograr eliminar borras y agua emulsionada del aceite proveniente del decanter.

El efluente generado en esta etapa se conduce a una pileta llamada “infierno” (Figura 26). En esta pileta se coloca un sensor flotante que activa una bomba centrífuga (modelo K90, 220/380 HP) cuando el nivel del efluente supera cierto límite. Esta bomba, al ponerse en funcionamiento, succiona el efluente y lo conduce por cañerías hacia el exterior de la fábrica, donde es liberado a una laguna de evaporación. Posteriormente, cuando el nivel del efluente baja nuevamente, también lo hace el flotador y la bomba deja de funcionar.



Figura 26: Pileta receptora de efluentes resultantes de la centrifugación vertical, junto a la bomba de succión. Fuente: Propia.

Para el cálculo del caudal del efluente generado aquí, lo primero que se hizo fue tomar las medidas de la pileta (Figura 27), ya que esta es rectangular. Los valores medidos fueron:

- 1.00 m de largo
- 0.9 m de ancho
- 1.1 m de profundidad

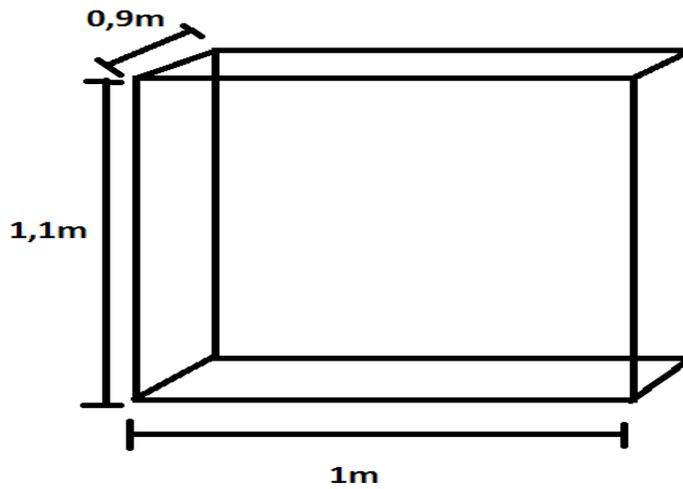


Figura 27: Esquema de la pileta receptora de efluentes dentro de la fábrica. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidas las medidas de la pileta, se procedió a calcular el aumento del nivel del efluente mientras el sensor flotante no superara el nivel de activación de la bomba, es decir, mientras la misma estaba apagada. De esta forma, conociendo la variación del nivel del efluente, las medidas de la pileta y el tiempo en que la bomba estuvo apagada, se pudo calcular el caudal del efluente generado. El caudal se midió en 13 oportunidades para poder obtener un número representativo. Las fechas en las que se midió el mismo fueron elegidas de forma aleatoria en las que se procesaban distintos tipos de aceitunas.

En la Figura 28 se muestra a modo de ejemplo cómo funciona el método del cálculo utilizado. Aquí se observa como el efluente cae a la pileta y sube desde un punto A ubicado a 0.3 metros del piso hasta un punto B ubicado a 0.6 metros del piso, en el tiempo que estuvo apagada la bomba. Cuando el efluente llega al punto B, el flotador activa la bomba y comienza la succión hasta que el efluente baja nuevamente al nivel del punto A, donde se apaga la bomba.

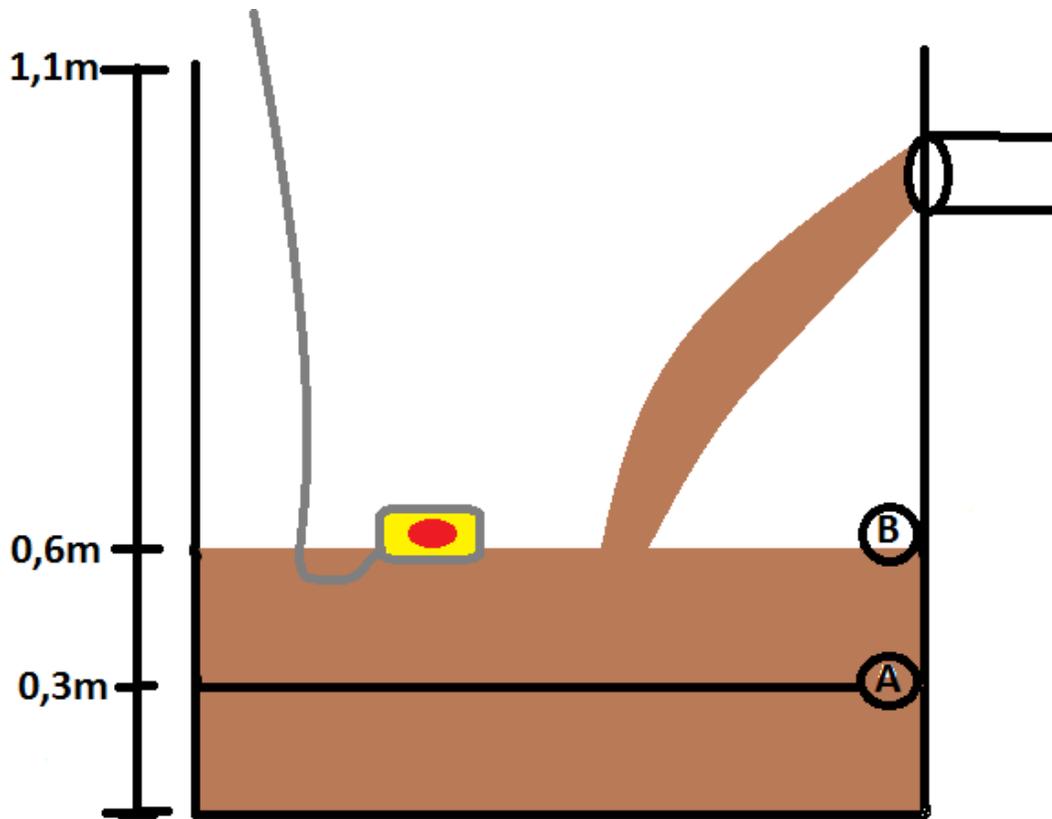


Figura 28: Esquema de la variación del nivel del efluente en la pileta de recepción, indicando con el punto B el nivel al cual el flotador activa la bomba de succión, y con el punto A, el nivel al cual el flotador apaga la bomba. Fuente: Elaboración propia.

5) Agua utilizada en el lavado de la sala de elaboración

La cantidad de agua utilizada en esta etapa es sumamente variable, ya que se realiza solamente cuando se cambia el tipo de aceituna procesada y, debido a esto, la cantidad utilizada no fue posible de medir. Esta agua junto con la soda cáustica que utilizan para eficientizar el lavado cae, al igual que el agua del lavado de aceitunas, en las canaletas con rejillas dirigiéndose hacia la bodega.

6. Resultados y discusiones

6.1. Efluente generado en el lavado y deshojado de aceitunas

El volumen de la cuba de lavado hasta el nivel donde la misma se llena, según las mediciones tomadas, es de $0,8512 \text{ m}^3$. Esta cuba se llena y vacía dos veces por día de elaboración, es decir, que la cantidad de efluente total generado en esta etapa es:

Volumen de llenado de la cuba de lavado x cantidad de veces que se vacía

$$0,8512 \text{ m}^3 \times 2 = 1,7024 \text{ m}^3$$

6.2. Efluente generado en la centrifugación vertical del aceite

Para el análisis de la cantidad de efluente generado en la centrifugación vertical del aceite se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Fecha de análisis
- Tipo de aceituna procesada
- Cantidad de aceitunas procesadas (kilogramos)
- Cantidad de aceite obtenido (litros)
- Cantidad de aceituna procesada por cada litro de aceite obtenido (kilogramos/litro)
- Caudal del efluente generado (m^3/hora)
- Duración del proceso de elaboración (horas)
- Cantidad de efluentes generados en el día
- Cantidad de efluentes generados por kilo de aceituna ($\text{m}^3/\text{kilogramo}$)

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1: Resultados de medición de caudales de efluentes generados en el proceso de centrifugación vertical de la aceituna.

Fecha	Tipo de aceituna	Kg procesados	Aceite obtenido (L)	Cantidad procesada por litro obtenido(kg/L)	Caudal (m^3/h)	Duración (horas)	Total efluentes generados (m^3)	Cant. De Efluentes por kilo (m^3/kg)
11-may	Criolla	2487	330	7,53	0,41	8,29	3,40	0,00136
19-may	Aceitera	3767	600	6,27	0,45	12,56	5,65	0,00149
22-may	Criolla	2984	375	7,17	0,56	9,95	5,57	0,00186
29-may	Aceitera	4981	770	6,46	0,56	16,60	9,30	0,00186
30-may	Aceitera	2600	285	9,12	0,49	8,67	4,25	0,00163
31-may	Criolla	2691	365	7,37	0,40	8,97	3,59	0,00133
02-jun	Aceitera	3931	710	5,53	0,39	13,10	5,11	0,00129
03-jun	Aceitera	3931	710	5,53	0,38	13,10	4,98	0,00126
05-jun	Criolla	4870	645	7,55	0,39	16,23	6,33	0,00129
07-jun	Criolla	5150	825	6,24	0,41	17,17	7,04	0,00136
12-jun	Criolla	2523	320	7,88	0,39	8,41	3,28	0,00130
15-jun	Criolla	1795	278	6,45	0,41	5,98	2,45	0,00136
16-jun	Aceitera	4489	950	4,72	0,34	14,96	5,09	0,00113

Realizando un análisis de la tabla, se detallan a continuación las discusiones de estos resultados:

- **Tipo de aceituna:** Las aceitunas que se procesan en la fábrica se clasifican en criollas y aceiteras. La mayor parte de las aceitunas criollas que se procesan son de la variedad Arauco, mientras que la mayor parte de las aceitunas aceiteras que se procesan son de la variedad Arbequina. En la Figura 29 se muestra un gráfico de torta realizado con Excel, mostrando una comparación del porcentaje de días en los que se procesan aceitunas tipo criollas y tipo aceiteras durante toda la temporada. Los datos de toda la temporada fueron por el personal de la fábrica. Como se observa, en las fechas analizadas fue similar el porcentaje de días en los que se procesaron aceitunas criollas y aceitunas aceiteras, con un 53% y un 47% respectivamente. En cambio si analizamos el total de días de la temporada, que comenzó el 5 de mayo y terminó el 5 de julio, el 79% de los días se procesaron aceitunas criollas mientras que en el 19% de los días restantes se procesaron aceitunas tipo aceiteras.

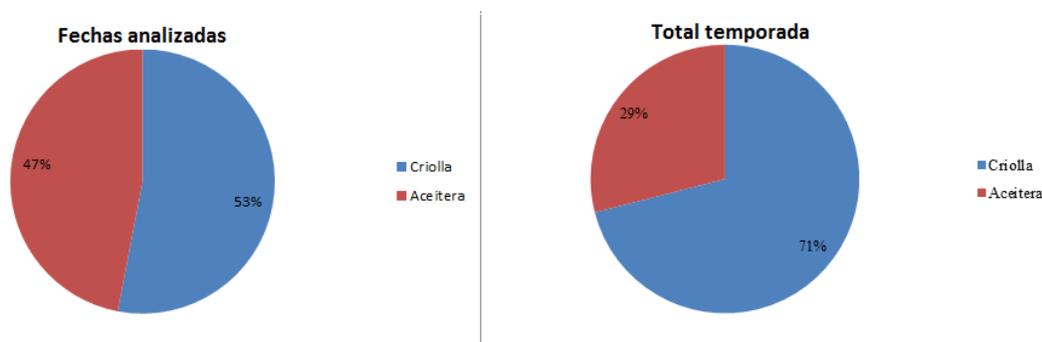


Figura 29: Comparación del porcentaje de días dedicados al procesamiento de aceitunas criollas y aceiteras, en las fechas analizadas y en toda la temporada 2017. Fuente: Elaboración propia.

- **Cantidad procesada:** La cantidad de aceitunas procesadas en los días analizados tiene una gran amplitud de valores. La cantidad mínima fue el 15 de junio, donde se procesaron solo 1795 kilogramos de aceituna, mientras que la cantidad máxima procesada fue 5150 kilogramos el 7 de junio. Esta cantidad depende fundamentalmente de la materia prima con que la fábrica disponga, que a su vez depende de los productores que llevan las aceitunas hasta la fábrica. Por ejemplo, cuando ocurren problemas por las contingencias climáticas disminuye la producción y por consiguiente no llegan tantas aceituna para su procesamiento. Otro ejemplo son los casos en los que el ataque de plagas o enfermedades a las plantas de olivo retardan la cosecha de aceitunas, por lo que pueden cosecharse tardíamente y llegar en condiciones no tan buenas en su calidad pero si en cantidad, superando la capacidad del establecimiento para su molienda.

En la Figura 30 se observa un gráfico de líneas, también realizado con Excel, que muestra como varía la cantidad de aceitunas ingresadas a la fábrica desde el comienzo de la temporada hasta el 16 de junio. Según la secretaria de la fábrica, Cintia Ruiz, en la temporada 2017, se procesaron en total 117810,9 kilogramos de aceitunas. En la Figura 31 se observa un diagrama de barras realizado con el programa InfoStat, que muestra la cantidad de aceitunas procesadas en las distintas fechas analizadas, indicando con barras de color azul las fechas en las que se procesaron aceitunas criollas y con color rojo aquellas donde se procesaron aceitunas aceiteras.

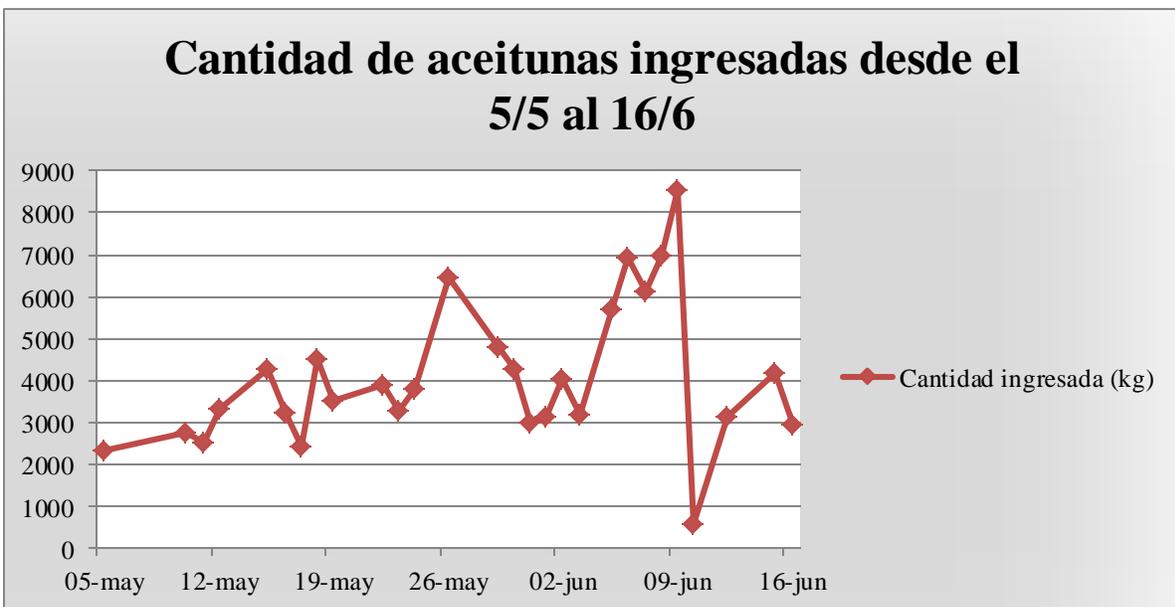
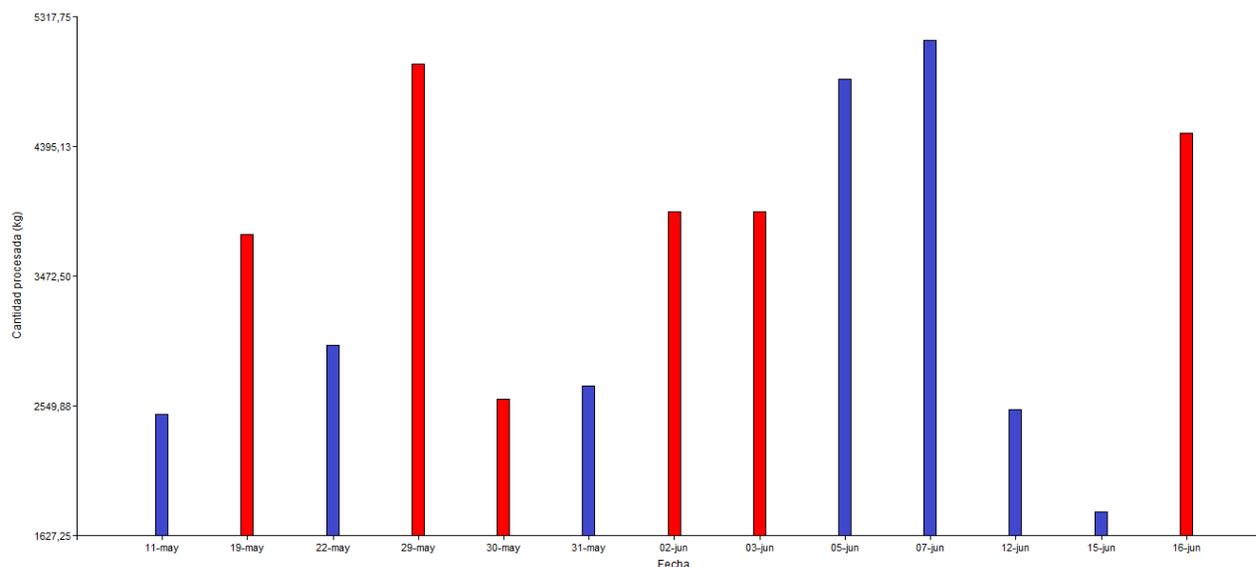


Figura 30: Cantidad de aceitunas ingresadas para molienda en la temporada 2017 en la Planta Piloto de la F.C.A. Fuente: Elaboración propia.



Referencias:

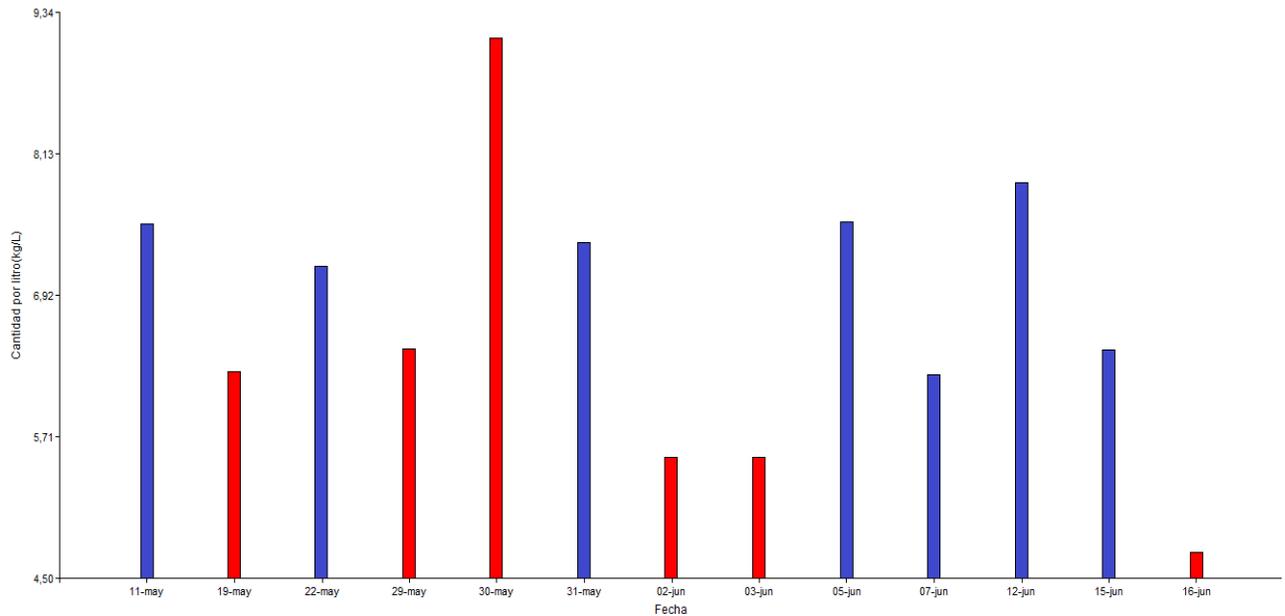


Figura 31: Diagrama de barras indicando cantidad de aceitunas procesadas (en kg) por tipo de aceituna en las fechas analizadas. Fuente: Elaboración propia.

- **Aceite obtenido y cantidad de materia prima procesada por litro:** La cantidad de materia prima procesada por litro de aceite obtenido depende fundamentalmente del tipo de aceituna y de la hidratación de las mismas. Como se observa en la Figura 32, por lo general se requiere menos cantidad de materia prima por litro de aceite cuando las aceitunas son tipo aceiteras que cuando son tipo criollas. Esto es lógico debido a que las aceitunas tipo aceiteras contienen más cantidad de aceite por unidad de peso que las aceitunas criollas. Sin embargo, la hidratación que tengan las aceitunas también es importante e influye en estos valores. A principios de mayo, cuando comienza la temporada, las aceitunas (tanto criollas como aceiteras) llegan a la fábrica más hidratadas que a fines de junio, cuando la temporada está llegando a su finalización. Debido a esto, es que cuando las aceitunas están más hidratadas se requiere mayor cantidad de peso de materia prima por cada litro obtenido que cuando las aceitunas están más deshidratadas.

En los días analizados, el 30 de mayo fue el día en el que el rendimiento fue menor, es decir, el día en que mayor cantidad de materia prima se procesó por cada litro de aceite obtenido (9,12 kg/L). Por el contrario, el 16 de junio se obtuvo el más alto rendimiento, utilizando 4,72

kilogramos de aceitunas por litro de aceite. Ambas aceitunas son tipo aceiteras, por lo que la diferencia puede deberse fundamentalmente a la hidratación que tenían las mismas al momento de ser procesadas.



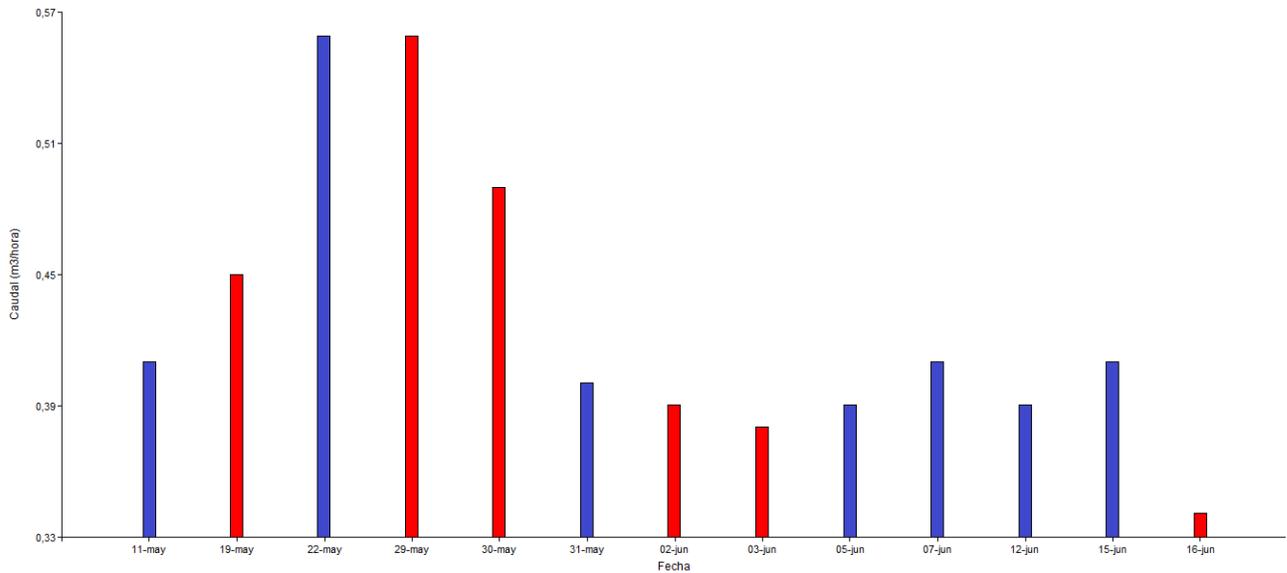
Referencias:

- Aceitunas criollas
- Aceitunas aceiteras

Figura 32: Cantidad de materia prima requerida por litro de aceite obtenido en las distintas fechas analizadas. Fuente: Elaboración propia.

- **Caudal efluente:** el caudal del efluente generado en los días analizados se mantiene alrededor de 0,43 m³/hora con una desviación estándar de 0,068 m³. El valor mínimo medido fue de 0,34 m³/hora correspondiente al procesamiento de aceitunas tipo aceiteras a fines de la temporada, y el valor máximo medido fue 0,56 m³/hora, correspondiente al procesamiento de aceitunas tipos criollas y aceiteras a principios de la temporada. Esta diferencia en los caudales de los efluentes generados puede deberse a que el tipo de aceituna aceitera necesita menor cantidad de agua que el tipo de aceituna criolla para el lavado del aceite en el proceso de centrifugación vertical, por lo que genera un caudal menor. En la Figura 33 se observa un diagrama de barras que muestra el caudal del efluente generado en las distintas fechas

analizadas, indicando en el eje de las “y” el valor del caudal y en el eje de las “x” las fechas analizadas, junto con el tipo de aceituna procesada en esas fechas.

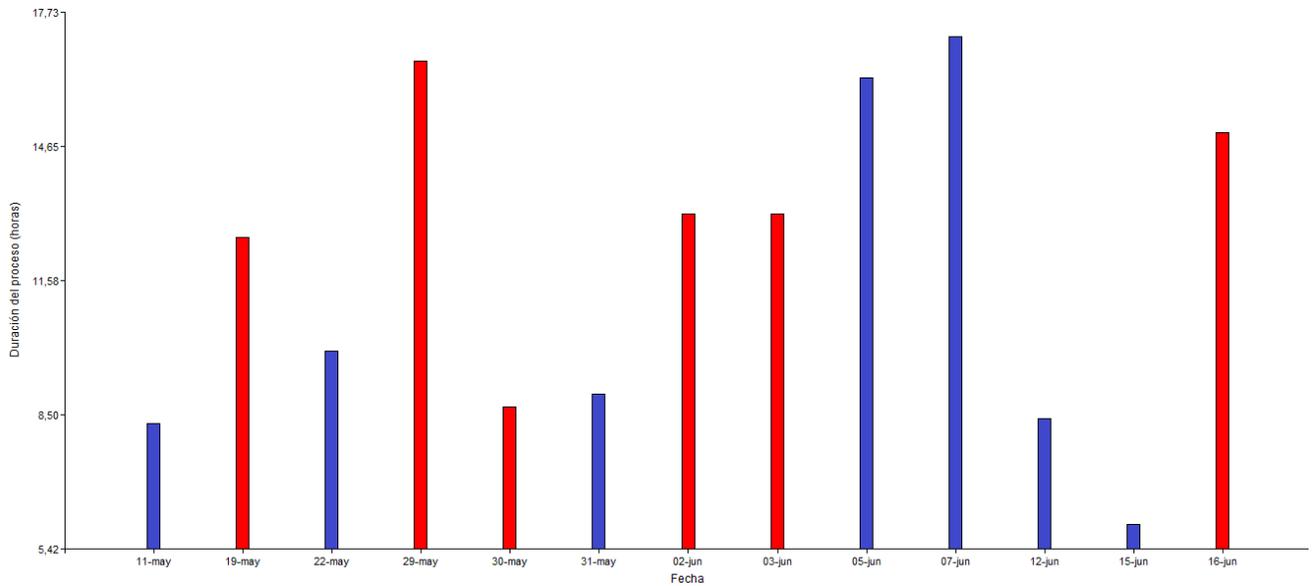


Referencias:

- Aceitunas criollas
- Aceitunas aceiteras

Figura 33: Caudal del efluente generado durante la centrifugación (en m³/hora) en las fechas analizadas, según tipo de aceituna procesada. Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Duración del proceso:** La duración del proceso difiere según sea la cantidad de materia prima procesada. En las fechas en las que llegaba mucha materia prima y por cuestiones de tiempo, los operarios se organizaron en grupos para trabajar las 24 horas del día. En estos casos la duración del proceso fue muy larga, generando una gran cantidad de efluentes. Según consultas con los operarios de la fábrica, se necesitan 10 horas de procesamiento para 3000 kg de aceitunas. Debido a esto, en los días analizados, el proceso de centrifugado duró desde casi 6 horas como ocurrió el 15 de junio, hasta 17 horas continuas como el 7 de junio. Si se toma el promedio de la duración del proceso en los días analizados, se puede decir que por día la duración del proceso es de 12 horas aproximadamente, con una desviación estándar de 3,70 horas. En la Figura 34 se muestra un diagrama de barras donde se observa la duración del proceso en las distintas fechas analizadas.



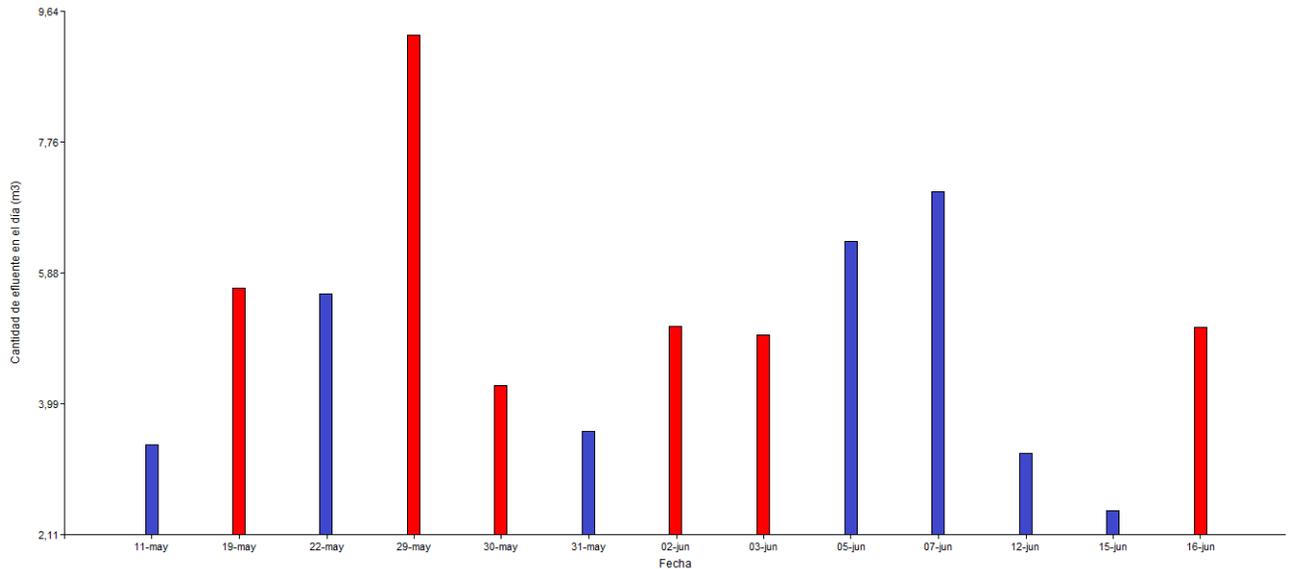
Referencias:

- Aceitunas criollas
- Aceitunas aceiteras

Figura 34: Duración del proceso de centrifugado (en horas) en las fechas analizadas. Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Cantidad de efluente en el día:** la cantidad de efluente que se genera en el día depende del caudal del mismo y de la cantidad de horas que dura el proceso. En base a estas variables, en la Figura 35 se muestra un diagrama de barras indicando la cantidad de efluente generado por día en las fechas analizadas, según el tipo de aceituna procesada. La fecha en la que se generó mayor cantidad de efluente fue el 29 de mayo, donde se molieron 4981 kg de aceitunas tipo aceitera y se generaron 9,30 m³ de efluentes. La menor cantidad de efluente generado fue el día 15 de junio, donde se molieron solo 1795 kg de aceitunas criollas generando 2,45 m³ de efluente. Si se toma un promedio de los días analizados, se podría decir que la cantidad de efluente generado por día es de aproximadamente 5,08 m³.

Tomando los valores promedio, se puede calcular la cantidad de efluentes generados en esta etapa, durante toda la temporada 2017. Debido a que la misma comenzó el 5 de mayo y terminó el 5 de julio, la cantidad de días en los que se procesaron aceitunas sin contar los fines de semana fueron 66. De este modo, asumiendo que por día se generan 5,08 m³ de efluentes en la etapa de centrifugación vertical, se puede estimar que en la temporada 2017 se generaron 335,28 m³.

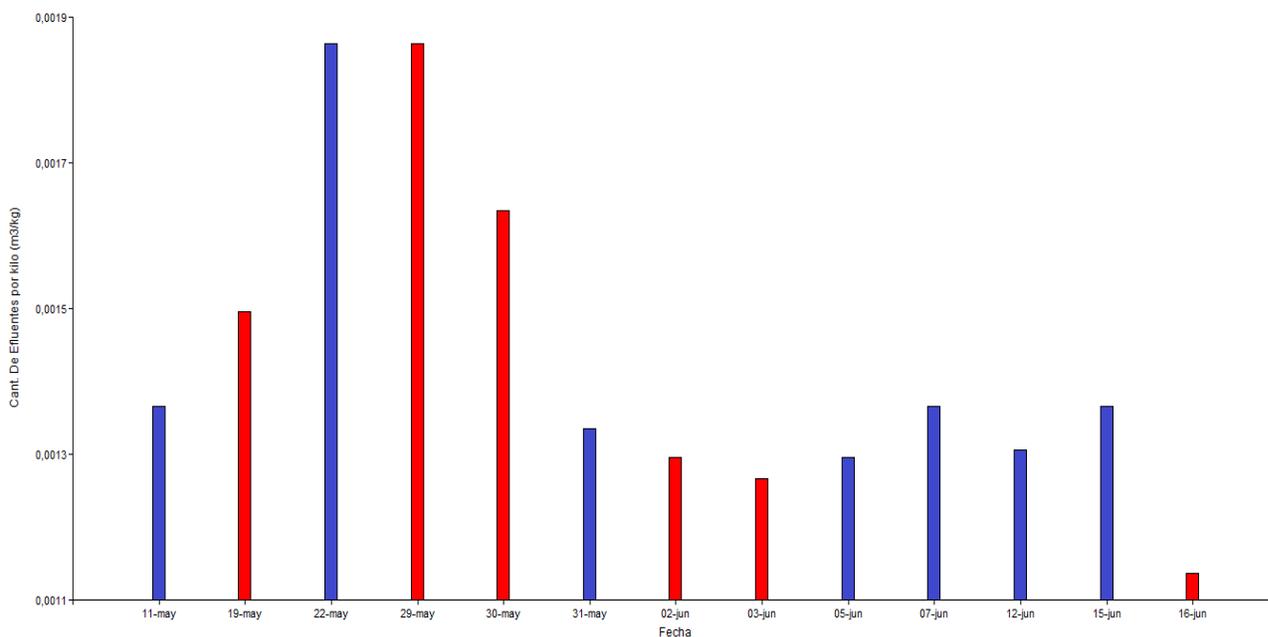


Referencias:

- Aceitunas criollas
- Aceitunas aceiteras

Figura 35: Cantidad de efluente generado por día (en m³), según la fecha analizada e indicando el tipo de aceituna procesada. Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Cantidad de efluentes generados por kilogramo de aceituna procesada:** La cantidad de efluentes generados por cada kilogramo de aceituna procesada se mantuvo alrededor de 0,00142 m³. El valor mínimo calculado fue 0,00113 m³/L, correspondiente al 16 de junio, donde se procesaron aceitunas aceiteras. El valor máximo fue 0,00186 m³/L, correspondiente a los días 22 y 29 de mayo, donde se procesaron aceitunas criollas y aceiteras respectivamente. En la Figura 36, se observa un gráfico de barras indicando estos valores en las distintas fechas analizadas.



Referencias:

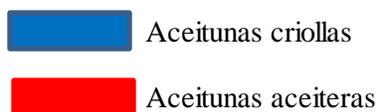


Figura 36: Cantidad de efluentes generados por kilogramo de aceituna procesada en las distintas fechas analizadas. Fuente: Propia.

6.3. Características químicas del efluente de la centrifugación vertical del aceite

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las muestras analizadas.

Tabla 2: Resultados de los análisis de las muestras de efluente.

N° de muestra	Fecha de extracción	pH	Cond. Eléctrica (uS/cm)	DQO (mg O ₂ /L)	Tipo de aceituna
Muestra 1	29-may	5,53	753,3	-	Aceitera
Muestra 2	05-jun	5,11	733,6	708	Criolla
Muestra 3	15-jun	5,33	934	-	Criolla
Muestra 4	22-jun	6,27	993	576	Aceitera
PROMEDIO	-	5,56	853,475	642	-

Como se observa en la tabla, la 2° muestra, que fue extraída del procesamiento de aceitunas criollas, es la que tiene menor conductividad eléctrica y también menor pH. Al mismo efluente se le determinó también la DQO y su valor fue 708 mg O₂/ L. El bajo valor del pH puede deberse a que las aceitunas criollas probablemente tengan un pH más bajo que las aceitunas aceiteras. Con respecto a la

baja conductividad eléctrica, se puede deducir que al utilizar más agua para la centrifugación de aceitunas criollas, se genera una dilución del efluente y por lo tanto resulta una disminución en la salinidad del mismo.

La última muestra, extraída durante el procesamiento de aceitunas tipo aceiteras, es la que presenta mayor conductividad eléctrica y también mayor pH, con una DQO de 576 mg O₂/L. Con un razonamiento similar al anterior, puede decirse que las aceitunas aceiteras tienen un pH más alto que las aceitunas criollas, lo que se refleja en las características del efluente generado. Así mismo, se necesita menor cantidad de agua para la centrifugación vertical del aceite proveniente de aceitunas aceiteras, lo que genera un efluente con una mayor salinidad que cuando se centrifuga aceite proveniente de aceitunas criollas.

7. Propuesta de tratamiento

Para realizar un tratamiento adecuado se debe tener en cuenta las características físico-químicas del efluente. En base a estos valores, y teniendo en cuenta la legislación y el propósito del tratamiento (vuelco a cauces públicos o riego) se determina el tipo de tratamiento a realizar.

Como se calculó anteriormente, si se toma el valor promedio generado, aproximadamente se generan 5,08 m³ de efluentes por día en la centrifugación vertical de las aceitunas. Sumado a esto, en el proceso de lavado y deshojado de aceitunas aproximadamente se generan 1,70 m³ diarios. Con estos valores, se pudo calcular la cantidad aproximada de efluentes totales que se generan diariamente y durante toda la temporada (44 días), sumando los efluentes generados en la centrifugación vertical del aceite y los generados en el lavado y deshojado de las aceitunas. Debido a esto es que por cada día de trabajo se generan en promedio 6,78 m³ (6780 litros), y durante toda la temporada se generan aproximadamente 298,32 m³ (298.320 litros) de efluentes líquidos.

Comparación de las características del efluente con los valores permitidos para el riego de ACRES

- Las muestras analizadas tienen valores de pH que van desde 5,11 a 6,27. Si tomamos el valor promedio de pH de las muestras analizadas, nos da un valor de pH de 5,56. Los valores de pH permitidos para el riego de ACRES según la resolución N° 400 van de 6,5 a 8,5 tanto si el tratamiento realizado es primario o secundario.

- Con respecto a la Demanda Química de Oxígeno, los valores de las muestras van desde 576 mg O²/L hasta 708 mg O²/L. Los valores máximos de DQO permitidos para el riego de ACRES son de 240 mg O²/L cuando el tratamiento es primario, y de 70 mg O²/L cuando el tratamiento es secundario.
- Con respecto a la conductividad eléctrica, los valores obtenidos de las muestras van desde 733,6 uS/cm hasta 993 uS/cm. Para el riego de ACRES, los valores máximos permitidos son de 2500 uS/cm, tanto para un tratamiento primario como secundario.

Debido a estos valores, el tratamiento a realizar debe aumentar el pH y disminuir la DQO hasta los niveles permitidos. La conductividad eléctrica no se debe modificar debido a que es menor que el límite máximo permitido.

Comparación de las características del efluente con los valores permitidos para el vuelco a cauces públicos

Los valores permitidos de los parámetros para el vuelco de efluentes a cauces públicos son más estrictos que aquellos vistos anteriormente.

- El pH permitido para el vuelco de efluentes va de 6,5 a 8,2 y el pH tolerable va de 5,5 a 9,0.
- Con respecto a la Demanda Química de Oxígeno, el valor máximo permitido para vuelco es 75 mg O₂/L y el valor máximo tolerable es 250 mg O₂/L.
- La conductividad eléctrica máxima permitida es de 900 uS/cm y la máxima tolerable es de 1800 uS/cm.

Con las comparaciones anteriores, se deduce que el tratamiento a realizar para el vuelco de los efluentes líquidos generados en el proceso de elaboración de aceite de oliva a cauces públicos debe ser tal que disminuya su DQO hasta valores que se encuentren al menos dentro de los máximos tolerables. Así mismo, se debe aumentar el pH del efluente, ya que sus valores por lo general son más bajos que los mínimos tolerables. Es importante también disminuir el contenido de aceite de los efluentes aunque su cantidad sea muy baja, ya que el vuelco a cauces públicos de efluentes con aceite

puede generar problemas de contaminación de estos cuerpos. Los tratamientos propuestos son de tipo primarios y secundarios.

7.1. Tratamiento Primario

Lo primero que debe hacerse es conducir todos los efluentes a canaletas que contengan rejillas separadas a 0,04 m una de otras o tamices de ranura con orificios de 2 mm x 10 mm que sean de limpieza manual, de forma que queden retenidos todos los sólidos gruesos, tales como restos de hojas y restos de aceitunas. Una vez limpiada la reja o tamiz, la disposición final de estos sólidos pueden compostarse, ya que son de naturaleza orgánica. La limpieza de estas rejillas o tamices debe realizarse en base a monitoreos, para evitar la obstrucción de las mismas y un ineficiente tratamiento primario. Con este tratamiento se disminuye la carga orgánica, bajando el valor de DQO.

El efluente libre de sólidos gruesos debe conducirse hasta una trampa de grasas como la que se observa en la Figura 37, ya que el líquido contendrá restos de aceite proveniente de las aceitunas. Las trampas de grasa consisten en un sistema mecánico que mediante una serie de compartimentos especiales en un tanque, separa del agua aquellos residuos sólidos y restos de grasa, evitando que avancen por el sistema de cañería y desagüe. De esta forma se mantiene una circulación fluida sin obstrucciones, impidiendo la acumulación de sustancias indeseadas. Así las aguas vertidas pueden proseguir con seguridad hacia los sistemas de tratamiento secundario. Usualmente se construyen en acero inoxidable o cemento, aunque también se utilizan materiales plásticos y resistentes (Bencosme, 2012).

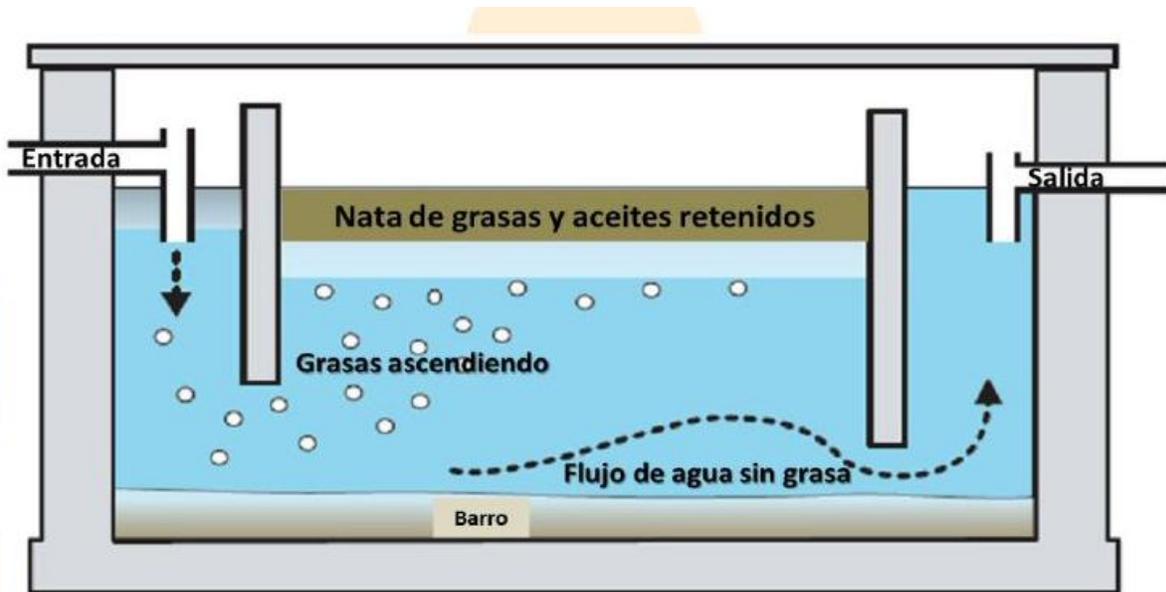


Figura 37: Trampa de aceite y grasas. Fuente: Lu 24 digital.

Para el correcto funcionamiento de la trampa de grasas, el aceite retenido deberá retirarse cuando los niveles del mismo sean altos, y pueden retirarse por bombeo. Una vez retirado el aceite, puede llevarse a determinados lugares para realizar la rectificación de los mismos para su uso alimenticio, o a puntos verdes en donde se les dé un uso, como en la elaboración de Biodiesel a partir de aceites usados (Clarín digital, 2016).

Como alternativa para la trampa de grasas propuesta anteriormente, se puede utilizar un aeroflotador como el de la Figura 38, que es un sistema más costoso, pero que requiere menos mano de obra para la extracción del aceite al incorporar tecnología. Estos sistemas de flotación por aire inducido permiten remover grasas, aceites y sólidos en suspensión con elevadas tasas de remoción y simplicidad constructiva y operativa. El efluente es conducido a través de un tanque de sección rectangular o circular y forzado a atravesar una corriente de microburbujas de aire que, adhiriéndose a las partículas de aceite presentes, las lleva a la superficie. Las microburbujas son producidas por un aireador montado en la zona de alimentación de la cámara de separación con el motor de accionamiento fuera del líquido. Los sólidos de peso específico mayor al agua sedimentan por gravedad en el fondo de la cámara. Mediante un barredor superficial y uno de fondo (cuando corresponda) los sólidos y el aceite son retirados de la cámara de separación y deben llevarse hasta lugares donde se les dé un uso o se les realice un tratamiento.

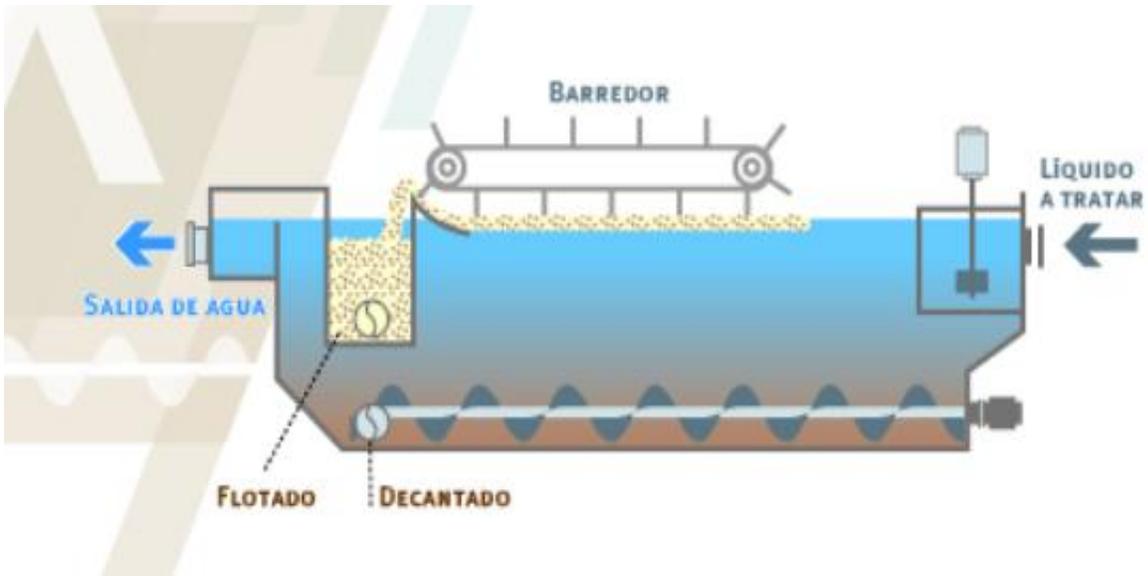


Figura 38: Aeroflotador separador de aceites y sólidos en suspensión. Fuente: NOVARS.A.

7.2. Tratamiento Secundario

Una vez que el aceite y los sólidos gruesos fueron extraídos, el efluente que sale de la trampa de grasas o del aeroflotador debe someterse a un tratamiento biológico, con el fin de que los microorganismos metabolicen la materia orgánica y se disminuya su DQO, además de aumentar el pH. Para esto puede realizarse un tratamiento de lodos activados en tanques, debido al bajo caudal que se genera del efluente (en promedio $0,43 \text{ m}^3/\text{hora}$).

Un tratamiento de barros o lodos activados implica 2 etapas: una etapa que consiste en formar los floculos (etapa aireación) y la etapa separación (etapa decantación), lo que ilustra la Figura 39.

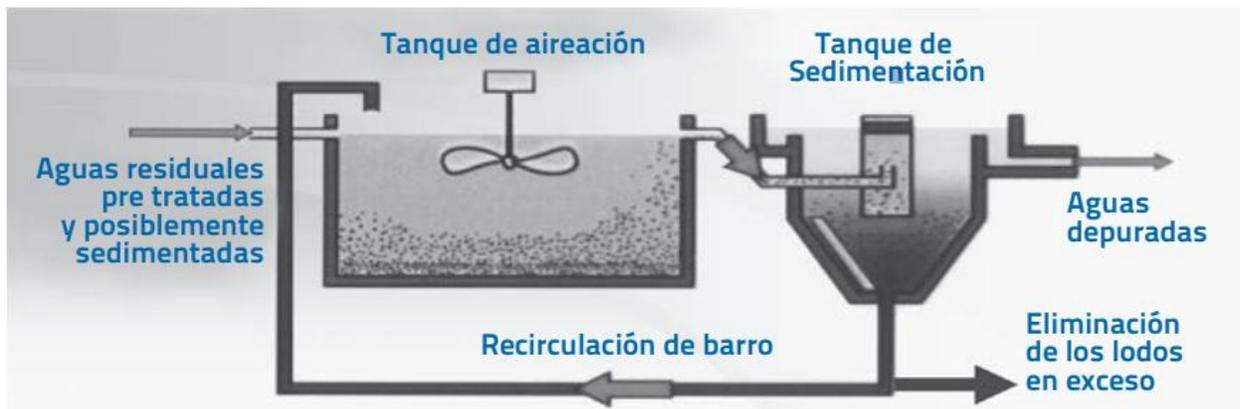


Figura 39: Etapas del tratamiento biológico de lodos activados. Fuente: INTL

- *Etapa de aireación:* Un tanque de aireación es equipado de aireadores para suministrar el oxígeno a las bacterias que colonizan la biomasa. Los 2 procesos más extendidos para suministrar el aire son por una parte los aireadores de superficie y por otra parte los difusores de aire dispuestos sobre el fondo del tanque. La aireación de las aguas residuales que residen en el tanque de aireación genera la formación de flóculos que constituyen la biomasa. Aquí es necesario añadir cal mediante una solución saturada de la misma, de modo de aumentar el pH del efluente y aprovechar la agitación del mismo para homogeneizarlo.
- *Etapa de decantación:* La separación de los lodos activados (la biomasa) se realiza por gravitación en otro tanque, más a menudo de diseño cilíndrico. Parte de estos lodos recirculan hacia el tanque de aireación para continuar con el proceso de metabolización aerobia de la materia orgánica del efluente, y otra parte (en exceso) se elimina. Por lo general, los lodos eliminados se juntan en una pileta con el fin de deshidratarlos y hacer más fácil su manipulación. Estos lodos pueden ser utilizados para la producción de compost junto con los sólidos extraídos de las rejillas y tamices en el tratamiento primario.

La Figura 40 muestra lo que adviene de los contaminantes durante el tratamiento de lodos activados. Los compuestos carbonosos, nitrogenados y fosforados, eliminados de la fase líquida, son eliminados o en la fase sólida (lodos en exceso) o en la fase gaseosa (CO_2 , N_2) (Chapentier, 2014). De esta forma, el efluente despejado de la mayoría de los compuestos carbonosos, nitrógenos y fosforados, disminuirá su contenido de materia orgánica, modificando los valores de DQO que permitirán el vuelco de estos efluentes a cuerpos receptores o al riego de ACRES.

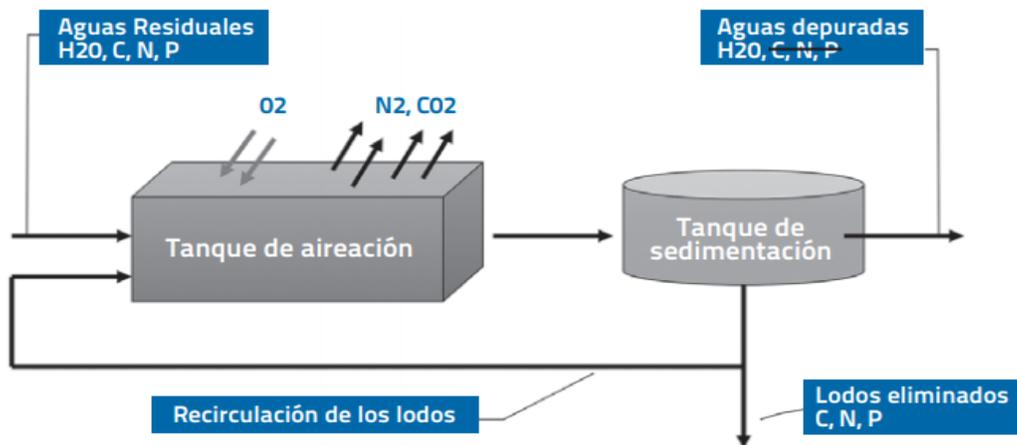


Figura 40: Contaminantes eliminados durante el tratamiento de lodos activados.
Fuente: INTL

8. Conclusiones

En este trabajo se demostró la importancia de realizar una caracterización de los efluentes para poder proponer tratamientos que modifiquen sus características haciéndolos aptos para riego de cultivos o vuelco a cauces públicos.

Se pudo observar que las características físico-químicas de los efluentes generados durante las distintas etapas de elaboración de aceite de oliva, cambian según la cantidad y el tipo de aceitunas procesadas, ya sean aceiteras o criollas. En base a estos estudios, algunas conclusiones se nombran a continuación:

- ✓ En todo el proceso, las etapas de lavado de aceitunas y de centrifugación vertical del aceite son las que generan mayor cantidad de efluentes líquidos y fueron las únicas etapas en donde fue posible cuantificar la cantidad generada. En el caso de la centrifugación horizontal realizada con el decanter como en el lavado de la sala de elaboración también se utiliza agua, aunque en menor cantidad que en las dos etapas anteriores y de manera irregular. En lo que respecta al primer y segundo termoamasado, el agua se reutiliza y debido a esto no se generan efluentes en cantidades significativas.
- ✓ Los efluentes resultantes de la centrifugación vertical del aceite, son los más contaminantes debido a la carga orgánica que tienen. El procesamiento de aceitunas criollas genera efluentes

con mayores valores de DQO y menores valores de pH que los obtenidos del procesamiento de aceitunas aceiteras, lo que indica que los efluentes del procesamiento de aceitunas criollas son más contaminantes.

- ✓ Se requiere más cantidad de aceitunas para obtener un litro de aceite cuando estas son criollas, por lo que el procesamiento de aceitunas criollas genera mayor cantidad de efluentes que el procesamiento de aceitunas aceiteras.
- ✓ Al final de la temporada cuando las aceitunas llegan mas deshidratadas para su procesamiento, se generan menores cantidades de efluentes, pero aumenta la salinidad del mismo.

A pesar de que actualmente se realiza un tratamiento simple de los efluentes generados, se propusieron tratamientos más complejos para poder modificar las características observadas y hacer aptos los efluentes para su utilización en el riego de cultivos o su vuelco a cauces públicos disminuyendo la exposición a multas por parte del Departamento General de Irrigación. La Facultad cuenta con espacio suficiente para implementar los tratamientos propuestos, debido a que los mismos fueron elegidos para la generación de bajas cantidades de efluentes, como fue el caso analizado.

9. Recomendaciones

- ✓ Para una caracterización precisa de los efluentes generados en la Planta Piloto, estos se deberían conducir hacia una única disposición final y realizar estudios adicionales que no se realizaron en este trabajo por motivos operativos y de costos.
- ✓ Si se decide usar los efluentes tratados para el riego de ACRES, se deberá revisar cuales son los cultivos permitidos por el DGI para estos tipos de efluentes.
- ✓ Se deben realizar análisis de los efluentes post-tratamiento y durante el mismo, para conocer si realmente funciona.

10. Bibliografía

- Esencia de Olivo*. (2017). Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de <http://www.esenciadeolivo.es>
- Abdulla. (2006). *Utilización de orujos y alperujos como biocombustibles*. Extremadura, España.
- Adi, A. (Septiembre de 2017). Al frente de la fábrica de la UNCuyo que suma premios. *Diario Uno digital*.
- Amaya, W. F., Cañon, O. A., & Áviles, O. F. (2004). CONTROL DE pH PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Ciencia e ingeniería neogranadina*, 86-95.
- Bencosme, M. R. (2012). *Trampa de Grasas*. Obtenido de <http://www.arquitectura21.com/2012/03/trampa-de-grasas-tema-completo.html>
- Chapentier, J. (2014). *Tratamiento de aguas residuales con lodos activados*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Clarín digital. (30 de Diciembre de 2016). Los 16 lugares donde llevar el aceite de cocina usado para hacer biodiesel. *Clarín*.
- Contaminación y Saneamiento Ambiental. (2017). *Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Recuperado el Octubre de 2017, de http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/19775/mod_resource/content/1/15TRATAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20L%C3%8DQUIDOS%20.pdf
- CRICYT. (2017). *CRICYT*. Obtenido de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>
- Espigares García, M., & Pérez López, J. (2017). *Aguas Residuales-Composición*.
- FAO. (4 de Diciembre de 2015). *FAO*. Recuperado el Septiembre de 2017, de <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>
- Filippini, M. F., Rearte, E., Dupertuis, L., & Cony, M. (Agosto de 2010). V Jornadas de Riego y Fertirriego. *Tratamiento de los efluentes de la industria del aceite de oliva mediante el uso de la lombricultura*. Mendoza, Argentina.
- Grupo Calidra. (2002). *Manual de usos ecológicos de la cal*. México.
- Ingeniería en Servicios Ambientales. (Diciembre de 2016). *ISA*. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/trampas-de-grasa-un-pre-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Instituto de Desarrollo Rural. (2010). *Censo Frutícola Provincial*. Mendoza.
- Instituto Geológico y Minero de España. (2017). *IGME*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2017, de http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_3.pdf

INTA. (2009). *Análisis de la Cadena del Olivo en Argentina*. Argentina: Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Lu 24. (29 de Diciembre de 2015). Colocación trampas de grasa en comercios. *Lu 24 digital*.

Méndez, E. (2005). FLORA Y VEGETACIÓN DEL CENTRO URBANO DE LUJÁN DE CUYO, MENDOZA, ARGENTINA. *REVISTA DE LA FCA UNCuyo Tomo XXXVII*, 67-74.

Municipalidad de Luján de Cuyo. (2017). *Luján de Cuyo*. Recuperado el 13 de Octubre de Septiembre de 2017, de <http://lujandecuyo.gob.ar/sitio/index.php/servicios/guia-tramites/2-uncategorised/105-clima>

Navarro, A., Gez, M., Mercado, L., Senatra, L., & González, G. (2006). Caracteres Físico-Químicos de efluentes de fábricas de aceite de oliva (Mendoza-Argentina). *Revista de la FCA UNCuyo Tomo XXXVIII*, 87-97.

NOVARSA. (2017). Sistemas de flotación por aire inducido. San Isidro, Buenos Aires, Argentina. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://novarsa.com/esp/productos.php?id=3>

Rodríguez, R. (2010). *Caracterización de Efluentes Líquidos*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

Sosa, R. (2013). *Propuesta de implementación de un sistema de tratamiento de efluentes en una bodega de Mendoza*. Mendoza.

UNESCO. (2017). *UNESCO*. Recuperado el Septiembre de 2017, de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/>

Universidad de Granada. (2016). *Depuración de aguas residuales de la industria oleícola*. Granada, España.

Ley Provincial N° 5.961, 1992. “Preservación del Medio Ambiente”. Mendoza, B. Oficial: 25/02/93. Nro. arts.: 0050.

Resolución N°778 (1996). Visto el expediente Nro.: 217.029 caratulado: “Secretaría de asuntos institucionales s/ Reglamento General para el Control de Contaminación Hídrica”; (T.S.221.1996). Honorable Tribunal Administrativo del Departamento General de Irrigación.

Resolución N°627 (2000). Visto en expediente Nro.: 225.481 caratulado: “Policía del Agua s/ Modificación Resl 778/96 del H.T.A. (T-P-39-2000). Honorable Tribunal Administrativo del Departamento General de Irrigación.

Resolución N° 400. VISTO: Expte. N° 233.715-E8 caratulado Celula O.S.M. S.A. s/Reglamento General de A.C.R.E. (T-C-41-2.003).

11. Anexos

11.1. ANEXO I

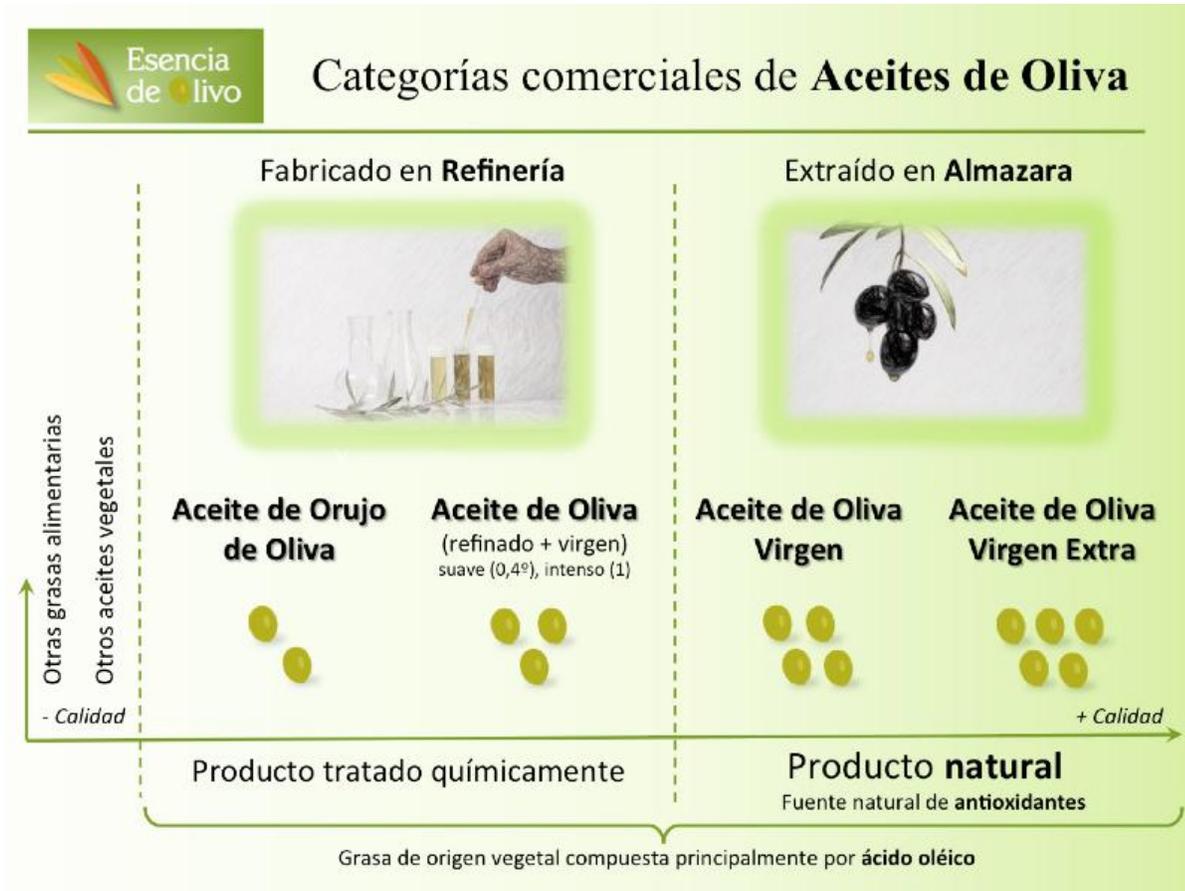


Figura 41: Infografía de las categorías comerciales de aceites de oliva. Fuente: Esencia de Olivo.

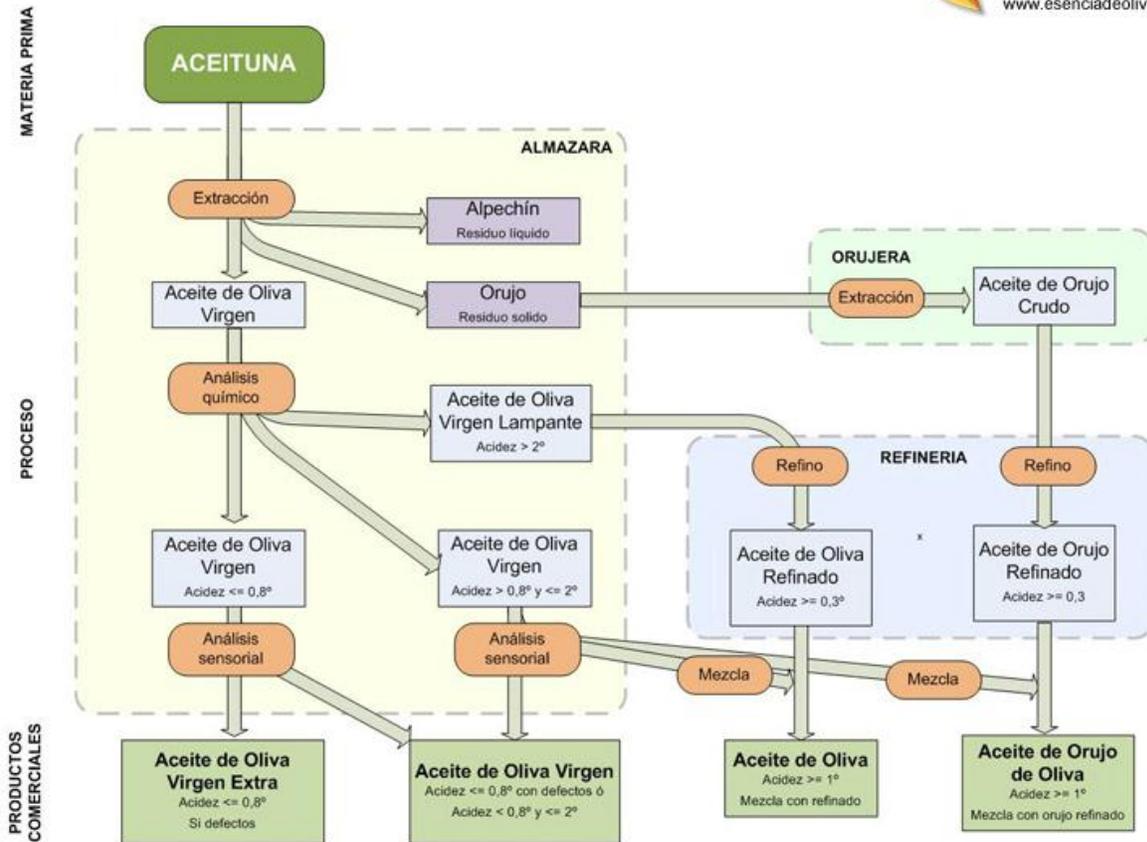


Figura 42: Infografía de productos, subproductos e industrias implicadas en la elaboración de aceites de oliva.
Fuente: Esencia de Olivo.

11.2. ANEXO II

Tabla 3: Características del termotanque utilizado en el calentamiento del agua en el triturado y amasado de la pasta de aceituna.

Fabricante	Cassagne Fogata S.A.
Dirección	Calle 93 N°1333/39- San Martín- Provincia de Buenos Aires
Serie N°	57378
Marca	Fogata
Modelo	A-75
Capacidad	75 litros
Consumo	4000 calor/hora
Recuperación (20°C)	140 litros/hora
Tipo de Gas	Natural

11.3. ANEXO III

Tabla 4: Parámetros para el reúso agrícola

PARAMETROS A DETERMINAR Y FRECUENCIA DE MEDICIONES

PARAMETROS	Unidad	LÍMITE MÁXIMO		Standard Methods Ed. 18*	Frecuencia de Muestreo Autocontrol del establecimiento depurador	Fiscalización DGI Monitoreo primer año	
		Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario				
A. PARAMETROS FÍSICOS QUÍMICOS							
1	Conductividad (4)	µS/cm	2500	2500	2510.B	Semanal	Trimestral
2	pH (rango de valores)	Un.	6,5-8,5	6,5-8,5	4500 - H+ B	Semanal	Trimestral
3	R.A.S.	Nº	6	8	3500-Ca D 3500-Mg E 3500-Na B	Mensual	Semestral
4	Sólidos solubles en éter	mg/l	100	50	2540.E	Semestral	Trimestral
5	Sólidos sedimentables en 10 min.	ml/l	0,5	0,5	2540.F	Mensual	Semestral
6	Sólidos sedimentables en 2 horas	ml/l			2540.F	Mensual	Semestral
7	Sólidos suspendidos totales	mg/l	100	100	2540.D	Mensual	Semestral
B. SUSTANCIAS TÓXICAS INORGÁNICAS							
B1. ANIONES							
8	Sulfatos	mg/l	700	700	4500-SO ₄ C	Semestral	Anual
9	Cloruros	mg/l	600	600	4500.Cl B	Mensual	Anual
10	Sulfuros	mg/l	1	1	4500.S	Mensual	Anual
11	Cianuros	mg/l	0,1	0,1	4500 CN E 6 D 6 F Aprobado por EPA	Semestral	Anual
B2. CATIONES							
12	Manganeso	mg/l	0,2	0,2	(3111) - 3500-Mn.B	Semestral	Anual
13	Berilio	mg/l	0,1	0,1	(3113) - 3500-Be.B	Semestral	Anual
14	Hierro total	mg/l	5	5	(3111) - 3500-Fe.B	Semestral	Anual
15	Aluminio	mg/l	5	5	(3111-D) - 3500-Al.B	Semestral	Anual
16	Arsénico	mg/l	0,1	0,1	(3113-3114) 3500-Ps.B	Mensual	Anual
17	Cadmio	mg/l	0,01	0,01	(3111) - 3500-Cd.B	Mensual	Anual
18	Cobre	mg/l	0,2	0,2	(3111) - 3500-Cu.B	Semestral	Anual
19	Cromo total	mg/l	0,1	0,1	(3111) - 3500-Cr.B	Mensual	Anual
20	Zinc	mg/l	2	3	(3111) - 3500-Zn.B	Semestral	Anual
21	Níquel	mg/l	0,2	0,2	(3111) - 3500-Ni.B	Semestral	Anual
22	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	(3112-B) - 3500-Hg.B	Mensual	Anual
23	Plomo	mg/l	0,5	0,5	(3111) - 3500-Pb.B	Mensual	Anual
24	Selenio	mg/l	0,02	0,02	(3113-3114) 3500-Se.B	Semestral	Anual
25	Cobalto	mg/l	0,05	0,05	(3111) - 3500-Co.B	Semestral	Anual
26	Sodio	mg/l	500	500	(3111-B) - 3500-Na.B	Mensual	Anual
27	Boro	mg/l	1	1	4500.B.C	Semestral	Trimestral
28	Detergentes	mg/l	5	3	HACH 8028 6 6340.C	Semestral	Trimestral
29	Hidrocarburos	mg/l	20	10	5520.C - F 4 EPA 418.1 mg/l	Semestral	Anual
30	Fenoles	mg/l	0,05	0,05	EPA 625.625 4 DETI 5530.C	Semestral	Anual
C. PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS Y ORGÁNICOS							
31	Bacterias aeróbicas	Ufc/ml				Semanal	Semestral
32	Coliformes totales	NMP/100 ml				Semanal	Semestral
33	Coliformes fecales	NMP/100 ml				Semanal	Semestral
34	Escherichia coli (2)	NMP/100 ml		3 Un. Log	9221.E-9222.D 6 9223.B (Ed. 20)	Semanal	Trimestral
35	Pseudomonas aeruginosas	NMP/100 ml				Semanal	Semestral
36	Helminthos	hecos/1000 ml	1	1		Mensual	Semestral
37	DQO (filtrada) (1)	mg/l	240	70	5220B.C.D.	Mensual	Trimestral
38	DBO filtrada (1)	mg/l	175	30	5210.B	Mensual	Trimestral
D. NUTRIENTES (3)							
39	Potasio	mg/l	*	*	(3111-B) - 3500-K.B	Mensual	Semestral
40	Nitratos	mg/l	*	*	HACH 10029	Mensual	Semestral
41	Nitritos	mg/l	*	*	4500-NO ₂ B	Mensual	Semestral
42	Nitrógeno Amomiacal	mg/l	*	*	HACH 10031	Mensual	Trimestral
43	Nitrógeno Total	mg/l	*	*	4500-N _{tot} C	Trimestral	Semestral
44	Fosfatos	mg/l	*	*	4500-P E	Mensual	Trimestral
45	Fosforo total	mg/l	*	*	4500-P B.5 y P E	Mensual	Semestral

Tabla 5: Parámetros para el vuelco de efluentes.

PARÁMETROS FÍSICOS

ÍTEM; Error! Marcador no definido.	PARÁMETRO	UNIDADES	MÁXIMO PERMITIDO	MÁXIMO TOLERABLE	ESPECIFICACIONES SINGULARES Y OBSERVACIONES
1	Color Verdadero	UCV	12	18	UCV o " true colour unit ". Medido sobre el efluente filtrado.
2	Conductividad Específica	Microsiemens a 25° C	900	1800	En algunos cuerpos receptores se permitirá valor mayor por tiempo limitado, siempre que no causen daños a terceros. Podrá exigirse control continuo.
3	Sólidos Sedimentables	ml / l	Menos de 1	10	Valores obtenidos en con de Imhoff en dos (2) horas. La exigencia podrá ser mayor para evitar posibles embanques. No se admitirán sedimentos cuando su DBO supere los 100 mg / l.
4	Sólidos Sedimentables Compactados	ml / l	0,5	1	Idem anterior. Valores obtenidos a los 10 minutos. No se admitirán sedimentos cuando su DBO supere los 100 mg / l.
5	Sólidos Solubles en Éter Etílico	mg / l	50	100	Cerca de tomas para agua de bebida no podrá ser superior a 0,05 mg / l.
6	Temperatura	°C	30	45	Para casos especiales, se fijará el máximo en forma singular.

PARÁMETROS QUÍMICOS

Error! Marcador no definido.N ÚMERO	PARÁMETRO	UNIDADES	MÁXIMO PERMITIDO	MÁXIMO TOLERABLE	ESPECIFICACIONES SINGULARES Y OBSERVACIONES
7	Arsénico	mg / l	0,05	0,1	Si hay afectación a aguas subterráneas, menos de 0.05 mg / l. Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido es de 0.01 mg / l.
8	Boro	mg / l	0,5	1	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será menor a 0.03 mg / l. Este parámetro podrá ser más estricto, según los cultivos irrigados.
9	Cadmio	mg / l	0,003	0,01	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo será permitido menor a 0.003 mg / l.
10	Cianuros	mg / l	Menos de 0.05	0,05	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será de 0.05 mg / l. Este parámetro podrá ser más estricto, según la afectación a la vida acuática.
11	Cloruros	mg / l	200	400	Este parámetro podrá ser más estricto si existe posibilidad de efectos corrosivos.
12	Cromo Hexavalente	mg / l	0,05	0,1	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será menor a 0.05 mg / l. Este parámetro podrá ser más estricto, según la afectación a la vida acuática.
13	Cromo Total	mg / l	Menos de 0.5	0,5	Mayor exigencia es posible cerca de tomas de agua para bebida o afectación de vida acuática.
14	Detergentes	mg / l	1	1	El máximo tolerado podrá variarse en casos particulares, en función del tipo de cuerpo receptor, pero siempre será menor de 2.0 mg / l. Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo no podrá ser mayor a 1,0 mg/l
15	Fenoles	mg / l	0,05	0,1	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será menor a 05 mg / l.
16	Fosfatos	mg / l	0,4	0,7	Para lagos y embalses o lagunas, un valor puntual menor de 0.5 mg / l.
17	Hidrocarburos	mg / l	0,5	x	El máximo tolerado se fijará en función del tipo del cuerpo receptor y problemas que pueda causar. Siempre será menor de 5 mg/l. Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será menor a 0,1 mg / l . En todos los casos, el máximo permitido de hidrocarburos polinucleares será menor de 0.02 mg / l.
18	Manganeso	mg / l	0,1	0,5	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será menor a 0.1 mg / l.
19	Mercurio	mg / l	Menos de 0.001	0,005	Cerca de tomas de agua para bebida, el máximo permitido será de 0.001 mg / l. ó más estricto según afectación.
20	Nitratos	mg / l	Menos de 45	45	Dicho parámetro podrá ser más estricto en caso del vuelco directo o indirecto a lagos, embalses y lagunas.
21	Nitritos	mg / l	Menos de 0.1	0,1	
22	Nitrógeno Amoniacal	mg / l NH4	1,5	5	Dicho parámetro podrá ser más estricto cuando se lo relacione con coliformes fecales. En caso de cuerpos receptores con vida acuática, el máximo permitido será de 0.02 mg / l.
23	pH	Nro.	6.5 a 8.2	5.5 a 9.0	En algunas industrias se exigirá control continuo, debiendo indicar tipo de tratamiento.
24	RAS	Nro.	6	x	El máximo a tolerar se fijará en función del cuerpo receptor, usos posteriores del agua y problemas que puedan causarse. En ningún caso podrá ser superior a 12.
25	Sodio	mg / l	150	275	Dicho parámetro podrá ser más estricto en aquellos casos de afectación a tomas de agua u otros casos especiales .
26	Sulfatos	mg / l	250	400	Dicho parámetro podrá ser más estricto en aquellos casos de posibilidad de corrosión.
27	Sulfuros	mg / l	Menos de 1.0	1	

PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y ORGÁNICOS

NÚMERO	PARÁMETRO	UNIDADES	MÁXIMO PERMITIDO	MÁXIMO TOLERABLE	ESPECIFICACIONES SINGULARES Y OBSERVACIONES
28	Colifecales	nmp / 100 ml	200	1000	No se autorizará, salvo casos singulares, el mezclado de líquidos residuales con cloacales. Dicho parámetro podrá ser más estricto en aquellos casos en que pueda afectar el agua para bebida.
29	DBO	mg / l	30	120	En algunos desagües y drenajes se permitirá expresamente un valor mayor, por tiempo limitado, siempre que no se causen problemas a terceros o cuerpos receptores. Dicho parámetro podrá ser más estricto si pudiera haber influencia en tomas de agua potable.
30	DQO	mg / l	75	250	Ídem. anterior.
31	Helmintos	huevos / litro	Menos de 1	1	Ídem. 28.