

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN TACNA**

**Escuela de Posgrado**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN  
DEL SUELO POR AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO  
DE FERMENTACIÓN DE ACEITUNAS VERDES  
ESTILO SEVILLANA EN EL DISTRITO  
DE LA YARADA LOS PALOS,  
REGIÓN DE TACNA, 2017**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JUNIOR SOVIET MIRANDA GUTIERREZ**

**Para optar el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA-PERÚ**

**2018**

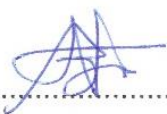
**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA**

**Escuela de Posgrado**

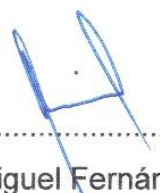
**MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO  
POR AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE  
ACEITUNAS VERDES ESTILO SEVILLANA EN EL DISTRITO DE LA  
YARADA LOS PALOS, REGIÓN DE TACNA, 2017**

Tesis sustentada y aprobada el 20 de Septiembre del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :   
M.Sc. Alberto Carmelo Condori Gamarra

SECRETARIO :   
M.Sc. Vicente Málaga Apaza

MIEMBRO :   
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

ASESOR :   
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

## **DEDICATORIA**

A Dios por la fuerza de tesón que me da para poder concretizar el estudio. A Zadith por su amor y apoyo incondicional, a Fabrizio mi hijo y mi motivación; a mis padres, que me educaron con principios y valores; a mis hermanos, mis suegros y a todas las personas que siempre estuvieron a mi lado, apoyándome y aconsejando.

## CONTENIDO

<b>Contenido</b>	
DEDICATORIA .....	ii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Formulación del problema .....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problema específico .....	5
1.3 Justificación e importancia .....	6
1.3.1 Justificación .....	6
1.3.2 Importancia .....	7
1.4 Alcances y limitaciones .....	7
1.4.1 Alcances .....	7
1.4.2 Limitaciones .....	7
1.5 Objetivos .....	8
1.6 Hipótesis .....	8
1.6.1 Hipótesis general .....	8
1.6.2 Hipótesis secundarias .....	9
CAPÍTULO II: .....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Antecedentes de la investigación .....	10
2.1.1 Antecedentes de la investigación a nivel internacional .....	10
2.1.2 Antecedentes a nivel nacional .....	15
2.2 Bases teóricas .....	16
2.2.1 La aceituna .....	16
2.2.2 Proceso de producción de la aceituna verde sevillana .....	24
2.2.3 Contaminación ambiental .....	33
2.2.4 Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana .....	68

2.2.5 Producción de aceituna a nivel internacional.....	69
2.2.6 Producción de aceituna nacional. ....	75
2.2.6.2 Producción de aceituna a nivel nacional y por regiones .....	75
2.3 Definición de términos.....	77
CAPÍTULO III:.....	84
MARCO METODOLÓGICO .....	84
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	84
3.1.1 Tipo de investigación .....	84
3.1.2 Diseño de investigación.....	84
3.2 Población y muestra de estudio .....	85
3.2.1 Población.....	85
3.2.2 Muestra .....	85
3.3 Operacionalización de variables .....	86
3.3.1 Identificación de las Variables.....	86
3.3.2 Caracterización de las variables .....	86
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	89
3.4.1 Técnicas de recolección de datos .....	89
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	89
3.4.3 Descripción de trabajo en campo .....	90
3.5 Procesamiento y análisis de datos .....	93
CAPÍTULO IV: .....	97
MARCO FILOSÓFICO .....	97
CAPÍTULO V:.....	98
RESULTADOS .....	98
5.1 Análisis de variables.....	98
CAPÍTULO VI: .....	135
DISCUSIÓN .....	135
6.1 Discusión de resultados.....	135
CONCLUSIONES .....	144
RECOMENDACIONES .....	149
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la aceituna .....	17
Tabla 2 Composición nutricional de la aceituna .....	17
Tabla 3 Composición química de la pulpa de aceituna .....	18
Tabla 4 Características fisicoquímicas de la aceituna sevillana.....	18
Tabla 5 Composición química de la aceituna sevillana.....	21
Tabla 6 Valores de eliminación de lejía por lavados .....	27
Tabla 7 Calibres de aceituna de mesa.....	32
Tabla 8 Cantidad de aguas residuales producida por kg de frutos, según los diferentes tipos de elaboración.....	34
Tabla 9 Volumen de aguas restáñalos totales, para la producción española de los diferentes tipos de elaboración (tomado como referencia la campaña 1981-82) .....	35
Tabla 10 Algunas características de las aguas residuales del proceso tradicional de aceitunas verdes estilo español .....	37
Tabla 11 Carga contaminante de las lejías del proceso normal de aceitunas tipo negras (por oxidación). Frutos después de cuatro meses de conservación .....	39
Tabla 12 Carga contaminante de los líquidos de aireación y la solución de gluconato del proceso normal de aceitunas tipo negras (por oxidación). Frutos después de cuatro meses de conservación.....	40
Tabla 13 Principales características de las salmueras de aceitunas negras naturales procedentes de dos tipos de fermentación (sal baja y normal) .....	41
Tabla 14. Aceitunas verdes estilo español o sevillano. Carga contaminante de las lejías de un solo uso y después de catorce reutilizaciones.....	44
Tabla 15 Reutilización de soluciones de hidróxido sódico en un proceso normal y lo mismo con supresión de lavados.....	49
Tabla 16 Efecto de las diversas modificaciones del proceso de elaboración de aceitunas verdes estilo español o sevillano sobre la calidad del producto final obtenido .....	51
Tabla 17 Características medias de la carga contaminante de lejías de baja graduación, después del primer tratamiento o "cocido". Aceitunas verdes estilo español o sevillano.....	53
Tabla 18 Características de las salmueras de fermentación, cuando éstas proviene de lejías reutilizadas con adición de sal aceitunas verdes estilo español o sevillano .....	55

Tabla 19 Características de las salmueras de fermentación con "cocidos" a bajas concentraciones y sin lavados. Aceitunas verdes estilo español o sevillano.....	56
Tabla 20 Eficiencias relativas y cantidades necesarias para dos formas de tratamiento .....	60
Tabla 21 Adsorción de polifenoles y DQO por diferentes concentraciones de carbón activo AC-35 molido ( $\leq 0,5$ mm). Aceitunas verdes estilo español o sevillano.....	61
Tabla 22 Efecto del tratamiento con carbón activo sobre la acidez libre (g/l), expresada como ácido láctico. Aceitunas verdes estilo español o sevillano .....	63
Tabla 23 Efectos sobre las principales características de la salmuera de la purificación de la misma por osmosis inversa con una membrana para corte en un peso molecular de 500 (Relación filtrado: rechazo, 5:1). Aceitunas verdes estilo español o sevillano.....	65
Tabla 24 Principales países productores de aceituna.....	70
Tabla 25 Producción mundial de aceituna .....	72
Tabla 26 Evolución de las exportaciones mundiales de aceituna .....	73
Tabla 27 Principales países importadores .....	74
Tabla 28 Participación de Perú en las importaciones mundiales .....	75
Tabla 29 Producción de aceituna a nivel nacional y por regiones.....	75
Tabla 30 Producción de aceituna en Tacna.....	76
Tabla 31 Exportaciones de aceituna en salmuera Tacna .....	77
Tabla 32 Determinación de la población: registros agua residual.....	85
Tabla 33 Determinación de la población: registros agua residual.Registro de muestras suelo agrícola .....	85
Tabla 34: Niveles de sodio intercambiable en los suelos, su interpretación ...	94
Tabla 35 Escalas de clasificación del ph de suelos agrícolas.....	95
Tabla 36 Clasificación tentativa para materia orgánica.....	96
Tabla 37 Factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.....	98
Tabla 38 Factor: ph asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano.....	102
Tabla 39 Factor: NaOH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano.....	104
Tabla 40 Factor: Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano..	106
Tabla 41 Factor: Sólidos suspendidos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes sevillano .....	108

Tabla 42 Factor: DQO asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano.....	110
Tabla 43 Factor Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas estilo sevillano.....	112
Tabla 44 Factor: Sólidos disueltos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano .....	114
Tabla 45 Estado de contaminación del suelo con respecto al pH, sodio intercambiable, contenidos sales y materia orgánica (físico-químico).....	116
Tabla 46 Estado de contaminación del suelo respecto al pH (físico-químico)	118
Tabla 47 Estado de contaminación del suelo con respeto al sodio intercambiable (físicoquímico) .....	120
Tabla 48 Estado de contaminación del suelo con respecto a contenidos sales (físico-químico) .....	122
Tabla 49 Estado de contaminación del suelo con respecto a la materia orgánica (físico-químico) .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la aceituna .....	16
Figura 2. Estructura de la Oleuropeina .....	20
Figura 3. Principales productores mundiales de aceituna.....	71
Figura 4. Evolución de las exportaciones mundiales de aceituna.....	73
Figura 5. Factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes en el distrito de la Yarada Los Palos .....	101
Figura 6. Factor: PH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano.....	103
Figura 7. Factor: Na OH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano.....	105
Figura 8. Factor Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas estilo sevillano.....	107
Figura 9. Factor: Sólidos suspendidos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo .....	109
Figura 10. DQO asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano .....	111
Figura 11. Factor: Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas estilo sevillano.....	113
Figura 12. Factor: Sólidos disueltos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano .....	115
Figura 13. Estado de contaminación del suelo con respecto al pH, sodio intercambiable, contenidos sales y materia orgánica (físico- químico) .....	117
Figura 14. Estado de contaminación del suelo respecto al pH .....	119
Figura 15. Estado de contaminación del suelo con respecto al sodio intercambiable (físico-químico).....	121
Figura 16. Estado de contaminación del suelo con respecto a contenidos sales (físico-químico) .....	123
Figura 17. Estado de contaminación del suelo con respecto a la materia orgánica (físico-químico) .....	125

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Penetración de la soda cáustica en los frutos .....	26
Imagen 2. Fish-eye en la aceituna verde sevillana .....	31
Imagen 3. Máquina calibradora.....	32
Imagen 4. Nivel de contaminación del suelo si la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo no contaminado.....	126
Imagen 5. Nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos .....	127
Imagen 6. Nivel de contaminación del suelo con la intervención de factores	128

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar qué factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017. El tipo de investigación es cuantitativa y también básica. El diseño y/o metodología de investigación es no experimental y transaccional. La población estuvo constituida por registros de agua residual en las diferentes fases; así como dos registros de muestras de suelo agrícola. El instrumento utilizado fue la guía de análisis documental. Los resultados indicaron que los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son el potencial de hidrogeniones (pH) e hidroxido de sodio(NaOH).

Palabras claves: aguas residuales, contaminación de suelos, potencial de hidrogeniones (pH), alcalino, solución de NaOH, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno, materia orgánica, contenido de sales.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research work was to determine what factors associated with wastewater from the process of fermentation of seville-style green olives influences soil contamination in the district of Yarada Los Palos, Tacna region, 2017. The type of Research is quantitative and also basic. The research design is non-experimental and transectional. The population was constituted by registers of residual water in the different phases; as well as 2 records of agricultural soil samples. The instrument used was the document analysis guide. The results indicated that the factors associated with wastewater from the fermentation process of Sevillian-style green olives that influences soil contamination in the district of Yarada Los Palos, Tacna region, 2017, are the potential of hydrogenions (pH) and sodium hydroxide (NaOH).

Keywords: wastewater, soil contamination, hydrogen ion potential (pH), alkaline, NaOH solution, chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand, organic matter, salt content.

## INTRODUCCIÓN

En el contexto mundial es una enorme preocupación el aumento de la contaminación del suelo, sin embargo, ha sido poco tratado, tal contaminación específicamente proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes. En Perú, el Ministerio del medio ambiente, aun ni lo toman en cuenta, a pesar que existe en la zona sur del País, la producción de aceitunas verdes, con métodos tradicionales, que por sus diferentes procesos, hace que el suelo se contamine.

En Tacna, el cultivo de los olivos favorecidos por las condiciones climáticas de la región, el cual tiene además un elevado potencial para el desarrollo de la agroindustria, se producen las variedades negra y verde, siendo la primera la más demandada. La mayoría de los productores del sector, fundamentalmente los pequeños productores, tienen una reducida oferta exportable, manejo deficiente e irracional de los recursos agua y suelo, escasa capacitación técnica y tecnológica, falta de información y adquisición de la tecnología, bajo financiamiento en el sector (inversión). Asimismo, es evidente la evolución en forma positiva la exportación de aceitunas verdes y negras, aunque concentradas en un solo mercado de Brasil y en una forma de presentación (aceituna entera en salmuera a granel), así como otros países como Estados Unidos, Italia y Chile. Existe mercado para productos con mayor valor agregado lo cual debe ser una directiva para apoyar la labor de los agricultores; por lo que es perentorio, analizar estas variables, en el sentido que determinará científicamente la contaminación del suelo, por el proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana en la zona del Distrito La Yarada Los Palos; todo ello quizá porque los agricultores con insuficiente capacitación y, probablemente, porque no tienen suficiente conocimiento del daño que le hacen al suelo con los aspectos ambientales. Por tanto, es primordial el presente estudio, cuyos objetivos son: Identificar los factores que intervienen a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de

Tacna, 2017. Por lo antes referido, el presente estudio considera los siguientes objetivos: Identificar los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, identificar los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, determinar el estado del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo y determinar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana; por lo que el presente estudio considera lo siguiente:

El capítulo I, Planteamiento del problema, que considera la descripción, formulación del problema, la justificación e importancia, los alcances y limitaciones, objetivos y las hipótesis.

El capítulo II, Marco teórico, que considera los antecedentes del estudio, las bases teóricas y la definición de términos.

El Capítulo III, Marco Metodológico, que considera el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, la operacionalización de variables, las técnicas e instrumentos para recolección de datos, procesamiento y análisis de datos.

El capítulo IV, Marco filosófico, que resalta el paradigma de investigación, orientado al enfoque epistemológico.

El capítulo V considera los resultados de acuerdo a las variables de estudio.

El capítulo VI puntualiza la discusión de los resultados, considerando los antecedentes y bases teóricas de la investigación.

Finalmente, las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción del problema**

Indudablemente que, en el contexto global, la producción de aceituna ostenta una gran relevancia en el conjunto de la industria agroalimentaria; sin embargo, muchos agricultores lo desarrollan de manera artesanal o tradicional; tal aspecto causa contaminación del agua que, al ser considerado como aguas residuales, provoca la contaminación del suelo; es decir, que contiene diferentes componentes provenientes del proceso de fermentación de aceitunas.

Es indispensable referir que toda acción productiva es contaminante, por lo que pareciera que los agricultores no tienen conocimiento o no han reflexionado, sobre lo establecido por el numeral 22 del art. 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; asimismo, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país; de esta manera, para la aplicación de los ECA (Estándares de calidad ambiental) para suelo a todo proyecto o actividad que genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia, No existe la fiscalización ambiental en la contaminación del suelo por las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo

sevillana que se suscita en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, tal contaminación en alguna medida constituye un daño al medio ambiente.

Asimismo, el Ministerio del Medio ambiente, si bien es cierto, ha emitido bastantes normas relacionados a la contaminación del agua, suelo, aire por los diferentes sectores, pero no existe en nuestro ordenamiento jurídico en materia de suelos, relacionados a su contaminación por aguas residuales provenientes del tratamiento de la aceituna en sus diferentes variantes, es decir, que provienen de los caldos que se generan en el proceso de tratamiento del fruto: lejías de cocido, aguas de lavado, aguas del proceso de oxidación en medio alcalino, salmueras de fermentación, aguas de otros procesos como por ejemplo el deshueso y el relleno...en definitiva, un cúmulo de aguas residuales; que se generan en grandes volúmenes y contienen un alto contenido en materia orgánica poco biodegradable, así como un elevado porcentaje de sólidos en suspensión y grasas, una elevada DQO, pH ácido o alcalino. A todo esto, hay que añadir que todos estos residuos tienen una elevada conductividad, debido a su alto contenido salino, y que se trata de aguas fuertemente coloreadas por los polifenoles que forman parte de la composición de los frutos. Por lo que se hace indispensable que los agricultores desarrollen otros métodos para la producción de aceitunas que no permita la contaminación de los suelos; debido a que probablemente va a continuar la producción de tal producto, ya que la producción de aceituna se concentra principalmente en Tacna, que abarca más del 60 % de la producción nacional, y en donde las áreas de cultivo se encuentran en proceso de expansión incentivada por el incremento de las ventas al exterior.

Asimismo, en el sector del distrito de La Yarada Los Palos se concentra la mayor producción, 90 % de producción de aceitunas en la región de Tacna; por lo que en la preparación comercial de los diferentes tipos de aceitunas de mesa se producen una serie de vertidos líquidos. El volumen de los mismos depende de la elaboración, dándose una estimación por kg de frutos. En ella se ha distinguido procesos tradicionales y con reúsos, ya que, entre unos y otros, el volumen oscila considerablemente. El tratamiento de aceitunas aderezadas

(por oxidación) es el que da lugar a una cantidad mayor de aguas residuales aun aplicando ciertas reutilizaciones de lejías y suprimiendo algunas aguas de lavado. En el caso de aceitunas verdes estilo español o sevillano se generan menos aun pudiendo llegarse sólo a 1 L/Kg aproximadamente, cuando se aplican las medidas especificadas en dicha tabla. Por último, en la fermentación de negras naturales y de color cambiante en salmuera se obtienen los residuos líquidos menos importantes, con sólo 0,5 a 1 kg.

Estos problemas graves, producto de los aspectos ambientales provenientes de la producción de la aceituna, generan una preocupación por el daño ambiental que se viene dando; de continuar tal situación, todo el suelo del distrito La Yarada los Palos será degradado y, no será apto para cualquier cultivo.

Por lo antes referido, cabe preguntar:

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Qué factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017?

### **1.2.2 Problema específico**

- a) ¿Cuáles son factores que intervienen a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017?
- b) ¿Cuáles son los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influyen en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017?

- c) ¿Cuáles son los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017?
- d) ¿Cuál es el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin y con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana?

### **1.3 Justificación e importancia**

#### **1.3.1 Justificación**

El presente estudio es importante debido a que permite comprender cómo y cuáles son los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que contaminan el suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017. Asimismo, al demostrar tal contaminación con los análisis fisicoquímicos. Asimismo, se destaca que no hay un estudio similar a nivel nacional. Además, permite recomendar a las autoridades y los agricultores de la Yarada tener siempre en cuenta el numeral 22 del art. 2° de la Constitución Política del Perú donde establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; asimismo, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, expresa que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva. Finalmente, el presente estudio ha contribuido en brindar recomendaciones y propuestas.

### **1.3.2 Importancia**

El presente estudio es importante porque permite proponer normas inherentes a la prevención de la contaminación del suelo proveniente de la producción en el sector agroindustrial específicamente del producto de la aceituna, por ser Tacna una de las zonas que más produce; así mismo, se capacitará a los agricultores para desarrollar otros métodos de producción de la aceituna que no deteriore más el medio ambiente; así como también en el campo académico contribuye a generar otras líneas de investigación, referido a este tema, es decir, no solo tratar de la producción de aceituna sino cuánto daño le cuesta al medio ambiente producir tal producto en la forma que lo hacen, y brindar estrategias para que no se contamine el suelo; más aún que en la ciudad de Tacna se ha incrementado la producción de aceituna para su exportación, y es un hecho que la producción con métodos tradicionales estaría incrementando el nivel de contaminación del suelo por las aguas residuales provenientes del proceso de la aceituna, en el distrito de la Yarada-Los Palos, en la Región de Tacna.

## **1.4 Alcances y limitaciones**

### **1.4.1 Alcances**

El presente estudio solo considera los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana, así como el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

### **1.4.2 Limitaciones**

En el presente estudio se tuvo como limitaciones los insuficientes antecedentes de la investigación.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Determinar qué factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana influyen en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar los factores que intervienen a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.
- b) Identificar los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.
- c) Identificar los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.
- d) Comparar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin y con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna,

2017, son: pH, NaOH, sólidos suspendidos, polifenoles, DQO, DBO<sub>5</sub> y sólidos disueltos.

### **1.6.2 Hipótesis secundarias**

- a) Los factores que intervienen a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana son pH, NaOH, sólidos suspendidos, polifenoles, DQO, DBO<sub>5</sub> y sólidos disueltos.
- a) Los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son el pH, NaOH y polifenoles.
- b) Los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son los sólidos suspendidos, DQO, DBO<sub>5</sub>.
- c) El nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo es normal, que el nivel de contaminación del suelo con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo que es regular.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1 Antecedentes de la investigación a nivel internacional**

Garrido, Brenes y García (1992). Tratamiento de salmueras de fermentación de aceitunas verdes. Unidad Estructural de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla - España. El trabajo compara las características de los diversos tratamientos de regeneración aplicables a las salmueras de fermentación de aceitunas *verdes* estilo sevillano para poderlas reutilizar en otras operaciones dentro del proceso productivo, en especial en el envasado final de los frutos. Con ello, se reduciría el vertido de estas soluciones que son las responsables de la carga contaminante del efluente de estas industrias.

Los dos métodos más interesantes son: adsorción con carbón activo, seguido de una filtración tangencial para separar el absorbente; y la ultrafiltración. En el primer caso, el tipo de carbón activo más eficaz es el denominado GA, que necesita ser utilizado en una proporción entre 5 y 10 g/L. En el segundo, una membrana de polisulfona de 1 000 daltons de corte molecular es lo más adecuado, trabajando a una presión de 18 bars. Un pretratamiento con bentonita (2 g/L), temperatura entre 30 y 45 °C y la menor concentración inicial de polifenoles y sólidos en suspensión aumentan el rendimiento de forma considerable. En principio, un estudio económico aproximado de costes indica que la regeneración por cualquiera de los dos sistemas daría una salmuera regenerada a un precio algo inferior al obtenido al preparar el líquido de gobierno para envasar a partir de sus componentes.

Cabrera (1995). Características y tratamiento de las aguas residuales industriales por sectores: molturado de aceituna para la obtención de aceite de

oliva virgen. Instituto de Recursos Naturales y Agobiología de Sevilla, CSIC. Sevilla-España. El estudio indica que el aceite de oliva se obtiene mediante los métodos de presión en discontinuo o por el de centrifugación en continuo, en los que se producen tres fases: aceite (20 %), un residuo sólido (30 %) y un licor acuoso (50 %). El residuo sólido (orujo), que está constituido por la pulpa y los huesos del fruto, aceite y agua, se utiliza para la extracción de aceite y, cuando está agotado (orujillo), como combustible. Otros usos del orujo y del orujillo son la alimentación animal y la producción de abonos orgánicos, composts, carbones activos y furfural.

El licor acuoso, compuesto por el agua de vegetación y los tejidos blandos de las aceitunas, y el agua usada en las distintas etapas de la elaboración del aceite, constituye el alpechín. El volumen de alpechín que se produce es de 0,5-1,5 L kg de aceituna molturada. El alpechín es un líquido oscuro compuesto por 83-94 % de agua, 4-16 % de materia orgánica (polisacáridos, proteínas, ácidos orgánicos, polifenoles) y 0,4-2,5 % de sales (carbonatos, fosfatos, K, Na), que tiene un alto poder contaminante (DBO<sub>5</sub> 35-100 g L; DQO 45-130 g L; CE 8-22 dS m).

La eliminación de los alpechines es un problema crítico en los países mediterráneos. España es el tercer productor mundial de aceite de oliva. Andalucía produce el 80% de este aceite y un volumen medio anual de 2 por 10 m, que representan una contaminación equivalente a 16 por 10 habitantes durante la campaña de molturación.

La depuración de los alpechines por los métodos convencionales es difícil y costosa debido al contenido de polifenoles. Estos métodos sólo consiguen rebajar la DBO<sub>5</sub> a 3,000 mg en una repercusión de 4,5-8,5 ptas kg de aceite de oliva virgen. Otras alternativas, para su eliminación, son la infiltración en los suelos y la aplicación agronómica a los mismos, su compostaje o cocompostaje, o el de sus lodos, con residuos agrícolas, con lo que se reciclan sus componentes.

La implantación de un sistema de extracción de aceite en el que se producen fundamentalmente dos fases (aceite y orujo), reduce al mínimo el consumo de agua y por tanto la producción de aguas residuales que quedan reducidas al 20-40 % de las producidas por el sistema de tres fases. Asimismo, la carga orgánica del nuevo efluente se reduce al 6-15 %.

Fernández, Arreghini, Ugarte, Herrero, Herrero, y Maya (2001). Efluentes líquidos del procesamiento de las aceitunas verdes en fresco. Situación en la provincia de Mendoza. Grupo de Estudios Tratamiento de Aguas Residuales (G.E.S.T.A.R.) U.N. Cuyo Centro Universitario - Mendoza - Argentina. En el estudio se concluye que, en la Provincia de Mendoza, el 90 % de la producción de aceitunas verdes se destina al consumo en fresco. La variedad más cultivada es la Arauco o Criolla (83 % de la superficie) y la Manzanilla (7 %). Las aguas residuales provenientes de las aceitunas verdes en fresco se estudian en el presente trabajo, dada su importancia en el mercado provincial. El análisis se centraliza en el Gran Mendoza.

El tratamiento con NaOH (desamarizado) en la elaboración de las aceitunas en conserva se concentra entre marzo y abril, mientras que la fermentación en salmuera alcanza hasta el mes de setiembre. El envasado en salmuera fresca se extiende durante todo el año. Esta periodicidad en los procesos define la distribución de las cargas contaminantes durante el año.

Se presentan las principales características de los distintos tipos de efluentes obtenidos de la bibliografía y de análisis locales. Se analizan técnicas de minimización y reúso de las aguas residuales a nivel regional, y su incidencia en los caudales y concentraciones finales producidos en cada operación. Finalmente, se determinó la factibilidad del uso de la dilución en el sistema de tratamiento de líquidos cloacales para diferentes zonas de la región.

Maldonado, Zuritz, Gascón, y Rey, (2003). Difusión de Sodio en Aceitunas Verdes Durante el Tratamiento Alcalino. I: Efecto de la Concentración de la Lejía. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. El estudio concluye que la difusión de sodio en aceitunas verdes variedad Arauco (Criolla) durante el tratamiento alcalino con lejías al 1,50; 2,25 y 3,00%, a 20 °C. Con lejía de 1,50%, la difusión estaría controlada por la resistencia de la epidermis, resultando en menores concentraciones de sodio en la pulpa y en un tratamiento alcalino más uniforme. Con sosa al 3,00%, la difusión estaría más afectada por la resistencia de la pulpa, resultando en mayores concentraciones de sodio en la pulpa y menor uniformidad de tratamiento. Con lejía de 2,25%, la difusión estaría dominada al principio por la resistencia de la epidermis y luego por la resistencia de la pulpa. Este estudio permite inferir un valor final promedio de tratamiento de 0,20 meq-Na/g-aceituna como apropiados. Los datos experimentales se correlacionaron con la ecuación:  $C=C_i+A*t^{-B}$  (t=tiempo de penetración), luego A y B se correlacionaron con la distancia de penetración.

López (2007). Características y tratamiento de las aguas residuales de la industria de aderezo de aceituna de mesa. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla – CSIC. El autor concluye que la producción mundial de aceituna de mesa ronda el millón de toneladas de las que España produce el 30 %. De la producción española, un 75 % corresponden a aceitunas verdes, y un 25 % a negras, que son fabricadas por procesos diferentes. El 50 % son consumidas por el mercado interno, y el otro 50 % se destina a exportación.

En España, la producción se centra fundamentalmente en Andalucía, que representa el 75 % de la producción nacional, y corresponde a las variedades Gordal Sevillana, Manzanilla de Sevilla y Hojiblanca cultivadas en las provincias de Sevilla, Málaga, Córdoba y Huelva.

Hernández-Acosta, Quiñones-Aguilar, Cristóbal-Acevedo y Rubiños, (2014). Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México, El estudio concluye que existe contaminación alta por coliformes fecales (en agua, suelo y plantas) y huevos de helmintos en las aguas residuales utilizadas para riego de cultivos en el DR 028 en Tulancingo, Hidalgo. Los valores obtenidos rebasan los límites permisibles de las normas mexicanas, por lo que el riesgo para la salud por la presencia de estos parásitos es evidente. En consecuencia, se sugiere implementar sistemas de tratamiento a las aguas residuales, antes de utilizarlas para el riego de cultivos forrajeros. Se recomienda en investigaciones posteriores, identificar las fuentes puntuales de contaminación de coliformes fecales y de huevos de helmintos en la zona de estudio.

Marcano y Delvasto (2016). Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas. Revista de Investigación. Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela. La investigación tuvo como finalidad determinar, en suelos, la concentración de metales pesados provenientes de pilas gastadas de tipo alcalina, Ni-Cd y Ni-MH. Para ello se emplearon columnas de percolación en las cuales se colocó suelo natural con muestras de pilas abiertas y cerradas. Las columnas fueron irrigadas con agua destilada durante 20 semanas. Transcurrido este tiempo, se extrajeron muestras de suelo de las columnas a distintas profundidades y se analizó el contenido total de metales pesados en los mismos, mediante espectroscopia de absorción atómica aplicando una metodología de extracción secuencial. Se encontró que los metales Zn, Mn, Ni, Cd, Co y Fe excedieron los límites permitidos por las normativas ambientales venezolanas en términos de concentración para el suelo que contenía pilas abiertas. Para los suelos que contenían pilas cerradas, solamente se cuantificó Mn y Fe, aunque por debajo de los límites permitidos.

### **2.1.2 Antecedentes a nivel nacional**

Silva & Correa (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Universidad de Medellín- Colombia. El estudio concluye que existe un gran problema de la contaminación del suelo por el uso de plaguicidas en las actividades agrícolas.

Espinoza, J. (2014). Gestión de los efluentes líquidos generados en la Planta de Harina y aceite de pescado, de la empresa corporación PFG-Centinelá SAC para su evaluación y dictamen respectivo, a efecto de obtener el título ingeniero químico. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo. El estudio concluye que la gestión de los efluentes generados por la operación de la Planta de Harina y Aceite de Pescado, parte desde el estudio de la materia prima, descripción diferentes sistemas absorbentes para la descarga del pescado y su influencia en la cantidad caudal del agua de bombeo y destrozado del pescado, estudio de las diferentes etapas de tratamiento y la tecnología disponible para lograrlo, hasta los instrumentos de gestión que desarrolle la empresa.

Clavijo, Chipana, Centeno, Zúñiga, y Guillén (2012). Aislamiento, caracterización e identificación de Bacterias Diazotróficas de la Rizósfera del Cultivo de Olea europea”, en Tacna Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima. El estudio concluye se aislaron y caracterizaron 104 cepas de bacterias diazotróficas nativas de la rizósfera del olivo en el Fundo San Martín de Porres en Tacna – Perú. Se encontraron correlaciones entre las poblaciones bacterianas con la materia orgánica, fósforo, PH del suelo, tipo de riesgo y profundidad de la raíz. Las bacterias fueron caracterizadas en base a su capacidad promotora de crecimiento mediante la producción de Ácido Indol Acético (AIA), solubilización de fosfatos, germinación de semillas de alfalfa y crecimiento en Medio Mineral sin Nitrógeno.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 La aceituna

#### 2.2.1.1 Materia prima, composición, variedades y subproductos

##### a) Materia prima

El fruto del olivo o aceituna es una drupa carnosa, de unos 18-20 mm de largo por 10 mm de ancho según la variedad, de color verde que cambia a morado oscuro cuando está madura, alcanza un peso promedio entre 1,5-12 g aproximadamente. El porcentaje de pulpa, intensamente alargada cuando está verde, varía del 70-80 %, el de hueso 12-30 % y la semilla alrededor del 10 % del hueso. (Fernández, et al,1985). A continuación, se presenta la Figura 1, partes de la aceituna:



*Figura 1.* Partes de la aceituna

Fuente: Elaboración propia

Los principales constituyentes de la pulpa de la aceituna son el agua y el aceite, encontrándose en general que estos componentes guardan entre sí una relación inversa para un mismo grado de madurez, es decir, cuanto mayor sea la humedad de una muestra, menor será su contenido en aceite y viceversa. El aceite, debido al moderado grado de saturación de ácidos grasos y a su excelente calidad, contribuye marcadamente al hecho de que la aceituna sea considerada como un producto de alto valor nutritivo y biológico. (Fernández, et al,1985). A continuación, en la siguiente Tabla 1, se presenta la composición de la aceituna:

Tabla 1  
*Composición de la aceituna*

Composición de la aceituna					
Parte	% Sobre materia seca				
	Materia nitrogenada	Materia Grasa	Celulosa bruta	Extracto no nitrogenado	Materia mineral
Epicarpio	9,8	3,4	2,4	82,8	1,6
Mesocarpio	9,6	51,8	12,0	24,2	2,3
Endocarpio	1,2	0,8	74,1	22,7	1,2

Fuente: Enciclopedia del Olivo del TDC-OLIVE (2006).

Tabla 2  
*Composición nutricional de la aceituna*

Componentes nutricionales de la aceituna								
Variedad	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Calorías (cal)	Ca (mg)	Fe (mg)	Vit. A (mg)	Vit. B1 (mg)	Vit. B2 (mg)
Verde	1	11	106	72	16	240	0,02	0,06
Negra	1,5	24	244	58,4	2,6	150	0,02	0,18

Fuente: Enciclopedia del Olivo del TDC-OLIVE (2006).

## b) **Composición química**

La composición química de la aceituna, así como sus características físicas, dependen de un cierto número de factores, como son épocas de recolección, variedad, suelo, condiciones climatológicas, etc. (Fernández, et al,1985). A continuación, se presenta en la Tabla 3 la composición química de la pulpa de aceituna:

Tabla 3  
*Composición química de la pulpa de aceituna*

Variedad	Tipo	Relación pulpa:hueso	Humedad (%)	Grasa (%)	Azúcares reductores (%)	Azúcares no reductores (%)	Proteínas (%)	Fibra bruta (%)	Cenizas (%)
Sevillana	Verde	5,36	73,73	6,25	5,96	0,27	1,31	3,40	0,68
Sevillana	Negra	5,46	68,10	18,60	3,66	0,03	-	2,05	0,84

Fuente: Enciclopedia del Olivo del TDC-OLIVE (2006).

Siguen en importancia en su composición cualitativa los hidratos de carbono, en especial los oligosacáridos y monosacáridos libres existentes en la pulpa. Se consideran como los compuestos más importantes por constituir la materia prima del proceso de fermentación. Como monosacáridos y disacáridos más abundantes están la glucosa, fructuosa, manitol y sacarosa. Además de estos hidratos de carbono, se cuantifica la fibra bruta, cuyos componentes fundamentales son polisacáridos, además de un porcentaje de lignina.

La fibra está constituida principalmente por celulosa como componentes mayoritarios, seguida de lignina y hemicelulosas. Las sustancias pécticas representan del 0,3-0,6 % de la pulpa fresca, encontrándose principalmente ácido anhidro galacturónico, grupos carboxilos esterificados y acetilos. A continuación, se presenta la Tabla 4, sobre las características fisicoquímicas de la aceituna sevillana:

Tabla 4  
*Características Fisicoquímicas de la aceituna sevillana*

Características fisicoquímicas de la aceituna sevillana		
	Aceituna verde(g)	Aceituna madura(g)
Densidad (kg/L)	1,14	1,07
pH	4,80	5,00
Relación pulpa/hueso	6,00	8,00

Fuente: Instituto de la Grasa - Sevilla (1985)

Como componentes minoritarios se pueden citar pigmentos, cenizas, fenoles, ácidos orgánicos y vitaminas.

- **Pigmentos**

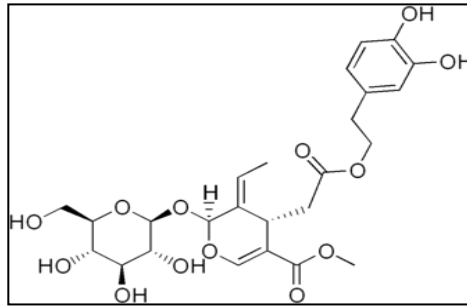
Clorofilas, carotenoides y antocianinas. Las clorofilas tienen un contenido medio a lo largo de la maduración de 100 ppm y los carotenoides de 20 ppm y entre ellos, los más abundantes la luteína y el  $\beta$ -caroteno. Las antocianinas son las responsables del color rojo-púrpura-morado de estados avanzados de maduración. (García y Sánchez, 2005).

- **Ceniza**

Se encuentra entre 0,7–1 %, su composición es similar a otros tejidos vegetales. El potasio es el mineral mayoritario, siguiéndole en cantidad fósforo y calcio. También son importantes minerales minoritarios como hierro y cobre, por incidir favorablemente en la nutrición humana. (García y Sánchez, 2005).

- **Fenoles**

Representan 1–3 % de la pulpa. Su contenido está en relación directa con la variedad, ya que el contenido en fenoles es mucho mayor en variedades de fruto pequeños que en las de fruto grande. En las de fruto pequeño llega a alcanzar el 14 % (más amargas). El fenol más abundante es la oleuropeína, que es el compuesto que le da el característico sabor amargo a la pulpa y se elimina masivamente por los distintos procesos de elaboración. El fenol hidroxitirosol es uno de los componentes de la oleuropeína, se libera en los distintos procesos (maduración y elaboración), es un potente antioxidante y además, junto con el ácido cafeico son moléculas fundamentales en el proceso de ennegrecimiento oxidativo. (García y Sánchez, 2005). A continuación, se presenta la Figura 2 sobre la estructura de la Oleuropeína:



*Figura 2. Estructura de la Oleuropeina*  
Fuente: García y Sánchez, 2005.

- **Ácidos orgánicos.**

Representan 0,5-1 %, hacen que el pH del jugo de la aceituna se encuentre alrededor de 4,5 unidades. Son responsables, en parte de la capacidad tampón del producto fermentado. Los principales son cítricos, málicos y oxálicos. (García y Sánchez, 2005).

- **Vitaminas**

El contenido en vitaminas es muy variable, habiéndose cuantificado en la aceituna, por diversos autores, carotenos, que tiene actividad pro-vitamina A, tiamina o vitamina B<sub>1</sub>, riboflavina o vitamina B<sub>2</sub> y vitamina C. (García y Sánchez, 2005). A continuación, se presenta la Tabla 5 sobre la composición química de la aceituna sevillana:

Tabla 5  
*Composición química de la aceituna sevillana*

Composición química de las aceitunas variedad sevillana		
Contenido en 100g de pulpa de aceituna fresca		
	Aceituna verde(g)	Aceituna madura(g)
Humedad	71,83	67,54
Grasa	15,64	20,97
Proteínas	1,50	1,57
Ceniza	2,28	2,36
Fibra	1,81	1,64
Carbohidratos	8,60	7,36
Acidez	0,74	1,08
Azúcares reductores	4,80	4,10
Taninos	2,11	1,64
Oleuropeína	2,25	1,98

Fuente: Enciclopedia del Olivo del TDC-OLIVE (2006).

### c) Variedades de aceitunas empleadas

Las variedades de olivo cultivado que se emplean para la elaboración de las aceitunas de mesa son muy diversas, y su número se ha ampliado en los últimos años. En Tacna se cultivan las siguientes variedades:

- **Gordal o Sevillana**

Recibe el nombre de Gordal, Gordal Sevillano, Sevillano o Sevillana. Se cultiva principalmente en Andalucía baja, y sobre todo alcanza la máxima extensión en Sevilla-España, provincia que le da el nombre. En nuestra región es la variedad más cultivada. Son frutos grandes (un promedio de 100 - 120  $\mu$ /kg), con una relación de pulpa a hueso de 7,5:1, de elipsoideos, con ligero aspecto acorazonado. El epicarpio fino, con pintas blancas características, mesocarpio de agradable textura, de color verde no muy intenso, que cambia de color negro morado en la madurez. Hueso de forma regular con estrías

profundas. El contenido de aceite es más bien bajo, casi siempre inferior del 10 % del peso del fruto, y su maduración temprana, mostrando preferencia por climas suaves y cálidos. (Fernández et al, 1985).

- **Manzanilla**

Recibe generalmente el nombre de Manzanilla y a veces Manzanillo. Presenta una elevada relación pulpa/hueso y un contenido aceptable en aceite. El fruto es de color negro en maduración, esférico u ovoidal, simétrico, con el diámetro máximo centrado, de tamaño mediano, ápice redondeado, sin pezón, con base truncada, con cavidad peduncular circular, angosta, profunda y con sección transversal máxima circular.

- **Ascolana**

Es quizás la variedad italiana por excelencia. A causa de su tamaño, se confunde a veces, internacionalmente con la Gordal o Sevillana. Aún cuando sus características son muy diferentes. Llega a contener 100 - 180 frutos/kg, es ligeramente oval, o casi esférica, y presenta una buena relación pulpa a hueso.

**d) Desarrollo y maduración de la aceituna**

Durante el desarrollo y la maduración de la aceituna se produce una disminución progresiva de la humedad de la pulpa y paralelamente un aumento en el contenido de aceite. También aumenta el peso y el volumen del fruto, y por lo tanto, la relación pulpa: hueso.

Los hidratos de carbono solubles disminuyen muy sensiblemente a lo largo del proceso evolutivo. Los ácidos orgánicos aumentan durante la etapa de desarrollo del fruto, pero se estabiliza o disminuyen levemente durante la maduración.

Con la maduración se va aclarando, los polímeros se van haciendo más cortos y la textura va disminuyendo. La razón última de estos cambios de

textura se debe a la activación en el momento de la maduración de determinados componentes proteicos, como son las enzimas hidrolíticas, que van a cambiar la estructura y características químicas de los componentes de la fibra. (García y Sánchez, 2005).

#### **e) Tipos de aceitunas de mesa**

Según la “Reglamentación Técnico Sanitaria Española para la Elaboración, Circulación y Venta de aceitunas de mesa” (1983), “Norma Técnica Peruana de la Aceituna de Mesa NTP 209.098”, son clasificadas como:

- **Verdes**

Son las obtenidas de frutos recogidos durante el ciclo de maduración, antes del envero.

La coloración del fruto podrá variar del verde al amarillo paja. Estas aceitunas serán firmes, sanas y resistentes a una suave presión entre los dedos y no tendrán manchas distintas de su pigmentación natural, con las tolerancias que más adelante se determinen. (Norma Técnica Peruana, 2006).

- **De color cambiante**

Obtenidas de frutos recogidos en el envero (aún no llega al color negro) y antes de su completa maduración, pudiendo presentar en la piel, un color negro rojizo, negro violáceo, violeta oscuro, negro verdoso o castaño oscuro; antes que la pulpa inicie su pigmentación. (Norma Técnica Peruana, 2006).

- **Negras**

Obtenidas de frutos recogidos en plena madurez o poco antes de ella, pudiendo presentar, según la zona de producción y la época de recogida, color negro rojizo, negro violáceo, violeta oscuro, negro verdoso o castaño oscuro, no sólo en la piel sino también en la pulpa. (Norma Técnica Peruana, 2006).

## **2.2.2 Proceso de producción de la aceituna verde sevillana**

### **2.2.2.1 Recolección de la materia prima**

La aceituna debe ser cosechada cuando llega a tener su tamaño final, es decir, cuando el fruto esté cambiando de coloración de verde intenso a verde paja o verde limón. Para probar el adecuado momento de cosecha se realiza la siguiente prueba: se da un corte longitudinal transversal al fruto, luego se sujeta con los dedos índice y pulgar de las dos manos y se hace un giro con una de ellas, el hueso debe desprenderse fácilmente de la pulpa y al presionarla el jugo que de esta se desprende, debe tener un aspecto lechoso.

La actividad de recolección debe realizarse a mano colocando el fruto con sumo cuidado en morrales de lona, baldes de plástico o canastas revestidas, evitando en todo momento hacer rasguños sobre el fruto, además estos no deben arrancarse de golpe ni arrojarse desde gran altura; si alguna de estas acciones llegara a suceder, las consecuencias se manifiestan en el producto final, ocasionando múltiples deformaciones y enfermedades en el fruto las cuales se tratará posteriormente.

#### **Transporte.**

El traslado a la planta se hace en jabas agrícolas de 22 kg de peso cada una, se evita en todo momento causar daños externos al fruto y evitar que se aplaste demasiado. Las personas encargadas de la cosecha ya realizan una previa selección en el campo, separando las aceitunas por tamaños y evitando así futuras eventualidades.

#### **Recepción y pesado**

Las jabas son recepcionadas y pesadas en la planta, haciendo uso de las balanzas mecánicas y electrónicas, de esta manera se tiene un control del ingreso de materia prima y frutos a procesar.

## **Tratamiento alcalino**

Se denomina así a la operación de cocido de los frutos en una solución diluida de soda cáustica, cuyo propósito es la eliminación del glucósido que le da el amargor característico a las aceitunas verdes, llamado oleuropeina. El fin de este tratamiento es acondicionar el medio de cultivo para que posteriormente se de un buen y adecuado desarrollo de la fermentación de tipo láctica.

Es necesario que la penetración sea a una profundidad de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  del espesor del pericarpio, de manera que se retenga una parte del sabor amargo y suficientes carbohidratos para la fermentación subsiguiente. Cabe indicar que la velocidad de penetración incrementa a mayor concentración de lejía y mayor temperatura, la acción será entonces más enérgica y provocará una mayor permeabilidad de la piel del fruto.

Si la penetración es insuficiente, las aceitunas resultan amargas y tienen mala fermentación, quedando una zona cercana al hueso que con el tiempo vira a un color violeta y la piel adquiere un color pardo; por otro lado, si se van a deshuesar, el hueso no queda limpio y arrastra mucha pulpa. Si la penetración es excesiva, resulta difícil obtener unas buenas características químicas para su conservación a largo plazo, la textura es deficiente y, si van a ser deshuesadas, dan un elevado porcentaje de unidades rotas durante dicha operación.

- ***Preparación de la soda cáustica al 2 % de concentración***

En un tanque de 1000 L de capacidad provisto de agua potable, se agregan 25 kg (un saco) de NaOH y se agita hasta disolver. En todo momento debe evitarse entrar en contacto con la solución pues causa quemaduras e irritaciones, los operarios encargados de esta parte cuentan con el respectivo uniforme de seguridad.

- **Llenado de fermentadores**

En un fermentador limpio de 1000 kg de capacidad se agrega de 100 a 150 L de la solución antes preparada, la cual servirá como “cama” a fin de amortiguar la caída de las aceitunas. Se procede a llenar el fermentador con las aceitunas hasta un 98 % de su capacidad aproximadamente.

- **Adición de la solución de soda cáustica**

Con ayuda de las bombas se procede a llenar los fermentadores, este procedimiento debe realizarse con rapidez (7 minutos como máximo), puesto que el fruto a procesar se puede ennegrecer al entrar en contacto la soda y el aire.

- **Penetración de la soda**

La duración de esta parte del proceso está entre 5 y 6 horas aproximadamente, sometiéndose a partir de la cuarta hora a muestreos, en los cuales se cogen entre 10 y 15 aceitunas, se realiza un corte longitudinal y se agrega unas gotas de fenolftaleína al 1 %, reaccionando la pulpa con una coloración violácea que indicará el porcentaje de penetración de la soda. La cocción habrá terminado cuando se afectó a las dos terceras partes del mesocarpio. Obtenido el resultado esperado se procede a abrir las válvulas de remontaje y eliminar la soda. A continuación, la Imagen 1 sobre la penetración de la soda cáustica en los frutos:



*Imagen 1.* Penetración de la soda cáustica en los frutos  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2.2 Lavados

Tiene como propósito eliminar la soda que permanece adherida a los frutos y parte de aquella que penetró, entonces se bombea agua al

fermentador cubriendo totalmente las aceitunas, que mediante ósmosis drenarán la soda consumida al agua de lavado. Este procedimiento se repite 3 veces cada 6 horas aproximadamente.

Con respecto a la eliminación de lejía penetrada en el fruto, la disminución de la misma depende de la duración y número de lavados, es así que, a mayor concentración de lejía en el cocido, mayor será el valor de acidez combinada en las aceitunas. En la Tabla 6 puede verse los porcentajes de lejía total eliminada y los respectivos valores de acidez combinada resultante después de cada lavado. (Borbolla y Rejano, 1978).

Tabla 6  
*Valores de eliminación de lejía por lavados*

<b>Eliminación de lejía en los lavados</b>				
Lavados (horas)	Eq. de NaOH eliminado del total		Acidez combinada resultante en el equilibrio (normalidad)	
	Lejía 3,67 %	Lejía 1,92 %	Lejía 3,67 %	Lejía 1,92 %
Enjuagado	7,0	6,2	0,275	0,157
1.	25,5	33,0	0,225	0,112
2.	44,0	53,5	0,171	0,078
3.	64,0	70,5	0,106	0,045
4.	83,5	86,5	0,049	0,022
5.	91,5	93,0	0,024	0,012
6.	100,0	100,0	0,000	0,000

Fuente: Borbolla y Rejano (1978).

Existen algunos problemas que pueden darse en los lavados, si estos son cortos puede presentarse demasiado amargor y valores de acidez combinada muy alta en la solución fermentable, en cambio si los lavados llegaran a ser excesivos habría pérdida de materia fermentable como azúcares y monosacáridos, viéndose afectada la fermentación láctica posterior. Por tal motivo, es recomendable hacer una evaluación del proceso de cocido de las aceitunas, si la concentración de soda usada fue muy elevada, entonces el lavado será más enérgico, de modo que la acidez combinada una vez

equilibrada con salmuera, este dentro de su intervalo razonable (Fernández et al, 1985).

### 2.2.2.3 Fermentación

En un tanque de 1000 L de capacidad se prepara salmuera que tiene la proporción de 1000 L de agua por 100 kg de sal, se disuelve y se procede a medir con el densímetro la concentración de salmuera que debe estar entre 10-11° Be, luego se agrega 1 L de ácido acético, para obtener un pH entre 6,5-7, el cual favorecerá el inicio de la fermentación.

Luego se añade a los fermentadores, libres de agua de lavado, la salmuera; en este punto es importante considerar la concentración de sal, si al iniciarse el proceso es muy elevada; provoca que el fruto expulse fluidos, debido a la mayor presión osmótica existente en el exterior, la velocidad de fermentación es desequilibrada y trae como consecuencia deformaciones finales tales como el arrugado permanente de los frutos, en contraparte; si la concentración es baja resulta un valor de equilibrio, menor al 5 %, desarrollándose otro tipo de alteraciones, como el fish-eye, ablandamiento, etc.

El proceso de fermentación de aceitunas de mesa se divide en dos tipos:

- **Fermentación Homofermentativa:** Ocurre la descomposición de los azúcares reductores en ácido láctico.
- **Fermentación Heterofermentativa:** Se produce ácido láctico, ácido acético y anhídrido carbónico.

Normalmente, durante la fermentación las características químicas de la salmuera varían a lo largo del tiempo, por presencia de microorganismos que consumen la materia fermentable presente, además estos cambios obedecen a parámetros tales como acidez, pH, etc. Todas estas variaciones se dan en distintas etapas o fases que se describen a continuación:

### **a) PRIMERA FASE**

Se caracteriza por el crecimiento de bacterias Gram-negativas no esporuladas; su población alcanza un máximo sobre el segundo día después de la puesta en salmuera. A partir de este momento, su población disminuye gradualmente hasta desaparecer alrededor de los 12-15 días, estos microorganismos son responsables del gran volumen de CO<sub>2</sub> que se produce durante los primeros días de fermentación. Las especies más relevantes aisladas son: *enterobacter cloacae*, *citrobacter freundii*, *klebsiella aerogénes*, *flavobacterium diffusum*, *aerochromobacter superficialis*, *escherichia coli* y *aeromonas spp* (Borbolla y Rejano, 1978).

A partir de los 15 días es necesario verificar el pH al que se mantiene el proceso con la finalidad de mantener el gado de salinidad entre 10-11° Be, esto se puede conseguir agregando trozos de sal, también se debe revisar el pH, el cual debe mantenerse entre 5 - 4,5; de no ser así, solo hay que agregar ácido acético diluido.

### **b) SEGUNDA FASE**

Abarca desde que se inicia el crecimiento de lactobacilos hasta la desaparición de bacilos gram-negativos. En esta fase debe producirse el crecimiento exponencial de lactobacilos homofermentativos, principalmente *lactobacillus plantarum* o *pentosus*. La liberación de ácido láctico provoca el descenso de pH necesario para inhibir a los restantes microorganismos, excepto cocos y levaduras, cuya presencia no se considera perjudicial, salvo si se permite el crecimiento de levaduras de mohos en la superficie de la salmuera, ya que consumen el ácido que se va produciendo y también pueden ablandar los frutos.

Durante esta fase, sube apreciablemente la acidez libre, mientras que el pH continúa descendiendo, pero ya más lentamente. El valor 4,5 unidades de pH, suele coincidir con la inhibición del desarrollo de bacilos gram-negativos, considerándose que el tiempo total en alcanzarse este valor (que corresponde

con la duración de la primera y segunda fase) no debe exceder de 20 - 25 días, ya que las enterobacteriaceas (y Gram-negativos en general), producen poca acidez y, si su desarrollo perdura excesivamente, consumirán gran parte de la materia fermentable total, haciendo difícil alcanzar, al final de la fermentación, valores adecuados de pH y acidez que garanticen la conservación (Borbolla y Rejano, 1978).

### **c) TERCERA FASE**

Se caracteriza por el predominio de los lactobacilos, de los que se han aislado, además del típico *L. plantarum*, otras especies como *L. brevis* y *L. delbrueckii*. Esta fase dura hasta que cesa la producción de ácido por consumo de la materia fermentable, el valor de pH resulta igual o inferior a 4 unidades. Junto a los microorganismos citados en las tres fases de la fermentación, se encuentra, habitualmente, un desarrollo variable de levaduras. (Borbolla y Rejano, 1978).

#### **2.2.2.4 Conservación**

Terminado el proceso de fermentación láctica, se inicia la conservación, la cual busca evitar se dé una cuarta fase de fermentación, en la que los microorganismos presentes aun podrían desarrollarse (bacterias del género *propionibacterium*) consumir el ácido láctico producido y originar aumentos del pH (de más de 4 unidades) por la mezcla de ácido acético y propiónico débil. Para evitar este efecto, se debe aumentar, al final de la fermentación láctica principal, la concentración de sal hasta niveles de 8,5 - 9,5 %, lo que evita el desarrollo de estas bacterias y garantiza una adecuada conservación al mantener un bajo valor de pH. Debe tenerse especial cuidado en este aumento de salinidad, pues también puede acarrear molestias posteriores con el arrugado de los frutos, ablandamiento excesivo, etc.

- **Defectos posteriores al tratamiento alcalino**

Algunos de los defectos más representativos que se presentan por la inadecuada fermentación o presencia de agentes extraños son:

**a) Anillado, alambrado o fish-eye:** Se da cuando hay acumulación excesiva de gases como el dióxido de carbono, cuya manifestación se da en forma de hendiduras o anillos que colapsan la estructura final del fruto. También se muestra en formas de ampolletas sobre el pericarpio. Las bacterias causantes de este defecto son Cloaccae, Escherichia coli, aeromonas, etc.



*Imagen 2. Fish-eye en la aceituna verde sevillana*  
Fuente: Elaboración propia.

**b) Zapatería:** Caracterizado por el mal olor y sabor desagadable, producida por el desarrollo de bacterias propiónicas y clostridios, generalmente se da por inadecuada higiene, valores altos de pH y baja salinidad durante la conservación. Las bacterias causantes son: Clostrydium Botulinum, Porpianum.

**c) Butírica:** Se caracteriza por el desarrollo de distintas especies de clostridios en las primeras fases de la fermentación. El ácido butírico que se produce, altera el sabor, pudiéndose evitar su formación manteniendo un nivel adecuado de sal (nunca menor de 5 %) y siguiendo buenas prácticas higiénicas de fabricación.

**d) Ablandamiento:** Por un desarrollo excesivo de microorganismos con actividad pectinolítica: bacilos, levaduras y mohos.

### 2.2.2.5 Selección y clasificación

Para el proceso de selección y clasificación se utiliza la máquina calibradora; se coloca la aceituna procesada en la tolva de alimentación y se deja caer sobre una faja alimentaria, en esta se encuentran ubicados estratégicamente 6 operarios que escogen y retiran a mano aquellos frutos que no se adecuan a los estándares requeridos. La aceituna en buen estado, color, olor y textura pasa a calibrarse por tamaños a través de cables divergentes acondicionadas en el equipo. A continuación, en la Tabla 7 se presenta calibres de aceituna de mesa:

Tabla 7  
*Calibres de aceituna de mesa*

CLASIFICACIÓN DE ACEITUNA POR CALIBRE	
Clasificación	Aceituna por kilogramo
Primera	160-200
Segunda	200-240
Tercera	240-280
Cuarta	280-320
Quinta	320 a mas

Fuente: Elaboración propia.



*Imagen 3. Máquina calibradora*

Fuente: Elaboración propia

### **2.2.2.6 Envasado y comercialización**

El envasado se da en depósitos plásticos de 50 y 60 kg netos (para exportación), para su conservación se le agrega salmuera a 8° Be, ácido acético al 1 % (para mantener la coloración del fruto) y benzoato de sodio (conservante germicida) en igual proporción.

### **2.2.3 Contaminación ambiental**

#### **2.2.3.1 Definición**

En la preparación comercial de los diferentes tipos de aceitunas de mesa se producen una serie de vertidos líquidos. El volumen de los mismos depende de la elaboración, dándose en la Tabla 8 una estimación por kg de frutos. En ella se ha distinguido procesos tradicionales y con reúsos, ya que, entre unos y otros, el volumen oscila considerablemente. Como se aprecia en la misma, el tratamiento de aceitunas negras aderezadas (por oxidación) es el que da lugar a una cantidad mayor de aguas residuales aun aplicando ciertas reutilizaciones de lejías y suprimiendo algunas aguas de lavado. En el caso de aceitunas verdes estilo español o sevillano se generan menos aun pudiendo llegarse sólo a 1 l/kg aproximadamente, cuando se aplican las medidas especificadas en dicha tabla. Por último, en la fermentación de negras naturales y de color cambiante en salmuera se obtienen los residuos líquidos menos importantes, con solo 0,5 l/kg.

Tabla 8

*Cantidad de aguas residuales producida por kg de frutos, según los diferentes tipos de elaboración*

Tipo de Preparación	Litros de aguas residuales por kg de frutos			
	Lejías	Aguas de Lavados	Salmuera	TOTAL
Proceso tradicional aceitunas verdes estilo español o sevillano	0,50	1,00	0,50	2,00
Proceso anterior con reúso lejías y supresión segunda agua lavado (1).	0,05	0,50	0,50	1,15
Elaboración del tipo negras (por oxidación) (2)	1,50	2,00	0,50	4,00
Elaboración del tipo negras, con reúsos lejías v salmueras equilibrio (3)	0,15	1,50	0,50	2,65
Elaboración de aceitunas negras al natural	-	-	0,50	0,50

(1) Suponiendo una reutilización media de diez veces y la supresión del segundo lavado.

(2) Proceso de tres tratamientos con lejía.

(3) Suponiendo, también, un reúso de diez veces, para la lejía.

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Tabla 9

*Volumen de aguas restáñalos totales, para la producción española de los diferentes tipos de elaboración (tomado como referencia la campaña 1981-82)*

Tipo de elaboración	Producción (Tm)	Volumen aguas residuales (m <sup>3</sup> )	
		Proceso Tradicional	Proceso con Reúso
Verde estilo sevillano o español	118 000	236 000	123 900
Tipo negras (por oxidación)	36 000	144 000	95 400
Negras al natural	6 000	3 000	3 000
<b>Total</b>	<b>160 000</b>	<b>383 000</b>	<b>222 300</b>

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Teniendo en cuenta estas relaciones entre vertidos y producción, en la Tabla 9 se han rediseñado, de acuerdo con las estimaciones del Consejo Oleícola Internacional de la producción española de aceitunas de mesa para 1981, el volumen de aguas residuales procedentes de la industria del aderezo. También, en este caso, se ha distinguido entre elaboración según los procesos tradicionales y los modificados, aplicando reutilizaciones. En dicha tabla puede observarse que la elaboración de aceitunas verdes aderezadas en salmuera, al ser de una cuantía mayor, es la que da lugar a unos vertidos más considerables. Sin embargo, se reducen sensiblemente cuando se hacen reúsos.

Le sigue en importancia la preparación de aceitunas negras aderezadas, fundamentalmente debido al proceso de ennegrecimiento que con sume agua en gran abundancia. No obstante, con la adopción de ciertas medidas de control interno se puede reducir bastante. Dada la expansión previsible para esta última elaboración, es de suponer que en el futuro su contribución al total se haga aún más importante.

La elaboración de aceitunas negras naturales en salmuera, por otra parte, es bastante reducida en la actualidad y su contaminación puede decirse que no es apreciable.

Considerados en sus cifras globales, estos vertidos no son excesivamente voluminosos comparados con otras industrias agroalimentarias. Sin embargo, la producción de los mismos en épocas de estiaje y en un intervalo de tiempo reducido, unos dos meses, junto a la concentración de las industrias en zonas muy limitadas, hace que los efectos resalten más y preocupen a la Administración y al Sector Industrial.

### **2.2.3.2 Contaminación del agua**

#### **Características de las diferentes aguas residuales**

Varían según las elaboraciones, aunque todas tienen en común el llevar una carga orgánica importante. Se estudiarán por separado.

#### **A. Aceitunas verdes aderezadas en salmuera, estilo español o sevillano**

Las principales características (Garrido,1982) de los líquidos de desecho de esta elaboración se muestran en la Tabla 10. En ellos se pueden hacer dos grandes grupos: a) de tipo alcalino, lejías y aguas de lavado, y b) de carácter ácido, salmueras de fermentación.

Tabla 10

*Algunas características de las aguas residuales del proceso tradicional de aceitunas verdes estilo español*

Características	Lejía	Primer Lavado	Segundo Lavado	Salmuera de Fermentación
pH	12,2	11,2	9,8	3,9
NaOH libre (g/L)	11,0	1,5	-	-
NaCl (g/L)	-	-	-	97,0
Acidez Libre (g lactico/L)	-	-	-	6,0
Azúcares reductores (g/L)	8,6	8,0	7,1	-
Polifenoles (g/L)	4,1	4,0	6,3	6,3
DQO (g/L)	23,0	24,6	28,4	10,7
DBO5(g/L)	15,0	12,3	15,6	9,5
Sólidos en disolución (g/L)				
Volátiles	30,2	35,1	39,7	17,8
Fijos	18,0	11,4	9,9	100,7
Totales	48,2	46,5	49,6	118,5

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Los primeros se distinguen por el pH elevado, aunque decreciente en el orden antes mencionado. Las denominadas lejías de «cocido» contienen una proporción bastante alta del hidróxido sódico original es, aproximadamente, la décima parte para el primera agua de lavado, e inapreciable para la segunda. El porcentaje de azúcares reductores que se pierden en estos líquidos es similar para todos ellos, llegando a ser, en conjunto, alrededor del 2,4 por 100, que representa una cantidad muy importante del total de los frutos. Los polifenoles también constituyen unos compuestos que se eliminan en proporciones apreciables, entre 4 y 6 g por litro. La DQO llega a ser entre 20 y 30 g/L con una DBO<sub>5</sub>: en torno a los 15 g/L.

La materia orgánica disuelta oscila entre 30 y 40 g/L aumentando con la permanencia del fruto en el líquido. Las sales inorgánicas, por su parte, son elevadas en la lejía, debido fundamentalmente al NaOH presente, disminuyendo a medida que se lava.

Por otra parte, la salmuera de fermentación es un vertido francamente ácido con un pH entre 3,5 y 4,0 unidades, con una acidez láctica acusada, 0,545 por 100, y un contenido en NaCl elevado, 6-10 por 100. La DQO y la DBO<sub>5</sub> son más bajas que en los líquidos alcalinos y la materia orgánica disuelta es también menor. La carga inorgánica, no obstante, es elevada debido a la sal presente.

#### **B. Aceitunas negras aderezadas en salmuera (por oxidación)**

Las salmueras de conservación son bastante similares a las de fermentación de las aceitunas verdes, por lo que no se comentan.

Durante el proceso de ennegrecimiento es cuando se produce la mayor cantidad de aguas residuales, todas ellas de carácter alcalino (Garrido Fernández, 1983). A pesar de ello se puede distinguir entre lejías, con una mayor proporción de NaOH, y aguas de aireación.

En la Tabla 11 se dan los valores de algunas características de las lejías que se utilizan en esta preparación, para el caso de que el número de éstas sea tres. El pH suele ser alrededor de 12,0 unidades, con una concentración de hidróxido sódico entre 3 y 10 g/L, correspondiendo esta última a la primera, que normalmente suele ser más enérgica.

Tabla 11

*Carga contaminante de las lejías del proceso normal de aceitunas tipo negras (por oxidación). Frutos después de cuatro meses de conservación*

Características	Primera lejía	Segunda lejía	Tercera lejía
pH	12,2	11,9	12,1
NaOH libre (g/L)	8,7	2,9	4,3
Sólidos en disolución (g/L)			
Volátiles	2,5	2,0	1,1
Fijos	17,2	10,8	16,6
Totales	19,7	12,8	17,7
Polifenoles (g/L)	0,3	0,2	0,3

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Los sólidos orgánicos en disolución oscilan ampliamente, entre 1 y 3 g/L. Los inorgánicos son también considerables y provienen, en gran medida, del hidróxido sódico que aún permanece en estos líquidos después de los tratamientos respectivos. Los polifenoles se encuentran en una proporción entre 0,2 y 0,4 g/L.

Por lo que respecta a las aguas de aireación y solución de gluconato, en la Tabla 12 se dan los mismos parámetros antes comentados para la lejía. En ella se aprecia que el pH varía de ácido débil a ligeramente alcalino. El contenido en hidróxido sódico es sólo una parte poco importante de los sólidos totales y no se ha consignado. La materia orgánica disuelta, por otra parte, llega hasta 6,5 g/L, mientras que los inorgánicos alcanzan 50 g/L, procedentes fundamentalmente del NaCl de los frutos y del NaOH de los tratamientos de lejías. Los polifenoles son siempre bajos, sólo alrededor de 0,5 g/L.

Tabla 12

*Carga contaminante de los líquidos de aireación y la solución de gluconato del proceso normal de aceitunas tipo negras (por oxidación). Frutos después de cuatro meses de conservación*

Características	Primera aireación	Segunda aireación	Tercera aireación	Solución de gluconato
pH	5,9	7,5	9,2	8,4
Sólidos en disolución (g/L)				
Volátiles	2,5	4,7	6,6	3,9
Fijos	43,0	39,1	37,4	36,8
<b>TOTALES</b>	<b>45,5</b>	<b>43,8</b>	<b>44,0</b>	<b>40,7</b>
Polifenoles (g/L)	0,5	0,6	0,6	0,5

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

La solución de gluconato no se diferencia en gran medida de estas aguas de aireación, si bien su proporción de hierro puede estimarse en un 0,05 por 100 como gluconato ferroso, que representa la mitad del añadido originalmente.

### **C. Aceitunas negras naturales en salmuera**

En este caso, aparte del agua de lavado de los frutos, el único vertido que se produce durante la elaboración es el de la propia salmuera de fermentación. Las características de las mismas se han recogido en la Tabla 13 para dos casos diferentes: fermentación en una salmuera de baja.

Tabla 13

*Principales características de las salmueras de aceitunas negras naturales procedentes de dos tipos de fermentación (sal baja y normal)*

Características	Tipo de fermentación	
	Salmuera Baja	Salmuera normal
pH	4,4	4,3
NaCl (g/L)	56,0	77,0
Polifenoles (g/L)	4,4	5,1
DQO (g/L)	26,2	30,4
DBO <sub>5</sub> (g/L)	37,9	38,3
Sólidos volátiles disueltos (g/L)	95,4	97,5

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Proporción en cloruro sódico y la de una más concentrada, que puede considerarse como la tradicional (Garrido, 1980).

Como se observa en dicha tabla, la carga de ambas es bastante similar, diferenciándose tan sólo en el contenido en NaCl. El hecho de encontrarse una DQO baja en relación a la DBO<sub>5</sub> se debe al método de determinación de la primera (al permanganato en caliente) que parece que en estos casos no es un oxidante bastante enérgico. (Garrido, 1980).

En general, se trata de aguas residuales de un pH moderadamente ácido, con un contenido en polifenoles, en su mayoría antocianinas, en torno a los 5 g/L. La materia orgánica disuelta está alrededor de los 100 g/L, bastante más alta que en el caso de las aceitunas antes comentadas. Ello se debe a que en el fruto maduro existe una mayor cantidad de sustancias hidrosolubles. Se parece mucho más al «alpechín», agua de vegetación que se separa en la extracción del aceite de oliva, aunque en éste se alcancen concentraciones aún más elevadas, de hasta 150-175 g/L. De acuerdo con ello, tanto la DQO como la DBO<sub>5</sub> son considerablemente elevadas. Todos estos compuestos, que

se han mantenido a lo largo de un período fermentativo prolongado, son difícilmente biodegradados, si bien la permanencia en la salmuera de una flora microbiana activa mientras las aceitunas se mantienen en salmuera indica que son lentamente asimilados. (Garrido, 1980).

### **2.2.3.3 Posibles medidas de control interno para disminuir el volumen de aguas residuales**

El abordar los problemas de los vertidos en la industria del aderezo comporta previamente el estudio cuidadoso y la racionalización de los mismos (Garrido, 1975).

En primer lugar, ha de considerarse meticulosamente el proceso de elaboración, envasado, etc., para asegurarse de que se emplean las concentraciones de cloruro sódico, hidróxido sódico, ácido láctico, etc., que son necesarias. Por ello, se deberá poner el máximo empeño en evitar excesos de las mismas, a la vez que un gasto económico innecesario, redundará en perjuicio de cualquier tratamiento de depuración posterior.

De la misma forma, se estudiarán las características de los diversos efluentes de las sucesivas etapas de la elaboración, segregando aquellos muy contaminados de otros, aguas de enfriamiento de autoclaves, por ejemplo, que por su naturaleza pudieran ser reutilizados directamente o vertidos a cauces menos protegidos.

Por último, la mayoría de los procesos se diseñaron en épocas en las que las disponibilidades de agua eran abundantes. Sin embargo, en la actualidad ésta es más bien escasa, por lo que deben aplicarse todas aquellas modificaciones que puedan redundar en un menor consumo de la misma, así como en un posible reúso de las diferentes soluciones.

Las dos primeras actuaciones han de considerarse para cada caso específico. No obstante, la tercera tiene un aspecto más general y ha sido recientemente investigada con gran detalle.

## **A. Aceitunas verdes aderezadas en salmuera, estilo español o sevillano**

En este tipo de preparación se pueden hacer numerosos cambios en las lejías de cocido, así como en las aguas de lavado, tanto con la finalidad de disminuir el volumen de aguas residuales como para reutilizar las. Sin embargo, en las salmueras de fermentación la aplicación de medidas de control interno son más problemáticas.

### **a. Reutilización de lejías**

La reutilización de las lejías es la medida de control cuya aplicación parece más atractiva, ya que las mismas contienen una cantidad residual de hidróxido sódico bastante considerable. Para ello, basta con añadir a la misma la cantidad de NaOH consumida. La única dificultad estriba en que, entonces, tanto para estimar la concentración que contiene la solución vertida como la recrida, es necesario recurrir a una valoración, preferentemente potenciométrica.

En los primeros ensayos sólo se reutilizaron un número moderado de veces, tres o cuatro (Garrido, 1980), sin que se encontraran problemas importantes. No obstante, con ello se consigue sólo una ligera repercusión en la reducción de la contaminación, ya que con el reuso la cantidad de materia orgánica también se incrementa, aunque en una proporción inferior al número de ocasiones que se ha aplicado. Así, la DQO puede evolucionar de 15,0 g/L para la primera vez, a 24,0 g/L para la segunda y 38,0 g/L para la tercera.

Sin embargo, cuando se emplean más veces, los incrementos van madurándose hasta casi alcanzar un equilibrio (Garrido, 1980).

Se han llegado a reutilizar hasta catorce veces (Garrido, 1980). Los efectos descontaminadores son claros, tal como puede apreciarse en la Tabla 14. En ella se recoge la carga normal de las lejías de un solo uso, junto con la media que llevaban las de doce, trece y catorce reusos. Los niveles alcanzados en estas últimas no llegan a ser tres veces los de un proceso tradicional. Con

ello se ha evitado 11/14 de la materia que se habría vertido sin la aplicación de estas medidas de control interno.

Tabla 14.

*Aceitunas verdes estilo español o sevillano. Carga contaminante de las lejías de un solo uso y después de catorce reutilizaciones*

Características	Lejía de un solo uso	Media de las lejías con 12, 13, 14 usos
pH	12,0	12,0
NaOH libre (g/L)	8,4	9,1
Sólidos suspendidos (g/L)	0,2	0,2
Polifenoles (g/L)	1,3	2,9
DQO (g/L)	13,0	32,0
DBO <sub>5</sub> (g/L)	18,0	38,0
Sólidos en disueltos (g/L)		
Inorgánico	16,2	35,4
Orgánico	14,4	48,4
Totales	30,6	83,8

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

En relación con el ahorro de hidróxido sódico, en la Tabla 14 muestra la concentración inicial (línea superior) y la final (línea inferior) para la misma experiencia con 14 reúsos. Como se observa claramente, la relación entre las mismas se mantiene dentro de unos márgenes bastante estrechos. De acuerdo con los datos, el porcentaje de recuperación de NaOH puede estimarse en un 40-45 por 100, para las concentraciones empleadas. En caso de utilizar soluciones con niveles más elevados, el mismo que la Tabla 10 indica que las posibilidades de ahorro pueden ser aún mayores, tal como ocurre en los fermentadores 13 y 14. Evidentemente, esta modificación puede llevar consigo

una disminución en los costes de elaboración, que sirve para compensar las inversiones necesarias para poner en práctica los reúsos e, incluso, tener una cierta significación si el volumen de producción es grande. (Garrido et al, 1977)

En general, en el transcurso de las reutilizaciones no se ha detectado la presencia de microorganismos. La elevada concentración de NaOH, juntamente con el valor del pH, inhibe cualquier desarrollo. Sin embargo, a veces se han encontrado especies pertenecientes al género Bacillus y que por ser esporuladas pueden resistir hasta el 1 por 100 de NaOH. Por ello, conviene adoptar las precauciones necesarias para evitar contaminaciones y efectuar la adición de sosa tan pronto como sea posible, dejándola ya preparada, durante el período de espera, para su utilización en un nuevo tratamiento. También podría pensarse en una pasterización con la misma finalidad. (Garrido, 1980).

La realización industrial de estas modificaciones no presenta dificultad y se consigue una recuperación de NaOH en torno al 40 por 100.

Se hace sin ningún tipo de tratamiento de purificación, como pudiera ser una decantación, filtración, etc. Sin embargo, la aplicación de los mismos tendría un cierto efecto beneficioso, no sólo por la mejora de la apariencia, sino también por las ventajas que comporta la eliminación de los sólidos en disolución para el funcionamiento de bombas, evitación de obstrucciones en las tuberías, etc.

La manipulación de estos líquidos suele provocar la formación de abundante espuma si no se toman precauciones. Así, deben emplearse equipos de bombeo que no introduzcan aire y realizar la agitación mediante paletas. Al verterla en los fermentadores se procurará evitar que caiga sobre las aceitunas o la superficie del líquido, que ya está en el recipiente. Para ello, lo mejor es introducirla por abajo, por la válvula inferior, o mediante una tubería que llegue al fondo. (Garrido, 1980).

También puede emplearse compuestos tensoactivos de tipo alimentario

para controlar dicha espuma. Existen disponibles en el mercado y su efecto es satisfactorio.

**b. *Reutilización y supresión de aguas de lavado***

Las aguas de lavado contienen menos proporción de hidróxido sódico, por lo que el aprovechamiento de las mismas para la preparación de lejías no presenta un atractivo económico importante. Sin embargo, esta posibilidad se ha ensayado en alguna ocasión (Garrido et al, 1977). El resultado puede considerarse igual al de reúso de la lejía, necesitando añadirse, en este caso, una cantidad mayor de NaOH.

Por otra parte, las concentraciones de azúcares reductores que estos líquidos llevan son notables (véase Tabla 10) por lo que la eliminación de algún lavado podría dar lugar a la obtención de una acidez láctica más elevada durante la fermentación. El resto de la carga contaminante, en principio, parece no ser útil, ni puede ser depurada fácilmente. A la vista de todo ello, lo más conveniente es disminuir su volumen al mínimo.

Las modificaciones ensayadas han abarcado la supresión de una o las dos aguas de lavado. En el primero de los casos, los resultados que se obtienen en la fermentación no parecen ser muy diferentes de los que se producen siguiendo el proceso tradicional. En el segundo, los frutos presentan un sabor más acentuado que, en general, puede considerarse como excesivo. La producción de acidez libre se beneficia con ello y llega a ser más alta. Además, la relación entre ácidos fijos, láctico, y volátiles, constituidos casi exclusivamente por acético (el propiónico solo alcanza alrededor de un 10 por 100), es significativamente más elevada con esta modificación del proceso, lo que viene a indicar un mayor rendimiento de la fermentación. La velocidad con que ello ocurre tampoco se afecta sensiblemente. El desarrollo de microorganismos, por su parte, es normal, aun cuando parece que los bacilos Gam-negativos desaparecen antes. (Garrido et al, 1977).

La lejía residual, sin embargo, se estabiliza en valores ligeramente por encima de los habituales con lo que el pH no desciende lo suficiente. Por ello, cuando se suprimen los dos lavados, es necesaria la corrección de dicha característica. Una forma de efectuarla sería mediante la adición de HCl de tipo alimentario, realizada en diferentes momentos del proceso. Así, puede añadirse en la salmuera blanca, en cantidad suficiente para compensar el exceso de hidróxido sódico que ha quedado retenido en los frutos como consecuencia de la reducción de los lavados.

La reacción en este caso no es una simple neutralización ácido-base, sino que su efectividad parece ser variable. De todas formas, no debe ponerse una cantidad excesiva de ácido, ya que se modifican las características de la salmuera como medio de cultivo y en consecuencia se dificulta el desarrollo microbiano. Con ello la fermentación normal se retrasa e, incluso, se inhibe en muchas ocasiones. Lo mejor es hacer una primera adición moderada al inicio, corrigiendo de nuevo, si fuera necesario, una vez acabada la actividad de las bacterias lácticas. En general, se debe ser prudente en la utilización de HCl, ya que, en ocasiones, suele comunicar un cierto sabor a las aceitunas. (Garrido et al, 1977).

La corrección de una acidez combinada o lejía residual elevada puede también efectuarse sustituyendo una proporción adecuada de la salmuera de fermentación por otra blanca; la cantidad se calcula de acuerdo con la dilución que sea aconsejable obtener. Este segundo procedimiento tiene la ventaja de sanear los fondos de los recipientes en donde se suele acumular materia orgánica procedente, en parte, de la lisis celular que junto con un alto pH son fácilmente focos de alteraciones. Sin embargo, desde el punto de vista de la contaminación, da lugar al vertido de unas aguas residuales tan cargadas o más que las que se habían tratado de evitar, los lavados. (Garrido et al, 1977).

En resumen, según el estado actual de la tecnología, es posible la eliminación del segundo lavado, prolongando la duración del primero, sin

ningún inconveniente para las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas. No obstante, la supresión del que aún queda puede dar lugar a algunos inconvenientes, principalmente debidos a un sabor más acusado y a una lejía residual elevada, que entorpece y dificulta el envasado de dicho producto.

La influencia que tiene la supresión de los lavados, el reúso de las lejías o ambas cosas, en la carga contaminante de las salmueras de fermentación es diversa. Así, en la Tabla 15 se han recogido datos en relación a la reutilización de soluciones de hidróxido sódico en un proceso normal, y lo mismo con supresión de lavados. Dentro del primero, el empleo de los líquidos procedentes de «cocidos» previos ha tenido una cierta influencia, aumentando ligeramente la formación de ácido láctico, el contenido en polifenoles, así como la materia orgánica disuelta y la DQO. (Garrido et al, 1977).

Cuando la modificación anterior se emplea junto con la supresión de lavados, se aprecia, quizás, un salto más notable en los primeros reúsos.

Tabla 15

*Reutilización de soluciones de hidróxido sódico en un proceso normal y lo mismo con supresión de lavados*

Tipo de elaboración	Proceso con lavados			Proceso sin lavados		
	Normal con lavado (1)	Primer reúso	Segundo reúso	Normal con lavado (2)	Segundo reúso	13vo reúso
pH	3,8	3,8	3,9	4,8	3,9	3,8
NaCl libre (g/L)	51,0	52,0	56,0	-	-	-
Acidez libre (g. ácido láctico/L)	7,4	8,4	9,5	3,8	10,1	12,2
Polifenoles (g. ácido tánico/L)	1,9	2,2	2,7	2,0	4,2	4,1
Sólidos disueltos (g/L)						
Inorgánico	55,3	56,4	59,0	35,8	57,1	53,1
Orgánico	27,3	26,7	28,9	6,2	20,7	23,5
Totales	82,6	83,1	87,9	42,0	77,8	76,6
DQO (g/L)	9,0	10,7	11,8	6,2	17,0	18,8

(1) y (2) Referencia para cada ensayo

Fuente: Fernández et al (1985). "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Sin embargo, a medida que éstos aumentan los incrementos son, igualmente, muy poco pronunciados. En términos generales, el efecto de la supresión de lavados es más acusado que el de la reutilización de lejías de «cocido».

La influencia de las diferentes modificaciones sobre la evolución de las principales características físico-químicas de la fermentación, pH y acidez a lo largo del proceso, (Garrido et al, 1980).

Por último, el efecto sobre las características de los frutos se recoge en la Tabla 16 para algunos ejemplos. Las diferencias no son claras. Quizás puede intuirse, para reúsos, una tendencia negativa en cuanto a sabor y color, compensada con otra positiva que se traduce en una ligera disminución de defectos y una buena disposición para el deshuesado. (Garrido et al, 1980).

**c. Preparación con lejías de baja concentración**

En un intento de evitar los inconvenientes de una acidez combinada excesivamente elevada se ha experimentado la realización del «cocido» con lejías de baja concentración (Rejano et al, 1983). Con ello, los frutos podrían colocarse directamente en salmuera, obteniéndose, tal vez, unos valores aceptables de dicha característica.

Tabla 16

*Efecto de las diversas modificaciones del proceso de elaboración de aceitunas verdes estilo español o sevillano sobre la calidad del producto final obtenido*

	T	R/S	A-1	A-2	R14	LS
Atributos:						
Textura	A	B	B	B	B	B
Olor y sabor	B	B	B	B	A	B
Color	MB	MB	MB	MB	B	A
Defectos:						
Alambrado	BOCA	NO	NO	NO	NO	BOCA
Vejigas	BOCA	BOCA	NO	NO	NO	BOCA
Despellejado	REGULAR	ESCASO	NO	NO	NO	A
Deshuesado:						
Rotura	SI	NO	NO	NO	NO	NO
Hueso	NO LIMPIO	LIMPIO	POCO LIMPIO	LIMPIO	-	LIMPIO

Notas:

A=aceptable.

B=buena.

MB=muy buena.

Las siglas T, R/S, etc., tienen el mismo significado que en la tabla anterior.

Fuente: FERNANDEZ DIEZ Y COLBS (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

En este sentido, Balatsouras ha añadido el NaOH incluso con las aceitunas ya puestas en salmueras, según el proceso aplicado en Castel Vetrano (Balatsouras et al, 1979). Los porcentajes de sosa abarcaron del 0,5 al 2,5 al 100.

Sin embargo, aparece más simple y mejores resultados la realización del "cocido" independientemente y, después proceder a la conversión de esta lejía en salmuera de fermentación o añadirle una nueva recién preparada. En el

primer caso, la concentración no ha de ser superior al 1,2 por 100 para no obtener una acidez combinada demasiado alta. Pero en estas condiciones, la penetración es muy lenta y el producto se parece a aceitunas en salmuera más que el estilo sevillano. De todas formas, la lejía residual sigue siendo elevada, debido a que la misma se debe, en una buena proporción a los componentes aportados por el propio fruto. Calentando la lejía se puede aumentar la energía del tratamiento, pero se corre el riesgo de obtener frutos excesivamente blandos, aunque bien fermentados. (Garrido et al, 1980).

Si la solución de hidróxido de sodio se sustituye, una vez realizado el “cocido” por una salmuera, es posible utilizar concentraciones más altas. Sin embargo, en la práctica, cuando son superiores al 1,4 por 100, dan también acidez combinada elevada, a pesar de que, trabajando a 20 °C, se obtienen valores normales para el resto de las características fisicoquímicas y microbiológicas. El sabor, no obstante, sigue siendo un poco más amargo que para el caso de “cocidos” tradicionales.

La carga contaminante que arrastran estos vertidos es bastante similar a la del proceso normal. Sin embargo, el pH es ligeramente inferior debido a que la concentración de NaOH es también menor. De todas formas, en la Tabla 17 puede apreciarse una tendencia ascendente al pasar de 1,2 a 1,6, aunque para el 1,8 disminuye. (Garrido et al, 1980).

Tabla 17

Características medias de la carga contaminante de lejías de baja graduación, después del primer tratamiento o "cocido". Aceitunas verdes estilo español o sevillano

Características	Concentración de la lejía (Gramos NaOH / 100 mL)			
	1,2	1,4	1,6	1,8
pH	10,4	11,5	11,8	11,8
NaOH (g/L)	1,5	2,0	3,3	3,6
Azúcares reductores (g/L)	5,5	6,3	2,5	3,0
Polifenoles (g. ácido tánico/L)	3,9	2,6	4,4	3,2
Sólidos en suspensión (g/L)	0,342	0,309	0,811	0,603
Sólidos disueltos (g/L)				
Inorgánico	8,110	10,468	13,703	10,258
Orgánico	21,500	19,968	23,401	19,240
Totales	29,610	30,436	37,104	29,498
DQO (g/L)	15,000	15,400	18,500	14,800

Fuente: Fernández et al, (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Si las lejías se convierten en salmueras, aumenta, lógicamente, la carga de éstas. La Tabla 17 contiene datos en relación con dicho su puesto. En ella se aprecia que la contaminación de las mismas es bastante importante y superior a la que tendría según el proceso normal, especialmente en lo concerniente a los sólidos orgánicos en disolución. (Garrido et al, 1980).

Por último, cuando las lejías de bajas concentraciones son sustituidas por salmueras, sin lavados, se produce una mayor cantidad de materia orgánica disuelta en comparación con el proceso normal. Sin embargo, la tendencia en función del porcentaje en hidróxido sódico no está clara. Lo que sí se observa es la producción de una mayor cantidad de ácido láctico; ello es debido a que en estos casos se retiene una mayor proporción de azúcares. Los

valores de pH, por otra parte, no han bajado lo suficiente, probablemente a causa de la acidez combinada relativamente elevada. A pesar de ello, la obtención de una buena proporción de acidez no siempre debe considerarse como conveniente, ya que puede influir muy decisivamente sobre el sabor. (Garrido et al, 1980).

Los cambios anteriormente comentados son aplicables a todas las variedades de aceitunas empleadas en el aderezo en verde, si bien han sido ensayados de forma más exhaustiva en la Manzanilla. Incluso no existe ninguna dificultad en usar lejías procedentes del tratamiento de cual quiera de ellas en la preparación de otras. A continuación, en la Tabla 18 se presenta en las características de las salmueras de fermentación, cuando éstas provienen de lejías reutilizadas con adición de sal aceitunas verdes estilo español o sevillano:

Tabla 18

*Características de las salmueras de fermentación, cuando éstas provienen de lejífas reutilizadas con adición de sal aceitunas verdes estilo español o sevillano*

Características	TRATAMIENTOS			
	Concentración de NaOH al 0,8 %		Concentración de NaOH al 1,2 %	
	A 20 °C	A 38 °C	A 20 °C	A 38 °C
pH	4,6	4,5	4,8	4,8
NaCl libre (g/L)	51,5	75,0	53,0	-
Acidez libre (g. ácido láctico/L)	4,3	5,9	4,4	3,8
Polifenoles (g. ácido tánico/L)	5,3	5,1	7,0	2,0
Sólidos en suspensión (g/L)	0,245	0,849	0,292	
Sólidos disueltos (g/L)				
Inorgánico	56,436	81,664	58,870	35,8
Orgánico	19,660	21,940	26,714	6,2
Totales	76,096	103,604	85,584	42,0
DQO (g/L)	14,550	13,830	16,830	6,2

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

Asimismo, a continuación, se presenta la Tabla 19, sobre las características de salmueras de fermentación con "cocidos" a bajas concentraciones y sin lavados. Aceitunas verdes estilo español o sevillano:

Tabla 19

*Características de las salmueras de fermentación con "cocidos" a bajas concentraciones y sin lavados. Aceitunas verdes estilo español o sevillano*

Características	TRATAMIENTOS				
	Proceso normal 2 % y 2 lavados	Proceso modificado, sin lavado			
		1,2 % NaOH	1,4 % NaOH	1,8 % NaOH	2,0 % NaOH
pH	4,45	4,45	4,25	4,40	4,40
NaCl libre (g/L)	53,00	56,00	52,00	52,00	53,00
Acidez libre (g. ácido láctico/L)	3,50	6,70	9,00	6,30	7,00
Polifenoles (g. ácido tánico/L)	5,78	5,22	5,64	4,81	5,64
<b>Sólidos disueltos (g/L)</b>					
Inorgánico	54,268	60,704	59,684	60,192	59,588
Orgánico	13,608	20,684	27,028	21,176	25,704
<b>TOTALES</b>	<b>67,876</b>	<b>81,388</b>	<b>86,712</b>	<b>81,368</b>	<b>85,292</b>
DQO (g/L)	14,040	13,260	15,000	11,760	9,420

(1) Concentración de las lejías en (P/V)

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

## 8. Reutilización y regeneración de salmuera de fermentación

### a) Generalidades y posibilidades de reutilización

El empleo de las salmueras de fermentación no puede evitarse, independientemente de si fueron obtenidas a partir de lejías o se añadieron como soluciones nuevas o frescas. Sus características diferenciales fundamentales, en relación con las soluciones de hidróxido sódico o armas de lavado, son su alto contenido en cloruro sódico (sal) y ácido láctico (con el

consiguiente bajo pH).

Al haber tenido lugar en la misma un proceso fermentativo, la reutilización no parece aconsejable, ya que la presencia de metabolitos de las bacterias desarrolladas representa un inconveniente para el crecimiento de las mismas en la campaña siguiente. Además, tampoco serían adecuados ni el pH ni la sal. De hecho, se ha intentado este reuso sin que los resultados hayan sido favorables. (Garrido et al, 1980)

A la vista de la composición, tampoco la depuración de estas salmueras por métodos biológicos, convencionales o anaeróbicos parece ser lo más apropiado. Sin embargo, dada su concentración moderada en ácido láctico y en sal, su regeneración para el empleo en el envasado podría ser ventajosa.

#### **b) Separación de los sólidos en suspensión**

La primera operación, para poderla emplear con la finalidad antes comentada, debe consistir en la eliminación de los sólidos en suspensión. La presencia de los mismos es, fundamentalmente, debida al desarrollo de microorganismos. Aun cuando decantan con lentitud dentro de los recipientes de fermentación, esta separación no es completa. Por ello, es necesario someterla a una centrifugación o filtración para clasificarla. (Garrido et al, 1980).

La centrifugación a 12.000 r. p. m. se ha mostrado en este sentido (Garrido, 1979). Aunque la separación del precipitado, con aspecto de papilla, puede presentar alguna dificultad a nivel de laboratorio, en continuo y a escala industrial, no debe encontrar ningún problema, ya que, en otros procesos fermentativos, como es el caso del vino, su uso es bastante común.

Mejores resultados se obtienen mediante filtración a través de papel, empleando celita super-cell. En ella se retienen, prácticamente, todos los sólidos en suspensión, quedando un líquido transparente y libre de microorganismos. La duración de los filtros no suele ser muy grande y el

precipitado separado, muy rico en proteínas, no puede recuperarse. La utilización de un segundo filtro, con una porosidad de 0,2-0,4 micro, ha dado lugar a la producción de una salmuera totalmente estéril y, por consiguiente, con buenas características para la reutilización. (Garrido et al, 1980).

Con ello, sin embargo, no se separan las sustancias orgánicas disueltas, fundamentalmente polifenoles, que le confieren una moderada coloración. Esta puede aumentarse y virar a marrón, oscureciendo la solución, si durante los tratamientos anteriormente descritos se produce una aireación excesiva. Lo mismo ocurre, incluso más acentuado, cuando el contacto con el aire tiene lugar después de la filtración, ya que una vez separados los sólidos, este fenómeno tiene lugar aún con mayor facilidad.

La utilización para el envasado de la salmuera así preparada, tal cual o en diversas diluciones, no se ha experimentado aún con suficiente amplitud, por lo que cualquier decisión industrial en este sentido debe ser antes convenientemente ensayada. (Garrido et al, 1980).

### **c) Separación de las sustancias orgánicas en disolución mediante adsorción con carbón activo**

La eliminación o disminución de estos compuestos haría aún más atractiva la recuperación. Para ello se ha empleado la adsorción con carbón activo, la osmosis inversa y la ultrafiltración.

En el caso de la primera se han ensayado, sin éxito, tierras decolorantes, empleadas en la refinación de aceites (Garrido, 1979). El obstáculo principal es su escasa capacidad de retención, tanto de polifenoles como de DQO en general. Debido al carácter ácido de dichos adsorbentes, el pH desciende apreciablemente y la acidez libre sube de la misma forma.

El carbón activo, sin embargo, ha mostrado unas características más adecuadas y su uso presenta mejores perspectivas si se considera la

posibilidad de regeneración del mismo. El comportamiento de este adsorbente se ha estudiado en función de diversos parámetros físico-químicos de las salmueras, habiéndose encontrado que los polifenoles, responsables de la coloración, parecen ser, en principio, los más adecuados para juzgarlo. (Garrido et al, 1980).

Como ejemplo, se encuentran representadas las isotermas de adsorción para diferentes tipos comerciales, a temperatura ambiente y sin corrección de pH. En él se observa que la correspondiente al AC-35 (1,8 mm) se encuentra bastante desplazada en relación al resto, mientras que la del mismo adsorbente molido es la más eficiente. Ello pone de manifiesto que, si se quieren obtener buenos resultados, el carbón activo en polvo es el más idóneo, a pesar de que su manejo y regeneración presentan mayores dificultades. (Garrido et al, 1980)

En la Tabla 20 se recogen las eficiencias relativas y cantidades necesarias para dos formas de tratamiento. La primera característica, referida al tipo N2G, se ha calculado para una concentración residual de 10 mg/100 mL, siguiendo las recomendaciones A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials, 1975). Como puede apreciarse, al comparar las correspondientes al AC-35, de 1,8 mm y molido, el tamaño de la partícula es de una gran importancia. También se observa que los diversos tipos disponibles pueden presentar capacidades bastante diferentes. Todo ello indica claramente que, antes del establecimiento del proceso a escala industrial, es imprescindible realizar las correspondientes experiencias previas para la selección del mejor adsorbente y la estimación de los demás parámetros para el diseño de la instalación adecuada. (Garrido et al, 1980).

Tabla 20

*Eficiencias relativas y cantidades necesarias para dos formas de tratamiento*

Tipo de carbón	Eficiencia relativa	Cantidad de carbón (%. P/V)	
		Un Solo uso tratamiento (baño)	Dos tratamientos en contracorriente (baño)
AC - 35 molido ( $\leq 0,5$ mm)	1,81	2,7	1,6
NS	0,96	5,1	2,1
N 2S	1,36	3,6	1,8
N 2G	1,00*	4,7	2,4
NG	1,11	4,4	1,9
AC - 35 - 1,8 mm	0,30	16,1	5,3

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

(\*) Referencia

En la misma Tabla 20 se dan las cantidades necesarias para efectuar la operación en baño, con un sólo contacto o dos en contracorriente. Se ha considerado una concentración inicial de 200 mg/100 y una residual de 10 mg/100 mL, siguiendo el procedimiento sugerido por Atlas Chemical Industries Inc. (1963). Como es lógico, estos valores están en función de las eficiencias de los mismos. La mayor cantidad, excesivamente alta, se necesita en caso de emplearse el AC-35 de 1,8 mm, y la menor, para el mismo adsorbente molido.

Los pesos requeridos para un solo tratamiento son altos, en general, y con unas diferencias en porcentajes bastante apreciables. Al aumentar los contactos a dos y trabajar en contracorriente, a pesar de que las isotermas no poseen unas pendientes muy pronunciadas, se observa (Tabla 20) una notable disminución de los mismos. No obstante, el precio de la purificación de la salmuera es superior al valor del ácido y sal recuperados. Sin embargo, si fuera posible la regeneración del carbón activo, sí podría llegar a ser rentable.

La influencia del pH no es excesivamente grande, no requiriendo, en principio, ninguna modificación. Es más, las mejores eficiencias parecen obtenerse entre 4,00 y 4,50 unidades. (Garrido et al, 1980).

El estudio del proceso de adsorción mediante la evolución de la DQO da lugar a una isoterma con pendientes muy altas, lo que hace que el tratamiento en contracorriente sea más eficiente en este caso. Sin embargo, comparando la marcha de la DQO y la de los polifenoles residuales se aprecia que éstos son adsorbidos principalmente. Así, la Tabla 21 muestra los valores de estas características, para diferentes concentraciones de carbón AC-35 molido; con el 5 por 100 se eliminan casi todos los polifenoles, mientras que la DQO sólo se reduce a la mitad. Parece, pues, que los primeros son retenidos con preferencia a otros compuestos que contribuyen a la segunda. (Garrido et al, 1980)

Tabla 21

*Adsorción de polifenoles y DQO por diferentes concentraciones de carbón activo AC-35 molido ( $\leq 0,5$  mm). Aceitunas verdes estilo español o sevillano*

% carbón	Polifenóles residuales (mg/L)	DQO Residual (mg/L)
0 (Salmuera original)	1990	9510
1	917	7830
2	187	6540
3	64	5700
4	28	5100
5	5	4500

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

La decoloración se correlaciona mejor con la separación de las sustancias fenólicas, de forma que la salmuera anterior puede considerarse incolora a pesar de que la DQO es aún elevada. Ello sugiere la presencia de otras moléculas orgánicas incoloras.

La acidez libre, constituida fundamentalmente por ácidos láctico y acético, sufre también el mismo fenómeno de adsorción. Ello, en cambio, no es deseable, ya que la recuperación de los mismos es el único beneficio importante que se obtiene. Cuanto más se pierda, menos cobertura económica se tendrá para el proceso, ya que se gastará una mayor cantidad de carbón y se necesitará, posteriormente, una acidificación más importante. (Garrido et al, 1980)

Afortunadamente, su retención no es tan eficiente como para los polifenoles. Como ejemplo, en la Tabla 21 se muestra la acidez después del tratamiento para diferentes tipos de carbón activo y concentraciones de los mismos. El tipo AC-35 molido, el más eficaz para los polifenoles, es el que menos láctico retiene. Con el 5 por 100 de dicho carbón se obtiene una clarificación total, mientras que sólo se recupera el 50 por 100 del ácido.

Al disminuir la acidez libre el pH también se eleva ligeramente, alrededor de 0,1 unidades por gramo de carbón por 100 mL de salmuera. Cuando los valores iniciales son neutros o ligeramente alcalinos el efecto es menos sensible. Por último, el cloruro sódico no se adsorbe, prácticamente, durante el proceso. A continuación, se presenta a la Tabla 22 sobre el efecto del tratamiento con carbón activo sobre la acidez libre (g/L) expresada como ácido láctico. Aceitunas verdes estilo español o sevillano: (Garrido et al, 1980).

Tabla 22

*Efecto del tratamiento con carbón activo sobre la acidez libre (g/l), expresada como ácido láctico. Aceitunas verdes estilo español o sevillano*

Carbón (% P/V)	Acidez libre residual					
	AC-35 molido (≤ 0,5 mm)	AC-35 (1,8 mm)	NS	NG	N 2S	N 2G
0 (Salmuera original)	6,1	5,5	6,7	6,7	6,7	5,9
1	5,6	5,5	5,8	4,4	4,9	4,7
2	4,3	4,4	5,1	3,3	3,7	3,2
3	3,9	3,5	4,0	2,6	2,6	2,0
4	3,2	2,9	3,1	1,1	1,8	1,6
5	2,8	2,4	2,3	—	—	—

*Los envasados que se realizan utilizando salmueras así regeneradas no se distinguen en pruebas organolépticas de aquellos otros en los que se emplean soluciones frescas*

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

#### **d) Separación de las sustancias orgánicas en disolución mediante ultrafiltración u osmosis inversa**

Estos procesos consisten en hacer pasar el disolvente, mediante la aplicación de una presión relativamente elevada, de la disolución concentrada a la diluida, a través de una membrana. Según las dimensiones de los poros, aquél arrastrará sales inorgánicas y compuestos orgánicos de pesos moleculares más o menos elevados.

La ultrafiltración no ha dado resultados satisfactorios en cuanto a clarificación ni retención de microorganismos, por lo que, en todo caso, sería necesario acudir a la osmosis inversa.

En experiencias con esta última, la DQO se redujo a la tercera parte y los microorganismos se eliminaron casi completamente, pasando de 2,10<sup>6</sup> a 8 o 9 gérmenes/ml después del tratamiento (Briston, 1968). El efecto negativo

más importante que se ha encontrado ha sido la disminución del flujo en el transcurso de la operación, llegándose, en algunos casos, a permeabilidades muy bajas al cabo de sólo algunas horas de funcionamiento.

En otra, a nivel de laboratorio, la depuración conseguida queda reflejada en la Tabla 22. En esta ocasión, el líquido obtenido puede considerarse apto para ser empleado en el envasado. Además, la comparación entre los datos correspondientes a la salmuera inicial y «filtrada» resulta muy interesante. Así, ésta conserva toda la acidez volátil, alrededor del 85 por 100 de la libre, se mantiene la concentración de cloruro sódico y se reduce aproximadamente en un 60 por 100 la lejía residual, Esta circunstancia es de gran trascendencia, ya que, como se ha comentado antes en numerosas ocasiones, la corrección de la misma, mediante HCl o dilución, era necesaria para poder efectuar un envasado correcto; sin embargo, en caso de aplicar este proceso, no habría que hacerlo.

También, a pesar de que la cantidad de polifenoles no ha descendido mucho, la buena clarificación conseguida indica que no todos estos compuestos son igualmente responsables de la coloración, sino que los de mayor peso molecular parecen contribuir de forma más importante.

La DQO casi no ha descendido, confirmando lo dicho al tratar la adsorción con carbón activo. A continuación, se presenta la Tabla 23 que trata de los efectos sobre las principales características de la salmuera de la purificación de la misma por osmosis inversa con una membrana para corte en un peso molecular de 500 (Relación filtrado:rechazo, 5:1). Aceitunas verdes estilo español o sevillano:

Tabla 23

*Efectos sobre las principales características de la salmuera de la purificación de la misma por osmosis inversa con una membrana para corte en un peso molecular de 500 (Relación filtrado: rechazo, 5:1). Aceitunas verdes estilo español o sevillano*

Características	Salmuera inicial	Salmuera filtrada	Salmuera de rechazo
pH	3,90	3,90	3,90
Acidez libre (g. ácido láctico/L)	7,00	6,10	9,70
NaCl libre (g/100mL)	76,00	76,00	76,00
Polifenoles (g/100mL)	5,09	3,83	8,14
DQO (g/L)	13,560	10,980	15,240
Acidez volátil (g acético/L)	4,5	4,5	—
Lejía residual (Normalidad)	0,106	0,042	—

Fuente: Fernández et al (1985): "Biotecnología de la aceituna de mesa". Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.

El efecto negativo de disminución del flujo que se ha encontrado es similar al ya expuesto anteriormente. Tal vez esto se deba a que tales polifenoles llegan a penetrar en los poros y son fuertemente retenidos allí. Por ello, los tratamientos de regeneración no son eficaces.

En resumen, está claro que la osmosis inversa presenta un indudable interés para la depuración de salmueras. Sin embargo, en las circunstancias actuales su aplicación no es viable. Quizás, el desarrollo de nuevas membranas puede hacer posible su uso en el futuro.

## **9. Proceso de aderezo de aceitunas verdes. Características de las aguas residuales. Reutilización y Tratamiento.**

Según López (2007) el proceso de aderezo consiste esencialmente en un tratamiento con lejía alcalina y un acondicionamiento posterior en salmuera en la que se da una fermentación láctica. Esquemáticamente, los pasos que se siguen en el proceso industrial de aderezo son: Recolección y transporte - Lavado del fruto\* - Clasificación - Cocido\* - Lavados\* - Salmuera de fermentación\* - Clasificación - Deshuesado y relleno\* - Envasado en

salmuera\*. (en los señalados con \* se produce agua residual).

## **COCIDO**

Tratamiento con solución diluida de hidróxido sódico: 2,5-4,5 % según variedad, temperatura de ambiente.

Su finalidad es eliminar el amargor mediante la hidrólisis de oleuropeína. El consumo de agua en el proceso es 0,5 L/kg aceituna (López, 2007).

Al final (vertido) la lejía mantiene una concentración de NaOH residual del 0,5 - 1 % y un contenido de materia orgánica alto.

## **LAVADOS**

Para eliminar la mayor cantidad posible de sosa que cubre las aceitunas y de su interior.

El número de lavados es variable, aunque la tendencia actual es dar sólo uno, de unas 12 -15 horas.

Se puede añadir un ácido fuerte (HCl).

El consumo de agua en el proceso es 0,5 L/kg aceituna.

Las características de las aguas residuales de cocido y lavado se dan en las Tablas 1 y 2. Se trata de aguas de tipo alcalino, con elevada cantidad de sosa, azúcares y polifenoles. Se producen durante los meses de campaña. Por sus características, son de muy difícil depuración por los sistemas normales (López, 2007).

La mejor estrategia con respecto a estas aguas es la reducción del volumen de uso por reutilización. Se consigue así un ahorro de agua, de aditivos y de costes de vertido.

La reutilización de la lejía de cocido es fácil de realizar. Sólo se requiere un depósito auxiliar.

Se ha comprobado que, reutilizándola 10 veces, la carga contaminante sólo se multiplica por 3 y no se altera calidad del producto. La reducción del volumen de agua de lavados se puede conseguir realizando un solo lavado, lo que es ya práctica normal en la mayoría de empresas. Estas aguas se pueden reutilizar como lejía de cocido adicionando sosa (López, 2007).

Se trata de aguas fuertemente ácidas, con elevada cantidad de sal y materia orgánica. Se producen durante todo el año.

Su reutilización resulta complicada pues los metabolitos de microorganismos anteriores inhiben el crecimiento posterior, por lo que no suele hacerse. Se ha ensayado la separación del material en suspensión por filtración o centrifugación y la separación de sustancias orgánicas disueltas mediante adsorción en carbón activo, ultrafiltración, ósmosis inversa. La salmuera regenerada puede ser rehusada (en proporción hasta el 70 %) para el envasado con pasteurización, con un ahorro de ácido láctico y sal (Brenes et al. 1990).

Su tratamiento habitual es el almacenamiento en balsas, que suelen presentar problemas de olores, espumas, etc. Se pueden someter en fábrica a un tratamiento primario (junto con otros efluentes): desbaste de sólidos gruesos, decantación primaria por coagulación/floculación o arrastre con aire, corrección de pH y en este caso, ser vertidas a continuación a redes de alcantarillado (aunque pueden originar problemas en las depuradoras por la carga orgánica y de sal).

## **2.2.4 Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana**

### **2.2.4.1 Definición**

Comprende el potencial hidrogeniones, hidróxido de sodio, polifenoles, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos disueltos.

### **2.2.4.2 Factores asociados a las aguas residuales**

#### **a) pH**

##### **Potencial hidrogeniones (pH)**

El **pH** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.

#### **b) NaOH**

##### **Hidróxido de Sodio**

También conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química)

#### **c) Sólidos suspendidos**

Se entiende por total de sólidos en suspensión o TSS a un parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido. Algunas veces se asocia a la turbidez del agua.

#### **d) Polifenoles**

Los polifenoles son sensibles a cambios en pH, estudios han demostrado que existe una degradación oxidativa de dichos compuestos en medios alcalinos, demostrado una mejor estabilidad en pH por debajo de 5,0 (Boza et al, 2000).

### **e) Demanda química de oxígeno**

#### **DQO.**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/L).

### **f) Demanda bioquímica de oxígeno**

#### **DBO.**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de dióxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.

### **g) Sólidos disueltos**

En general, la concentración de sólidos disueltos totales es la suma de los cationes (carga positiva) y aniones (cargado negativamente) iones en el agua.

Las fuentes primarias de TDS en aguas receptoras son la escorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga la contaminación del agua de las plantas de tratamiento industriales o de aguas residuales. Los componentes químicos más comunes son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro.

## **2.2.5 Producción de aceituna a nivel internacional**

### **2.2.5.1 Aspectos generales**

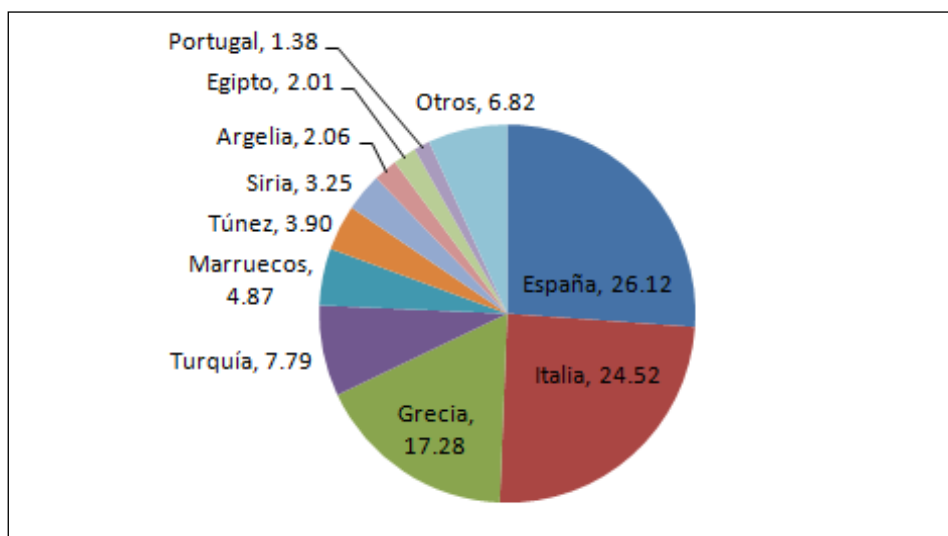
La producción se ha ido alternando constante en el período 2000-2007, con un alza de cerca al 15 % en el año 2003 pero con una tendencia general a aumentar.

La mayor producción de aceituna concreta en la Cuenca Mediterránea, siendo España el primer productor mundial que concentra el 26 % de la oferta de aceitunas de mesa y el 30 % de aceite de oliva. Asimismo, otros grandes productores y exportadores son Italia, Grecia, Marruecos, y Turquía, haciendo solamente este grupo cerca del 70 % de la producción mundial de aceitunas. (Fuente: FAO, 2009.). A continuación, en la Tabla 24, los principales países productores de aceituna:

Tabla 24  
*Principales países productores de aceituna*

Ranking	País	Producción	% Del
		(Toneladas)	Total
1	España	4 021 720	26,12
2	Italia	3 774 812	24,52
3	Gecia	2 660 726	17,28
4	Turquía	1 200 000	7,79
5	Marruecos	750 000	4,87
6	Túnez	600 000	3,90
7	Siria	501 000	3,25
8	Argelia	316 489	2,06
9	Egipto	310 000	2,01
10	Portugal	211 873	1,38
11	Otros	1 049 115	6,82
<b>TOTAL</b>		<b>15 395 735</b>	<b>100,00</b>

Fuente: FAO (2005).



*Figura 3.* Principales productores mundiales de aceituna  
Fuente: FAO (2005).

Cabe resaltar que Perú se encuentra en la posición 17 del ranking mundial de producción de aceitunas con un total de 52 622 toneladas que asciende a 0,34 % de la producción mundial. Es importante también notar que la productividad del Perú es muy alta, superando incluso a España en este rubro. A continuación, se presenta en la Tabla 25, la producción mundial de aceituna:

Tabla 25  
*Producción mundial de aceituna*

País	Productividad	% Del
	(kg/ha)	Total
España	1 631	19
Italia	3 308	11
Grecia	3 338	10
Turquía	1 863	17
Marruecos	1 250	25
Túnez	400	39
Siria	1 126	28
Argelia	1 322	23
Egipto	6 327	4
Portugal	563	38
Perú	6 084	5
<b>TOTAL</b>	<b>27 212</b>	<b>219</b>

Fuente: FAO (2005).

### 2.2.5.2 Evolución de las exportaciones a nivel mundial.

Las exportaciones a nivel mundial han ido aumentando en el período 2000-2005 llegando a un total de 1 206 millones dólares americanos aproximadamente en el año 2005, en este período el mayor crecimiento se encuentra en el año 2003 donde se registró un aumento en el valor de las exportaciones mayor al 20 %, en este período el menor aumento se produjo en el año 2002 siendo este menor al 4 % con relación al año anterior. A continuación, se presenta la Tabla 26 sobre la evolución de las exportaciones mundiales de aceituna:

Tabla 26  
*Evolución de las exportaciones mundiales de aceituna*

Año	Valor FOB	Cantidad	Variación de valor FOB
	(1000 US\$)	(1000 ton)	(US\$)
2000	658 179,93	478,49	
2001	707 009,70	567,57	7,42
2002	731 978,13	542,02	8,42
2003	900 400,19	590,27	9,42
2004	1 086 249,80	650,14	10,42
2005	1 206 329,24	663,14	11,42
2006	1 353 429,44	695,03	12,42
2007	1 474 132,54	690,03	13,54

Fuente: FAO (2008).

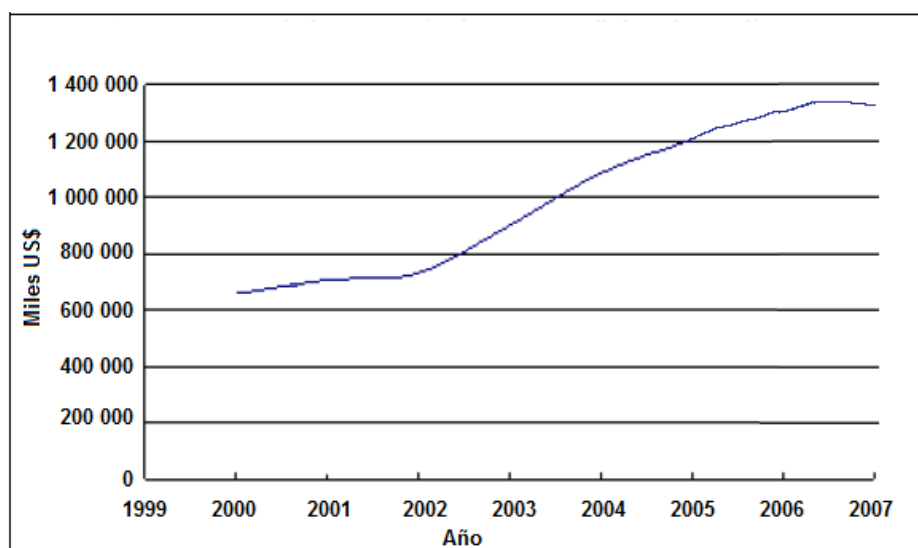


Figura 4. Evolución de las exportaciones mundiales de aceituna  
 Fuente: Cámara de Comercio de Tacna/fichas informativas (2007).

### 2.2.5.3 Principales países importadores

Entre los destinos de las exportaciones mundiales, el principal es los Estados Unidos con más del 25 % del valor de las importaciones a nivel mundial, seguido de lejos por Italia, otros países del continente americano que figuran entre los diez primeros importadores mundiales para el año 2005 son Brasil en puesto 5 y Canadá en puesto 7.

Tabla 27  
*Principales países importadores*

Ranking	País	Importaciones (1 000\$)	% del Total
1	Estados Unidos	310 523	26,55
2	Italia	113 931	9,74
3	Francia	97 640	8,35
4	Alemania	86 671	7,41
5	Brasil	65 506	5,60
6	Reino Unido	57 301	4,90
7	Canadá	43 117	3,69
8	Federaciónn Rusa	42 337	3,62
9	Australia	39 439	3,37
10	Bélgica	20 938	1,79
11	Otros	292 100	24,98
<b>TOTAL</b>		<b>1 169 503</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Cámara de Comercio de Tacna (2007).

### 2.2.5.4 Participación del Perú en las importaciones mundiales

En el año 2005, la posición relativa del Perú en las importaciones mundiales de aceituna preservada fue de 105 entre 175 países, con un porcentaje de participación mínima a nivel mundial. La cifra CIF alcanzada por Perú fue de 128 mil USD. A continuación, se presenta la Tabla 28 sobre la participación de Perú en las importaciones mundiales:

Tabla 28

*Participación de Perú en las importaciones mundiales*

Ranking	País	Valor CIF (2005)
1	Estados Unidos	310 523,00
2	Italia	113 931,00
105	Perú	97 640,00
174	Guam	0,74
175	San Vicente	0,38

Fuente: Cámara de Comercio de Tacna (2005).

## 2.2.6 Producción de aceituna nacional

### 2.2.6.1 Aspectos generales

La producción de aceituna en el Perú se sitúa en la zona sur costera de los departamentos de Tacna, Moquegua, Arequipa, Ica y Sur de Lima, y del total de producción más del 50 % se concentra en el departamento de Tacna, en el valle de Magollo y las irrigaciones de La Yarada y Los Palos.

### 2.2.6.2 Producción de aceituna a nivel nacional y por regiones

Tabla 29

*Producción de aceituna a nivel nacional y por regiones*

Región	Hectáreas	Producción	Rendimiento
	Cosechadas	(Toneladas)	(kg/ha)
Arequipa	3 126	13 859	4,43
Ica	457	1 113	2,44
La Libertad	82	114	1,39
Lima	200	984	4,92
Moquegua	334	527	1,58
Tacna	5 465	35 526	6,50
Nacional	9 664	52 123	5,39

Fuente: SENASA (2006).

La producción local ha tenido un incremento sostenido en el período comprendido entre el año 2000 y 2007; sin embargo, las exportaciones de Tacna no han seguido el mismo incremento.

### 2.2.6.3 Producción de aceituna en Tacna

Tabla 30  
*Producción de aceituna en Tacna*

Año	Hectáreas	Producción	Rendimiento
	Cosechadas	(Toneladas)	(kg/ha)
2000	2 864	16 730	5 841
2001	3 179	17 244	5 424
2002	3 226	17 459	3 374
2003	3 647	23 462	4 218
2004	4 103	26 728	5 925
2005	4 730	33 365	4 535
2006	5 465	35 526	4 755
2007	5 479	35 404	6 460
2008	5 867	73 602	12 545
2009	6 338	4 619	729
Nacional	32 784	20 7734	6,34

Fuente: SENASA (2010).

#### 2.2.6.4 Exportaciones de aceituna en salmuera Tacna

Tabla 31

*Exportaciones de aceituna en salmuera Tacna*

---

Año	Valor de las exportaciones US\$ FOB
2003	4 320,16
2004	3 650,04
2005	3 930,08
2006	4 989,06
2007	3 940,65

---

Fuente: SENASA (2007).

### 2.3 Definición de términos

#### **Aguas residuales**

Son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. (OEFA, 2014)

#### **Aceitunas**

Es el fruto del olivo. El fruto es una drupa comestible, de tamaño variable, con una sola semilla, hueso o corazón, en su interior. (Fernández et al, 1985)

#### **Análisis Físico-Químico**

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos es uno de los aspectos principales en el aseguramiento de su calidad. (AUC.B, 1988)

#### **Ácido**

Es considerado tradicionalmente como cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es, un pH menor que 7. (AUC.B, 1988)

## **Ácido**

Es considerado tradicionalmente como cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es, un pH menor que 7. (AUC.B, 1988)

## **Alcalino**

Compuesto que contiene un base con pH mayor a 7. (AUC.B, 1988)

## **Aguas residuales**

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014).

## **Aguas residuales industriales**

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras. (OEFA, 2014).

- pH. El termino de pH, se emplea universalmente para expresar el contenido de iones de hidrógeno que se encuentran en forma activa en una solución o en una suspensión de cualquier material.

En el caso del suelo los valores del pH varían de acuerdo a las condiciones de humedad, cuanto más diluida sea la suspensión sea en el suelo tanto más alto será el valor de pH hallado, ya sea un suelo ácido o en el suelo alcalino. (Villarroel, 1988).

## **Contaminación**

Es la introducción de sustancias en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso. (OEFA, 2014)

**DBO.**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de dióxigeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. (AUC.B, 1988)

**DQO.**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ).

La DQO corresponde a una oxidación química de las sustancias oxidables que contiene la muestra. Se determina por medio de una valoración redox de la muestra con un oxidante químico fuerte, como es el dicromato potásico o per-manganato potásico en medio ácido. La DQO se expresa, al igual que la DBO, en  $\text{mg de O}_2 \text{ L}^{-1}$ , es decir, en términos de la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico gastado en la valoración. El valor de la DQO es mayor que el correspondiente a la DBO, puesto que el oxidante utilizado en la determinación es más fuerte que el oxígeno y por tanto oxida a un mayor número de sustancias. Un agua residual urbana presenta valores de DQO entre 250 y 1000  $\text{mg L}^{-1}$ . Habitualmente se utiliza la relación DBO/DQO para estimar la biodegradabilidad de un agua residual; así, para relaciones DBO/DQO superiores a 0,4 el agua puede considerarse biodegradable, mientras que las aguas con relaciones DBO/ DQO inferiores a 0,2 son básicamente no biodegradables. (Doménech y Peral, 2012).

**DBO<sub>5</sub>**

La DBO<sub>5</sub> da una idea de la concentración de materia orgánica biodegradable, y se calcula a partir de la medida de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, después de incubar una muestra durante un

determinado periodo de tiempo (habitualmente 5 días, DBO<sub>5</sub>). La medida debe hacerse en la oscuridad, para evitar la producción fotosintética de oxígeno, y manteniendo un pH de 7-7,5. Las unidades de la DBO<sub>5</sub> son mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Un agua residual urbana tiene, en general, valores de DBO<sub>5</sub> entre 100 y 400 mg L<sup>-1</sup>. (Doménech y Peral, 2012).

### **Fermentación**

Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y el producto final es un compuesto orgánico. (Fernández, 1985)

### **Hidróxido de sodio**

También conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, y detergentes. Además, se utiliza en la industria petrolera en la elaboración de lodos de perforación base agua. A nivel doméstico, son reconocidas sus utilidades para desbloquear tuberías de desagües de cocinas y baños, entre otros. (AUC.B, 1988)

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire (higroscópico). Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50 %. (Fichas Internacionales de Seguridad Química, s/f).

### **Materia orgánica**

La formación de los minerales secundarios da lugar a cambios químicos importantes en el suelo que se está formando, entre otras cosas debido a la capacidad que tienen estos materiales para retener iones alcalinos y

alcalinotérreos, impidiendo que se pierdan hacia el medio hidrosférico. Puesto que algunos de estos iones ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , etc.) son nutrientes, su almacenamiento y a la vez su disponibilidad a través de procesos de intercambio propicia el crecimiento de biomasa. (Peral, 2012).

### **Neutro**

Compuesto que no contiene un ácido y base, pH igual a 7. (AUC.B, 1988)

### **Potencial hidrogeniones (pH)**

El **pH** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. (AUC.B, 1988)

### **Polifenoles**

Los polifenoles son sensibles a cambios en pH, estudios han demostrado que existe una degradación oxidativa de dichos compuestos en medios alcalinos, demostrado una mejor estabilidad en pH por debajo de 5,0 (Boza et al. 2000).

### **Plan de descontaminación de suelos**

Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar, sola o en combinaciones, son: acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para monitoreo del sitio contaminado. La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime de la responsabilidad de elaborar y presentar ante la autoridad competente, los demás instrumentos de gestión ambiental propios de la actividad.

**Riesgo**

Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro.

**Salinidad**

Es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. (AUC.B, 1988)

**Suelo**

Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad. (AUC.B, 1988)

**Suelo contaminado**

Suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.

**Suelo agrícola**

Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas. (AUC.B, 1988)

### **Sólidos suspendidos**

Se entiende por total de sólidos en suspensión o TSS a un parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido. Algunas veces se asocia a la turbidez del agua. (AUC.B, 1988)

### **Sólidos disueltos**

Los TDS (Total dissolved solids) son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H<sub>2</sub>O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión. (Sólidos en suspensión son partículas / sustancias que ni se disuelven ni se asientan en el agua, tales como pulpa de madera.) En general, la concentración de sólidos disueltos totales es la suma de los cationes (carga positiva) y aniones (cargado negativamente) iones en el agua. Las fuentes primarias de TDS en aguas receptoras son la escorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga la contaminación del agua de las plantas de tratamiento industriales o de aguas residuales. Los componentes químicos más comunes son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro. (Carbotecnia, 2017).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

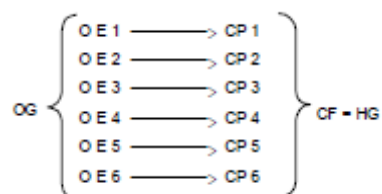
#### 3.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación se considera de tipo cuantitativo, debido a que se cuantificó los niveles de contaminación suelo que se generan antes y después de la intervención de los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano.

Asimismo, el estudio es de tipo básica, debido a que profundiza las variables de estudio. (Caballero, 2014).

#### 3.1.2 Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es no experimental de tipo transversal, porque se va a recolectar datos en un solo momento en un tiempo único. El proceso de identificación de los efectos contaminantes se logra mediante el análisis de las interacciones resultantes entre los componentes del proyecto y los diversos componentes ambientales de su medio circundante. Asimismo, de acuerdo a Campos (2003), debido a la naturaleza de la materia de investigación, responde al de una investigación por objetivos de acuerdo al esquema siguiente:



### 3.2 Población y muestra de estudio

#### 3.2.1 Población

La población estuvo constituida por el registro de muestras de agua residual, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 32

*Determinación de la población: Registro agua residual*

REGISTROS	CANTIDAD
Nro. 1 agua residual – cocido	1 litro de cada muestra
Nro. 2 agua residual – Lavado 1	1 litro de cada muestra
Nro. 3 agua residual – Lavado 2	1 litro de cada muestra
Nro. 4 agua residual – Lavado 3	1 litro de cada muestra
Total	

Fuente: UNJBG – Informe de Análisis Nro. 03-018

Tabla 33

*Determinación de la población: Registro de muestras suelo agrícola*

REGISTROS	CANTIDAD
Nro.1 Suelo agrícola – sin agua residual	4 kilogramos por cada muestra
Nro. 2 Suelo agrícola – con agua residual	4 kilogramos por cada muestra
Total	

Fuente: UNJBG – Informe de Análisis Nro. 03-018

#### 3.2.2 Muestra

En el presente estudio no fue necesario obtener muestra se trabajó con toda la población.

### **3.3 Operacionalización de variables**

#### **3.3.1 Identificación de las Variables**

- **Variable independiente**

Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.

- **Variable dependiente**

Contaminación del suelo

#### **3.3.2 Caracterización de las variables**

**a) Variable independiente:**

Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.

#### **Indicadores**

- Índice de acidez.
- Gramos en litros de alcalinidad.
- Gramos en litros de sólidos suspendidos.
- Gramos en litros de polifenol.
- Gramos en litros de oxígeno disueltos.
- Gramos en litros de sólidos disueltos.

**b) Variable dependiente:** Contaminación del suelo

#### **Indicadores**

- pH.
- Porcentaje de saturación de Sodio.
- Contenidos de Sales
- Materia orgánica.

### 3.3.3 Definición operacional de las variables

#### Variable independiente:

Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.

Variable	Naturaleza de la variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.	Cuantitativa	Los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceituna estilo sevillana considera el índice de acidez, gramos en litros de alcalinidad, gramos en litros de sólidos suspendidos, gramos en litros de polifenol, gramos en litros de oxígeno disueltos y gramos en litros de sólidos disueltos.	Índice de acidez	Análisis fisicoquímico según norma A.O.A.C., ICMSF-2000 de la Norma Sanitaria. Comparación con los límites máximos permisibles	Numérica continua
			Gramos en litros de alcalinidad	Análisis fisicoquímico según norma A.O.A.C., ICMSF-2000 de la Norma Sanitaria. Comparación con los límites máximos permisibles.	
			Gramos en litros de sólidos suspendidos	Análisis fisicoquímico según norma A.O.A.C., ICMSF-2000 de la Norma Sanitaria. Comparación con los límites máximos permisibles.	
			Gramos en litros de polifenol	Análisis fisicoquímico según norma A.O.A.C., ICMSF-2000 de la Norma Sanitaria. Comparación con los límites máximos permisibles.	

			Gramos en litros de oxígeno disueltos	Análisis físicoquímico según norma A.O.A.C., ICMSF-2000 de la Norma Sanitaria.
				Comparación con los límites máximos permisibles.
			Gramos en litros de sólidos disueltos	Análisis físicoquímico según norma A.O.A.C., ICMSF-2000 de la Norma Sanitaria.
				Comparación con los límites máximos permisibles.

**Variable dependiente:**

Contaminación del suelo

Variable	Naturaleza de la variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Contaminación del suelo	Cuantitativa	La contaminación del suelo considera el índice de acidez, porcentaje saturación de sodio, contenidos de sales y materia orgánica.	Índice de acidez	Comparación de macro nutrientes del suelo establecidos por ministerio de agricultura.	Numérica continua
			Porcentaje saturación de sodio	Comparación de macro nutrientes del suelo establecidos por el Ministerio de Agricultura.	

			Contenidos de sales	Comparación de macro nutrientes del suelo establecidos por el Ministerio de Agricultura.	
			Materia orgánica	Comparación de macro nutrientes del suelo establecidos por el Ministerio de Agricultura.	

### **3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

##### **Análisis documental**

En el presente trabajo de investigación se utilizó la técnica del análisis documental para evaluar los factores interviene en la contaminación del suelo por aguas residuales para el proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

##### **Guía de análisis documental**

En el presente trabajo de investigación se utilizó la guía del análisis documental para evaluar los factores interviene en la contaminación del suelo por aguas residuales para el proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

### **3.4.3 Descripción de trabajo en campo**

Con respecto a los materiales y métodos, para el presente trabajo de investigación, siendo una investigación cuantitativa, y no experimental, la investigación se realizó en el sector agrícola La Yarada, Los Palos son sectores productivos del valle del Caplina, que se ubican en la parte más meridional de la cuenca del río Caplina del extremo sur del Perú, entre las coordenadas 15° 17' y 18° 18' de la latitud Sur y 69° 28' y 71° 23' de la latitud Oeste, en la Región Costa. El Área de Influencia abarca el presente Plan de Desarrollo corresponde a los Terrenos que conforman Las Pampas de la Yarada, (Resolución Suprema N° 0211-76- AG/DRAG/AR, del 02 setiembre de 1976), en un área total de 52 000 ha, de acuerdo al Plano catastral Adjunto. Los sectores que abarca son: el Asentamiento 4, el Asentamiento 5 y 6, Los Olivos, Las Palmeras, Cooperativa 60, Los Palos, Asentamiento 28 de Agosto, Juan Velasco Alvarado, La Esperanza.

#### **Objetivo específico 1**

Identificar los factores intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

**Frecuencia y horario de muestreo:** Se realizó en el mes de octubre de 2017 de 9 a 13 horas.

**Método:** Se aplicó la guía de análisis documental para determinar los factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo de residuos sólidos. Además, dicho ensayo Físico-Químico fue realizado en el “Laboratorio de Control de Calidad” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists) – análisis instrumental.

**Prueba de contrastación:** Se utilizó las tablas de frecuencia, así como los Informe de Análisis Nro. 03-018- UNJBG

### **Objetivo específico 2**

Identificar los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

**Frecuencia y horario de muestreo:** Se realizó en el mes de octubre de 2017 de 9 a 13 horas.

**Método:** Se aplicó la guía de análisis documental para anotar los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

**Prueba de contrastación:** Se utilizó las tablas de frecuencia, así como los Informe de Análisis Nro. 03-018- UNJBG

### **Objetivo específico 3**

Identificar los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

**Frecuencia y horario de muestreo:** Se realizó en el mes de noviembre de 2017 de 9 a 13 horas.

**Método:** Se aplicó la guía de análisis documental para anotar los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

**Prueba de contrastación:** Se utilizó las tablas de frecuencia, así como los Informe de Análisis Nro. 03-018- UNJBG.

**Objetivo específico 4**

Determinar el estado del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.

**Frecuencia y horario de muestreo:** Se realizó en el mes de diciembre de 2017 de 9 a 13 horas.

**Método:** Se aplicó la guía de análisis documental para anotar el estado del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo.

**Prueba de contrastación teórica:** Se utilizó las tablas de frecuencia, así como los Informe de Análisis Nro. 03-018- UNJBG

**Objetivo específico 5**

Determinar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo.

**Frecuencia y horario de muestreo:** Se realizó en el mes de diciembre de 2017 de 9 a 13 horas.

**Método:** Se aplicó la guía de análisis documental para anotar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna,

2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.

**Prueba de contrastación teórica:** Se utilizó las tablas de frecuencia, así como los Informe de Análisis Nro. 03-018- UNJBG

### 3.5 Procesamiento y análisis de datos

Se utilizó las técnicas y medidas de la estadística descriptiva en las que se emplearon: Tablas de frecuencia absoluta y relativa (porcentual).

Estas tablas sirvieron para la presentación de los datos procesados y ordenados según sus categorías, niveles o clases correspondientes. Se utilizó este tipo de tablas para visualizar la distribución de los datos según las categorías o niveles de los conjuntos de indicadores analizados simultáneamente. Asimismo, se utilizó la contrastación por objetivos. (Campos, 2003). Para el análisis de datos, se considera los siguientes parámetros:

#### Conductividad eléctrica en extractos de saturación

En el caso del extracto de saturación, los valores se expresan en milimhos/cm a 25 °C, y para su interpretación se utiliza el método indicado por Richards (1.977) y es como sigue:

Tabla 33  
Conductividad eléctrica en extractos de saturación.

CLASIFICACIÓN	Milimhos /cm	Tolerancia de Plantas
No salinos	< 2,0	Prosperan todos los cultivos
Débiles salino	2,0 – 4,0	Prosperan todos los cultivos
Moderadamente salinos	4,0 – 8,0	Rendimientos de muchos cultivos son restringidos
Fuertemente salinos	8,0 - 16	Solo Cultivos Tolerantes rinden satisfactoriamente
Muy Fuertemente salinos	> 6,0	Impropio para fines agrícolas

Fuente: Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. – Jorge Villaroel A. – Agruco (Agroecología Universidad Cochabamba-Bolivia), 1988.

## Sodio intercambiable

El sodio es un catión predominante en la mayor parte de los suelos salinos y sódico. En las regiones húmedas el sodio es lavado fácilmente, debido a la débil atracción de este metal con los sitios de intercambio catiónico. En las regiones áridas, el sodio se acumula como carbonatos de sodio y tiende a ocupar algunas de las posiciones de intercambio.

Tabla 34

*Niveles de sodio intercambiable en los suelos, su interpretación*

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Milimhos /cm</b>
Muy bajo	< 0,10
Bajo	0,10 – 0,30
Moderado	0,31 – 0,70
Alto	0,71 – 2,00
Muy Alto	> 2,00

Fuente: Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. – Jorge Villaroel A. – Agruco (Agroecología Universidad Cochabamba-Bolivia), 1988.

## Reacción (pH) del suelo

El término reacción o pH, para expresar el contenido de iones hidrógeno que se encuentran en forma activa en una solución o una suspensión de cualquier material.

En el caso del suelo, el pH se determina generalmente en una pasta de suelo saturado llamada extracto de saturación o en una suspensión suelo:agua con relaciones 1:1, 1:2. 1:5, etc.

Los valores de pH del suelo varían de acuerdo a las condiciones de humedad, cuanto más diluida sea la suspensión de un suelo tanto más alto será el valor de pH hallado, ya sea en el suelo ácido o en el suelo alcalino.

El aumento del pH del suelo con la dilución, desde un estado pastoso hasta una relación suelo: agua de 1:10 es usualmente del orden de 0,2 a 0,5 unidades de pH, llegando en algunos casos a ser de 1 varias unidades de pH.

Tabla 35  
*Escalas de clasificación del ph de suelos agrícolas*

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Milimhos /cm</b>
Muy fuertemente ácido	< 4,50
Fuertemente ácido	4,60 – 5,20
Moderadamente ácido	5,30 – 5,90
Débilmente ácido	6,00 – 6,50
Neutro	6,60 – 7,00
Débilmente alcalino	7,10 – 7,50
Moderadamente alcalino	7,60 – 8,00
Fuertemente alcalino	8,10 – 9,00
Muy fuertemente alcalino	> 2,00

Fuente: Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. – Jorge Villaroel A. – Agruco (Agroecología Universidad Cochabamba-Bolivia), 1988.

### **Contenido de materia orgánica en el suelo**

El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable, alcanza desde trazas en los suelos desérticos hasta un 90-95 % en los turbosos. Los horizontes A de los suelos explotados agrícolaemente presente por lo general valores entre 0,1-10 % de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo.

Los suelos se pueden clasificar de acuerdo a su contenido en materia orgánica y a las necesidades de un cultivo determinado.

La interpretación del contenido de materia orgánica en los suelos por el método de Walkley y Black.

Tabla 36  
*Clasificación tentativa para materia orgánica*

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Materia Orgánica %</b>
Muy bajo	0,00 – 1,00
Bajo	1,10 – 2,00
Moderado	2,10 – 4,00
Alto	4,10 – 8,00
Muy Alto	> 8,00

Fuente: Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. – Jorge Villaroel A. – Agruco (Agroecología Universidad Cochabamba-Bolivia), 1988.

## **CAPÍTULO IV: MARCO FILOSÓFICO**

El presente estudio se circunscribe dentro del paradigma positivista, ya que se basa en la lógica formal, es decir, en el razonamiento y la evidencia empírica orientado a medir las variables de estudio con respecto a la pregunta ¿Qué factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017?. Por tanto, se encuentra en el enfoque positivista y se presenta como concepción lineal, objetiva, estática, única, desde la óptica interpretativa, a través de la concepción sistémica, múltiple con dimensión holística. Desde la dimensión epistemológica, existe independencia entre el sujeto y el objeto relacionado a las variables de estudio, por lo que se evidencia el paradigma cuantitativo, es decir, se interesa por descubrir, verificar o identificar relaciones causales entre conceptos que proceden de un esquema teórico previo, de las variables de estudio indicadas, por lo que los datos son recogidos mediante procedimientos aceptados tales como la guía de análisis documental.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1 Análisis de variables

#### 5.1.1 Análisis por objetivos

a) Identificar los factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.

#### **Factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana**

Tabla 37

*Factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana*

ENSAYO	Unidades	Concentración 2,5 % de NaOH			
		Cocido	Lavado 1	Lavado 2	Lavado 3
pH		13,06	11,64	7,88	6,47
NaOH	g/L	11,40	4,40	1,58	-
Sólidos Suspendidos	g/L	0,26	0,25	0,23	0,23
Polifenoles	g tánico/L	4,12	4,05	4,05	4,03
DQO	g/L	22,99	23,78	24,46	25,19
DBO <sub>5</sub>	g/L	12,77	13,21	13,59	13,99
Sólidos Disueltos	g/L	45,53	45,04	44,29	44,08

Fuente: Dicho ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C. – ANÁLISIS INSTRUMENTAL.

#### **Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla, con respecto al pH, es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, con respecto a la concentración 2,5 % de NaOH, en la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1

considera 11,64, en la etapa de Lavado 2 considera 7,88. En la etapa de Lavado 3 considera 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH).

Asimismo, con respecto el NaOH, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana tiene diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L; en el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo.

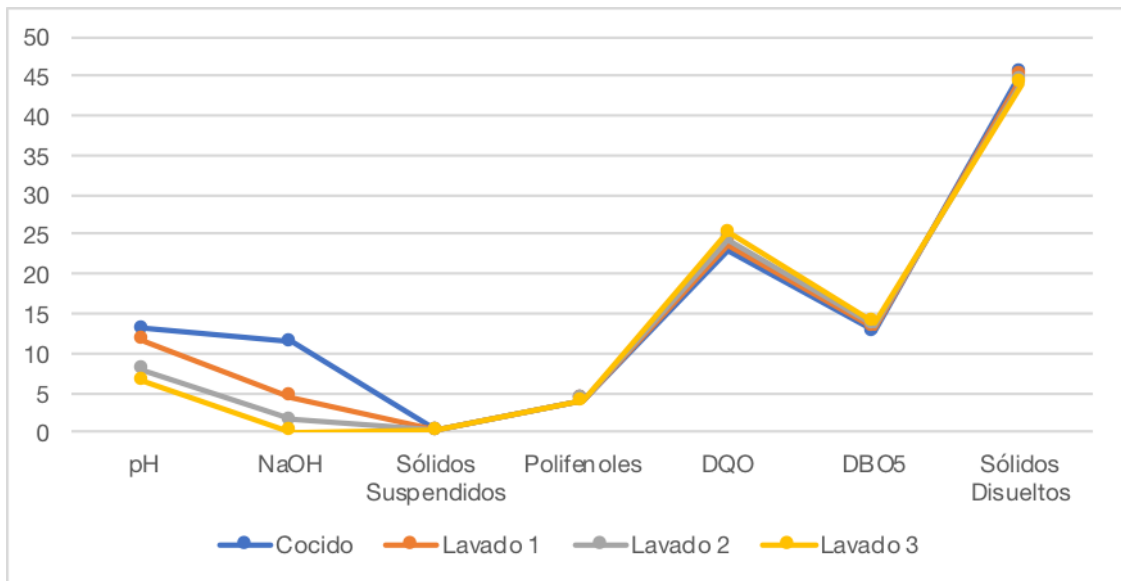
En lo referente a los polifenoles que son sensibles a cambios en pH, estudios han demostrado que existe una degradación oxidativa de dichos compuestos en medios alcalinos, demostrando una mejor estabilidad en pH por debajo de 5,0 (Boza et al. 2000), por lo que en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L. Asimismo, es fundamental indicar que las aguas residuales generadas en este proceso de fermentación de aceitunas tienen un elevado contenido de compuestos fenólicos en su composición, compuestos que son difíciles de degradar y que poseen carácter fitotóxico para el suelo.

Con respecto a los sólidos suspendidos, algunas veces, se asocia a la turbidez del agua, por lo que, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido presenta 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L, lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo.

En cuanto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO), en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo.

En cuanto a DBO, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa cocido se considera 12,77 g/L. En la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo.

Con respecto a los sólidos disueltos en sus diferentes etapas presenta diferentes niveles de concentraciones como en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.



*Figura 5.* Factores que intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes en el distrito de la Yarada Los Palos

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

b) **Identificar los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano que MÁS influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.**

**Factor: pH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 38

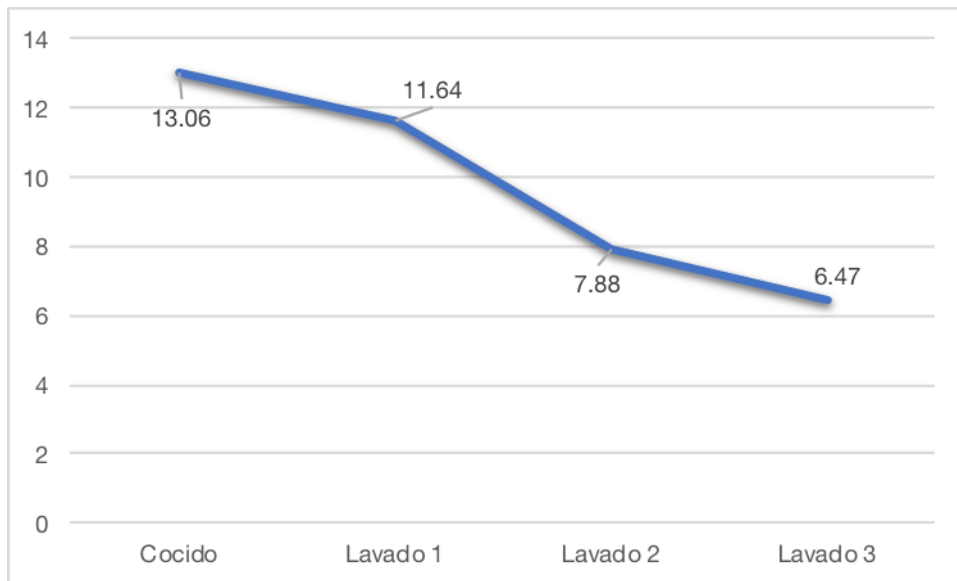
*Factor: pH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano*

<b>Elemento</b>	<b>Cocido</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>
pH	13,06	11,64	7,88	6,47

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

### **Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto al pH, es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, con respecto a la concentración 2,5 % de NaOH. En la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1. En la etapa de Lavado 2, 7,88. En la etapa de Lavado 3, 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH). Asimismo, es primordial indicar que los valores de pH del suelo varían de acuerdo a las condiciones de humedad, cuanto más diluida sea la suspensión de un suelo tanto más alto será el valor de pH hallado, ya sea en el suelo ácido o en el suelo alcalino. El aumento del pH del suelo con la dilución, desde un estado pastoso hasta una relación suelo:agua de 1:10 es usualmente del orden de 0,2 a 0,5 unidades de pH, llegando en algunos casos a ser de 1 varias unidades de pH.



*Figura 6.* Factor: pH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano

Fuente: Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" - UNJBG

**Factor: NaOH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 39

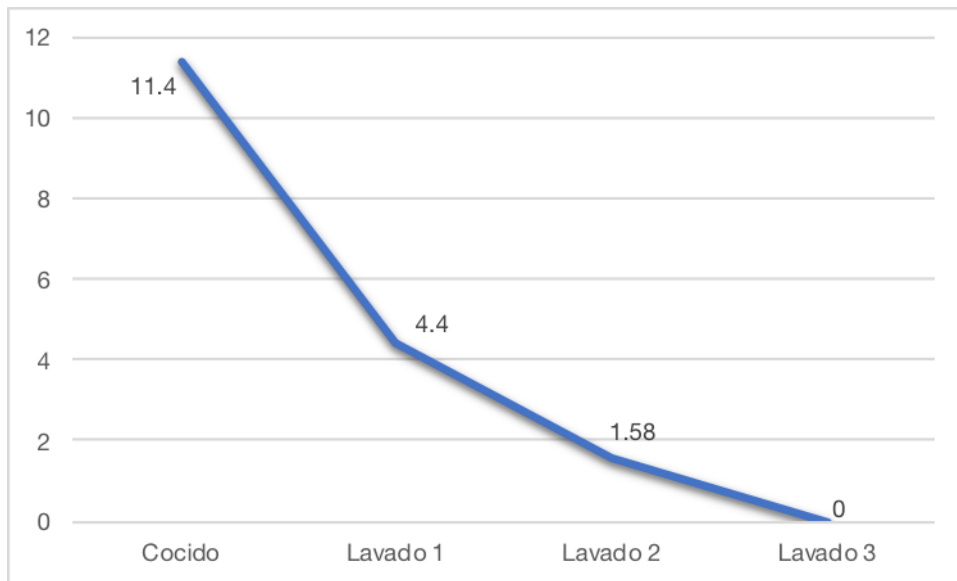
*Factor: NaOH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano*

<b>Elemento</b>	<b>Cocido</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>
NaOH	11,4	4,4	1,58	-

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto el NaOH, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química); por lo que en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L. En el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.



*Figura 7.* Factor: NaOH asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano

Fuente: Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" - UNJBG

**Factor: Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 40

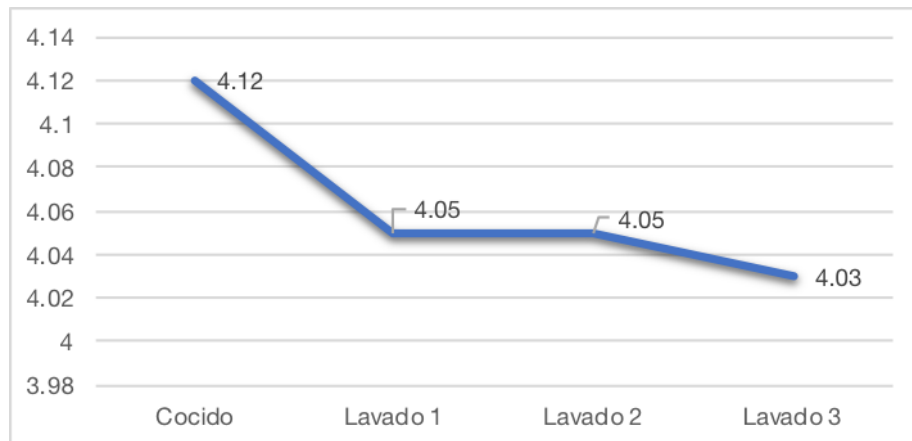
*Factor: Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano*

<b>Elemento</b>	<b>Cocido</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>
Polifenoles	4,12	4,05	4,05	4,03

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto a los polifenoles que son sensibles a cambios en pH, estudios han demostrado que existe una degradación oxidativa de dichos compuestos en medios alcalinos, demostrado una mejor estabilidad en pH por debajo de 5,0 (Boza et al. 2000), por lo que en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana en diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L. Asimismo, es fundamental indicar que las aguas residuales generadas en este proceso de fermentación de aceitunas tienen un elevado contenido de compuestos fenólicos en su composición, compuestos que son difíciles de degradar y que poseen carácter fitotóxico para el suelo. Todo ello evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.



*Figura 8.* Factor Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas estilo sevillano

Fuente: Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" - UNJBG

c) **Identificar los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que MENOS influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017.**

**Factor: Sólidos suspendidos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 41

*Factor: Sólidos suspendidos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano*

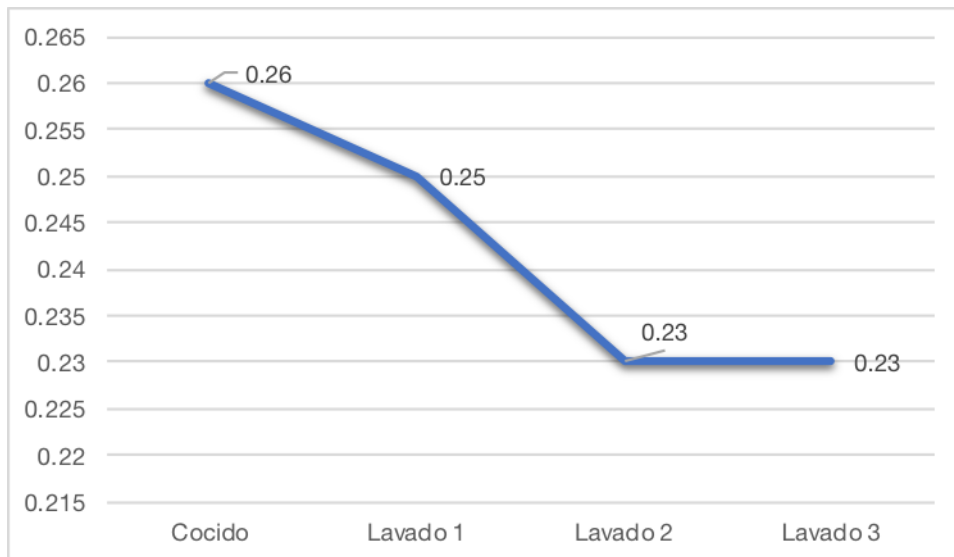
Elemento	Cocido	Lavado 1	Lavado 2	Lavado 3
Sólidos Suspendidos	0,26	0,25	0,23	0,23

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

### **Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto a los sólidos suspendidos o TSS, que es un parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/L), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido. Algunas veces, se asocia a la turbidez del agua, por lo que, en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, en las diferentes etapas, como: etapa de cocido. Con respecto a los sólidos suspendidos considera en la etapa cocido 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L, lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

## Sólidos suspendidos



*Figura 9.* Factor: Sólidos suspendidos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Factor: DQO asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 42

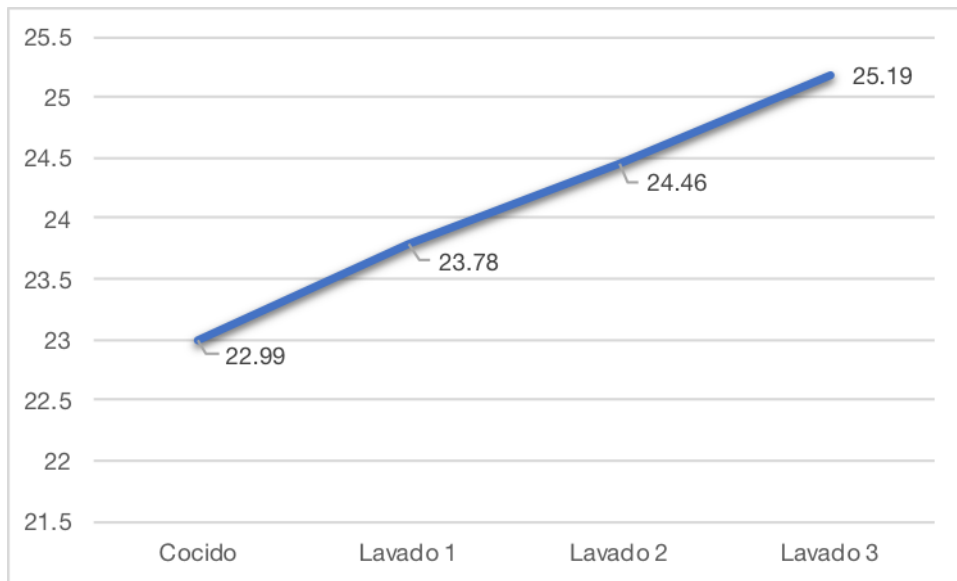
*Factor: DQO asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano*

<b>Elemento</b>	<b>Cocido</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>
DQO	22,99	23,78	24,46	25,19

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/L), por lo que en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido Con respecto al DQO en la etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va aumentando, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.



**Figura 10.** DQO asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el “Laboratorio de Control de Calidad” con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Factor: DBO<sub>5</sub> asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 43

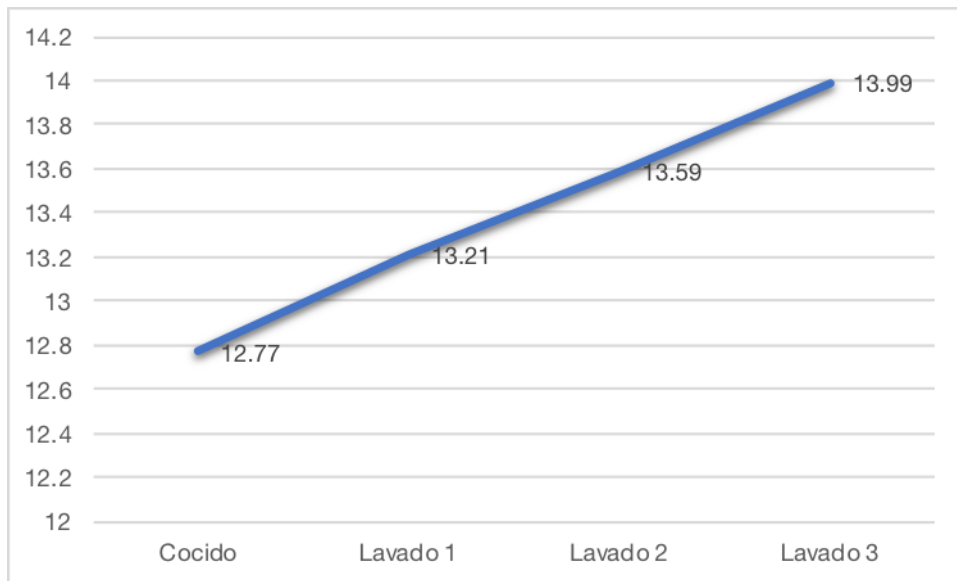
*Factor DBO<sub>5</sub> asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas estilo sevillano*

<b>Elemento</b>	<b>Cocido</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>
DBO <sub>5</sub>	12,77	13,21	13,59	13,99

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto al DBO da una idea de la concentración de materia orgánica biodegradable, y se calcula a partir de la medida de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, después de incubar una muestra durante un determinado periodo de tiempo (habitualmente 5 días, DBO<sub>5</sub>). La medida debe hacerse en la oscuridad, para evitar la producción fotosintética de oxígeno, y manteniendo un pH de 7-7,5. Las unidades de la DBO<sub>5</sub> son mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Un agua residual urbana tiene, en general, valores de DBO<sub>5</sub> entre 100 y 400 mg L<sup>-1</sup>, por lo que en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa que presenta diferentes niveles de concentraciones, como: etapa cocido se considera 12,77g/L. En la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va aumentando, en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.



**Figura 11.** Factor: Polifenoles asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas estilo sevillano

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el “Laboratorio de Control de Calidad” con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Factor: Sólidos disueltos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano**

Tabla 44

*Factor: Sólidos disueltos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano*

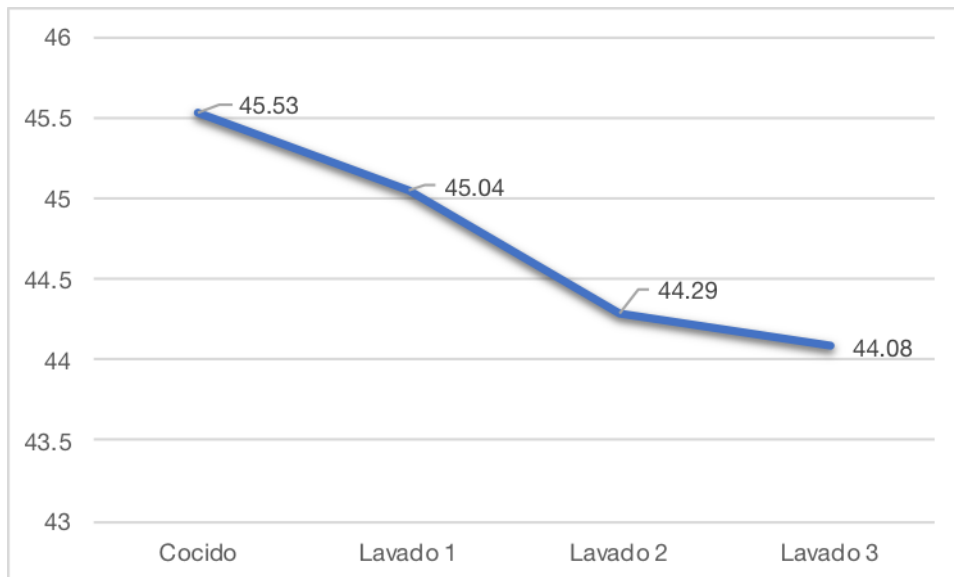
<b>Elemento</b>	<b>Cocido</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>
Sólidos Disueltos	45,53	45,04	44,29	44,08

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

**Interpretación.**

Como se puede apreciar en la tabla con respecto a los TDS (Total dissolved solids), es decir, los sólidos disueltos que son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H<sub>2</sub>O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión. (Sólidos en suspensión son partículas / sustancias que ni se disuelven ni se asientan en el agua, tales como pulpa de madera.). En general, la concentración de sólidos disueltos totales es la suma de los cationes (carga positiva) y aniones (cargado negativamente) iones en el agua. Las fuentes primarias de TDS en aguas receptoras son la escorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga la contaminación del agua de las plantas de tratamiento industriales o de aguas residuales. Los componentes químicos más comunes son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro. (Carbotecnia, 2017), por lo que en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido. Con respecto a los sólidos disueltos en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene

reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.



*Figura 12.* Factor: sólidos disueltos asociado a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el “Laboratorio de Control de Calidad” con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

d) **Comparar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con y sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo.**

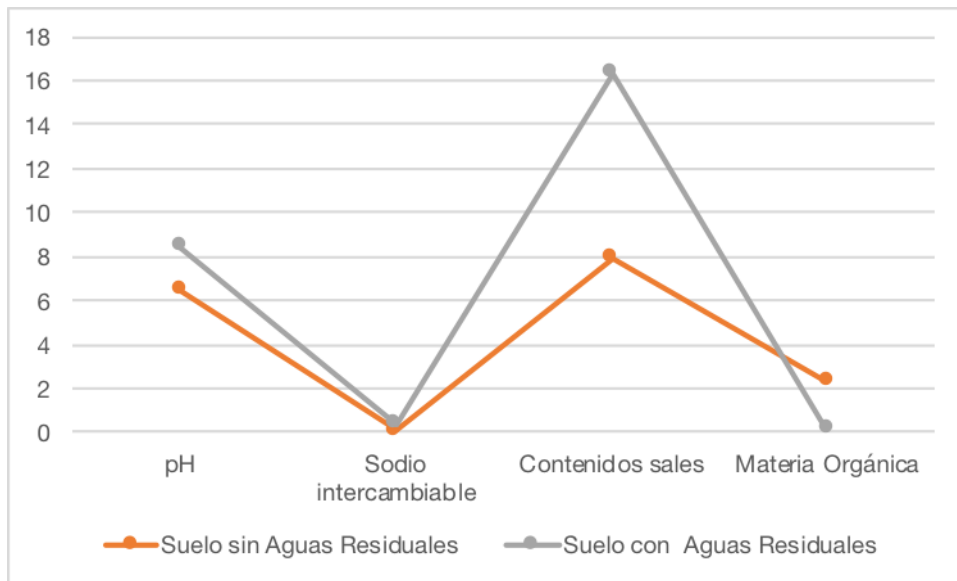
**Estado de contaminación del suelo con respecto al pH, sodio intercambiable, contenidos sales y materia orgánica (físico-químico).**

Tabla 45

*Estado de contaminación del suelo con respecto al pH, sodio intercambiable, contenidos sales y materia orgánica (físico-químico)*

ENSAYO	Unidades	Suelo sin Aguas Residuales	Suelo con Aguas Residuales
pH		6,5	8,4
Sodio intercambiable	mEq/100 g suelo	0,074	0,385
Contenidos sales	mS/cm	7,95	16,3
Materia Orgánica	%	2,35	0,12

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.



*Figura 13. Estado de contaminación del suelo con respecto al pH, sodio intercambiable, contenidos sales y materia orgánica (físico-químico)*

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

## Estado de contaminación del suelo con respecto al pH (físico-químico).

Tabla 46

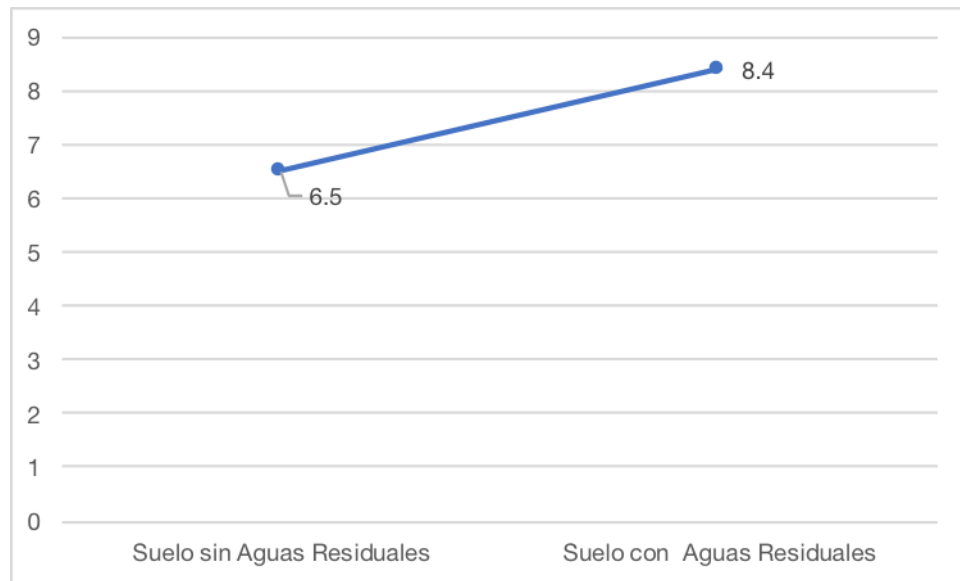
*Estado de contaminación del suelo respecto al pH (físico-químico)*

Elemento	Suelo sin aguas residuales	Suelo con aguas residuales
pH	6,5	8,4

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

### **Interpretación.**

Como se observa en la tabla el término reacción o pH, que expresa el contenido de iones hidrógeno que se encuentran en forma activa en una solución o una suspensión de cualquier material. En el caso del suelo, el pH se determina generalmente en una pasta de suelo saturado llamada extracto de saturación o en una suspensión suelo: agua con relaciones 1:1, 1:2, 1:5, etc. Los valores de pH de 8.4 según la CLASIFICACIÓN: FUERTEMENTE ALCALINO varía de acuerdo a las condiciones de humedad, cuanto más diluida sea la suspensión de un suelo alcalino. Por tanto, se determina que el suelo se ha degradado en alguna medida y, probablemente, el suelo con aguas residuales ya no será apto para un buen cultivo, evidenciándose el impacto negativo de tal aspecto ambiental, como las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana de la que se expanden en el suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna.



*Figura 14.* Estado de contaminación del suelo respecto al pH (físicoquímico)

Fuente: Físicoquímico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" - UNJBG

## **Estado de contaminación del suelo con respecto al sodio intercambiable (Fisicoquímico).**

Tabla 47

*Estado de contaminación del suelo con respecto al sodio intercambiable (fisicoquímico)*

Elemento	Suelo sin Aguas Residuales	Suelo con Aguas Residuales
Sodio intercambiable	0,074	0,385

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

### **Interpretación.**

Como se observa en la tabla sobre el estado de contaminación del suelo con respecto al sodio intercambiable, se indica que en las regiones áridas, el sodio se acumula como carbonatos de sodio y tiende a ocupar algunas de las posiciones de intercambio; Pero en este caso, el Sodio Intercambiable encontrado de 0,385, con una CLASIFICACIÓN: MODERADO, a consecuencia de las soluciones de NaOH. Por tanto, se determina que el suelo se ha degradado en alguna medida y, probablemente, el suelo con aguas residuales ya no será apto para un buen cultivo, evidenciándose el impacto negativo de tal aspecto ambiental, como las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana de la que se expanden en el suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna.

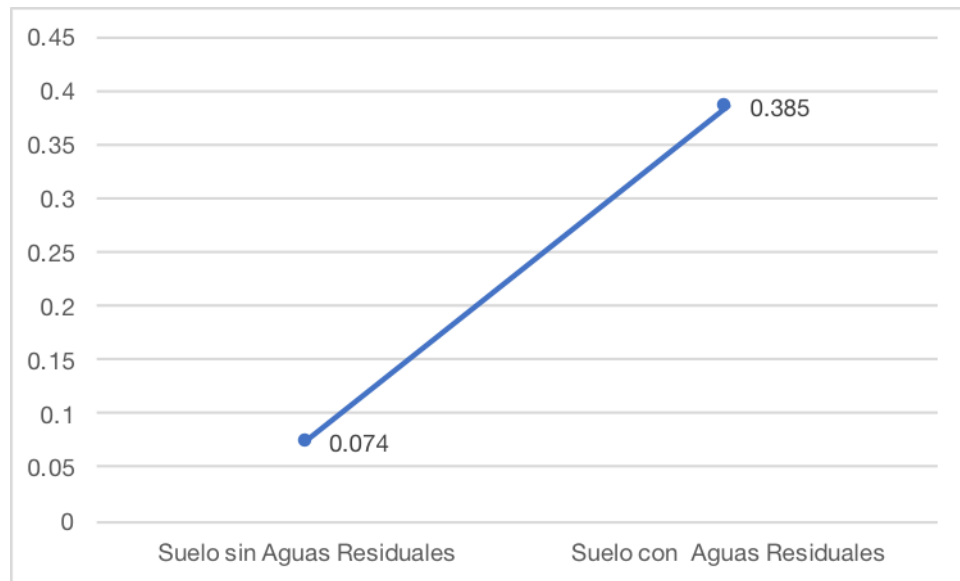


Figura 15. Estado de contaminación del suelo con respecto al sodio intercambiable (Físicoquímico)

Fuente: Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" - UNJBG

## **Estado de contaminación del suelo con respecto a contenidos sales (Fisicoquímico).**

Tabla 48

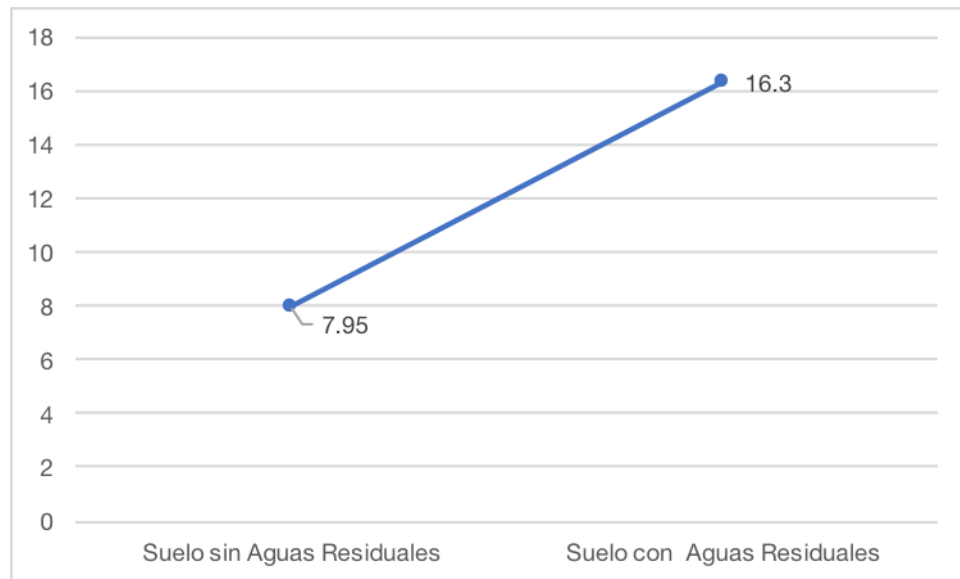
*Estado de contaminación del suelo con respecto a contenidos sales (fisicoquímico)*

Elemento	Suelo sin Aguas Residuales	Suelo con Aguas Residuales
Contenidos sales	7,95	16,3

Fuente: Ensayo Fisicoquímico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

### **Interpretación.**

Como se observa en la tabla, el contenido de sales según las CLASIFICACIÓN: FUERTEMENTE SALINOS, y esto se ve afectados solo en cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente, según Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. – Jorge Villaroel A. – Agruco (agroecología universidad Cochabamba-Bolivia), 1988. Por tanto, se determina que el suelo se ha degradado en alguna medida y, probablemente, el suelo con aguas residuales ya no será apto para un buen cultivo, evidenciándose el impacto negativo de tal aspecto ambiental, como las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana de la que se expanden en el suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna.



*Figura 16.* Estado de contaminación del suelo con respecto a contenidos sales (físicoquímico).

Fuente: Físicoquímico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" - UNJBG

## **Estado de contaminación del suelo con respecto a la materia orgánica (Físicoquímico).**

Tabla 49

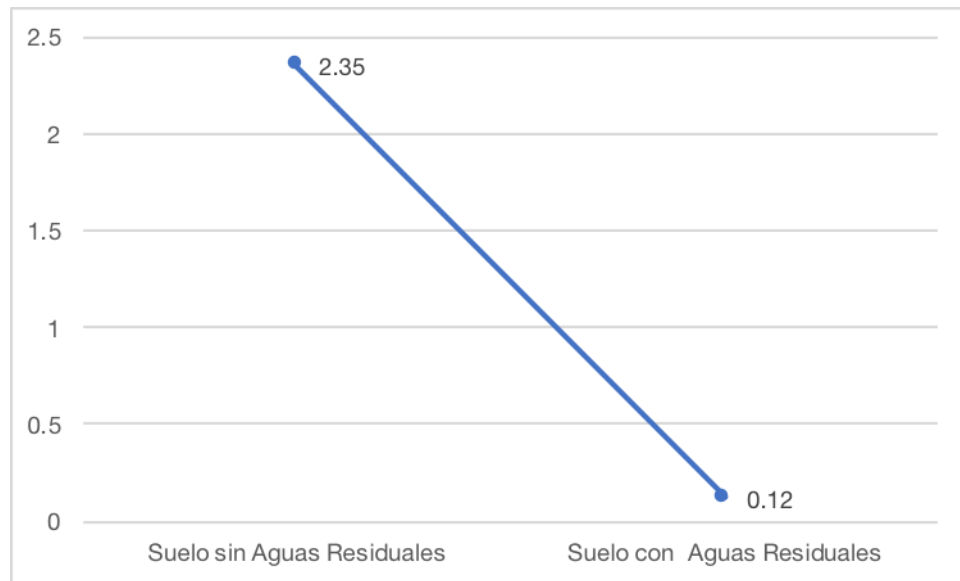
*Estado de contaminación del suelo con respecto a la materia orgánica (Físicoquímico)*

Elemento	Suelo sin Aguas Residuales	Suelo con Aguas Residuales
Materia Orgánica	2,35	0,12

Fuente: Ensayo Físico-Químico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" con reactivos químicos y medios de cultivo (PRO-ANALISIS), de acuerdo a la Norma A.O.A.C.

### **Interpretación.**

Como se observa en la tabla, al estado de contaminación del suelo con respecto a la materia orgánica, se indica que los suelos se pueden clasificar de acuerdo a su contenido en materia orgánica y a las necesidades de un cultivo determinado. La interpretación del contenido de materia orgánica en los suelos por el método de Walkley y Black, Clasificación tentativa para materia orgánica. La CLASIFICACIÓN: MUY BAJO; este factor sería determinante para su recuperación y utilización para el desarrollo Agrícola. Por tanto, se determina que el suelo se ha degradado en alguna medida y, probablemente, el suelo con aguas residuales ya no será apto para un buen cultivo, evidenciándose el impacto negativo de tal aspecto ambiental, como las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana de la que se expanden en el suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna.



**Figura 17.** Estado de contaminación del suelo con respecto a la materia orgánica (Fisicoquímico)

Fuente: Fisicoquímico fueron realizado en el "Laboratorio de Control de Calidad" – UNJBG

### **Análisis del objetivo cuarto a través de la evidencia empírica**

Comparar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con y sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo.

a) Nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo.



*Imagen 4.* Nivel de contaminación del suelo si la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo no contaminado

Fuente: Elaboración propia

**b)** Nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana.



*Imagen 5. Nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos*

Fuente: Elaboración propia



*Imagen 6.* Nivel de contaminación del suelo con la intervención de factores

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar el nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo, es regular, reflejado en el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

## **A) Contrastación de la hipótesis**

### **Hipótesis general**

Los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano que influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son: pH, NaOH, sólidos suspendidos, polifenoles, DQO, DBO<sub>5</sub> y sólidos disueltos.

### **Primera hipótesis específica**

Los factores intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes, son el pH, NaOH y polifenoles; debido a que en cuanto al pH con concentración 2,5 % de NaOH, en la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1 considera 11,64, en la etapa de Lavado 2 considera 7,88. En la etapa de Lavado 3 considera 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH). Asimismo, con respecto el NaOH, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana tiene diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L; en el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo. En lo referente a los polifenoles en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L., Asimismo, con respecto a los sólidos disueltos en sus diferentes etapas presenta diferentes niveles de concentraciones como en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2 considera 44,29 g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L. En cuanto a los Sólidos suspendidos, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido presenta 0,26 g/L; en la etapa de

Lavado 1, 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L, lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, lo que evidencia que el nivel de concentración de los referidos elemento químicos van disminuyendo en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Sin embargo, en cuanto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO), en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L. Asimismo, al DBO<sub>5</sub>, por lo que en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa cocido se considera 12,77g/L. En la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración de los referidos elementos químicos va aumentando en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes.

### **Segunda hipótesis específica**

Los Factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son el pH, NaOH y polifenoles, debido a que el pH, que es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, con respecto a la concentración 2,5 % de NaOH. En la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1. En la etapa de Lavado 2, 7,88. En la etapa de Lavado 3, 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH). Asimismo, con respecto el NaOH, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente

como una base química); por lo que en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L. En el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L. En cuanto a los polifenoles en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana presenta diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L. todo ello evidencia que el nivel de concentración de los referidos elementos químicos van disminuyendo, en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no será apto para un próximo cultivo, demostrado en que el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

### **Tercera hipótesis específica**

Los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son los sólidos suspendidos, DQO, DBO<sub>5</sub>, debido a que los sólidos suspendidos o TSS, considera en la etapa cocido 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L, lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las

aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Cómo se puede apreciar en la tabla con respecto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO) en la etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo. Con respecto al La DBO<sub>5</sub>. en la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Con respecto a los sólidos disueltos a los sólidos disueltos en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Sólidos suspendidos, demostrado en que el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se

encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

#### **Cuarta hipótesis específica**

El nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo es normal, que el nivel de contaminación del suelo con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo que es regular; debido a que la categoría normal se comprueba en el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 6,5 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,074 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 7,95 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 2,35 %.

El nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo, es regular, reflejado en el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación:

fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN**

### **6.1 Discusión de resultados**

Los resultados determinaron que los factores intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo, son el pH, NaOH y polifenoles; debido a que en cuanto al pH con concentración 2,5 % de NaOH, en la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1 considera 11,64, en la etapa de Lavado 2 considera 7,88. En la etapa de Lavado 3 considera 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH). Asimismo, con respecto el NaOH, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana tiene diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L; en el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo. En lo referente a los polifenoles en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L., lo que evidencia que va disminuyendo los niveles de concentración. Con respecto a los sólidos suspendidos, en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido presenta 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L, Con respecto a los sólidos disueltos en sus diferentes etapas presenta diferentes niveles de concentraciones como en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo en el proceso de

fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Sin embargo, en cuanto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO), en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L. Y el DBO, por lo que en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa cocido se considera 12,77 g/L. En la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va aumentando.

Con respecto a los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son el pH, NaOH y polifenoles, debido a que el pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, con respecto a la concentración 2,5 % de NaOH. En la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1. En la etapa de Lavado 2, 7,88. En la etapa de Lavado 3, 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH). Asimismo, con respecto el NaOH, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, se observa en sus diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L. En el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L. Asimismo, con referente a los polifenoles en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana presenta diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de

Lavado 3, 4,03 g tánico/L. todo ello evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo, demostrado en que el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

Los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son los sólidos suspendidos DQO, DBO<sub>5</sub>, debido a que los sólidos suspendidos o TSS, considera en la etapa cocido 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L. Asimismo, en cuanto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO) en la etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L. En cuanto al DBO<sub>5</sub>. en la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13.59 y en la etapa de Lavado 3, 13.99 g/L., lo que evidencia que los niveles de concentración de los referidos elementos químicos va aumentando en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Sin embargo, con respecto a los sólidos disueltos a los sólidos disueltos en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo, demostrado en que el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

En cuanto al nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo, es regular, reflejado en el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

Tales hallazgos se relacionan en parte con Garrido, Brenes y García (1992), quienes en su estudio "Tratamiento de salmueras de fermentación de aceitunas verdes. Unidad Estructural de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla – España", encontró que las características de los diversos tratamientos de regeneración aplicables a las

salmueras de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano para poderlas reutilizar en otras operaciones dentro del proceso productivo, en especial en el envasado final de los frutos. Con ello, se reduciría el vertido de estas soluciones que son las responsables de la carga contaminante del efluente de estas industrias. Los dos métodos más interesantes son: adsorción con carbón activo, seguido de una filtración tangencial para separar el absorbente; y la ultrafiltración. En el primer caso, el tipo de carbón activo más eficaz es el denominado GA, que necesita ser utilizado en una proporción entre 5 y 10 g por litro. En el segundo, una membrana de polisulfona de 1 000 daltons de corte molecular es lo más adecuado, trabajando a una presión de 18 bars. Un pretratamiento con bentonita (2 g/l), temperatura entre 30 y 45 °C y la menor concentración inicial de polifenoles y sólidos en suspensión aumentan el rendimiento de forma considerable. En principio, un estudio económico aproximado de costes indica que la regeneración por cualquiera de los dos sistemas daría una salmuera regenerada a un precio algo inferior al obtenido al preparar el líquido de gobierno para envasar a partir de sus componentes. Tales hallazgos se relacionan en parte con Cabrera (1995), quienes en su estudio “Características y tratamiento de las aguas residuales industriales por sectores: molturado de aceituna para la obtención de aceite de oliva virgen”, concluyeron que el aceite de oliva se obtiene mediante los métodos de presión en discontinuo o por el de centrifugación en continuo, en los que se producen tres fases: aceite (20 %), un residuo sólido (30 %) y un licor acuoso (50 %). El residuo sólido (orujo), que está constituido por la pulpa y los huesos del fruto, aceite y agua, se utiliza para la extracción de aceite y, cuando está agotado (orujillo), como combustible. Otros usos del orujo y del orujillo son la alimentación animal y la producción de abonos orgánicos, composts, carbones activos y furfural.

El licor acuoso, compuesto por el agua de vegetación y los tejidos blandos de las aceitunas, y el agua usada en las distintas etapas de la elaboración del aceite, constituye el alpechín. El volumen de alpechín que se produce es de 0,5-1,5 L kg de aceituna molturada. El alpechín es un líquido

oscuro compuesto por 83-94 % de agua, 4-16 % de materia orgánica (polisacáridos, proteínas, ácidos orgánicos, polifenoles) y 0,4-2,5 % de sales (carbonatos, fosfatos, K, Na), que tiene un alto poder contaminante (DBO 35-100 g/L; DQO 45-130 g/L; CE 8-22 dS/m).

La eliminación de los alpechines es un problema crítico en los países mediterráneos. España es el tercer productor mundial de aceite de oliva. Andalucía produce el 80 % de este aceite y un volumen medio anual de  $2 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, que representan una contaminación equivalente a  $16 \times 10^6$  habitantes durante la campaña de molturación.

La depuración de los alpechines por los métodos convencionales es difícil y costosa debido al contenido de polifenoles. Estos métodos sólo consiguen rebajar la DBO a 3.000 mg en una repercusión de 4,5 - 8,5 ptas kg de aceite de oliva virgen. Otras alternativas para su eliminación son la infiltración en los suelos y la aplicación agronómica a los mismos, su compostaje o cocompostaje, o el de sus lodos, con residuos agrícolas, con lo que se reciclan sus componentes.

La implantación de un sistema de extracción de aceite en el que se producen fundamentalmente dos fases (aceite y orujo), reduce al mínimo el consumo de agua y por tanto la producción de aguas residuales que quedan reducidas al 20 – 40 % de las producida por el sistema de tres fases. Igualmente, la carga orgánica del nuevo efluente se reduce al 6 – 15 %.

Asimismo, los hallazgos se relacionan con Fernández, Arreghini, Ugarte, Herrero, Herrero, y Maya (2001), quienes en su estudio “Efluentes líquidos del procesamiento de las aceitunas verdes en fresco. Situación en la provincia de Mendoza. Grupo de Estudios Tratamiento de Aguas Residuales (G.E.S.T.A.R.)”, concluyeron que en la Provincia de Mendoza, el 90 % de la producción de aceitunas verdes se destina al consumo en fresco. La variedad más cultivada es la Arauco o Criolla (83 % de la superficie) y la Manzanilla (7

%). Las aguas residuales provenientes de las aceitunas verdes en fresco se estudian en el presente trabajo, dada su importancia en el mercado provincial. El análisis se centraliza en el Gran Mendoza.

El tratamiento con NaOH (desamarizado) en la elaboración de las aceitunas en conserva se concentra entre marzo y abril, mientras que la fermentación en salmuera alcanza hasta el mes de setiembre. El envasado en salmuera fresca se extiende durante todo el año. Esta periodicidad en los procesos define la distribución de las cargas contaminantes durante el año.

Se presentan las principales características de los distintos tipos de efluentes obtenidos de la bibliografía y de análisis locales. Se analizan técnicas de minimización y reúso de las aguas residuales a nivel regional, y su incidencia en los caudales y concentraciones finales producidos en cada operación. Finalmente, se determinó la factibilidad del uso de la dilución en el sistema de tratamiento de líquidos cloacales para diferentes zonas de la región.

Además, se relacionan en parte con Maldonado, Zuritz, Gascón, y Rey, (2003), quienes en su estudio "Difusión de Sodio en Aceitunas Verdes Durante el Tratamiento Alcalino. I: Efecto de la Concentración de la Lejía", concluyeron que la difusión de sodio en aceitunas verdes variedad Arauco (Criolla) durante el tratamiento alcalino con lejías al 1,50; 2,25 y 3,00 %, a 20 °C. Con lejía de 1,50 %, la difusión estaría controlada por la resistencia de la epidermis, resultando en menores concentraciones de sodio en la pulpa y en un tratamiento alcalino más uniforme. Con sosa al 3,00 %, la difusión estaría más afectada por la resistencia de la pulpa, resultando en mayores concentraciones de sodio en la pulpa y menor uniformidad de tratamiento. Con lejía de 2,25 %, la difusión estaría dominada al principio por la resistencia de la epidermis y luego por la resistencia de la pulpa. Este estudio permite inferir un valor final promedio de tratamiento de 0,20 meq-Na/g-aceituna como apropiado. Los datos experimentales se correlacionaron con la ecuación:  $C=C_i+A*t^{-B}$

(t=tiempo de penetración), luego A y B se correlacionaron con la distancia de penetración.

Asimismo, se relaciona López (2007). Características y tratamiento de las aguas residuales de la industria de aderezo de aceituna de mesa. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla – CSIC. El autor concluye que la producción mundial de aceituna de mesa ronda el millón de toneladas de las que España produce el 30 %. De la producción española, un 75 % corresponden a aceitunas verdes, y un 25 % a negras, que son fabricadas por procesos diferentes. El 50 % son consumidas por el mercado interno, y el otro 50 % se destina a exportación.

En España, la producción se centra fundamentalmente en Andalucía, que representa el 75 % de la producción nacional, y corresponde a las variedades Gordal Sevillana, Manzanilla de Sevilla y Hojiblanca cultivadas en las provincias de Sevilla, Málaga, Córdoba y Huelva.

Hernández-Acosta, Quiñones-Aguilar, Cristóbal-Acevedo y Rubiños, (2014). Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México, El estudio concluye que existe contaminación alta por coliformes fecales (en agua, suelo y plantas) y huevos de helmintos en las aguas residuales utilizadas para riego de cultivos en el DR 028 en Tulancingo, Hidalgo. Los valores obtenidos rebasan los límites permisibles de las normas mexicanas, por lo que el riesgo para la salud por la presencia de estos parásitos es evidente. En consecuencia, se sugiere implementar sistemas de tratamiento a las aguas residuales, antes de utilizarlas para el riego de cultivos forrajeros. Se recomienda en investigaciones posteriores, identificar las fuentes puntuales de contaminación de coliformes fecales y de huevos de helmintos en la zona de estudio.

Asimismo, tales hallazgos se relacionan con Marcano y Delvasto (2016), quienes en su estudio “Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas. Revista de Investigación”, concluyó que tuvo como finalidad determinar, en suelos, la concentración de metales pesados provenientes de pilas gastadas de tipo alcalina, Ni-Cd y Ni-MH. Para ello se emplearon columnas de percolación en las cuales se colocó suelo natural con muestras de pilas abiertas y cerradas. Las columnas fueron irrigadas con agua destilada durante 20 semanas. Transcurrido este tiempo, se extrajeron muestras de suelo de las columnas a distintas profundidades y se analizó el contenido total de metales pesados en los mismos, mediante espectroscopia de absorción atómica aplicando una metodología de extracción secuencial. Se encontró que los metales Zn, Mn, Ni, Cd, Co y Fe excedieron los límites permitidos por las normativas ambientales venezolanas en términos de concentración para el suelo que contenía pilas abiertas. Para los suelos que contenían pilas cerradas, solamente se cuantificó Mn y Fe, aunque por debajo de los límites permitidos.

## CONCLUSIONES

1. Se ha establecido que los factores asociados a las aguas residuales provenientes del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano que influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son el pH, concentración de NaOH, sólidos suspendidos, polifenoles, DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos disueltos, los mismos que afectan al suelo, en cuanto al pH, sólido intercambiable, contenido sales y materia orgánica.

2. Se ha establecido que los factores intervienen a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillano, son el pH, concentración de NaOH, sólidos suspendidos, polifenoles, DQO, DBO<sub>5</sub> y sólidos disueltos, debido a que en cuanto al pH con concentración 2,5 % de NaOH, en la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1 considera 11,64, en la etapa de Lavado 2 considera 7,88. En la etapa de Lavado 3 considera 6,47. Asimismo, con respecto a la concentración de NaOH, en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana presenta diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L; en el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L. Referente a los polifenoles en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa variación en los niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L. Y respecto a los sólidos suspendidos, en las etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferencia de niveles de concentraciones, como: etapa de cocido presenta 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L. Con respecto a los

sólidos disueltos en sus diferentes etapas presenta niveles de concentraciones como en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, 44,29 g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración de los referidos elementos químicos va aumentando en el proceso de fermentación de la aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Sin embargo, en cuanto al DQO la demanda química de oxígeno (DQO), en las diferentes de etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L. En cuanto a DBO, por lo que en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana se observa diferentes niveles de concentraciones, como: etapa cocido se considera 12,77 g/L. En la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 g/L y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va aumentando.

**3.** Se ha establecido que los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que más influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son el pH, NaOH y polifenoles, debido a que el pH, que es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, con respecto a la concentración 2,5 % de NaOH. En la etapa cocido considera 13,6. En la etapa de Lavado 1. En la etapa de Lavado 2, 7,88. En la etapa de Lavado 3, 6,47. Al respecto, se puede apreciar que va disminuyendo el nivel de potencial de hidrogeniones (pH). Asimismo, con respecto el NaOH, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química); por lo que en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana

presenta diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido que posee 11,40 g/L. En el lavado 1, 4,40 g/L. En la etapa del Lavado 2, el 1,58 g/L. En cuanto a los polifenoles en las diferentes etapas de la producción de aceituna verde estilo sevillana presenta diferentes niveles de concentraciones, como: etapa de cocido se considera 4,12 g tánico/L. En la etapa de Lavado 1, 4,05 g tánico/L. En la etapa de Lavado 2 de igual forma 4,05 g tánico/L y en la etapa de Lavado 3, 4,03 g tánico/L., todo ello evidencia que el nivel de concentración de los referidos componentes químicos va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo, demostrado en que el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

**4.** Los factores asociados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana que menos influye en la contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, son los sólidos suspendidos, DQO, DBO<sub>5</sub>, debido a que los Sólidos suspendidos o TSS, considera en la etapa cocido 0,26 g/L; en la etapa de Lavado 1; 0,25 g/L; en la etapa de Lavado 2, 0,23 g/L. En la etapa de Lavado 3, 0,23 g/L. Con respecto a los sólidos disueltos en la etapa de cocido se considera 45,53 g/L; en la etapa de Lavado 1, 45,04 g/L. En la etapa de Lavado 2, g/L y en la etapa de Lavado 3, 44,08 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va disminuyendo, en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado

a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo.

Sin embargo, el DQO, la demanda química de oxígeno (DQO) en la etapa de cocido se considera 22,99 g/L. En la etapa de Lavado 1, 23,78 g/L. En la etapa de Lavado 2, 22,46 g/L. y en la etapa de Lavado 3 considera 25,19 g/L. Con respecto al La  $DBO_5$  en la etapa de Lavado 1, 13,21 g/L. En la etapa de Lavado 2, 13,59 y en la etapa de Lavado 3, 13,99 g/L., lo que evidencia que el nivel de concentración del referido elemento químico va aumentando en el proceso de fermentación de las aceitunas verdes, que posteriormente al ser trasladado a los pozos sin aislamiento se convierte en un aspecto ambiental que tiene reacciones considerables en el suelo, es decir, un impacto negativo, por lo que el suelo no se hará apto para un próximo cultivo, demostrado en que el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

**5.** El estado del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, sin la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo, es normal, reflejado en el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 6,5 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,074 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 7,95 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En

cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 2,35 %.

**6.** El nivel de contaminación del suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, 2017, con la intervención de factores relacionados a las aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana suelo, es regular, reflejado en el estado de contaminación del suelo con respecto al pH es de 8,4 de nivel de concentración, por lo que se encuentra en la clasificación fuertemente alcalino. En cuanto al sodio intercambiable es 0,385 mEq/100 g suelo, por lo que se encuentra en la clasificación: moderado. Asimismo, con respecto al contenido de sales es 16,3 mS/cm., por lo que se encuentra en la clasificación: fuertemente salinos. En cuanto a los resultados del contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra en la clasificación: muy bajo, con 0,12 %.

## RECOMENDACIONES

1. Al Ministerio de Agricultura, desarrolle una propuesta normativa de carácter preventivo, de carácter de gestión, de carácter represor y reparador, al problema ambiental relacionado a las aguas residuales de actividades agroindustriales, que contaminan los suelos, como por ejemplo las producidas por aguas residuales proveniente del tratamiento de la aceituna.
2. Al Ministerio de Agricultura, ordene a quien corresponda elabore el Informe de identificación de sitios contaminados (suelo) y el Plan de descontaminación de suelos en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, por aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas, basado en la Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)
3. Al Órgano de Fiscalización Ambiental de Tacna (OEFA), proceda a la fiscalización en el distrito de la Yarada los Palos, región de Tacna, para determinar responsabilidad a los productores de aceituna, por contaminar los suelos, como resultado de las aguas residuales proveniente del tratamiento de la aceituna.
4. Al Ministerio de Agricultura de la Yarada Los Palos, región de Tacna, disponga la capacitación a los agricultores para que desarrollen otros métodos de producción de la aceituna, específicamente el proceso de fermentación de aceitunas verdes, sin contaminar el suelo.
5. A los productores de aceituna, desarrollen buenas prácticas de la producción de la misma, desarrollen de forma adecuada, sin contaminar el suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroecología Universidad Cochabamba-Bolivia (1988). *Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en Laboratorio*.
- Caballero, A. (2014). *Metodología integral innovadora para planes y tesis*. Lima.
- Cabrera, F. (1995). Características y tratamiento de las aguas residuales industriales por sectores: molturado de aceituna para la obtención de aceite de oliva virgen. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC.
- Cabrera, F. (1995). Características y tratamiento de las aguas residuales industriales por sectores: molturado de aceituna para la obtención de aceite de oliva virgen. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC. Apartado 1052, 41080 Sevilla.
- Campos, C. (2003). *Los procesos de control interno en el departamento de ejecución presupuestal de una institución del Estado*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima
- Clavijo, C.; Chipana, V.; Centeno; Zúñiga, D. y Guillén, C. (2012). Aislamiento, caracterización e identificación de Bacterias Diazotróficas de la Rizósfera del Cultivo de Olea europea”, en Tacna Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima.
- Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM
- Domènech, X. & Peral, J. (2012). Química Ambiental de sistemas terrestres José Peral (Profesor Titular de Universidad de Química Física) Departamento de Química Universitat Autònoma de Barcelona, Editorial Reverté. S.A.
- Enciclopedia (2017). Definición de sólidos disueltos. Recuperado de [www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/](http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/)

- Espinoza, J. (2014). Gestión de los efluentes líquidos generados en la Planta de Harina y Aceite de Pescado, de la Empresa Corporación PFG-Centinelas SAC. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo.
- Estrada, J. (2011). La aceituna de mesa: Nociones sobre sus características, elaboración y cualidades. Andalur
- Fernández et al (1985). *Biotecnología de la aceituna de mesa*. Instituto de la Grasa y sus Derivados. C.S.I.C. Sevilla - España.
- Fernández, J.; Arreghini, M.; Ugarte, S.; Herrero, C.; Herrero, O. y Maya, S. Efluentes líquidos del procesamiento de las aceitunas verdes en fresco. Situación en la provincia de Mendoza. Grupo de Estudios Tratamiento de Aguas Residuales (G.E.S.T.A.R.) Inst. Medio Amb. – Fac. Ing. (D.E.T.I.). - U.N. Cuyo Centro Universitario - Mendoza - República Argentina.
- García, P. y Sánchez, A. (2005). Primer curso de elaboración de aceituna de mesa”. CITE- Agroindustrial Tacna – Junta de Andalucía – EXTENDA (Agencia Andaluza de Promoción Exterior). Tacna-Perú.
- Garrido, A. (1979). Modificaciones de los procesos de elaboración y envasado de aceitunas verdes de mesa en relación con la eliminación y reúsos de vertidos.II. XV Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla.
- Garrido, A. (1991). *Elaboración de la aceituna de mesa*”. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 81*. Roma.
- Garrido, A. (1980). *Aguas residuales del aderezo de aceitunas. Posibilidades de tratamiento y reutilización*”. *Seminario sobre tratamiento y reciclado de aguas residuales de bajos costos económicos y energéticos*. OCDE. Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- Garrido, A. (1983). *Grasas y aceites*. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla - España.
- Garrido, A.; Brenes, M. y García, P. (1992). *Tratamiento de salmueras de fermentación de aceitunas verdes. Unidad Estructural de Biotecnología de Alimentos*. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla - España.

- Garrido, A.; García, P.; López, A. ; y Arroyo, N. (2004). *Características nutricionales del aceite de oliva y las aceitunas de mesa*. Instituto de la Grasa y sus Derivados – Enciclopedia del Olivo del TDC-OLIVE. Sevilla - España.
- Hernández-Acosta, E.; Quiñones-Aguilar, E.; Cristóbal-Acevedo, D.; Rubiños, J. (2014). Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 20, núm. 1, 2014, pp. 89-100 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México.
- López, R. (2007). Características y tratamiento de las aguas residuales de la industria de aderezo de aceituna de mesa. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla – CSIC
- López, R. (s/f). Características y tratamiento de las aguas residuales de la industria de aderezo de aceituna de mesa. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla – CSIC.
- Maldonado, M.; Zuritz, C., A.; Gascón, A. y Rey, E. (2003). Difusión de Sodio en Aceitunas Verdes Durante el Tratamiento Alcalino. I: Efecto de la Concentración de la Lejía. Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Grasas y Aceites 358 Vol. 54. Fasc. 4 (2003), Recuperado de 358-364 [https://www.researchgate.net/profile/Mariela\\_Maldonado/publication/26523894\\_Difusion\\_de\\_sodio\\_en\\_aceitunas\\_verdes\\_durante\\_el\\_tratamiento\\_alcalino\\_I\\_Efecto\\_de\\_la\\_c](https://www.researchgate.net/profile/Mariela_Maldonado/publication/26523894_Difusion_de_sodio_en_aceitunas_verdes_durante_el_tratamiento_alcalino_I_Efecto_de_la_c)
- Marcano, K.; Delvasto, P. (2016). Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas Revista de Investigación, vol. 40, núm. 88, mayo-agosto, 2016, pp. 78-104 Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela.
- Norma Técnica Peruana (2006). Aceituna de Mesa: Definiciones, requisitos y rotulados. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Primera edición.
- OEFA - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2014). La fiscalización ambiental en Aguas Residuales (2014). Organismo de

Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA Primera edición: abril.

Silva, S. & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Universidad de Medellín- Colombia.

Vannes y Abbott (1991). Termodinámica. Departamento de Ingeniería Química. Segunda Edición- México D.F.

Villarroel, J. (1988). Agruco (Agroecología Universidad Cochabamba-Bolivia).

## **ANEXO**

### **PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA PARA AFRONTAR LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO, PRODUCIDAS POR AGUAS RESIDUALES PROVENIENTE DEL TRATAMIENTO DE LA ACEITUNA**

#### **I. Fundamentación de la propuesta**

El sector del distrito de La Yarada Los Palos se concentra la mayor 90% de producción de aceitunas en la región de Tacna; por lo que en la preparación comercial de los diferentes tipos de aceitunas de mesa se producen una serie de vertidos líquidos. El volumen de los mismos depende de la elaboración, dándose una estimación por kg de frutos. En ella se ha distinguido procesos tradicionales y con reúsos, ya que, entre unos y otros, el volumen oscila considerablemente. El tratamiento de aceitunas aderezadas (por oxidación) es el que da lugar a una cantidad mayor de aguas residuales aun aplicando ciertas reutilizaciones de lejías y suprimiendo algunas aguas de lavado. En el caso de aceitunas verdes estilo español o sevillano se generan menos aun pudiendo llegarse sólo a 1 L/Kg aproximadamente, cuando se aplican las medidas especificadas en dicha tabla. Por último, en la fermentación de negras naturales y de color cambiante en salmuera se obtienen los residuos líquidos menos importantes, con sólo 0,5 a 1kg.

Estos problemas graves producto de los aspectos ambientales proveniente de la producción de la aceituna generan una preocupación por el daño ambiental que se viene dando; de continuar tal situación, todo el suelo del distrito La Yarada los Palos será degradado y, no será apto para cualquier cultivo. Por tanto, se hace perentorio desarrollar PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA

PARA AFRONTAR LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO, PRODUCIDAS POR AGUAS RESIDUALES PROVENIENTE DEL TRATAMIENTO DE LA ACEITUNA.

## **II. Objetivos de la propuesta**

Proponer líneas de actuación para afrontar la contaminación del suelo, producidas por aguas residuales proveniente del tratamiento de la aceituna.

## **III. Líneas de actuación**

- a) Proponer normas de carácter preventivo, de carácter de gestión de la contaminación, de carácter represor y reparador, al problema ambiental relacionado a las aguas residuales de actividades agroindustriales, que contaminan los suelos, como por ejemplo las producidas por aguas residuales proveniente del tratamiento de la aceituna.
- b) Diseñar la estructura del Informe de identificación de sitios contaminados (suelo) y el Plan de descontaminación de suelos en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, por aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas, basado en la Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)
- c) Enviar la presente tesis al Órgano de Fiscalización Ambiental de Tacna (OEFA), para su análisis respectivo, y que proceda a la fiscalización en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, para determinar responsabilidad a los productores de aceituna, por contaminar los suelos, como resultado de las aguas residuales proveniente del tratamiento de la aceituna.

- d) Los directivos del Ministerio de Agricultura conjuntamente con el investigador desarrollar un plan de capacitación de buenas prácticas del proceso de fermentación de aceitunas verdes, capaciten a todos los productores de aceituna para que la producción de la misma lo desarrollen de forma adecuada, sin contaminar el suelo.

#### **IV. Contenido de la propuesta**

##### **Estructura del informe de identificación de sitios contaminados (suelo) para Suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, por aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana**

Basado en la Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

- 1. Información documental del predio (actual e histórico) en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna**
  - Nombre del sitio (nombre oficial y denominación popular)
  - Ubicación del sitio (incluye dirección y coordenadas geo-referenciadas)
  - Usos del suelo actual e histórico
  - Título de Propiedad, contratos de arrendamiento, concesiones, u otras
  - Mapa de Procesos
  - Cuadros de materia prima, productos, subproductos, residuos
  - Sitios de disposición y descargas
  - Informes de monitoreo dirigidos a la autoridad
  - Estudios específicos dentro del predio
  - Procedimientos administrativos a los que se vio sometido el predio
- 2. Características generales naturales del sitio: Suelo en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna**
  - Geológicas (estructura, estratigrafía, litología)

- Hidrogeológicas
  - Hidrológicas (localización de pozos, datos de potenciometría, profundidad de nivel de agua, calidad del agua, zonas de recarga y descarga)
  - Topográficas
  - Datos climáticos (precipitación, temperatura, dirección predominante del viento, velocidad de viento).
  - Cobertura vegetal
- 3. Fuentes potenciales de contaminación**
- Derrame de aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana
- 4. Focos potenciales**
- Priorización y validación
  - Mapa de los focos potenciales (mapa de riesgos)
- 5. Vías de propagación y puntos de exposición**
- Características del uso actual y futuro
- 6. Características del entorno**
- Fuentes en el entorno
  - Focos y vías de propagación (agua subterránea, aire)
- 7. Plan de Muestreo de Identificación**
- 8. Resultados del Muestreo de Identificación**
- 9. Modelo Conceptual Preliminar (inicial) (EO 7+ fuentes y foco fuera del predio)**
- 10. Propuesta de actividades en la Fase de Caracterización\***
- Incluye el cronograma de actividades para la elaboración del PDS
- 11. Anexos**
- Planos topográficos de la ubicación de puntos de muestreo, ubicando aquellas que superan los ECA para suelo y/o los niveles de fondo
  - Planos de las instalaciones (normalmente 1:10000), geo-referenciados y orto-correctados.
  - Memoria fotográfica
  - Documentos que sustenten la investigación preliminar
  - Entrevistas

## **PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS, REGIÓN DE TACNA, POR AGUAS RESIDUALES PROVENIENTE DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE ACEITUNAS VERDES ESTILO SEVILLANA**

Cuando se determine la existencia de un sitio contaminado derivado del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana, el titular de la Dirección Regional de Agricultura debe presentar el Plan de Descontaminación de Suelos (PDS), el cual es aprobado por la autoridad competente. El PDS abarca la fase de caracterización y las propuestas de acciones de remediación. La fase de caracterización procede cuando los resultados de la fase de identificación determinan que se supera los ECA para suelo o los niveles de fondo. Tiene por objeto determinar la extensión y profundidad de la contaminación del sitio, y comprende el desarrollo del muestreo de detalle, el estudio de caracterización, el estudio de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA) cuando corresponda, que, junto a la propuesta de acciones de remediación, conforma el Plan de Descontaminación de Suelos (PDS), que debe ser presentado a la autoridad competente para su evaluación y aprobación.

### **2.1. Fase de caracterización**

Tal como se indicó está conformado por el estudio de caracterización, el muestreo de detalle y el estudio de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA) cuando corresponda.

#### **2.1.1. Estrategia para el estudio de caracterización**

Con la información recopilada en la fase de identificación, y habiendo realizado el modelo conceptual inicial del sitio contaminado, se debe planificar el proceso de intervención para la caracterización del sitio, determinando las

concentraciones de los contaminantes en el suelo, las posibles rutas de exposición, y en base a ello determinar la posible contaminación de componentes ambientales como aguas superficiales y/o subterráneas y la fase gaseosa del suelo en la atmósfera circundante. La aplicación de una planeación dinámica permite correcciones durante el proceso de caracterización conforme se va ganando conocimientos.

Objetivos principales de la estrategia de caracterización son:

- Determinar la profundidad y extensión de la contaminación del sitio en estudio.
- Comprobar o descartar sospechas de contaminación (sustancias y focos) fuera y dentro del sitio.
- Retroalimentar el Modelo Conceptual (ver Anexo N° 4), considerando las rutas, vías de exposición y los efectos en los receptores.
- Conocer la posibilidad de contaminación procedente de otras fuentes no asociadas al sitio.

Como resultado de la información generada, se establece la necesidad de continuar con los siguientes procesos de gestión de un suelo contaminado: la realización del ERSA (de ser el caso) y la propuesta de acciones de remediación.

### **2.1.2. Muestreo de detalle**

Tiene por objetivo obtener muestras representativas de suelo para determinar el área y volumen (la distribución horizontal y vertical) de los contaminantes del suelo en las áreas de interés determinadas a través de la fase de identificación.

El muestreo de detalle, cuantifica y delimita las zonas de afectación del suelo y las plumas de propagación en el agua superficial o subterránea, tanto en espacio y tiempo, a partir del modelo conceptual redefinido. Caracteriza los medios en relación a factores que influyen en la liberación, migración y comportamiento de los contaminantes, a través de la delimitación y cuantificación de los focos; así el muestreo de detalle deberá también enfocarse a la determinación de las probables rutas y vías de exposición

debiendo considerar los posibles puntos de exposición en el caso de que se lleve a cabo una ERSA.

### **2.1.3. Evaluación de riesgos a la salud y el ambiente**

Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación (NR) específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

Los estudios de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA) no tienen como objeto el justificar la no realización de acciones de remediación, sino determinar técnicas de remediación aptas para mitigar los riesgos a la salud y el ambiente a un nivel aceptable. La ERSA se elabora a través del modelo conceptual del sitio, considerando la toxicidad, las características físico-químicas, la distribución, los mecanismos de liberación y de transporte de los contaminantes infiriéndose las posibles rutas y vías de exposición, así como los receptores potenciales dentro del sistema. De acuerdo a la Segunda Disposición Complementaria del D.S. N° 002-2013-MINAM, la elaboración del Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente se realiza en base a la Guía para la elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente.

Análisis de las mejoras técnicas disponibles

- Análisis de sostenibilidad de alternativas
- Análisis de Ecoeficiencia
- De ser el caso: Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto
- Análisis de costo/efectividad (opcional)

Seleccionada una alternativa de remediación, para su ejecución se requiere de, una planificación detallada, considerando:

- Descripción detallada y representación gráfica de las acciones de remediación
- Plan de control y de monitoreo en la ejecución
- Plan de muestreo de comprobación
- Cronograma de ejecución de actividades
- Propuestas de medidas de seguimiento
- Estimación de costos

En la elaboración de las propuestas de acciones de remediación, se debe considerar entre otros, los siguientes puntos:

- Si se remueven los suelos contaminados durante los procesos de tratamiento, se almacenarán y manejarán en lugares o superficies, de manera tal que se evite la lixiviación y la filtración de contaminantes en suelos.
- Cuando las acciones de remediación se lleven a cabo en el sitio de la contaminación, se deberá contar con un sistema de captación de lixiviados y no deberán aplicarse proceso o medida de tratamiento alguno en el que se involucren soluciones de agentes químicos o biológicos que transfieran de manera descontrolada los contaminantes de un medio a otro.
- Cuando en las acciones de remediación se empleen métodos o técnicas que liberen vapores, se deberá contar con el sistema de captación correspondiente.
- Los polvos y gases que se emitan como resultado de tratamientos térmicos en la remediación no excederán las concentraciones establecidas en los ECA de aire y/o los LMP.
- La disposición final de los suelos tratados que hayan cumplido con los ECA para suelo, los NF y/o los NR establecidos, podrá realizarse en los sitios que de común acuerdo se establezcan entre la autoridad competente y el responsable.
- En caso de que el suelo contaminado haya sido excavado para su confinamiento, el sitio deberá ser rellenado con material semejante al de la localidad y conforme a la topografía del sitio.
- Cuando deba excavarse o removerse el suelo contaminado para llevar a cabo las acciones de remediación, no deberá quedar remanente de

contaminación en el sitio de acuerdo con los ECA para suelo, NF o los NR (de ser el caso) establecidos en la propuesta de remediación.

□ La adición de microorganismos al suelo se realizará, únicamente, cuando se haya comprobado en campo su necesidad y eficacia.

Se considerará que los suelos son tratados a un lado del sitio (on-site), cuando el tratamiento se realiza sobre un área adyacente al sitio contaminado o sobre un área dentro del sitio contaminado, previa remoción del suelo y materiales semejantes a suelos.

Serán suelos tratados fuera del sitio (off-site), cuando se remueve el suelo y los materiales semejantes a suelos contaminados a un lugar fuera de aquél donde se ubican, para someterlos a tratamiento en instalaciones fijas autorizadas.

Son materiales semejantes a suelos todos aquéllos que por sus propiedades mecánicas, físicas y químicas presenten semejanzas con los suelos contaminados, tales como lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamos<sup>6</sup>, tanques de almacenamiento, entre otros.

### **2.3. Contenido del plan de descontaminación de suelos para en el distrito de la Yarada Los Palos, región de Tacna, por aguas residuales proveniente del proceso de fermentación de aceitunas verdes estilo sevillana**

#### **Contenido de un Plan de Descontaminación de Suelos**

##### 1. Datos generales

1.1. Nombre y/o Razón Social del que presenta el PDS

1.2. Nombre y firma del representante legal (en su caso)

1.3. Domicilio para recibir notificaciones

1.4. Datos de las empresas (consultoras, laboratorios, etc.) que intervinieron en la elaboración del PDS

##### 2. Estudio de Caracterización

## 2.1. INFORMACIÓN DEL SITIO CONTAMINADO

2.1.1. Ubicación del sitio contaminado

2.1.2. Descripción del sitio contaminado

2.1.3. Uso actual del sitio contaminado

2.1.4. Descripción de las condiciones climáticas, geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas

2.1.5. Levantamiento técnico y topográfico de las condiciones del sitio

## 2.2. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DEL MUESTREO DE DETALLE

2.2.1. Descripción del trabajo en campo

2.2.2. Resultados de campo

2.2.3. Resultados analíticos

## 2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DISPONIBLES

2.3.1. Modelo Conceptual

2.3.2. Estimación del área y volumen del suelo contaminado

2.3.3. Conclusiones y recomendaciones 3. Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) – Opcional1.

## 4. Propuestas de Acciones de Remediación

### 4.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA REMEDIACIÓN

### 4.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS ACCIONES (ALTERNATIVAS) DE REMEDIACIÓN

4.2.1. Análisis de mejores técnicas disponibles

4.2.2. Análisis de la sostenibilidad de las alternativas

4.2.3. Análisis de ecoeficiencia de las propuestas

4.2.4. Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto

4.2.5. Análisis de costo/efectividad (opcional)

4.2.6. Propuesta seleccionada de acciones de remediación

### 4.3. PLANIFICACIÓN DETALLADA DE LA PROPUESTA SELECCIONADA

4.3.1. Descripción de las acciones de remediación

4.3.2. Plan de control y de monitoreo en la ejecución

4.3.3. Plan de muestreo de comprobación

4.3.4. Plan de manejo de residuos

4.3.5. Cronograma de ejecución de actividades

4.3.6. Propuestas de medidas de seguimiento

4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Anexos

5.1. Planos

5.2. Plan de muestreo de detalle

5.3. Documentación del muestreo de detalle

5.4. Tablas y representación gráfica de los resultados

5.5. Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización)

5.6. Documentos de procesos administrativos

5.7. Hojas técnicas y de seguridad de insumos