



"ESTUDIO PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA, II TEMPORADA, Y PROSPECCION DE LAS CONDICIONES EDAFICAS SOBRE EL RUBRO OLIVÍCOLA, SECTOR COSTERO VALLE DEL HUASCO"

INFORME FINAL PROYECTO FIC 33-01-214 GOBIERNO REGIONAL DE ATACAMA SEPTIEMBRE 2013

Ejecutado por: FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE y DICTUC S.A

DATOS DEL PROYECTO

- Nombre del proyecto: "ESTUDIO PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA, II TEMPORADA, Y PROSPECCION DE LAS CONDICIONES EDAFICAS SOBRE EL RUBRO OLIVÍCOLA, SECTOR COSTERO VALLE DEL HUASCO"
- Ejecutor: Facultad de Agronomía, PUC.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo continuar aplicando un enfoque científico y multidisciplinario para abordar la problemática de la zona olivícola del Huasco, III Región, zona que ha sufrido los impactos causados por las emisiones atmosféricas asociadas a las actividades del complejo industrial de Huasco, lo que puede estar afectando la productividad de los olivos.

Dado algunos resultados preliminares de la primera temporada de estudio, se han detectado factores de manejo agronómico de producción, que están interviniendo de manera importante en la productividad de los árboles. La evaluación de estas variables de tipo agronómico son necesarias para determinar el impacto que tienen sobre la producción de los olivos y así conocer el efecto real de la contaminación atmosférica.

Se ha visto, que una de las variables que explicaría la heterogeneidad de la productividad de los huertos dedicados a la olivicultura del Valle del Huasco, serían las distintas condiciones edáficas donde se producen. En algunos casos se encuentran sectores que presentan limitantes físicas de suelo que no permiten un desarrollo adecuado de la raíz y en otros casos existen limitaciones químicas de suelo que impiden una nutrición hídrica y mineral adecuada. Una vez que se pueda aislar los factores de suelo limitantes, se podrá tener un diagnóstico que permita prescribir manejos con el objetivo de minimizar o mitigar la limitación edáfica y nutricional, que impide mantener o aumentar la productividad de los huertos.

<u>Objetivo General:</u> Determinar y evaluar, el impacto ambiental producido por la emisión de contaminantes atmosféricos, generados por el complejo industrial, incluyendo una identificación de los factores agronómicos, sobre la productividad de los olivos en la zona costera del Valle de Huasco.

Objetivos Específicos:

<u>OE1</u>: Determinar la cantidad de material particulado sedimentable (y de los elementos presentes en él) y las características de la lluvia ácida (nitratos, nitritos, sulfatos, cloruros, acidez total), depositados sobre las hojas, flores y frutos.

<u>OE2</u>: Identificar las limitantes edáficas en las áreas de producción de los olivos.

<u>OE3</u>: Determinar el efecto del MP presente en la superficie de los frutos en los productos de la industria olivícola; aceituna de mesa y aceite.

<u>OE4:</u> Evaluar y determinar el umbral de concentración de elementos presentes en la lluvia ácida, correlacionándolo con las condiciones propias del valle.

<u>OE5:</u> Estimar el efecto real del impacto de la contaminación atmosférica, con la productividad de los olivos del Valle.

<u>OE6:</u> Proponer un sistema de manejo agronómico con el fin de disminuir o mitigar las limitaciones edáficas que afectan la productividad de los olivos, entregando una herramienta de apoyo práctica para la toma de decisiones en el manejo productivo.

<u>OE7:</u> Proponer un sistema de mitigación del impacto de la contaminación sobre la producción de aceitunas y aceite, en caso de que existiese.

Las principales actividades a realizar son:

- Monitorear y cuantificar la concentración del material particulado y elemento presentes en la lluvia ácida del Valle de Huasco.
- Identificas las condiciones edáficas que afectan la productividad de los olivos.
- Una vez identificada las condiciones edáficas y de manejo evaluar el impacto real de la contaminación ambiental, utilizando huertos modelos.
- Determinar el efecto del material particulado en los productos de la industria olivícola.
- Proponer medidas de mitigación tanto para las limitaciones edáficas y agronómicas que afecta a la productividad como para la elaboración de productos olivícolas (aceitunas y aceite) si es que estos presentan problemas por efecto de la contaminación ambiental.

Los beneficiarios de este proyecto son:

- a) El Sector olivícola de la zona baja del Valle del Huasco, que tendrá un diagnóstico de las condiciones en las cuales se encuentra su producción de olivos y las posibles medidas agronómicas de mitigación de esas condiciones, y estrategias para minimizar los impactos económicos sobre la actividad agrícola. Este sector son los beneficiarios directos.
- b) La población de toda la zona baja del Valle que tiene como actividad principal, la actividad agrícola ya sea de producción de olivos, como de otros cultivos presentes en la zona dado que los resultados permitirán establecer las condiciones edáficas y medidas agronómicas de recuperación de suelos de gran parte del valle. Este grupo corresponde a los beneficiarios indirectos.

La provincia del Huasco se ha caracterizado por la producción olivícola destinada a la producción de aceitunas y aceite de oliva.

A partir de la década del 1980, se ha apreciado una disminución de la cantidad de olivas cosechadas y la calidad de los productos industrializados, especialmente aceitunas se han visto afectados por la oxidación no deseada en la elaboración de aceitunas Verde Estilo Sevillano, que se caracterizan por presentar una coloración verde amarillento en el producto terminado.

De acuerdo a antecedentes de los productores olivícolas de la provincia, es causado por la presencia de las partículas de hierro emanadas de la producción minera existente en la zona.

El Gobierno Regional de Atacama, mediante financiamiento FIC, ha encargado a la Universidad Católica de Chile (UC), determinar el efecto de elementos contaminantes sobre la producción industrial del rubro olivícola.

Capítulo 1:

Concentración de material particulado depositados sobre las hojas, flores y frutos.

Monitoreo ambiental en el valle del Huasco.

El monitoreo ambiental de la calidad del aire en el valle del Huasco se ha venido realizando desde los años '90, y se ha enfocado a tres contaminantes específicos:

- a) Material particulado sedimentable (MPS) y al contenido de hierro en este sedimentable, como parte de la normativa del DS4 del Ministerio de Agricultura que definió una norma de calidad de aire secundaria para el Valle del Huasco.
- b) Monitoreo ambiental de dióxido de azufre (SO₂), como parte del seguimiento de proyectos de generación termoeléctrica en el complejo industrial del Huasco, en particular de la central termoeléctrica Guacolda de Eléctrica Guacolda S.A.
- c) Monitoreo de material particulado respirable total (MP10) en la ciudad de Huasco, también asociado a un seguimiento de los impactos en calidad del aire, pero enfocado a estimar el riesgo en la salud de las personas, es decir, al cumplimiento de la normativa de calidad del aire primaria para el MP10.

En resumen, los dos primeros contaminantes se han monitoreado en toda la zona baja del valle, con el objetivo de hacer un seguimiento a los potenciales impactos de ellos en la actividad agrícola y los recursos naturales, especialmente en el caso de la actividad olivícola. El MP10 se ha medido solamente en la ciudad de Huasco por un tema de salud pública, lo que queda fuera del alcance del presente estudio.

Monitoreo ambiental de MPS y su contenido de hierro.

Este monitoreo ambiental se ha venido haciendo en seis puntos ubicados en la zona baja del valle, como se muestra en la figura 1.

Históricamente los datos del monitoreo mensual de MPS y de su contenido de hierro han presentado un comportamiento estacional, con menores valores en los meses de invierno cuando los vientos son más débiles y mayores valores en verano cuando los vientos son más intensos. Las siguientes figuras muestran los resultados de la red de monitoreo administrada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el periodo enero 2000 a enero 2013.

En primer lugar, la figura 2 muestra que los datos del MPS poseen gran variabilidad estacional en cada año, y que en algunos años algunas estaciones (SAG2, SAG3 y SAG5) han medido valores considerablemente mayores que las demás estaciones, produciéndose excedencias a la normativa del DS 4 de 1992 del Ministerio de Agricultura, que fija valores máximos mensuales y anuales para el MPS, los que corresponden a 150 y 100 [mg/(m²· día)], respectivamente.



Figura 1. Red de monitoreo de MPS en el valle del Huasco, administrada por el SAG.

Con respecto a la situación del hierro en el material particulado, este elemento constituye un indicador específico de las emisiones de la planta de pellets de CMP. La figura 3 se muestra que ha habido una reducción en el promedio anual del hierro sedimentable, lo que se puede atribuir a reducciones de emisiones en esa planta industrial.

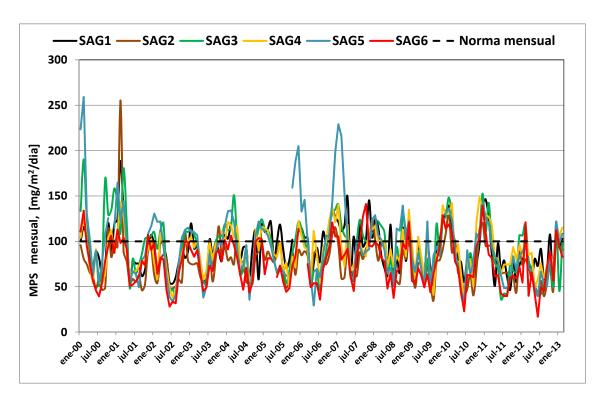


Figura 2. Monitoreo mensual MPS, Enero 2000- Enero 2013. Fuente: SAG.

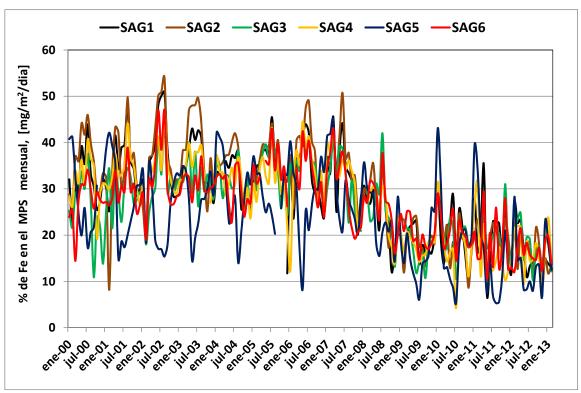


Figura 3. Monitoreo mensual hierro en el MPS, Enero 2000- Enero 2013. Fuente: SAG.

Evaluación de cumplimiento de la normativa ambiental del DS 4.

La Tabla 1 presenta un resumen del cumplimiento de la normativa mensual y anual, tanto para el MPS como para el contenido de Fe en el MPS.

Se aprecia que la normativa mensual del MPS se ha excedido en al menos 4 meses al año, aunque ha tenido una tendencia a la reducción en los últimos 2 años. La norma anual se está cumpliendo en los últimos cuatro años de datos.

Con respecto a la normativa del Fe contenido en el MPS, la norma anual se está cumpliendo desde el año 2008 a la fecha, mientras que para la norma mensual el cumplimiento se está verificando desde el año 2009 a la fecha.

Tabla 1. Evaluación de cumplimiento del DS 4.

| | dacion de cumpinne | | L 1100 | l 5 1456 |
|------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Año | excede MPS anual | excede Fe-MPS anual | meses excede MPS | meses excede Fe-MPS |
| 2000 | 1 | 0 | 8 | 3 |
| 2001 | 1 | 1 | 7 | 2 |
| 2002 | 0 | 0 | 7 | 2 |
| 2003 | 0 | 1 | 7 | 4 |
| 2004 | 0 | 1 | 8 | 3 |
| 2005 | 1 | 1 | 8 | 2 |
| 2006 | 1 | 1 | 9 | 3 |
| 2007 | 1 | 1 | 11 | 2 |
| 2008 | 1 | 0 | 10 | 1 |
| 2009 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| 2010 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| 2011 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 2012 | 0 | 0 | 4 | 0 |

Para poner en perspectiva los datos del monitoreo presentados en esta sección del Informe, consideremos un valor promedio mensual de MPS medido actualmente en el valle de Huasco de 80 [mg/(m²·día)]: esto significa que en 25 días se alcanza una cobertura de polvo sobre las hojas de una cantidad equivalente a 0.2 mg/cm², asumiendo que todo el polvo que se deposita sobre la hoja se queda allí. Si solo considerásemos una depositación total de 40 [mg/(m²·día)] como representativa del aporte exclusivo del sector industrial, entonces en 50 días se acumularía esta misma cantidad de polvo, lo que podría provocar efectos en la tasa de fotosíntesis, tema que se va a desarrollar en profundidad en los siguientes capítulos.

Comparación del monitoreo del SAG con monitoreo adicional.

Durante el primer año del proyecto se realizó un monitoreo complementario de MPS y de hierro y otros elementos presentes en el MPS, en nueve puntos de monitoreo que incluyeron ubicaciones cercanas a los

seis monitores históricos del SAG y además se agregaron puntos más al interior del valle, cercanos a Freirina y Vallenar, con el objeto de contrastar las mediciones.

La figura 4 muestra la ubicaciones de las estaciones de monitoreo adicionales.



Figura 4. Ubicaciones estaciones de monitoreo complementario de MPS y su composición química.

Las figuras 5 y 6 muestran que las mediciones complementarias de MPS son similares a las medidas en la red del SAG, aunque hay mucha variabilidad espacial en cada mes comparado. Por ejemplo, en el sitio MPS 5, en los meses de Noviembre y Diciembre 2011, se excede la norma mensual de MPS establecida en el DS 4 1992, de 100 [mg/(m²· día)].

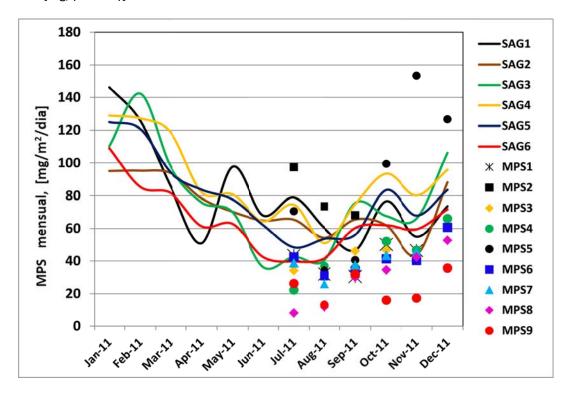


Figura 5. Monitoreo de MPS en la red de SAG y en los 9 puntos de monitoreo complementario.

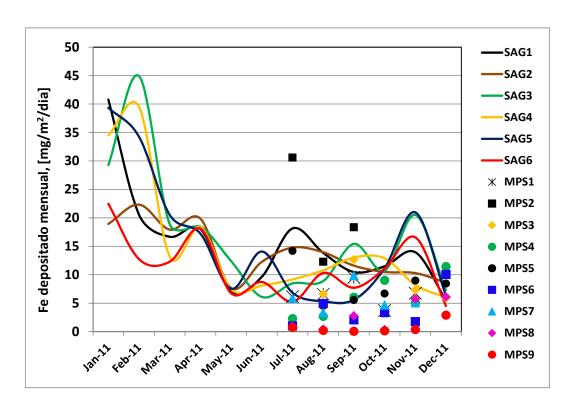


Figura 6. Monitoreo de Fe en el MPS, para la red SAG y en los 9 puntos de monitoreo complementario.

Este comportamiento de alta variabilidad espacial (superpuesta a la estacionalidad anual) ocurre tanto para el total del MPS como para los elementos presentes en las partículas sedimentables. La figura 6 muestra los resultados para el hierro sedimentable, y se aprecia que el sitio MPS2 tiene los mayores valores de hierro medidos en el segundo semestre de 2011 (caso del mes de Julio), aunque el valor medido es inferior al valor de la norma mensual para meses fríos, que es de 60 [mg/(m²· día)].

Hay resultados similares (presentados en el Informe Final del primer año del estudio, figuras 62 a 64) donde también se aprecia gran variabilidad espacial en el contenido de Si, Cl, Ca y S en el MPS, lo que nos lleva a la interrogante que motiva la siguiente sección de este Informe.

¿Se está midiendo bien el MPS en el valle del Huasco?

Los resultados del monitoreo histórico del MPS y de sus componentes elementales indica claramente una gran variabilidad espacial en las mediciones, tanto en las realizadas por el SAG como las realizadas en el primer año del presente Proyecto.

De aquí surge la pregunta natural de entender que es lo que se está tratando de medir; el DS 4 1992 asume implícitamente que lo que se quiere medir como parámetro regulado es la contribución de la industria a la depositación de MPS (incluyendo el hierro) sobre los olivares del valle. Esto se basó en estudios¹ que

¹ INIA: PROYECTO "TIPIFICACION DE ELEMENTOS PARTICULADOS EN EL VALLE DEL RIO HUASCO, III REGIÓN", INFORME FINAL, Mayo de 1991.

mostraban un claro enriquecimiento de hierro en el suelo del valle, el cual solo podría haber sido causado por las emisiones de CMP. Sin embargo, los resultados de la red de monitoreo y la ubicación actual de los monitores (ver ejemplos en las siguientes figuras) nos indican que la ubicación de los puntos de monitoreo es inadecuada por las siguientes razones:

- a) Los monitores están a la misma (o menor) altura que las copas de los árboles cercanos, lo cual está contra la recomendación de la norma ASTM de medición de MPS. En particular, la zona bajo la altura de las copas de los árboles es una zona donde el viento está estancado y no circula con facilidad, lo que se traduce en bajas velocidades del viento alrededor del monitor.
- b) Además, dada la cercanía al suelo de los monitores, cualquier actividad que emita partículas en el suelo (manejo de suelos agrícolas, circulación de vehículos por caminos sin pavimentar, caída de restos vegetales sobre los mismo monitores, etc.) va a agregar esas emisiones locales a lo que el monitor detecta, sesgando la medición y aportando a la gran variabilidad espacial de las mediciones; esto se debe a que los mismo árboles contribuyen a 'bloquear' esa contaminación local dejándola circulando a la misma altura que mide el monitor de MPS. En otras palabras el monitoreo está incluyendo fuentes que no se habían considerado en el DS4 1992 y que no tienen que ver con la actividad industrial en el puerto de Huasco.



Figura 7. Detalle de la ubicación del monitor N°4 de MPS de la red SAG, sector de Huasco Bajo.





Figura 8. Detalle de la ubicación del monitor N°5 de MPS de la red SAG, sector de Huasco Bajo.

En otras palabras, no se está midiendo de manera correcta el flujo de partículas que provienen de la actividad industrial y que van cayendo sobre el valle, ya que los monitores están recibiendo restos vegetales más otras fuentes locales de polvo fugitivo. Luego, la pregunta que surge a continuación es: ¿Cuál es una forma adecuada de medir MPS?

La respuesta viene dada por la literatura técnica, donde se recomienda partir por hacer una campaña con mediciones a diversas alturas, como se indica en la Figura 9, donde se muestra un par de monitores de MPS que contienen baterías de cubetas de depositación ubicadas a distintas alturas sobre el nivel del suelo, partiendo de un nivel de medición similar al actual.

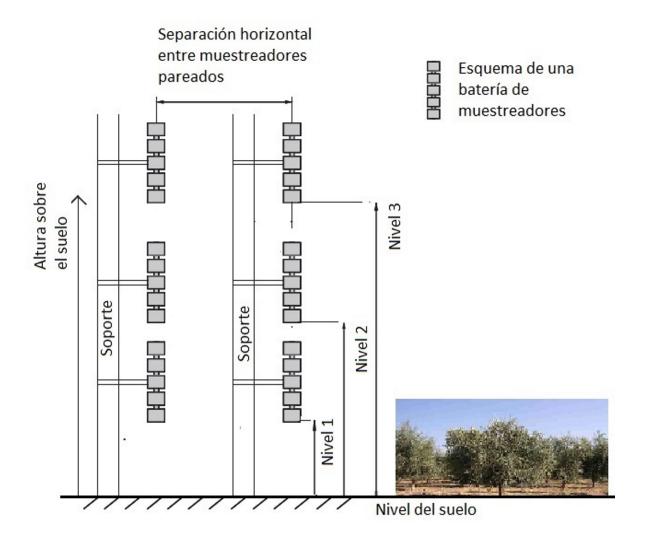


Figura 9. Esquema de monitoreo exploratorio de MPS a distintos niveles sobre el suelo. Adaptado de Escrig y otros, Journal of Environmental Management, 92, 2011, 2855-2859. El nivel 1 corresponde a la ubicación actual del monitoreo de MPS en el valle del Huasco.

Al graficarse los valores de MPS en función de la altura sobre el suelo, ellos típicamente disminuyen hasta alcanzar un valor constante, libre de las interferencias de las fuentes locales (Escrig y otros, 2011, y referencias citadas por ellos). En otras palabras, el valor de MPS atribuible a la actividad industrial sería menor a lo actualmente monitoreado por la red del SAG.

Luego, después de unas campañas preliminares, es posible determinar cuál es la altura del muestreador que nos entrega una medición estable de la sedimentación de polvo en el valle, con una menor variabilidad espacial entre sitios de monitoreo. A continuación se puede definir entonces una red de monitoreo con solo un muestreador por sitio (o pares de muestreadores por sitio) donde la cubeta se ubica a una altura calibrada de antemano que va a servir para obtener una mejor estimación del MPS.

Esta recomendación permitiría además, mediante la comparación con mediciones hechas con el protocolo actual del SAG, obtener en forma retrospectiva una estimación de la sedimentación histórica de MPS en el valle del Huasco que fuese atribuible más claramente a la actividad industrial.

Monitoreo de MP2.5 en el valle del Huasco

Dado que el monitoreo ambiental de MPS existente en el valle no ha sido suficientemente preciso como para establecer la extensión espacial de los impactos de la industria en el valle del Huasco, se tomó la decisión de medir el material particulado fino respirable MP_{2.5} (diámetro aerodinámico menor a 2.5 µm), ya que esta fracción de tamaño más pequeño no posee componentes naturales importantes, por lo que es un indicador más preciso del aporte de actividades industriales en el valle. De esta forma, se busca establecer hasta donde hay influencia de la industria en la contaminación atmosférica. Se escogió medir en la época de verano que es cuando los vientos son más persistentes hacia el este, y donde el modelo de dispersión predice que la contaminación ingresa más hacia el interior del valle.

Para fines de monitorear el material particulado fino respirable MP_{2.5}, se instalaron tres equipos de muestreo. Estos se ubicaron a la entrada del valle, entre las comunas de Huasco y Freirina, con el fin de determinar la concentración de MP_{2.5} en un transepto este-oeste en la parte baja del valle, incluyendo la ciudad de Huasco.

Los puntos de monitoreo se definieron en base a su ubicación a lo largo del valle, escogiendo puntos donde se puede muestrear sin interferencia de la vegetación o edificaciones presentes (es decir, por arriba de las copas de los árboles o de los edificios cercanos), de manera de obtener mediciones representativas. También se tomaron en cuenta condiciones de seguridad para garantizar que los equipos no fuesen alterados ni robados. La Tabla 2 muestra las ubicaciones de los sitios de muestreo.

Tabla 2. Ubicación de los puntos de monitoreo, campaña enero-febrero 2013.

| Comuna | Sitio monitoreo | Equipo | Coordenadas UTM WGS-84 (Este, Norte | | |
|----------|-----------------------------------|------------|-------------------------------------|-----------|--|
| Huasco | Compañía de Bomberos de Huasco | TAS 7 | 282.503 | 6.849.117 | |
| Huasco | Parcela Huasco Bajo | TAS 6 | 286.092 | 6.848.687 | |
| Huasco | Parcela n°2 Huasco Bajo | MP soluble | 287.724 | 6.849.298 | |
| Freirina | Vivienda Las Tablas | TAS 8 | 292.325 | 6.844.900 | |

Monitoreo de partículas finas MP_{2.5}.

Este tipo de material particulado proviene prácticamente en forma exclusiva de las emisiones antropogénicas en la zona, en particular de las emisiones del complejo industrial de Huasco (que constituyen más del 95% del MP emitido en la zona), y no posee aportes relevantes de origen natural, lo

que facilita la interpretación de los resultados del monitoreo ambiental como aportes de origen antropogénico². Además, mediante el análisis de su composición elemental es posible estimar los aportes de las distintas fuentes emisoras a las concentraciones ambientales del MP_{2.5}.

Para estos fines se utilizaron tres muestreadores tipo mini-vol (muestreo a 5 L/min) modelo TAS (*Tactical Air Sampler*, Airmetrics, OR, EEUU), los que se instalaron sobre los 4 m de altura sobre el suelo para evitar posibles interferencias de árboles e inmuebles cercanos. Los equipos se operaron en forma continua por 48 horas, acumulando material particulado sobre filtros de Teflón de 46 mm de diámetro (Whatman, NJ, EEUU), con borde de polipropileno y numerados de fábrica para facilitar el control de calidad y la manipulación. Los filtros se almacenaron en placas Petri esterilizadas y selladas con Parafilm para prevenir contaminación. Los filtros se almacenaron a baja temperatura para prevenir pérdidas por evaporación, manteniéndose en refrigerador y trasladándose en cooler a Santiago por vía aérea.

Sitio 1: Compañía de Bomberos de Huasco

En la figura 10 se observa el equipo instalado en la Compañía de Bomberos.



Figura 10. Ubicación del equipo TAS N° 7, ciudad de Huasco.

-

² Por contraste, el material particulado sedimentable está sujeto a interferencias relevantes con actividades agrícolas, suspensión de polvo en caminos sin pavimento, etc. como ya se ha comentado en el Informe Final del proyecto anterior.

Este sitio está ubicado a aproximadamente tres cuadras al oriente de la Municipalidad de Huasco, en dependencias del Cuerpo de Bomberos de la ciudad. El equipo está instalado sobre una plataforma metálica que servía como torre meteorológica pero ahora está en desuso, a una altura de unos 8 m sobre el suelo. Durante el día ese sitio recibe aportes desde el borde costero de Huasco, incluyendo la zona industrial, debido al desarrollo de una brisa marina. Además en el mismo sitio existe monitoreo ambiental de MP₁₀/MP_{2.5} de una red privada (a unos 2 m sobre el suelo), lo que posibilita una eventual comparación de las mediciones realizadas en esta campaña de verano. No hay chimeneas ni otras fuentes de combustión relevantes en las cercanías de este sitio de monitoreo.

Sitio 2: Huasco bajo

Este monitor se instaló en la propiedad de don Santiago Rojas, en Huasco Bajo, en una terraza de un segundo piso, a una altura por sobre las copas de los árboles, como se muestra en la Figura 11. Tampoco hay chimeneas ni otras fuentes de combustión relevantes en las cercanías de este sitio de monitoreo.



Figura 11. Ubicación del equipo TAS Nº 6, sector Huasco Bajo.

Sitio 3: Las Tablas

Este es un sitio suburbano, al oeste de Freirina, emplazado en una cima de una cuesta, donde está ubicado un estanque de agua y una oficina de pago por este servicio, administrada por la comunidad de agricultores de Las Tablas (Figura 12); el sitio no está habilitado como residencia, solo como oficina de pagos en horario

diurno. El sitio tiene acceso limitado con portón cerrado con candado. No hay chimeneas ni otras fuentes de combustión relevantes en las cercanías de este sitio de monitoreo. En condiciones de verano este sitio recibe masas de aire desde la costa con vientos diurnos de gran intensidad.



Figura 12. Ubicación del equipo TAS N° 8, sector Las Tablas.

La Figura 13 muestra la ubicación del monitoreo ambiental realizado en esta campaña de verano 2013.



Figura 13. Ubicación de los puntos de monitoreo de concentración del MP_{2.5}.

Concentraciones ambientales de MP_{2.5}

La Figura 14 presenta los valores de concentración de $MP_{2.5}$ en [µg/m³], para el muestreo que se llevó a cabo entre el 4 de enero y 3 de marzo del 2013, en los tres sitios de monitoreo ya descritos en la sección anterior.

Lo que se aprecia es una gran variabilidad entre los datos de un muestreo y otro (en un mismo sitio) y también para una misma fecha entre sitios distintos.

Esta gran variabilidad se debe a que las principales fuentes de emisión de MP_{2.5} corresponden a las chimeneas de CMP y Guacolda, por lo que los impactos dependen de la cercanía del monitor a la pluma de esas emisiones de MP_{2.5}. Cuando las plumas pasan cerca de un monitor, los impactos son altos; en el caso de que las plumas no pasen cerca del monitor, los impactos serán los de las demás fuentes en Huasco (incluyendo fuentes naturales como levantamiento de polvo superficial), las que son menos significativas en aportes, ya que más del 95% de las emisiones de MP en Huasco provienen de la industria.

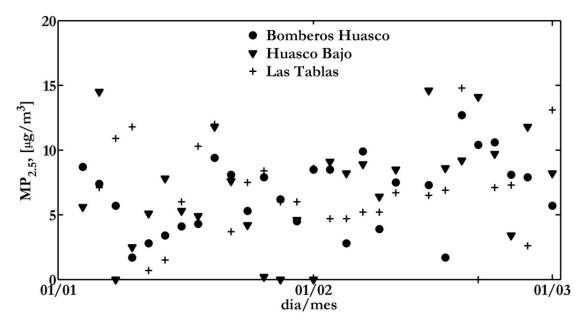


Figura 14. Serie cronológica con los datos monitoreados de MP_{2.5}, en [☑g/m³]. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

La Tabla 3 presenta los valores numéricos encontrados en la campaña de medición del MP_{2.5}. Los datos de la Tabla 3 muestran el mismo comportamiento de la Figura 14: gran variabilidad de un día a otro en un sitio fijo, y bastante variabilidad entre los tres sitios en un mismo día. Luego, las emisiones del sector industrial afectan de manera intermitente la zona baja del valle del Huasco: algunos días no llegan a un receptor dado (por causas meteorológicas) y otros días si lo impactan. Los valores '0.0' en la Tabla indican que no se detectó una concentración significativa en los filtros respectivos.

Tabla 3. Resumen de las concentraciones de MP_{2.5} medidas en la campaña de verano 2013.

| | concentraciones de ivil 2.5 medi | | |
|---------------------|----------------------------------|------|--------------------|
| Fecha instalación 🔼 | Cia. Bomberos Huasco [μg/m³] | | Las Tablas [μg/m³] |
| 4-ene | 8.7 | 5.6 | |
| 6-ene | 7.4 | 14.5 | 7.1 |
| 8-ene | 5.7 | 0.0 | 10.9 |
| 10-ene | 1.7 | 2.5 | 11.8 |
| 12-ene | 2.8 | 5.1 | 0.7 |
| 14-ene | 3.4 | 7.8 | 1.5 |
| 16-ene | 4.1 | 5.3 | 6.0 |
| 18-ene | 4.3 | 4.9 | 10.3 |
| 20-ene | 9.4 | 11.8 | 12.0 |
| 22-ene | 8.1 | 7.6 | 3.7 |
| 24-ene | 5.3 | 4.2 | 7.5 |
| 26-ene | 7.9 | 0.2 | 8.4 |
| 28-ene | 6.2 | 0.0 | 6.0 |
| 30-ene | 4.5 | 4.6 | 6.0 |
| 1-feb | 8.5 | 0.0 | 8.6 |
| 3-feb | 8.5 | 9.1 | 4.7 |
| 5-feb | 2.8 | 8.2 | 4.7 |
| 7-feb | 9.9 | 8.9 | 5.2 |
| 9-feb | 3.9 | 6.4 | 5.2 |
| 11-feb | 7.5 | 8.5 | 6.7 |
| 15-feb | 7.3 | 14.6 | 6.5 |
| 17-feb | 1.7 | 8.6 | 6.9 |
| 19-feb | 12.7 | 9.2 | 14.8 |
| 21-feb | 10.4 | 14.1 | 0.0 |
| 23-feb | 10.6 | 9.7 | 7.1 |
| 25-feb | 8.1 | 3.4 | 7.3 |
| 27-feb | 7.9 | 11.8 | 2.6 |
| 1-mar | 5.7 | 8.2 | 13.1 |

Los promedios de la campaña son muy similares entre los distintos sitios: 6.6, 7.0 y 6.9 [μ g/m³], para Bomberos de Huasco, Huasco Bajo y Las Tablas, respectivamente. Esta poca variabilidad promedio nos está indicando que, en el mediano plazo, todo el sector entre la ciudad de Huasco y el sector de Las Tablas está expuesto a aproximadamente las mismas concentraciones de MP_{2.5}. Este comportamiento de largo plazo con poca variabilidad espacial del MP_{2.5} es característico de este contaminante, y es lo que pasa, por ejemplo, en la ciudad de Santiago donde los valores del MP_{2.5} medidos en distintos sitios de la ciudad no varían mucho entre sí.

Composición química del material particulado fino (MP2.5).

Para identificar los aportes de las distintas fuentes emisoras al material particulado fino, se analizaron los filtros de Teflón en aquellos días con mayores concentraciones medidas en la tabla 3. Para esto se analizaron esos filtros mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido (*SEM*) en conjunto con un detector de emisiones de rayos X dispersados por los distintos elementos presentes en la muestra (*EDX*).

La Tabla 4 muestra los resultados de las concentraciones determinadas para el subconjunto de muestras con mayores valores de MP_{2.5} medidos en la campaña.

Tabla 4. Concentraciones de elementos presentes en el MP_{2.5} medido en campaña de verano 2013 en el valle del Huasco, en $[\mu g/m^3]$. BH: Bomberos de Huasco, HB: Huasco Bajo, LT: Las Tablas.

| | | -1-0- | | | | | | , | | | <u>, </u> | | | | |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|
| Fecha | Sitio | MP2.5 | С | 0 | Na | Mg | Al | Si | S | Cl | K | Ca | Fe | Cu | Pb |
| 06-01-12 | ВН | 8.7 | 5.95 | 1.59 | 0.14 | 0.05 | 0.03 | 0.13 | 0.03 | 0.09 | 0.05 | 0.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 08-01-12 | BH | 7.4 | 5.05 | 1.79 | 0.19 | 0.05 | 0.07 | 0.03 | 0.14 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10-01-12 | ВН | 5.7 | 4.85 | 0.45 | 0.25 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22-01-12 | ВН | 9.4 | 8.32 | 0.75 | 0.14 | 0.00 | 0.05 | 0.02 | 0.08 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 24-01-12 | ВН | 8.1 | 7.27 | 0.67 | 0.06 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 03-02-12 | ВН | 8.5 | 7.44 | 0.76 | 0.16 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 05-02-12 | ВН | 8.5 | 7.42 | 0.63 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| 09-02-12 | ВН | 9.8 | 8.79 | 0.65 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.07 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 0.00 |
| 21-02-12 | ВН | 12.7 | 11.11 | 0.74 | 0.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 23-02-12 | ВН | 10.4 | 8.81 | 0.90 | 0.30 | 0.03 | 0.15 | 0.04 | 0.13 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25-02-12 | ВН | 10.6 | 9.17 | 0.84 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 06-01-12 | НВ | 5.6 | 4.26 | 0.98 | 0.09 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.08 | 0.02 | 0.00 | 0.05 | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| 08-01-12 | НВ | 14.5 | 8.66 | 4.02 | 0.24 | 0.08 | 0.24 | 0.39 | 0.22 | 0.00 | 0.05 | 0.50 | 0.10 | 0.00 | 0.00 |
| 22-01-12 | НВ | 11.8 | 10.73 | 0.82 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 05-02-12 | НВ | 9.1 | 8.19 | 0.55 | 0.20 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 09-02-12 | НВ | 8.9 | 8.11 | 0.52 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 |
| 19-02-12 | НВ | 8.6 | 7.83 | 0.41 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21-02-12 | НВ | 9.2 | 8.19 | 0.52 | 0.30 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | 0.06 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 01-03-12 | НВ | 11.8 | 9.95 | 1.27 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 08-01-12 | LT | 7.1 | 5.25 | 1.47 | 0.15 | 0.00 | 0.04 | 0.05 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10-01-12 | LT | 10.9 | 6.75 | 3.34 | 0.32 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.27 | 0.08 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12-01-12 | LT | 11.8 | 8.25 | 3.17 | 0.06 | 0.00 | 0.06 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20-01-12 | LT | 10.3 | 9.06 | 1.00 | 0.10 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22-01-12 | LT | 12.0 | 9.67 | 1.42 | 0.22 | 0.00 | 0.44 | 0.05 | 0.22 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28-01-12 | LT | 8.4 | 7.36 | 0.74 | 0.12 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| 03-02-12 | LT | 8.6 | 7.58 | 0.69 | 0.12 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.03 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21-02-12 | LT | 14.8 | 10.53 | 1.02 | 0.64 | 0.00 | 2.29 | 0.06 | 0.08 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 03-03-12 | LT | 13.1 | 11.25 | 0.99 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.10 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Partículas de procesos de combustión.

Como se puede apreciar de la Tabla 4, la mayor proporción en masa en los filtros corresponde al carbono, elemento trazador de partículas generadas en procesos de combustión. En base a los inventarios de emisiones disponibles, se puede concluir que estas partículas provienen casi en su totalidad de las emisiones del complejo industrial de Huasco.

La figura 15 muestra un gráfico de serie cronológica con la fracción del material particulado fino que corresponde a carbono, para todos los datos presentados en la Tabla 4.

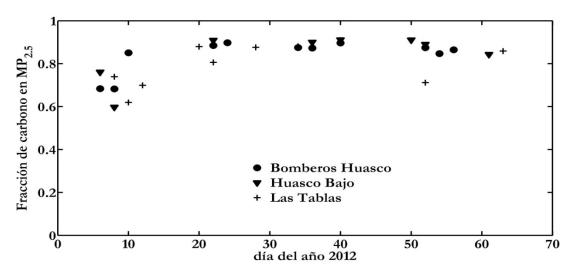


Figura 15. Fracción de carbono en el MP_{2.5}, campaña de verano 2013. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

Se aprecia que este predominio del carbono en el MP_{2.5} ocurre todo el tiempo, con porcentajes que están siempre por sobre el 60 % del MP_{2.5} medido, y la mayoría de ellos están por sobre el 80% del MP_{2.5} medido.

Partículas de aerosol marino.

El aerosol marino está constituido principalmente por cloruro de sodio (NaCl) en estado sólido, con tamaños que van desde fracciones de micrón hasta partículas gruesas por sobre los 10 micrones de tamaño. En general el aerosol marino está siempre presente en zonas costeras, aunque predomina más bien en las partículas gruesas, existiendo en pequeña proporción en el MP_{2.5}, como lo confirman diversos estudios hechos en Chile en zonas costeras³.

La Figura 16 muestra un gráfico de la relación entre el cloro y el sodio medidos en el MP_{2.5} en Huasco. Se aprecia que el cloro está todo el tiempo por debajo del valor estequiométrico que correspondería si estuviese como NaCl puro. La explicación para este 'déficit' aparente del cloro se debe a que en zonas costeras con altas emisiones de óxidos de azufre (SOx) y de nitrógeno (NOx), como es el caso del complejo industrial de Huasco, en la atmósfera esos óxidos gaseosos forman ácido nítrico (HNO₃) y ácido sulfúrico (H₂SO₄), ambos en fase gaseosa, los que son neutralizados por el aerosol marino (NaCl) en fase sólida para producir partículas sólidas de nitrato y sulfato de sodio, de acuerdo a las siguientes reacciones químicas:

$$2NaCl(s) + H_2SO_4(g) \rightarrow Na_2SO_4(s) + 2HCl(g)$$

$$NaCl(s) + HNO_3(g) \rightarrow NaNO_3(s) + HCl(g)$$
 Ecuación 1

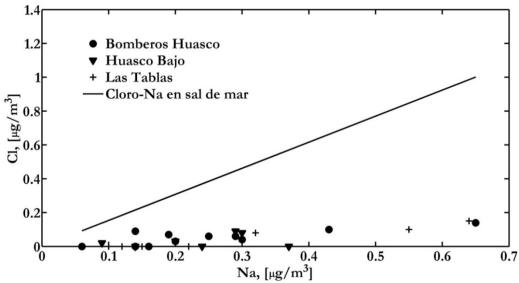


Figura 16. Relación entre Cl y Na en el MP_{2.5}, campaña de verano 2013. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

³ a) Kavouras I. y otros, JAWMA, 51, 451-464, 2001; b) Jorquera, H., Environ Monit Assess, 153, 235-251, 2009, c) Fiebig-Wittmaack M. y otros, Atmospheric Environment 40, 3467–3478, 2006, d) Jorquera y Barraza, Sci. Tot. Environ., 444 (2013) 327–335.

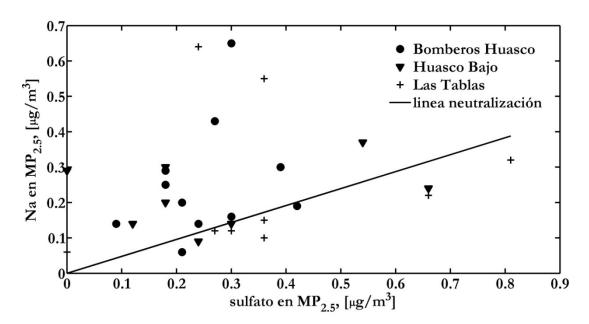


Figura 17. Relación entre Na y sulfato en el MP2.5, campaña de verano 2013. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

Luego, la ecuación 1 indica que si hay suficiente NaCl disponible, se produce sulfato de sodio y nitrato de sodio como partículas de $MP_{2.5}$. La Figura 17 muestra claramente que hay suficiente NaCl como para generar sulfato de sodio; en esta figura se ha asumido que todo el azufre (S) medido en el $MP_{2.5}$ está como sulfato (SO_4).

Nitrato de sodio y sulfato de sodio.

Usando la relación estequiométrica Na:Cl, es posible estimar la cantidad de sodio que está disponible para neutralizar acidez en la ecuación 1:

$$Na_{disponible} = Na_{total} - Cl_{total} / 1.54$$
 Ecuación 2

Considerando que el proceso de neutralización siempre opera primero con el ácido sulfúrico y después con el ácido nítrico, entonces evaluamos primero la capacidad de neutralización del Na disponible calculado con la ecuación 2: si es menor o igual al valor estequiométrico 0.48·(SO₄), entonces todo el Na disponible se ocupa en neutralizar el ácido sulfúrico, formando sulfato de sodio, por lo que no hay producción de nitrato de sodio. Por el contrario, si el Na disponible es mayor que el valor estequiométrico 0.48·(SO₄), entonces la diferencia se ocupa en generar nitrato de sodio:

$$\begin{split} & si~Na_{disponible} \leq 0.48 \cdot SO_4, ~~NaNO_3 = 0, \\ & si~Na_{disponible} > 0.48 \cdot SO_4, ~~NaNO_3 = 3.7 \cdot \left(Na_{disponible} - 0.48 \cdot SO_4\right) \end{split}$$
 Ecuación 3

En ambos casos se forma sulfato de sodio en una cantidad dada por 1.48·(SO₄).

Óxidos Metálicos.

Los distintos elementos metálicos que aparecen en la Tabla 4 (a excepción del cobre y el plomo) se puede considerar que están oxidados, por lo que la cantidad de óxidos metálicos se puede calcular mediante la expresión:

$$\acute{O}xidos\ met\acute{a}li\cos = 2.14 \cdot Si + 1.89 \cdot Al + 1.43 \cdot Fe + 1.67 \cdot Ti + 1.4 \cdot Ca + 1.2 \cdot K$$
 Ecuación 4

Donde se ocupan las concentraciones de metales que aparecen en la Tabla 4, y se asume que todos ellos están en su mayor estado de oxidación natural. No se considera ni el cobre ni el plomo, ya que éstos podrían estar en estado reducido, aunque de todas maneras esos dos elementos aparecen en tan baja proporción que no afectan el análisis hecho aquí. Tampoco se considera el sulfato, ya que el azufre es un elemento no metálico.

La Figura 18 muestra las concentraciones de óxidos metálicos, calculadas de acuerdo con la ecuación 4, que se hallaron en las muestras presentadas en la Tabla 4. Se constata que las concentraciones son más bien bajas, menores a 1 [ug/m³]. El origen de estas concentraciones se debe principalmente a polvo levantado por acción del viento, pero en los casos donde las concentraciones son mayores a 1 [ug/m³], no se puede descartar que haya habido un aporte desde las emisiones del complejo industrial de Huasco, ya que ellas contienen óxidos de aluminio, fierro y silicio, como indica la Tabla 5⁴.

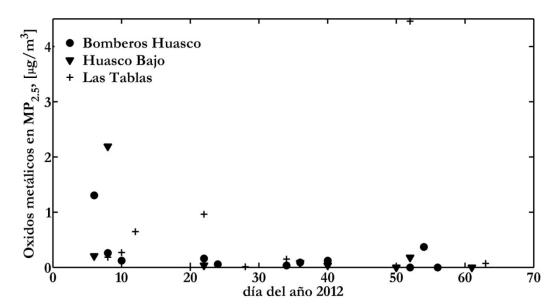


Figura 18. Concentraciones de óxidos metálicos, en [μg/m³], campaña de verano 2013. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

⁴ Esta Tabla corresponde a la Tabla 21 del Proyecto FIC: 33-01-773: Estudio Para Evaluar el Impacto de la Contaminación Atmosférica Sobre el Rubro Olivícola, Sector Costero Valle del Huasco. Junio 2012.

Tabla 5: Caracterización química de las emisiones de las fuentes principales

| СМР | | a | Guacolda | | |
|-------|---|--|--|--|--|
| % | Composición | % | Composición | % | |
| 1.4 | SiO ₂ | 47.6 | SiO ₂ | 48.0 | |
| 0.4 | Al ₂ O ₃ | 23.6 | Al ₂ O ₃ | 23.0 | |
| 60.0 | Fe ₂ O ₃ | 15.0 | Fe ₂ O ₃ | 6.0 | |
| 0.2 | TiO ₂ | 1.2 | TiO ₂ | 1.1 | |
| 1.5 | CaO | 4.6 | CaO | 6.7 | |
| 0.7 | MgO | 1.1 | MgO | 1.9 | |
| 0.1 | Na ₂ O | 3.9 | Na ₂ O | 1.9 | |
| 0.2 | K ₂ O | 0.8 | K ₂ O | 0.5 | |
| 1.1 | SO ₃ | 2.3 | SO ₃ | 7.1 | |
| 34.4 | Otros | 0.0 | Otros | 3.8 | |
| 100.0 | Total | 100.0 | Total | 100.0 | |
| | % 1.4 0.4 60.0 0.2 1.5 0.7 0.1 0.2 1.1 34.4 | % Composición 1.4 SiO2 0.4 Al2O3 60.0 Fe2O3 0.2 TiO2 1.5 CaO 0.7 MgO 0.1 Na2O 0.2 K2O 1.1 SO3 34.4 Otros | % Composición % 1.4 SiO_2 47.6 0.4 Al_2O_3 23.6 60.0 Fe_2O_3 15.0 0.2 TiO_2 1.2 1.5 CaO 4.6 0.7 MgO 1.1 0.1 Na_2O 3.9 0.2 K_2O 0.8 1.1 SO_3 2.3 34.4 Otros 0.0 | % Composición % Composición 1.4 SiO2 47.6 SiO2 0.4 Al2O3 23.6 Al2O3 60.0 Fe2O3 15.0 Fe2O3 0.2 TiO2 1.2 TiO2 1.5 CaO 4.6 CaO 0.7 MgO 1.1 MgO 0.1 Na2O 3.9 Na2O 0.2 K2O 0.8 K2O 1.1 SO3 2.3 SO3 34.4 Otros 0.0 Otros | |

Balance de masa para el oxígeno en el MP_{2.5}

De la Tabla 4 se aprecia que el oxígeno es el segundo elemento más abundante en el MP_{2.5}, después del carbono. La explicación se debe a que este elemento aparece en las siguientes especies químicas: i) metales oxidados, ii) sulfatos, iii) carbono orgánico, es decir, carbono combinado con hidrógeno y oxígeno, en la forma CH_nO_m. donde 'n' y 'm' son coeficientes estequiométricos promedio para el carbono orgánico presente en el MP_{2.5}. Luego, podemos definir que el oxígeno en especies *inorgánicas* está dado por:

$$Oxigenoinorgánico = 1.14 \cdot Si + 0.89 \cdot Al + 0.43 \cdot Fe + 0.67 \cdot Ti + 0.4 \cdot Ca + 0.2 \cdot K + 2 \cdot S$$
 Ecuación 5

La Figura 19 muestra la relación entre el oxígeno inorgánico calculado por la ecuación 5 versus el oxígeno total reportado en la Tabla 4. Salvo un punto, los valores indican que solo una parte del oxígeno está incluido en las especies inorgánicas (óxidos metálicos y sulfatos) presentes en el MP_{2.5}. Por lo tanto, la diferencia se añade al carbono elemental y a la suma de ambas concentraciones se le denomina carbono total (suma de carbono elemental más carbono orgánico).

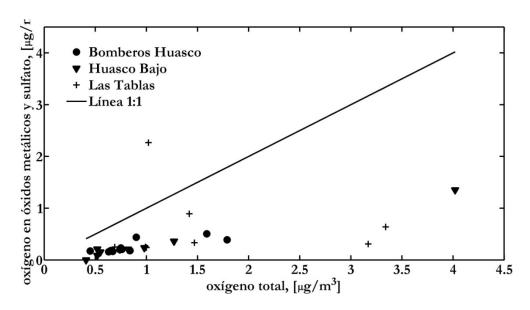


Figura 19. Comparación de oxígeno inorgánico y total, en [ug/m³], campaña de verano 2013. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

Carbono total en el MP2.5

La figura 20 muestra la fracción del MP_{2.5} que corresponde a carbono total en los muestreos de la Tabla 4. Se aprecia que el carbono total corresponde a más del 80% de la masa de MP_{2.5} medida en la campaña de monitoreo de verano 2013.

Estos resultados implican que el MP_{2.5} en el valle del Huasco está dominado por partículas de combustión, las que en su gran mayoría están siendo emitidas por las fuentes del complejo industrial de Huasco.

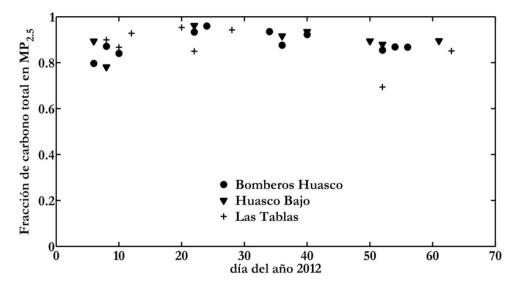


Figura 20. Fracción de carbono total en el MP2.5, campaña de verano 2013. Círculos: Bomberos de Huasco; triángulos: Huasco Bajo; cruces: Las Tablas.

Fuentes que contribuyen al MP_{2.5} en Huasco.

Utilizando los resultados anteriores, es posible encontrar las fuentes que contribuyen a las concentraciones ambientales del MP_{2.5} medido en el valle del Huasco. Para esto se hace la siguiente descomposición:

MP2.5 = C_{Total} +Óxidos Metálicos + Sulfatos + NaNO₃ + NaCl Ecuación 6

La Figura21 muestra líneas de tiempo para el monitoreo de MP_{2.5} que aparece en la Tabla 4; el total del MP_{2.5} medido se descompone en las especies listadas en la ecuación 6. Se puede constatar que el aporte de partículas de combustión (medidas por el carbono total) es dominante todo el tiempo, en los tres sitios de medición.

También se aprecia que los aportes de MP_{2.5} secundario (sulfatos y nitrato de sodio) no ocurren todos los días sino en forma intermitente, lo que es consistente con el hecho de que se originan a partir de las emisiones de NOx y SOx de las chimeneas del complejo industrial de Huasco, las mayores emisoras de esos gases y cuya trayectoria hacia el interior del valle del Huasco no es regular sino que es cambiante con la meteorología de cada día analizado.

Finalmente, solo se puede considerar como aporte natural al MP_{2.5} el aerosol marino (NaCl) y una parte de los óxidos metálicos, aquellos considerados como polvo suspendido por acción del viento. Ambas componentes solamente llegan al 5% del MP_{2.5} medido, lo que corrobora lo que se afirma al comienzo de esta sección del Informe, en el sentido que el MP_{2.5} proviene en su gran mayoría de las fuentes antropogénicas, en este caso de las emisiones del complejo industrial de Huasco.

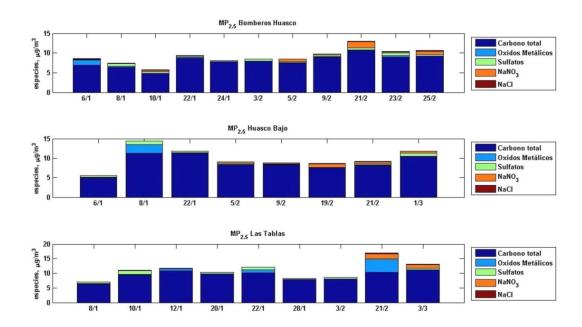


Figura 21. Línea de tiempo de las contribuciones al MP_{2.5} [ug/m³] medidas en los tres sitios de monitoreo de la campaña de verano 2013 en el valle del Huasco.

En la figura 22 se puede observar los aportes de carbono total, óxidos metálicos, sulfatos, nitrato de sodio y cloruro de sodio en los tres sitios medidos, y el promedio global medido en los tres sitios.

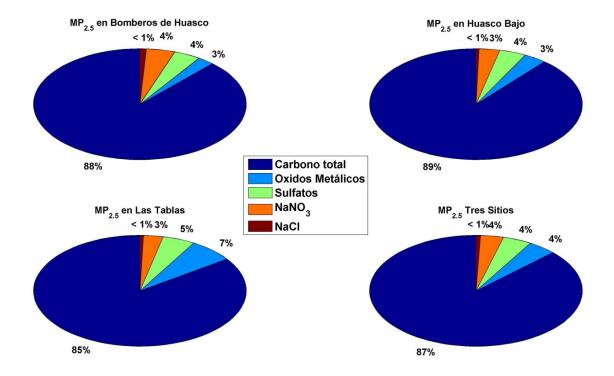


Figura 22. Gráficos de aportes de fuentes al MP_{2.5} (%) en los tres sitios de monitoreo de la campaña de verano 2013 en el valle del Huasco, incluyendo promedio global de aportes al MP2.5.

Monitoreo de SO2 en el valle del Huasco.

Los antecedentes del monitoreo de SO2 en la zona baja del valle se realizan en la red de monitoreo que se presenta en la figura 23.

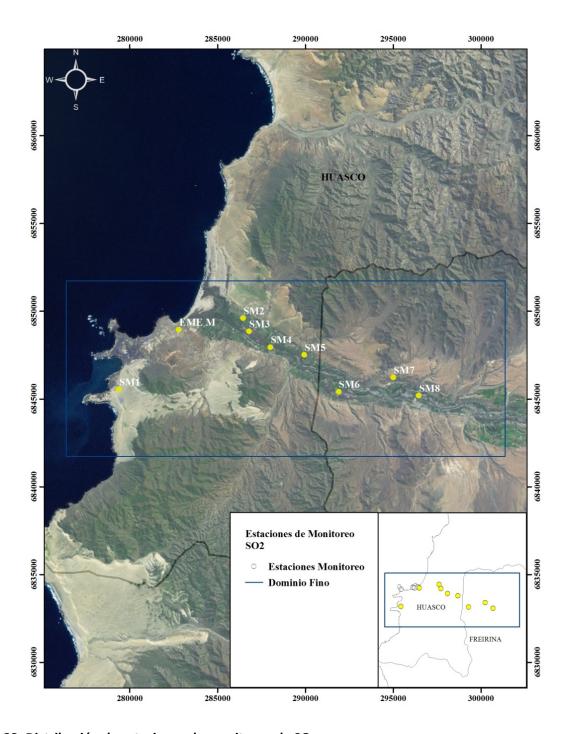


Figura 23. Distribución de estaciones de monitoreo de SO₂.

Si bien se cumple con la normativa ambiental secundaria vigente en el territorio nacional, durante todo el año se producen altos impactos horarios de SO_2 en la zona olivícola, como se muestra en las figuras 24 y 25.

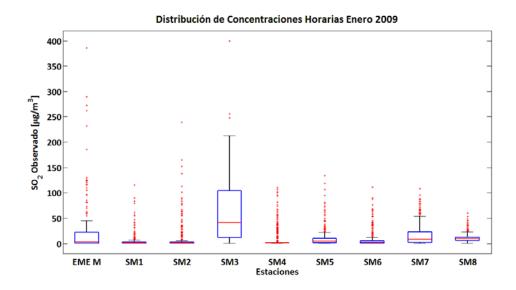


Figura 24. Concentraciones horarias de SO₂ observadas, Enero 2009.

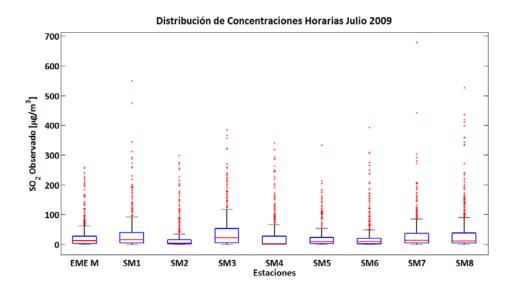


Figura 25. Concentraciones horarias de SO₂ observadas, Julio 2009.

La distribución de las concentraciones horarias observadas es consistente con el comportamiento de las fuentes fijas (principales emisores de SO₂), ya que al presentar una descarga en altura (las chimeneas mayores presentan una altura de casi 90 metros) y cuya dispersión y transporte tiene una relación más directa con la meteorología, deriva en una mayor cantidad de valores extremos como se aprecia en las dos figuras anteriores.

En las dos figuras 25 y 26 se aprecia que las concentraciones horarias en enero alcanzan hasta 380 $[\mu g/m^3]$ en la estación EME M, y hasta 700 $[\mu g/m^3]$ en la estación SM7 en julio. Estos altos valores de concentraciones horarias indican la presencia de un fenómeno de fumigación de la pluma de las

termoeléctricas, la que con ayuda de la turbulencia atmosférica hace que la pluma 'caiga' hacia el suelo provocando altos impactos por SO₂, como se muestra esquemáticamente en la Figura .

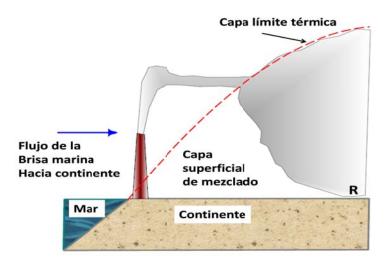


Figura 26. Fenómeno de fumigación de una pluma de chimenea ubicada en el borde costero.

Como se puede apreciar en la Figura 6, este fenómeno se produce en condiciones diurnas, cuando la brisa hace entrar masas de aire hacia el interior del valle. Para validar esta hipótesis, se procedió a revisar el perfil diario de las concentraciones horarias medidas en las estaciones de monitoreo EME M y SM7 en los meses de enero y julio 2009.

Las figuras de la 27 a 30, muestran gráficos de la distribución de los valores horarios de SO₂ según la hora del día, y se aprecia claramente que en condiciones diurnas se constatan los máximos impactos por SO₂, corroborando la hipótesis de fumigación presentada en la Figura 6, que indica que en condiciones diurnas el viento ingresa al valle y causa dicho fenómeno.

Esto significa que en toda la zona olivícola de Huasco Bajo los mayores impactos por SO_2 ocurren asociados a eventos de alta concentración horaria de SO_2 . Hay que tener presente que una concentración promedio horario de 200 [$\mu g/m^3$] puede indicar que durante esa hora hubo periodos más breves (5 o 10 minutos) en que las concentraciones ambientales excedieron los 1000 [$\mu g/m^3$], por ejemplo.

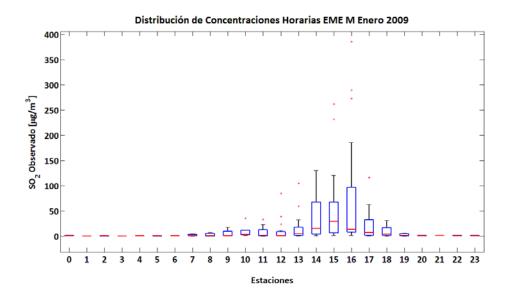


Figura 27. Perfil diario de las concentraciones horarias de SO2, estación EME M, enero 2009.

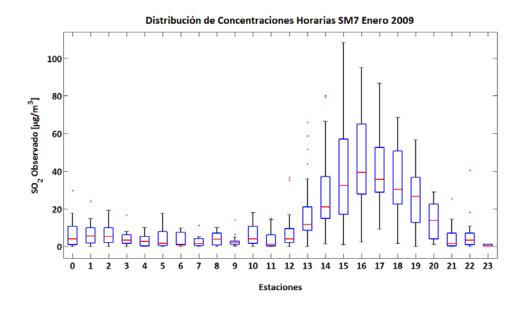


Figura 28. Perfil diario de las concentraciones horarias de SO2, estación SM7, enero 2009.

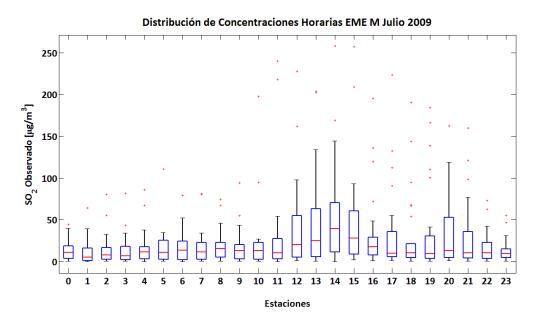


Figura 29. Perfil diario de las concentraciones horarias de SO2, estación EME M, julio 2009.

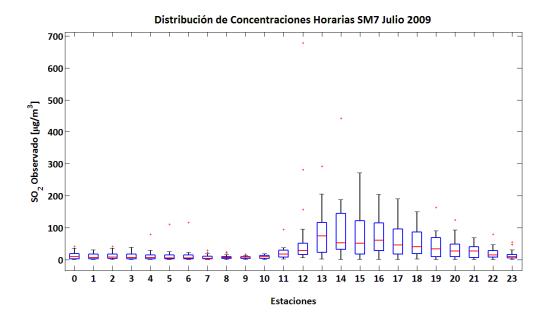


Figura 30. Perfil diario de las concentraciones horarias de SO2, estación SM7, julio 2009.

Modelación de la calidad del aire en el valle del Huasco

Una de las actividades comprometidas para el segundo año del proyecto consistió en recopilar información meteorológica adicional, con el fin de mejorar el desempeño del modelo de dispersión CALPUFF. Hay que

recordar que, durante el transcurso del primer año del proyecto, se probaron varias opciones de modelación de la dispersión de las emisiones industriales en la zona, encontrándose dificultades de representación de las condiciones de dispersión en época de invierno.

Para obtener un modelo lo más representativo posible, es necesario escoger entre diversos parámetros físico-químicos, clasificación de usos de suelos, etc., de modo de caracterizar adecuadamente los fenómenos meteorológicos, físicos y químicos que se producen en la zona de Huasco.

Las características de la zona en estudio hacen que sea compleja la modelación de la dispersión, ya que:

- a) Se encuentra en un sector costero, donde las emisiones industriales están afectadas por la circulación de brisa hacia el continente de día y en sentido opuesto de noche, y diferentes condiciones de estabilidad atmosférica sobre tierra y sobre el océano.
- b) Es un valle irrigado muy angosto con mesetas al norte y sur que tienen pendientes fuertes, por lo que se requiere usar alta resolución espacial en la modelación para representar la circulación del viento en tales condiciones topográficas.
- c) Se presenta una capa de inversión térmica que dificulta la dispersión de las emisiones; esta capa de inversión, en condiciones de nubosidad, corresponde a la altura de la base de dichas nubes. Luego el modelo meteorológico debería ser capaz de describir adecuadamente dicho fenómeno.

Información meteorológica

La información meteorológica necesaria para ejecutar el modelo debe ser recopilada tanto a nivel superficial como en altura; esta información puede ser obtenida mediante diferentes medios como mediciones tomadas en terreno, resultados de modelos del tiempo (como fue el caso del primer año del proyecto, donde se aplicó el modelo WRF al valle del Huasco), o como resultado de una combinación de ambos tipos de datos.

Meteorología superficial disponible en redes locales

Para las mediciones superficiales, se dispone de información de una red de estaciones, con 10 sitios de monitoreo de viento, temperatura, humedad relativa, radiación y presión atmosférica. Estos puntos se encuentran distribuidos a lo largo del valle (figura 31), lo que permite contar con información meteorológica a diferentes distancias valle adentro de las principales fuentes de emisión costeras.

Cabe señalar que si bien se cuenta con una cantidad importante de estaciones meteorológicas, solo la mitad de ellas están ubicadas en la zona de Huasco Bajo, por lo que se recomienda la instalación de uno o más puntos de monitoreo en dicha zona, de manera de poder representar bien el ingreso de las masas de aire desde la costa hacia el interior del valle, lo que permitiría modelar de mejor forma el ingreso de las plumas provenientes de las chimeneas principales situadas en la península.

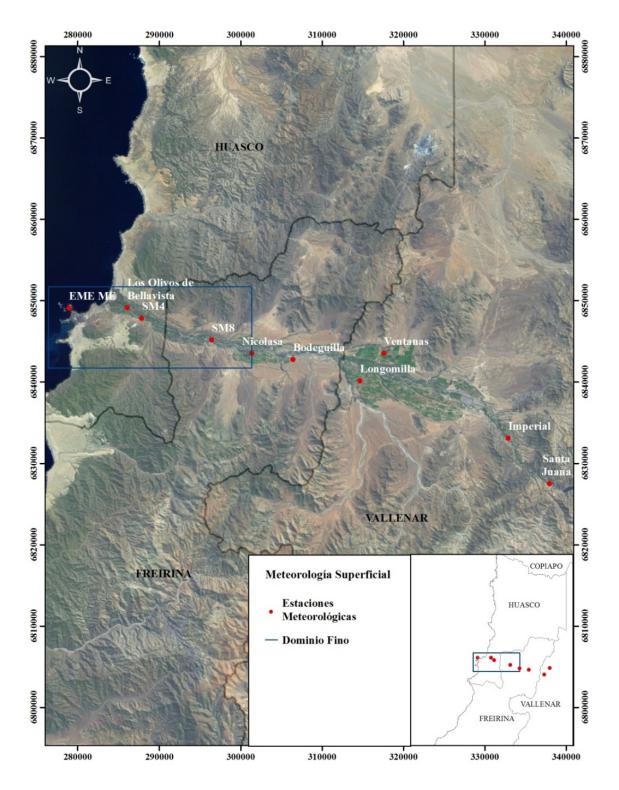


Figura 31. Distribución de estaciones meteorológicas disponibles año 2009. El rectángulo muestra el dominio usado en la modelación de la dispersión.

Meteorología superficial adicional

Además de las variables antes mencionadas, es necesario contar con información de altura y cobertura de nubes. Esta información se obtuvo desde mediciones satelitales y desde la base de datos de NCAR-EEUU, con el objeto de utilizar información de la cobertura nubosa (entre 0 y 1) y la altura del techo de nubes. En la figura 32 se muestran los puntos donde se obtuvo información complementaria para ejecutar el modelo de dispersión:

- a) Los símbolos que llevan por nombre *NCAR* corresponden a los que contienen información de altura y cobertura de nubes obtenidas por el *NCAR* de EEUU aplicando modelos del tiempo y asimilando todos los datos disponibles de mediciones en la zona; están disponibles con registros cada 6 horas y una resolución espacial de aproximadamente 110 km (1°). Hay cuatro sitios alrededor de Huasco donde se puede obtener esa información.
- b) Los símbolos *NASA* indican los puntos donde se obtuvieron las mediciones satelitales. Estas mediciones están disponibles cada 4 horas distintas correspondientes al paso de dos satélites de la NASA dos veces al día sobre el valle del Huasco. Se escogieron dos puntos dentro del dominio de modelación y otro ubicado en Vallenar, para fines de cubrir toda la zona modelada.

Cabe recordar aquí que en el primer año del proyecto se utilizó directamente los resultados del modelo del tiempo WRF para generar la información de nubosidad que necesita el modelo de dispersión. La información descrita en los ítems a) y b) arriba es la nueva información utilizada en la modelación, con fines de mejorar los resultados del modelo obtenidos en el primer año del proyecto.

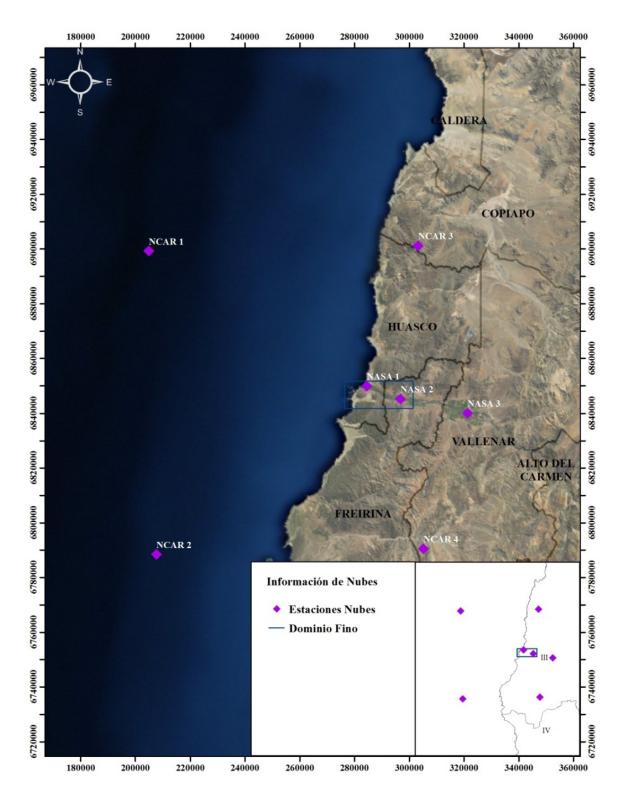


Figura 32. Distribución de estaciones con información meteorológica adicional.

Meteorología adicional en altura

La meteorología en altura se puede obtener mediante una simulación en un modelo de meso-escala⁵, radiosondeos, campañas de medición, o a través de asimilación de datos. En el primer año del proyecto se ha aplicado el modelo WRF, el que se describe a continuación.

WRF es un modelo meteorológico de predicción de meso-escala de última generación, el cual está diseñado para pronóstico operacional e investigación atmosférica, incluyendo múltiples módulos dinámicos. A partir de la salida del modelo se obtienen campos meteorológicos con una grilla de 67 x 30 km, 30 niveles verticales, una resolución espacial de 1 km y una resolución temporal de 1 hora. La figura 32 muestra la grilla de modelación donde se ha aplicado el modelo WRF en el caso del valle del Huasco.

En la Figura 33 se muestran además cinco puntos con información meteorológica para distintos niveles verticales sobre el suelo, donde los cuatro puntos denominados 84007, 84107, 84207 y 84307 se obtienen de la página web de *NCAR*⁶, y constituyen información adicional para usarla en el modelo de dispersión. Por otra parte el punto 85830 se extrae procesando la salida del modelo *WRF*, para que tenga un formato como un radio-sondeo, es decir, como si se hubiera hecho un radio-sondeo en dicho punto durante el año 2009.

Luego, estos cinco puntos adicionales de información meteorológica permiten mejorar la modelación hecha el primer año del proyecto. Notar que las estaciones de radio-sondeo existentes en Chile que están más cercanas a Huasco son Santo Domingo, V Región y Antofagasta, II Región; ambas no se pueden ocupar con confiabilidad en Huasco debido a la distancia a que ellas se encuentran de nuestra zona modelada.

⁵ En este caso en el primer año del proyecto se ha empleado el modelo *Weather Research and Forecasting, WRF,* desarrollado por NCAR.

⁶ National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado

Usos de Suelo

La cobertura del suelo es un elemento de gran importancia en la modelación meteorológica, ya que sus características alteran los balances de energía superficial, influyendo en la estimación de la altura de mezclado y por ende, en los impactos producidos por las actividades de las distintas fuentes de emisión.

La zona en estudio presenta cinco usos de suelo distintos, donde predominan los matorrales (rangeland⁷), el mar y la zona agrícola (Figura 33). Con respecto a este último atributo del suelo, se tiene dos opciones: sector agrícola irrigado o no irrigado. En este caso el tipo 'suelo agrícola irrigado' es el más representativo del valle de Huasco.

-

⁷ Rangeland corresponde a un tipo de cobertura con terrenos no cultivados que son dominados por pastos, hierbas y arbustos capaces de desarrollarse en áreas con déficit de agua y nutrientes, los cuales son aptos para el pastoreo.

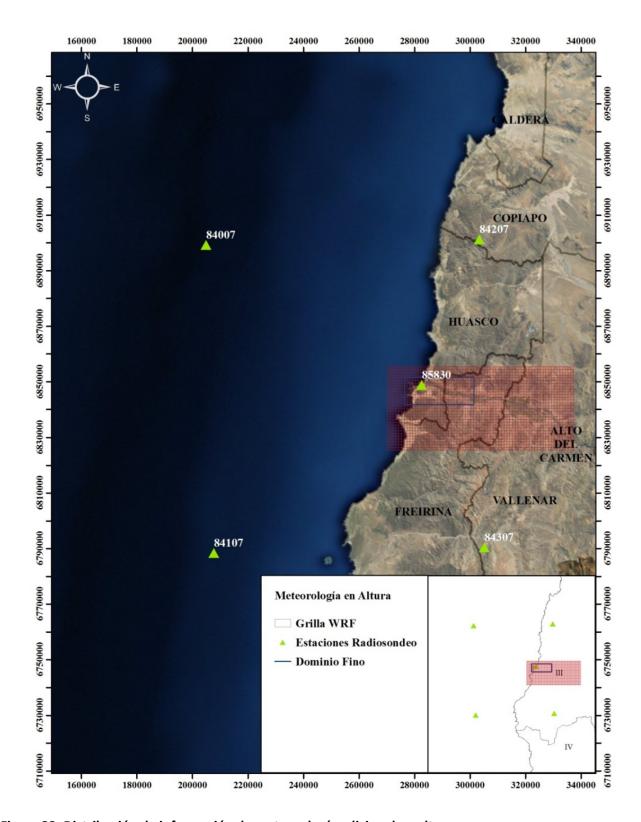


Figura 33. Distribución de información de meteorología adicional en altura.

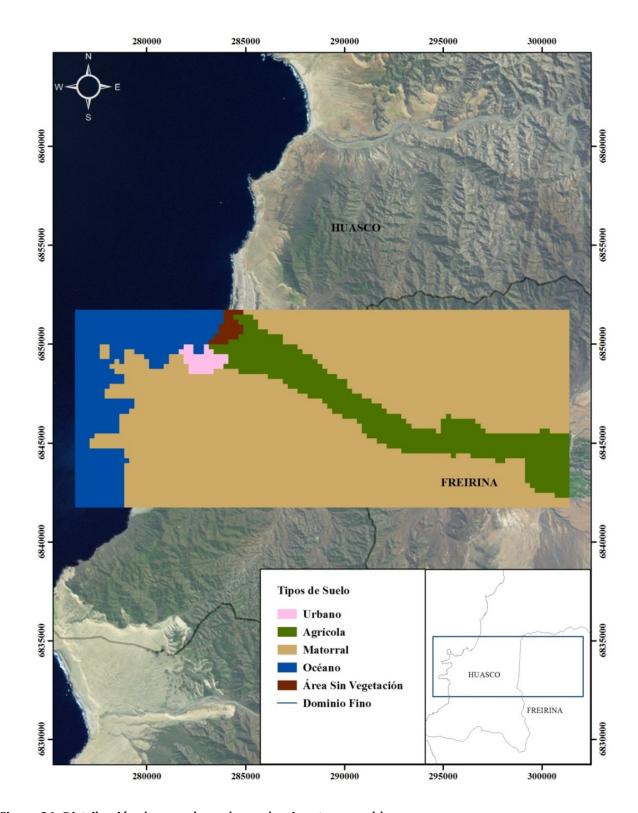


Figura 34. Distribución de usos de suelo predominante por celda.

Escenario Meteorológico Modelado

Después de haberse realizado numerosas pruebas con el modelo de dispersión, variando la información meteorológica de entrada al modelo, se obtuvo que la mejor información para el modelo consiste en:

- a) Incluir la totalidad de las estaciones disponibles en el valle de Huasco.
- b) La información de nubosidad se obtiene de los puntos señalados en la Figura 32, y
- c) La meteorología en altura se obtiene de los radio-sondeos virtuales indicados en la Figura 33, sin considerar el valor producido por el modelo WRF (punto 85830 en esa figura).

Para la evaluación del modelo se comparan las predicciones del modelo para el material particulado sedimentable (MPS) medido en las seis estaciones de monitoreo pertenecientes al SAG (ver Figura 1 1), así como para la cantidad de hierro en el MPS, ambas cantidades expresadas en mg/[m²-día] como valores promedio mensuales. Las predicciones se comparan con el monitoreo realizado por el SAG el año 2009, año base de la modelación de calidad del aire.

Fuentes emisoras y receptores considerados en la modelación

A partir de los resultados del inventario de emisiones desarrollado en el primer año del Proyecto, se consideraron las siguientes fuentes emisoras:

- a) Chimeneas: cinco chimeneas de Endesa, dos de CMP y tres de Eléctrica Guacolda: Unidades 1 y 2 (salida en una sola chimenea), y la Unidad 3 que comenzó a operar en Agosto 2009.
- b) Fuentes de área: acopio de materiales en el complejo industrial, fuentes de la ciudad, actividad de barcos en el puerto y el ferrocarril, todas expresadas como fuentes de área.

La figura 35 muestra el mapa del dominio modelado, incluyendo las chimeneas y las fuentes de área en color rojo. El fondo del mapa corresponde a la clasificación de usos de suelos utilizada en la modelación: 10 (urbano), 20 (agrícola), 30 (matorrales), 55 (océano) y 70 (zona árida). La grilla rectangular corresponde a un retículo de 40 celdas en dirección N-S y 100 celdas en dirección E-O, con tamaño de celda de 250 x 250 m.

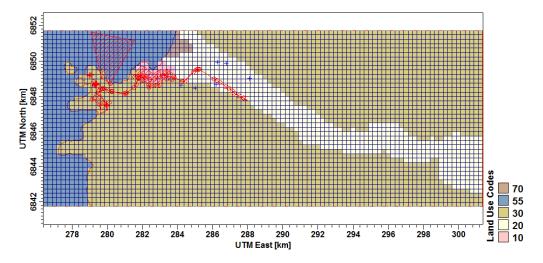


Figura 35. Configuración de las fuentes de emisión modeladas.

En la Figura 35 los símbolos '+' en color azul representan los receptores discretos considerados en la modelación, que corresponden a los seis monitores de MPS del SAG.

Resultados de la modelación para el material particulado sedimentable

A continuación se presentan los resultados obtenidos por el modelo, al comparar las predicciones del modelo CALPUFF con las observaciones hechas en la red de monitoreo del SAG, año 2009.

La Figura 36 muestra una comparación de las mediciones hechas por el SAG para el total del material particulado sedimentable para el año 2009 con las modelaciones realizadas con el modelo CALPUFF.

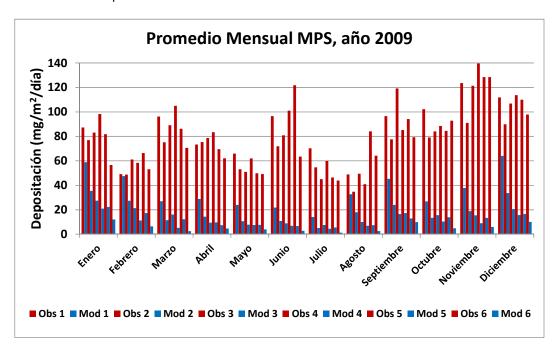


Figura 36. Comparación de las observaciones del SAG con las modelaciones del MPS mediante el modelo CALPUFF, año 2009.

Se aprecia que hay una subestimación de la cantidad total de partículas sedimentables, en todas las estaciones de monitoreo, y que la magnitud de las subestimaciones se incrementa a medida que el monitor está más alejado de la zona industrial.

Antes de comentar las razones para este comportamiento de la depositación modelada, se presenta en la figura 37 una comparación de la depositación de hierro en el MPS. Esta vez se aprecia que el modelo sobrestima la cantidad de hierro depositada en el monitor 1 (a veces en el 2 también) en los meses cálidos, mientras que en los meses fríos se verifica una subestimación en las estaciones SAG, excepto que es menor marcada que en el caso del MPS (Figura 36).

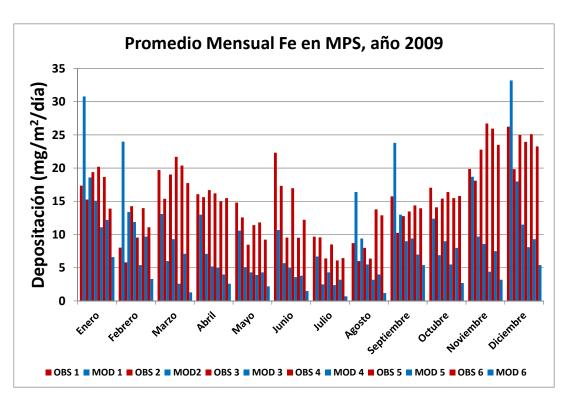


Figura 37. Comparación de las observaciones del SAG con las modelaciones de Fe en el MPS mediante el modelo CALPUFF, año 2009.

Luego, el comportamiento del modelo que se ha presentado en las dos figuras anteriores se puede explicar si consideramos que:

El modelo tiende a sobrestimar impactos de la industria en el monitor 1 y a subestimarlos en los monitores más alejados de la zona industrial, para el caso del Fe en el MPS. Esto puede deberse en parte a la cantidad de información meteorológica disponible en la zona de Huasco Bajo, que solo incluye un par de estaciones solamente y esto afecta el desempeño del modelo.

En el caso del total del MPS, hay que considerar que existe un aporte de background debido principalmente al aerosol marino (NaCl) y a los productos de la neutralización del aerosol marino con los gases ácidos provenientes de las emisiones industriales, es decir nitrato y sulfato de sodio. Sin embargo, lo más relevante es la emisión de polvo suspendido por el viento en el valle, el cual aporta principalmente elementos del suelo como Calcio, Aluminio y Silicio.

En efecto, la figura 38 muestra que la velocidad del viento en Huasco Bajo, medida en la época de floración 2012, muestra valores por sobre los 3 m/s especialmente por la tardes y entre la puesta de sol y la medianoche. Estos vientos son capaces de suspender nuevamente las partículas sedimentadas (que provienen de la industria principalmente) más el polvo natural, las cuales contribuyen a aumentar la cantidad de material particulado sedimentable que deposita en los medidores de la red del SAG. Puesto que este viento está obstruido por la capa de árboles cerca del suelo, esto significa que el viento sopla de manera más intensa en las laderas del valle, levantando polvo hacia los monitores del SAG y contribuyendo al total de las partículas sedimentables y, en menor medida al hierro que deposita.

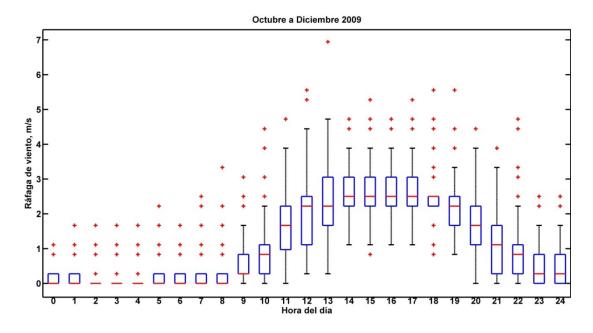


Figura 38. Perfiles diarios de máximas velocidades del viento (ráfagas), medidas en Huasco Bajo.

Dado que la modelación de CALPUFF no incluye el nivel de background natural ni tampoco la erosión eólica del suelo del valle, se hizo una estimación aproximada de estas cantidades usando la información de la campaña de composición química del material particulado sedimentable realizada en el primer año del proyecto (año 2011). Con la información obtenida entre Agosto y Diciembre 2011 para el Na, Cl, Al, Si, Ca y considerando el estado oxidado de los metales, que el Cl está como NaCl y el exceso de Na como nitrato o sulfato de sodio, se pudo estimar un background semestral que se proyectó a todo el año 2009, y se supuso que el suelo posee un 10% de Fe para fines de calcular un aporte de background de Fe también.

Las figuras 39 y 40 muestran el resultado de sumar los niveles de background al material particulado sedimentable modelado, y se aprecia que el desempeño del modelo mejora claramente. Sin embargo persiste una subestimación del total del MPS; esto se debe a que hay fuentes locales de emisión de material particulado que impactan en los monitores del SAG; estas fuentes locales no son modeladas por CALPUFF debido a que no se tiene un registro de ellas (caso de tránsito de vehículos por caminos sin pavimentar, manejo de terrenos agrícolas, etc.).

En el caso del Fe en el MPS el modelo mejora bastante su desempeño, ya que las mencionadas fuentes locales producen levantamiento de polvo del suelo y no emisiones de hierro, por lo que su efecto en los monitores del SAG está considerado en el 10% del background estimado en la figura 40.

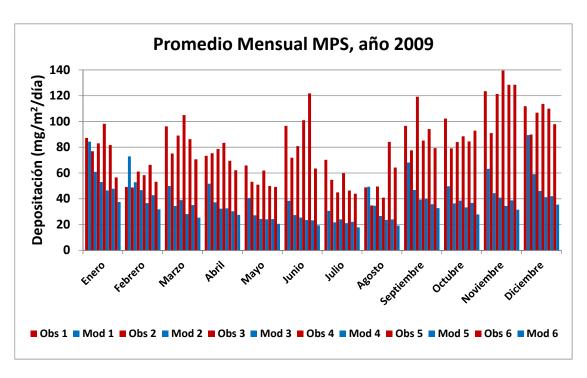


Figura 39. Comparación de las observaciones del SAG con las modelaciones del MPS con CALPUFF más el background mensual estimado, año 2009.

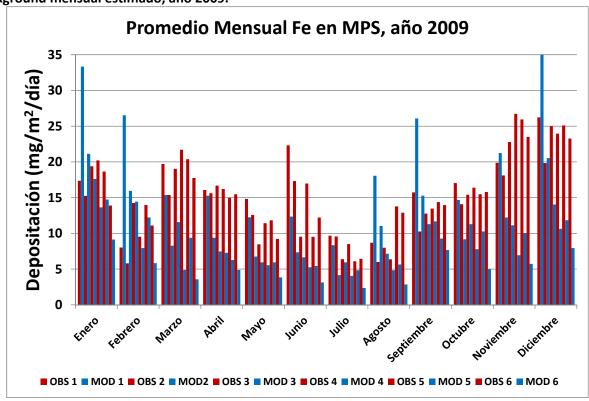


Figura 40. Comparación de las observaciones del SAG con las modelaciones de Fe en el MPS con CALPUFF, incluyendo background mensual, año 2009.

En el caso del MPS se aprecia que el modelo tiende a sobrestimar cerca de las fuentes industriales y a subestimar lejos de ellas. Como esto puede ser una deficiencia del modelo, se procedió a tomar un promedio de las seis estaciones del SAG, de manera de comparar en promedio el impacto observado y modelado en el MPS, para cada mes del año 2009. De esta manera se pretende suavizar la variabilidad espacial de los datos. Con esto se produjeron las figuras 41 y 42 que presentan un perfil anual del promedio observado y modelado (más background).

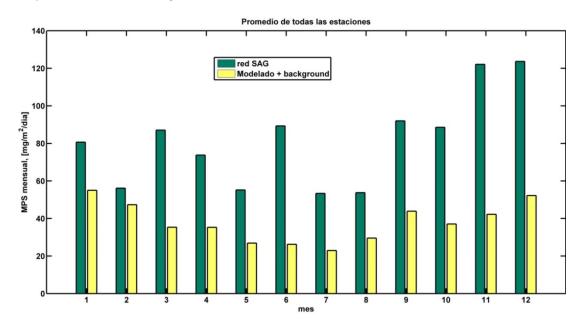


Figura 41. Comparación de las observaciones del SAG con las modelaciones del MPS con CALPUFF más el background estimado, promedio de todas las estaciones SAG, año 2009.

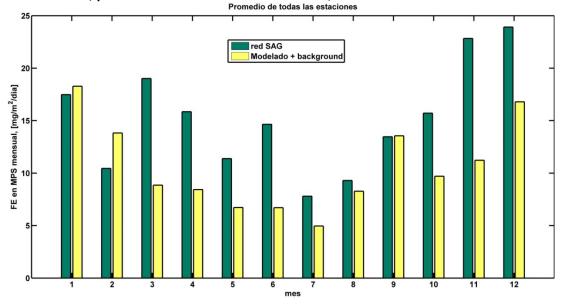


Figura 42. Comparación de las observaciones del SAG con las modelaciones de Fe en el MPS con CALPUFF, incluyendo background, promedio de todas las estaciones del SAG, año 2009.

Lo que se puede concluir es que hay deficiencias en las modelaciones del hierro en el MPS, ya que aún promediando para toda la zona de Huasco Bajo (estaciones del SAG) igual se producen deficiencias en las modelaciones en los meses de Octubre a Diciembre. La explicación más plausible para esta deficiencia es que la meteorología utilizada para correr el modelo CALPUFF presenta problemas. Hay que recordar que solo se dispone de cinco estaciones de monitoreo en un tramo de 20 km E-O.

En el caso del MPS se producen deficiencias mayores en las modelaciones con CALPUFF, probablemente porque además de un tema meteorológico, también hay fuentes locales que impactan algunos monitores de MPS, lo que se debe a emisiones locales en las cercanías de los monitores.

Resultados para el material particulado fino MP_{2.5}

Las siguientes figuras muestran una serie cronológica de datos modelados diarios de MP_{2.5}, para todo el año 2009, pero esta vez en receptores que corresponden a los tres sitios de monitoreo utilizados en la campaña de monitoreo de verano 2013 (Tabla 2). Esta comparación es más bien cualitativa ya que sabemos que el modelo de dispersión tiene limitaciones para representar adecuadamente el comportamiento de la dispersión de partículas en el valle.

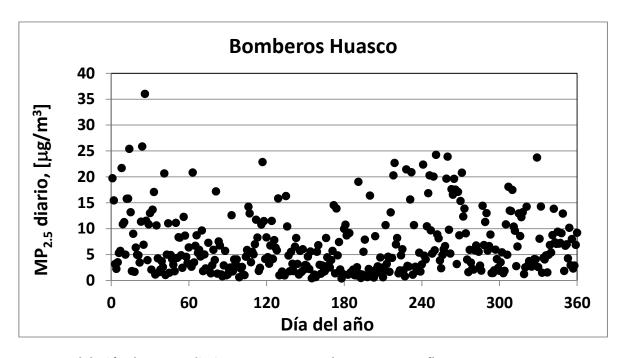


Figura 43. Modelación de MP2.5 diario en receptor Bomberos Huasco, año 2009.

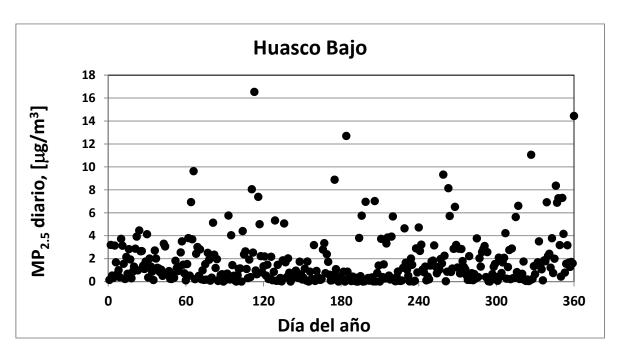


Figura 44. Modelación de MP2.5 diario en receptor Huasco Bajo, año 2009.

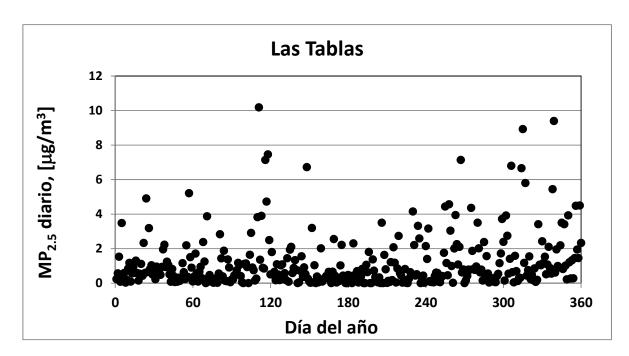


Figura 45. Modelación de MP2.5 diario en receptor Las Tablas, año 2009.

Se aprecia en los tres casos, una gran variabilidad de la concentración diaria de un día al siguiente, lo que es un diagnóstico de la presencia del fenómeno de fumigación para el caso del MP_{2.5}. Es decir, el modelo predice que en algunos días las plumas de las emisiones del complejo industrial caen directamente sobre esos monitores, elevando los valores del MP_{2.5} diario.

El modelo nuevamente predice que los mayores impactos se presentan en el mismo Huasco, disminuyendo en Huasco Bajo y llegando a menores valores en Las Tablas, para los dos primeros meses del año. Esto contrasta con los resultados de la campaña de verano 2013, donde se constató en promedio valores similares de MP2.5 en los tres monitores TAS desplegados en esos tres sitios (Tabla 3). Luego, esta es otra indicación de que el modelo necesita ser mejorado, partiendo por disponer de más (y mejores) estaciones de monitoreo en la parte baja del valle, por ejemplo, añadiendo estaciones de meteorología en cada una de las estaciones actuales de monitoreo de MPS del SAG (Figura 1).

Conclusiones sobre el monitoreo ambiental en el valle del Huasco.

Del análisis de la situación histórica del monitoreo de material particulado y SO2 en el valle del Huasco, más la información adicional recopilada en este segundo año del estudio (monitoreo de concentración total y elementos traza en el MP2.5, más acidez de la neblina y meteorología superficial), se desprenden las siguientes conclusiones:

- a) El MPS posee gran variabilidad estacional en cada año, y en ciertos años las estaciones (SAG2, SAG3 y SAG5) han medido valores considerablemente mayores que las demás estaciones, produciéndose excedencias a la normativa del DS 4 de 1992 del Ministerio de Agricultura, que fija valores máximos mensuales y anuales para el MPS, los que corresponden a 150 y 100 [mg/(m²· día)], respectivamente. Se aprecia que la normativa mensual del MPS se ha excedido en al menos 4 meses al año, aunque ha tenido una tendencia a la reducción en los últimos 2 años. La norma anual se está cumpliendo en los últimos cuatro años de datos.
- b) Con respecto a la normativa del Fe contenido en el MPS, la norma anual se está cumpliendo desde el año 2008 a la fecha, mientras que para la norma mensual el cumplimiento se está verificando desde el año 2009 a la fecha.
- c) El monitoreo de MPS actualmente utilizado en el valle es sesgado (porque incluye aportes no industriales) y con equipos incorrectamente instalados, que permiten que las emisiones locales impacten dichos monitores.
- d) Para corregir el monitoreo de MPS es necesario modificar la metodología de medición, elevando la altura de los monitores sobre el terreno, de manera tal de no medir impactos causados por actividades locales, sino medir mejor el aporte industrial al MPS en la zona olivícola.
- e) Las concentraciones ambientales horarias de SO_2 actualmente medidas superan frecuentemente los 100 [$\mu g/m^3$], y en estos casos se observa formación de neblina ácida en la parte baja del valle, lo que se favorece con las altas humedades relativas que se presentan en la zona baja del valle.
- f) La campaña adicional de medición de MP_{2.5} de verano, realizada en enero y febrero del 2013 mostró que las concentraciones de MP_{2.5} varían bastante de un día a otro, lo que es característico de concentraciones que provienen esencialmente de la actividad industrial en el puerto (chimeneas), las que se transportan hacia el interior del valle por los vientos predominantes, los que están asociados al calentamiento diurno del suelo del valle.
- g) Las concentraciones de MP_{2.5} medidas en los sitios Bomberos de Huasco, Huasco Bajo y Las Tablas indican valores promedio muy similares entre sí, aproximadamente de 7 [μg/m³], aunque la variabilidad

día a día en cada sitio es grande, al igual que entre sitios en un mismo día. Esto es característico del caso de grandes chimeneas industriales, donde los máximos impactos están condicionados principalmente por la meteorología, especialmente la circulación de los vientos en la zona baja del valle del Huasco en conjunto con el fenómeno de fumigación de las plumas de las chimeneas. Además, esta similitud de concentraciones nos indica que el efecto de las emisiones de la actividad industrial llega al menos hasta el sector de Las Tablas con impactos similares en ese sector, Huasco Bajo y Bomberos de Huasco.

- h) Los análisis de la composición química del MP_{2.5} medido en la campaña verano 2013 indican que el 95% de estas partículas finas provienen de fuentes emisoras antropogénicas, principalmente de las chimeneas del complejo industrial de Huasco, ya que ellas son las que aportan más del 95% de las emisiones de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NOx) y de azufre (SO₂) que se emiten en toda la zona. Solo un porcentaje bajo del MP_{2.5} (menor al 4%) podría provenir de aportes naturales como el polvo levantado por acción del viento. Al respecto cabe hacer notar que la normativa del MP_{2.5} anual es de 20 [μg/m³].
- i) La velocidad del viento en Huasco Bajo, medida en la época de floración 2012, muestra valores por sobre los 3 m/s especialmente por la tardes y entre la puesta de sol y la medianoche. Estos vientos son capaces de suspender nuevamente las partículas sedimentadas (que provienen de la industria principalmente) más el polvo natural, las cuales contribuyen a aumentar la cantidad de material particulado sedimentable que se deposita en los medidores de la red del SAG.
- j) El modelo de dispersión presenta deficiencias en la representación de los impactos por MPS de las fuentes industriales, ya que predice que la sedimentación disminuye rápidamente con la distancia al puerto, lo que está en discrepancia con las observaciones de la red de monitores del SAG. El modelo representa un poco mejor las concentraciones mensuales de hierro sedimentable como promedio para toda la zona de Huasco Bajo cubierta por los monitores de SAG, pero subsisten deficiencias en los resultados modelados.
- k) En forma cualitativa, el modelo reproduce la variabilidad día a día de las concentraciones de MP2.5 a lo largo del valle (originadas en la fuentes de emisión), pero no es capaz de representar la variabilidad espacial a lo largo del valle, ya que predice una reducción de las concentraciones a medida que aumenta la distancia al puerto, lo que no concuerda con la homogeneidad que se constató en la campaña de medición de MP2.5 del verano de 2013.
- Para mejorar el desempeño del modelo de dispersión habría que: i) mejorar la cantidad y/o calidad de la red meteorológica en la zona baja del valle, para poder representar adecuadamente la circulación de los vientos, ii) medir de mejor manera el MPS y su contenido de hierro en el valle, de manera de evitar impactos por fuentes locales y iii) modelar en forma explícita el levantamiento de polvo por acción del viento en el valle (esto último es más complejo de hacer por la cantidad de información que se requiere).

Recolección de fruta – temporada de cosecha Mayo – Junio 2012

En los resultados de MP obtenidos en el proyecto FIC 2011, se determinó la presencia de material particulado, cuya composición se describe en la tabla 5 del presente estudio. Resultados que coincidían con los expresados por el INIA en estudios anteriores, en cuanto a que la composición del material particulado era mayoritariamente minerales férricos, y adicionalmente se encontraban en alta proporción, dependiendo de la fuente emisora, Magnesio (Mg), Calcio (Ca) y Aluminio (Al). Sin embargo estos últimos no son buenos indicadores del material proveniente del complejo industrial dado que son además, parte importante del material parental de suelos y dunas del sector.

Los resultados obtenidos en ese año, a pesar de que se observó presencia del elemento de Hierro en los huertos, no se observó una relación significativa entre el contenido de hierro superficial de la hoja con la distancia a la fuente contaminante. Adicionalmente los resultados presentaron una gran variabilidad (figura 46).

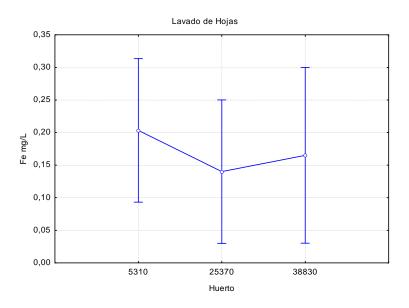


Figura 46. Hierro (Fe) en aguas de lavado de hojas de huertos a diferentes distancias (m) de la fuente contaminante del material particulado.

Posteriormente, se evaluó dentro del huerto (en relación a la línea del tren), para reducir la variabilidad presente, cuyos resultados indicaron que existían diferencias significativas en el material presente sobre los frutos, cerca y lejos de la línea del tren, tanto para Fe, Mg, Ca y Al (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

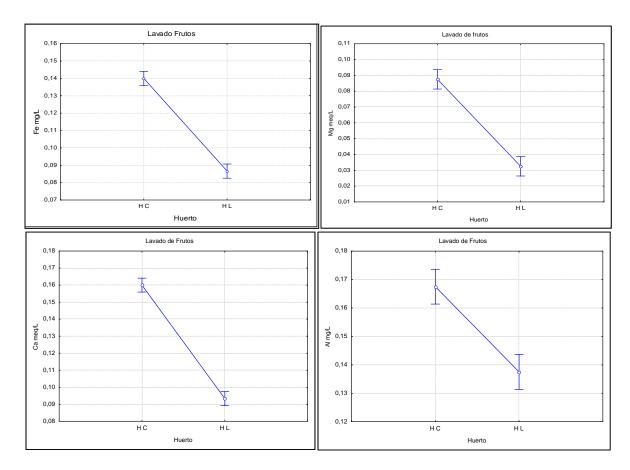


Figura 47. Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Calcio (Ca) y Aluminio (Al) en aguas de lavado de huertos cerca (C) y lejos (L) de la línea del tren.

A pesar de la significancia, no se logró encontrar una relación en el contenido de elementos en el agua de lavado y la distancia al complejo industrial. Por una parte, existía una alta variabilidad, inherente de las condiciones productivas del valle de Huasco, por lo que era necesario reducir la variabilidad presente, controlando factores de manejo, y por otra parte identificar las condiciones de los huertos evaluados, de modo de poder explicar las diferencias obtenidas. Adicionalmente, cabía la duda de si tanto los niveles cerca como lejos de la línea del tren, y/o aquellos valores encontrados a lo largo de todo el valle, eran altos o bajos en relación a condiciones normales de producción de olivas.

Por lo anteriormente descrito, en el presente proyecto, se realizó un estudio dirigido y estandarizado, del contenido de material particulado en la superficie de hojas y frutos, determinando en las aguas de lavado, tanto la cantidad de material particulado, en gramos de polvillo, como la composición química, de acuerdo a los elementos presentes en él.

Para este estudio se seleccionaron diferentes huertos a lo largo del valle de Huasco como se muestra en la figura 48. Para escoger los huertos y coordinar la recolección de la fruta que se llevaría a cabo entre Mayo y Junio de 2012, se visitó previamente a los productores cuyo destino

de fruta podía ser para aceite o para aceituna de mesa, a los que se informó de la investigación que se estaba realizando, el objetivo de ésta, cuánta fruta queríamos solicitarles o comprarles y las fechas posibles. Esta labor estuvo dirigida por la Ing. Agr. Verónica Fuentes, quien conocía los huertos y a los productores.



Figura 48. Mapa con la posición de los huertos en los cuales se recolectaron las aceitunas, en el período de cosecha 2012.

La recolección se realizó tomando tres repeticiones en cada huerto, con el fin de hacer un procesamiento estadístico de los datos.

Para realizar el análisis, se definió una cantidad fija de aceitunas, se lavaron en un volumen de agua conocida, y se analizó el agua de lavado, determinando los gramos de material particulado, y análisis mineral de pH, CE, presencia Hierro (Fe), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Aluminio (Al).

Tanto para el análisis de frutos como de hojas, se tomaron muestras en otras zonas del país donde se cultivan olivos; Parca (bajo la influencia de la actividad minera del cobre), Pirque, Cajón del Maipo y Melipilla. Esta actividad tuvo como objetivo contar con un tratamiento testigo o control, que permitiera comparar el contenido de MP, con otros valles donde se cultivan olivos.

El la figura 49 se muestran algunos de los huertos seleccionados para el muestreo de fruta y hojas.



Figura 49. Huertos al momento de la cosecha en el Valle de Huasco para análisis de lavado de frutos.

Resultados Lavados de Frutos (INIA Intihuasi).

Se recolectaron 25 kg de frutos en 9 sectores (huertos) a lo largo del valle de Huasco, cada huerto con tres repeticiones. La fruta, previo a entrar al proceso de elaboración, tanto de aceitunas como de aceites, fueron limpiados con uno o dos lavados de agua destilada. Este proceso fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Intihuasi, a cargo de la profesional Verónica Arancibia. El agua de lavado fue recolectada y enviada al Laboratorio de Servicios de la UC, para análisis de contenido de MP y mineral (figura 50). Luego los frutos fueron procesados tanto para aceituna de mesa como para aceite, resultados que se detallarán más adelante en este estudio.



Figura 50. Muestras de lavados de frutos recolectadas

Los resultados de la figura 51a, muestran que no existe una clara relación entre el contenido de MP de las aguas de lavado de fruto y su posición en el valle de Huasco. Adicionalmente se observa una gran variabilidad a lo largo del valle, con diferencias significativas entre huertos. Como ejercicio, en la figura 51b se eliminó el huerto ubicado en la zona 6, dado que se trata de un sector que no tiene manejos y se encuentra a orillas de la línea férrea, a diferencias de los demás huertos, que son productivos. Al analizar los huertos sin considerar el H6, se observa que, existen diferencias entre huertos, pero éstas no responden a la cercanía o lejanía del complejo industrial.

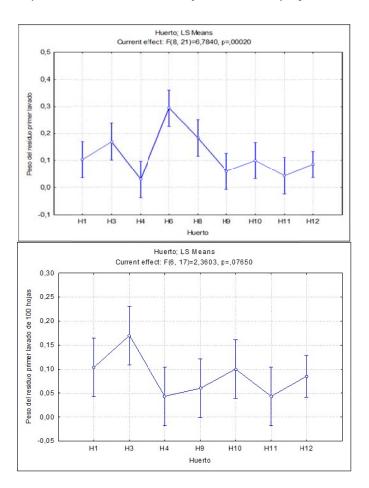


Figura 51. Contenido de MP en las aguas de lavados de frutos de huertos a lo largo del Valle. a) Considera la totalidad de huertos evaluados, b) Sin H6, no productivo.

Por otra parte, respecto al segundo lavado de frutos, se puede observar que todos los huertos presentan un grado de material en su superficie y que aunque arrastra material particulado, es en menor cantidad. Adicionalmente, se puede observar que existen diferencias significativas entre huertos, aunque estas diferencias no responden a su cercanía o lejanía al complejo industrial (figura 52)

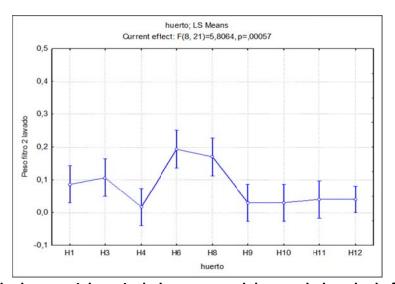


Figura 52. Contenido de material particulado en aguas del segundo lavado de frutos.

En la figura 53, se puede observar los lavados de material particulado de frutos en laboratorio, previo al proceso de filtrado y análisis químico de elementos.



Figura 53. Filtrado de aguas de lavado de frutos de olivas del valle de Huasco.

Respecto al contenido mineral de las aguas de lavado, no se observa un comportamiento claro respecto del pH y, al igual que para el caso del MP, se observan diferencias significativas entre

huertos, lo que denota una gran variabilidad en el valle (figura 54). Cabe destacar, que tal como ocurre para el contenido de polvillo, existen huertos, cuyas aguas de lavados de frutos, presentan una condición bastante diferente al resto de los huertos, lo que podría explicarse por algún factor distinto de su cercanía o lejanía al completo industrial. Para el caso de la C.E, indicador de los niveles de sales de las aguas de lavado, no se observan diferencias significativas entre huertos y tampoco se observa un comportamiento respecto de la ubicación del huerto y el complejo industrial (figura 54).

Respecto a los elementos Ca, Fe, Mg y Al, al igual que para el caso del polvillo en el lavado, tiene un comportamiento que, aunque no se puede asociar a la distancia respecto del complejo industrial, se puede observar, en forma consistente, que el huerto H6, sin manejos de lavado de plantas y a orillas de la línea del tren, presenta niveles consistentemente elevados de Ca, Fe y Mg, que son, los elementos que componen en mayor proporción el MP emitido por la Compañía Minera del Pacifico en la producción y transporte de pellets (figura 55).

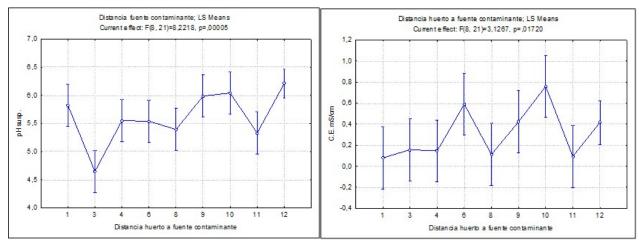


Figura 54. Niveles de pH y Conductividad eléctrica (C.E) en aguas de lavado de frutos en huertos del Valle de Huasco.

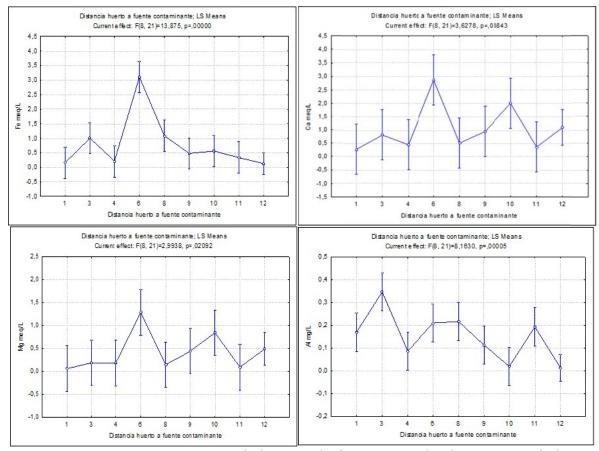
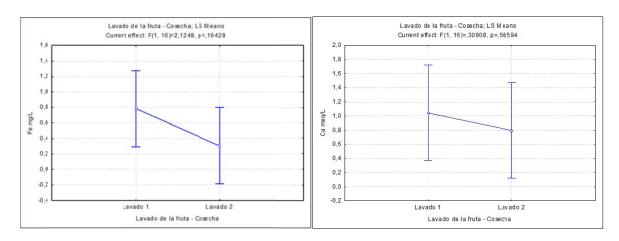


Figura 55. Elementos minerales Hierro (fe), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Aluminio (Al) en aguas de lavado de frutos, en huertos a lo largo del valle de Huasco.

En cuanto a la composición mineral del agua de lavado, al evaluar todos los huertos en conjunto, se puede ver que no existen diferencias significativas entre uno y dos lavados, y que en ambos lavados se arrastra material (figura 56).



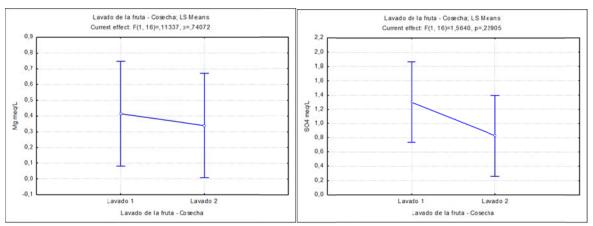


Figura 56. Niveles de hierro (Fe), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Aluminio (Al), en aguas de uno y dos lavados en 9 huertos del valle de Huasco.

De todas maneras, se puede ver que, en promedio, la concentración inicial es consistentemente mayor a la concentración final.

Dado que los resultados mostraron nuevamente gran variabilidad en el contenido de elementos entre huertos, y que por ello no se encontró significancia en el contenido de minerales entre uno y dos lavados, se procedió a realizar el análisis por huerto, para el principal componente evaluado, que corresponde en este caso, al hierro.

Los resultados en la mayoría de los huertos evaluados, no presentó una diferencia significativa, excepto en el Huerto H1 en que existe significancia con p= 0,01. Figura 57. En el resto de los huertos, los resultados muestran que en promedio existiría un mayor arrastre de elementos en el primer lavado, sin embargo, sin ser diferentes estadísticamente.

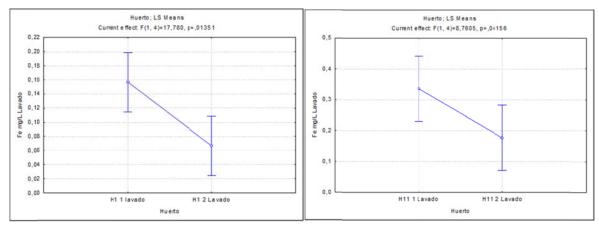


Figura 57. Niveles de Fe en aguas de lavado de frutos evaluados con uno o dos lavados, por huerto.

En los resultados anteriores no se observa una clara respuesta a la distancia al complejo industrial, adicionalmente se observa gran diferencia entre huertos, lo que nos llevó a pensar en la necesidad de homogenizar en mayor medida tanto la cantidad de fruta procesada como las técnicas de cosecha. Verificando con los productores que aportaron con su fruta para el proyecto, se pudo concluir que existen diferencias en cuanto al método de cosecha por una parte, y por otra parte, gran cantidad de huertos, realizan lavado de las plantas para disminuir la carga de MP. Dado lo anterior, se realizó un segundo muestreo de fruto, en huertos seleccionados que tuviesen manejos similares, tanto de huerto, como de sistema de cosecha. En esta oportunidad, se buscaba determinar la cantidad de MP presente en una unidad conocida de frutos, en 4 huertos a lo largo del valle cosechados en forma homogénea (sin limpiar el fruto en el proceso de cosecha), por lo que solamente se realizó un solo lavado (figura 58).



Figura 58. Recolección de aguas de lavado con tres repeticiones por huerto, los cuales se llevaron para análisis mineral y de MP al laboratorio de servicios UC.

En los resultados se puede ver que existe una relación clara entre la cercanía al completo industrial (H2) y los huertos más alejados (H12). Figura 59.

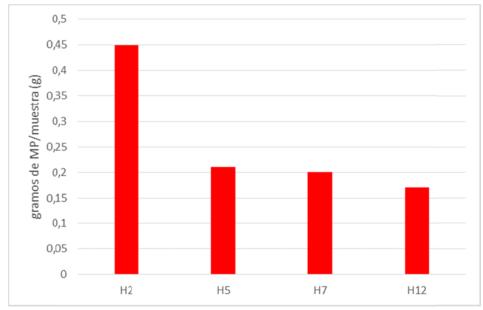


Figura 59. Materia Particulado (g/muestra) en tres huertos a lo largo del valle.

Al igual que para el caso anterior, a las aguas de lavado de estos huertos, se les realizó un análisis mineral, encontrándose los siguientes resultados. Fig 60.

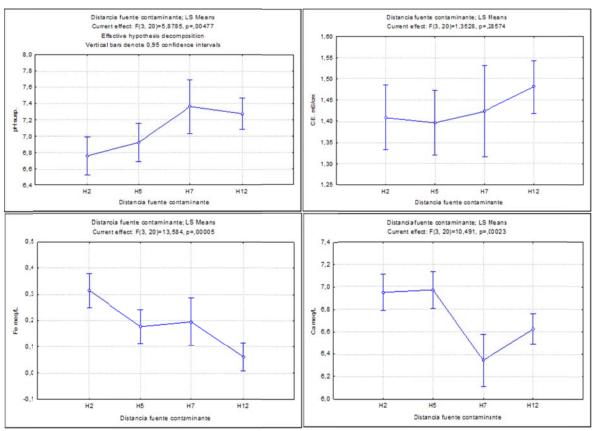


Figura 60. Niveles de pH, C.E, Fe y Ca, en aguas de lavado de frutos en huertos del Valle de Huasco.

Se pudo observar que existen diferencias significativas para el caso de pH, Fe y Ca, existiendo mayor cantidad en las cercanías del complejo industrial, respecto de los huertos más alejados. Para el caso de la C.E, Al y Mg, las diferencias no fueron significativas.

Los resultados anteriores evidencian un efecto de mayor cantidad de MP en los huertos cercanos al complejo industrial, dada las diferencias encontradas principalmente en el contenido de Fe, que es el mejor indicador de la contaminación por MP de CMP y de las termoeléctricas.

En estudios anteriores (INIA, 1991) se observó que todo el valle estaba expuesto al MP en superficie y por lo tanto no existía una diferencia estadística en los huertos respecto de su distancia al complejo industrial, por lo que se procedió a comparar con otras zonas productivas, tanto para establecer un estándar de comparación y al mismo tiempo, para poder contrastar la información obtenida en el valle con respecto a otros sectores productivos.

Para el caso del lavado de frutos, se optó por evaluar fruta proveniente de valles similares en cuanto a su condición edáfica y climática, por lo que se cosecharon frutos del valle de Copiapó para

realizar el lavado de éstos, variedad sevillana, siempre utilizando la misma proporción de fruta/agua. (figura 61)

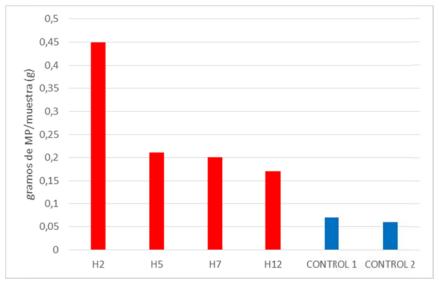


Figura 61. Material Particulado (g/muestra) presente en el lavado de frutos de huertos del valle de Huasco (rojo) y Copiapó (azul).

Con los resultados obtenidos, se puede observar que las aguas de lavado de frutos cosechados en Copiapó, presentan una menor cantidad de MP (entre 0,05 y 0,1 g/muestra) por lo que se descarta que los contenidos observados en el valle de Huasco correspondan a una condición natural de sectores áridos, ya que los niveles obtenidos sobrepasan en hasta 9 veces el valor observado en frutos de Copiapó.

Al ser evaluadas estas aguas de lavado respecto de su composición mineral de Fe (figura 62), se evidenció un mayor contenido de este elemento en las aguas de lavado de frutos de los huertos del valle de Huasco, respecto al valle de Copiapó, que tendría un origen de suelos y aporte basal, equivalente al de los huertos de Huasco, por lo que se podría atribuir a una actividad antropogenica. Los mismos resultados se obtuvieron para el elemento Aluminio, sin embargo con una menor magnitud.

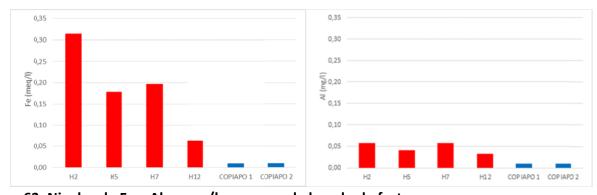


Figura 62. Niveles de Fe y Al en mg/l, en aguas de lavado de frutos.

Lavado de Hojas

Adicional al lavado de frutos, se procedió del mismo modo a realizar un análisis del material particulado presente en las hojas de olivos, dado que existían antecedentes previos (INIA 1991), en se realizaron análisis minerales a plantas con y sin fierrillo, los que no presentaron diferencias respecto de su posición en el valle. Resultados similares se obtuvieron en la primera etapa del presente estudio (FIC 2011), en que no se evidenciaron contenidos internos de Fe, que respondieran a la contaminación ambiental o la posición de los huertos respecto de la línea del tren. Sin embargo, al realizar pruebas preliminares del contenido de elementos en las aguas de lavado de MP, efectivamente se observaron diferencias significativas respecto al contenido de Fe superficial en hojas evaluadas cerca y lejos de la línea del tren, aunque no se observó el mismo comportamiento al evaluar aguas de lavado de hojas, de huertos a lo largo del valle.

Por lo anterior, en este estudio se volvió a evaluar el contenido de MP en superficie de hojas, mediante el sistema de lavado, utilizando un método de recolección más homogéneo que permitiese identificar las diferencias, en caso de que existiesen, que se pudieran atribuir únicamente al aporte de MP del complejo industrial.

Para ello, se recolectaron 100 hojas en diferentes huertos y sectores a lo largo del valle de Huasco y se colocaron inmediatamente en 300 ml de agua destilada para evitar perdida de material (figura 63). A cada muestra se le asignó un código de huerto asociado a la ubicación dentro del valle (Figura 48).

Adicionalmente, del mismo modo que para el lavado de frutos, se obtuvieron muestras de diferentes regiones y sectores productivos del país como muestras control o de referencia. Para el caso de las hojas se incorporaron muestras de la III Región, donde también existen plantaciones de olivos, en este caso, bajo la influencia de la industria minera del cobre.



Figura 63. Muestras foliares obtenidas para lavado de hojas.

Los resultados obtenidos en las hojas se pueden observar en la figura 64. Se puede ver que, a pesar de que no existe una tendencia clara dentro del valle de Huasco, respecto a la distancia al complejo industrial, se

pudo constatar que los niveles son significativamente superiores a las muestras obtenidas en otras regiones productoras de olivos (figura 64).

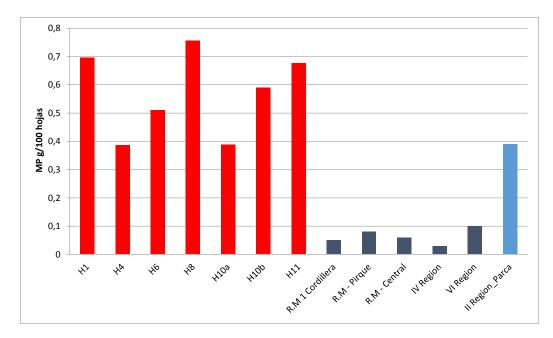


Figura 64. Material particulado (g) en 100 hojas de olivos de Huasco (rojo) y de diferentes zonas del país (azul).

Los resultados indican que a lo largo del valle no existe una diferencia significativa entre huertos, lo que se podría explicar dado que, por una parte, el MP que se emite en la industria de las termoeléctricas en el puerto de Huasco es un material de menos tamaño y por lo tanto, tendría un alcance mayor y estaría cubriendo toda la zona del valle desde Vallenar a Huasco. Adicionalmente existe un aporte importante de MP que aporta el transporte de pellet a lo largo de todo el valle.

En la figura 65 se puede ver el análisis estadístico de todos los huertos del valle de Huasco evaluados, y los huertos fuera del valle (control), los 5 huertos de la Región Metropolitana, IV y VI Regiones. En este análisis estadístico se excluye al valle de Parca dado que se encuentra expuesto a un MP aún no identificado, que podría ser tanto del levantamiento de polvo de los suelos del sector, al transporte o al material emanado por la industria del cobre.

Para ejemplificar en mejor medida los resultados obtenidos, se tomó registro fotográfico del material que quedaba retenido en los filtros, lo que se muestra en la figura 66.

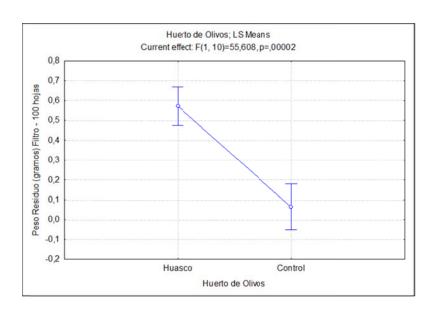


Figura 65. Cantidad de MP (gr/100 hojas) en huertos del valle de Huasco y huertos control, de otros valles productivos del país.

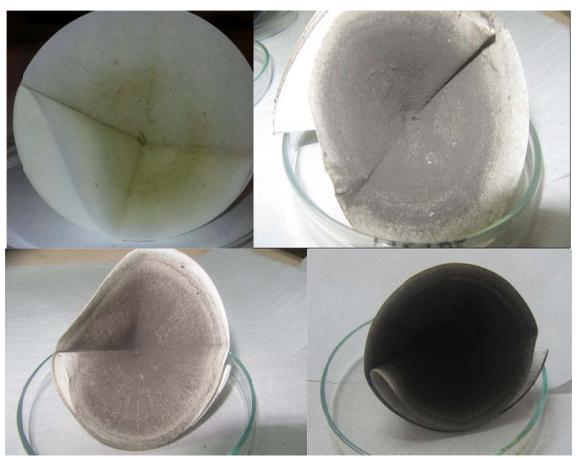


Figura 66. Filtros de lavado de hojas del huerto control en Pirque (izquierda arriba), y tres huertos del valle de Huasco.

Respecto a la composición mineral de las aguas de lavado de hojas, se puede observar un resultado similar y por tanto consistente, respecto del contenido de elementos de las muestras tomadas en el valle de Huasco y las demás regiones, particularmente para el elemento Fe, principal indicador del MP producto del complejo industrial y CMP.

Al igual que para el caso de lavado de frutos descrito previamente, al realizar el análisis mineral al lavado de las hojas, estudio que es independiente del realizado en los frutos, se puede ver que consistentemente se observa que el huerto H6 presenta niveles bastante altos en relación al resto de los huertos del valle, siendo éste, un huerto no manejado y a orillas de la línea férrea, por lo tanto con un impacto mayor de MP respecto de los demás huertos del valle (figura 67).

Al realizar el análisis dejando fuera este huerto por su condición extrema, se puede observar que los niveles dentro del valle son equivalentes (figura 68) pero destaca la diferencia respecto de los huertos considerados control, del resto del país, particularmente para el caso del hierro.



Figura 67. Niveles de Fe (mg/l) en aguas de lavado de hojas de diferentes zonas productivas de olivos.

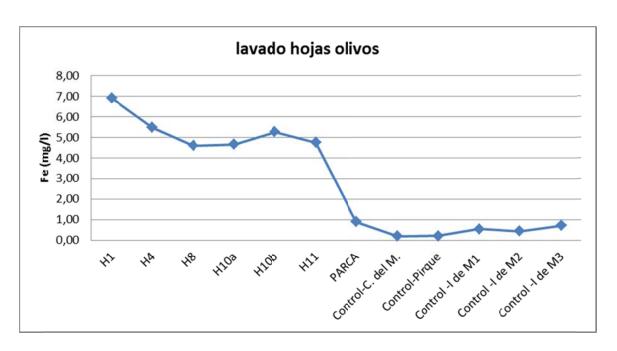


Figura 68. Niveles de Fe (mg/l) en aguas de lavado de hojas de diferentes zonas productivas de olivos.

Con los resultados observados se puede decir que, por una parte, el material presente en la superficie de las hojas, dada la metodología utilizada, no distingue en partículas emitidas por CMP, Endesa o Guacolda, sin embargo, existe una presencia significativa de hierro en las muestras del valle, en relación a las muestras de los demás huertos productivos, lo que permitiría indicar que corresponde a una condición única del valle de Huasco, y por lo tanto, no es atribuible a partículas de suelo, manejo u otro tipo de contaminación ambiental.

Respecto a los niveles de Ca y Mg, ambos presentes en mayor proporción en el MP emitido por CMP, presentan un comportamiento similar, aunque con mayor variabilidad dentro del valle de Huasco (figura 69). La variabilidad podría atribuirse a que ambos elementos están presentes también en el material de origen de los suelos del valle y dunas, por lo que no son indicadores tan efectivos como es el caso del hierro, que aunque se encuentra en el suelo, se distingue por las proporciones excesivas que se le atribuyen al MP del aporte antropogénico.

Por último, el aluminio que sería un buen indicar del MP producto de las emisiones de Endesa y Guacolda, presenta una variabilidad bastante mayor y una menor diferencia con respecto de otros valles productivos como serían el Control M1, M2 y M3. Sin embargo, también hay que considerar que corresponde a un elemento que se encuentra en alta proporción en el material original de las dunas del valle de Huasco. (figura 69).

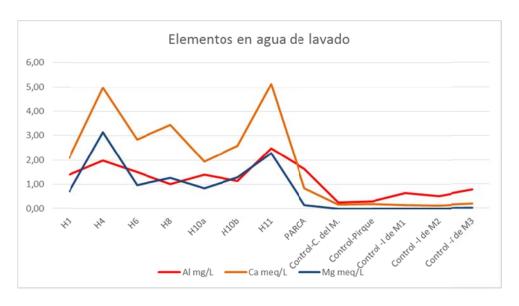


Figura 69. Contenido mineral de Al (mg/l), Ca (meq/l) y Mg (meq/l) en aguas de lavado de hojas de olivo del valle de Huasco y otros sectores productivos.

Los resultados de lavados de hojas y frutos indican que existe un material que queda en la superficie de los tejidos y que no tiene una relación con la distancia al complejo industrial, dado que existe una gran variabilidad según sean huertos manejados o no manejados, con prácticas de lavado de plantas por ejemplo. La cercanía a la línea del tren evidencia un mayor contenido de material particulado, sin embargo, no se puede descartar la influencia de otras fuentes contaminantes distintas de la CMP, tales como Endesa y Guacolda, ya que este material tendría un mayor alcance, más homogéneo en el valle de Huasco, dado que el elemento indicador para ambas fuentes contaminantes, es el Fe, y aunque para el caso de las termoeléctricas los niveles de Silicio y Aluminio podrían ser buenos indicadores por las proporciones de su MP, ambos elementos también corresponden a una proporción importante del material de origen de suelos y dunas, por lo que no pueden utilizarse como indicadores.

Adicionalmente, en este estudio, al evaluar los contenidos tanto del MP en términos de gramos/muestra, en relación a otros sectores productivos de olivas, se observa una carga de hasta 7 veces mayor en huertos productivos y manejados, y hasta 12 veces más en huertos más expuestos.

En los capítulos siguientes se desarrolla el efecto que tendría este material, tanto en la capacidad productiva de la planta, como en los productos de la industria olivícola.

Concentración de elementos por las raíces de olivos a lo largo del Valle de Huasco

Antes de revisar en detalle el efecto del MP en los productos de la industria, se presenta a continuación un análisis sugerido por profesionales del Valle de Huasco, respecto del contenido de elementos en las raíces de los olivos, que pudiesen estar asociados a la actividad del complejo industrial. En estudios previos se mencionaba la presencia de niveles de Fe sobre los límites tolerados en aceitunas, asociados a su distancia al complejo industrial (INIA 2007), adicionalmente en dicho estudio se menciona la probabilidad de la presencia de Niquel, producto de la contaminación ambiental. Sin embargo, en el primer año de estudio, al

evaluar los niveles minerales de frutos y hojas, se descartó la existencia de absorción de estos elementos, por sobre niveles tóxicos, en la parte aérea de las plantas. Sin embargo no existían antecedentes respecto de estos elementos en las raíces. Por este motivo, se quiso evaluar si existía absorción por parte de las raíces, ya que se ha reportado, en varias especies y para varios elementos, que las plantas tienen mecanismos de exclusión de elementos a nivel radical, cuando los elementos se encuentran en exceso.

A lo largo del Valle de Huasco, se recolectaron raíces superficiales (absorbentes) para evaluar la presencia de varios elementos minerales, con el fin de ver si existía una concentración de éstos, que se pudiera relacionar con la cercanía a la fuente contaminante. Los elementos estudiados fueron potasio (K), Magnesio (Mg), Azufre (S), Calcio (Ca), Aluminio (Al) Manganeso (Mn) y Hierro (Fe).

En la figura 70, se observa la concentración de potasio y magnesio en las raíces de los olivos. En el caso del potasio fluctúa entre 0,4 y 0,8%, lo cual es normal en un tejido vegetal. En las hojas normalmente es más alto, al igual que en los tejidos más jóvenes variando entre 0,75 – 3% y al envejecer los tejidos la concentración de potasio decrece. En el caso del Magnesio varía entre 0,1 y 0,25%, lo cual se encuentra dentro de rangos habituales de tejidos vegetales. Respecto de la ubicación de los árboles en el valle, no hay relación alguna con la concentración de estos elementos en las raíces.

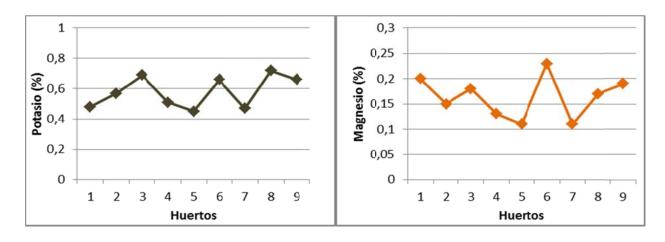


Figura 70. Concentración de potasio y magnesio en raíces de olivos del valle de Huasco.

En la figura 71. Se observa la concentración de calcio y azufre (S) en raíces de olivos en el valle de Huasco.

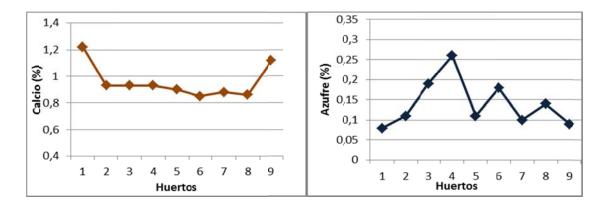


Figura 71. Concentración de calcio y azufre en raíces de olivos del valle de Huasco.

El calcio se encuentra entre 0,8 y 1,2%, contenidos habituales en tejidos vegetales, los que al ir envejeciendo pueden acumular una mayor cantidad, dada su poca movilidad dentro de la planta. En las hojas de los cultivos se puede encontrar entre 0,2 y 2%. Respecto del azufre, los niveles en las raíces se encuentran entre 0,1 y 0,25%, siendo habitual en los tejidos vegetales entre 0,1 y 0,5%. En ninguno de los dos casos la concentración tiene relación con la ubicación de los huertos respecto de la fuente contaminante. En la figura 72, se observa la concentración en las raíces de aluminio y manganeso.

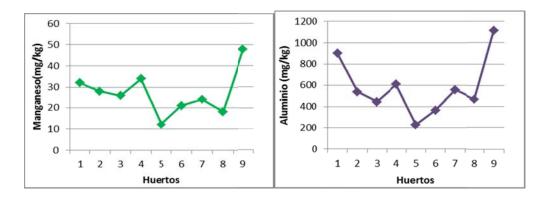


Figura 72 Concentración de Aluminio y Manganeso en raíces de olivos del Valle de Huasco.

En la figura 72, se observa que el manganeso se encuentra entre 10 y 50 mg/kg de concentración en las raíces, si bien es un nutriente esencial, en niveles altos puede ser tóxico. Los laboratorios de servicio de la Universidad de Georgia, señalan que niveles adecuados estarían entre 20 – 200 ppm y con 1500 ppm se producen síntomas de toxicidad. Para el caso del aluminio, señalan que, si bien no es un nutriente esencial, la planta lo absorbe y si los niveles son altos en el suelo, causan toxicidad en los tejidos vegetales, sobre todo en las raíces. En las raíces los niveles estuvieron entre 200 y 1100 ppm, sin tener un patrón de concentración ni el Al ni el Mn, respecto de la ubicación de los huertos en el valle. Cabe destacar que para los elementos minerales, se observó consistentemente una mayor proporción de elementos en el Huerto 9, lo que podría deberse a que existe en el material de origen de estos suelos, niveles elevados de Calcio, Magnesio y Aluminio, en relación a otros suelos del valle. En la figura 73, se muestra la concentración de Fe y Ni, en las raíces de los olivos del valle.

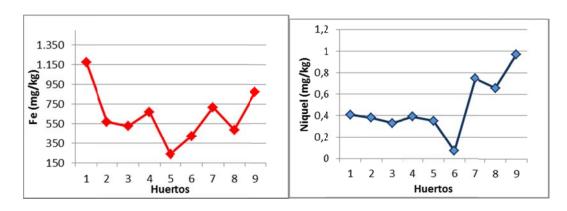


Figura 73. Concentración de hierro (Fe) y Niquel (Ni) en las raíces de olivos del valle de Huasco.

En el caso del elemento níquel, se observa en la figura 74, que los niveles en las raíces se encuentran entre 0,4 y 1 mg/kg. Las concentraciones en los tejidos vegetales fluctúan entre 0,05 y 5 mg/kg, por lo que los valores encontrados en Huasco son normales. De acuerdo a estudios de toxicidad de Níquel en tejidos vegetales Brown, (2006), señala que niveles de 10 ppm son perjudiciales para los vegetales. Respecto de la ubicación de los huertos, no existe un patrón de comportamiento en relación a la cercanía con la fuente contaminante.

En el caso del hierro, se observan valores entre 150 y 1150 mg/kg, siendo este último valor alto, sin embargo, estos niveles no representaron valores tóxicos a nivel de hojas. Por otra parte, no existe una relación clara entre los niveles de Fe y la ubicación en el valle, ya que los puntos más altos son el primer huerto, más cerca de la fuente contaminante y el último huerto, más lejos del complejo. En general, se puede decir que las formas de Fe existentes en el suelo, son poco disponibles para las plantas, pudiendo existir mucho suministro a nivel de suelo, sin embargo, dado el pH alcalino no están disponibles para las plantas.

Por último, se puede indicar que la absorción por parte de las raíces presentan niveles normales que no están asociados a la contaminación por MP producto de la actividad industrial, por lo que se corroboran las conclusiones obtenidas en el estudio anterior respecto de que no existe absorción por parte de la planta, que pueda asociarse a la contaminación ambiental.

Concentración de elementos en la Pulpa de los frutos.

Respecto a la concentración de elementos en la pulpa de los frutos, además de evaluar y corroborar la existencia o no de absorción de elementos por sobre niveles tóxicos, que puedan estar asociados a la contaminación ambiental, se realiza un análisis de frutos que posteriormente fueron utilizados para la elaboración de productos olivícolas; aceituna de mesa y aceite de oliva, dado que se ha reportado que elementos contaminantes como el Hierro, pueden afectar la calidad y conservación del aceite de oliva, actuando como catalizadores en el proceso de auto oxidación, afectando su valor nutricional, además de dar lugar a olores desagradables y sabores extraños, por lo que la presencia de estos metales está relacionada con atributos negativos del aceite de oliva virgen (Lendínez, 2004).

Adicionalmente, respecto a la aceituna de mesa, la presencia de hierro tiene una importancia en la calidad de presentación de las aceitunas, aportando color en aceitunas negras, lo que es favorable y pardeamientos, turbidez y aromas no deseados en aceitunas verdes y aceite respectivamente (Borocz-Szabo. 1980; Totaro et al. 1992). Cichelli, et al. (1992) y Lendínez, et al. (2004), indican que ya existe efecto oxidativo cuando se encuentra Fe en niveles de 0,5 a 1,5 mg/L. En las conclusiones presentadas en un estudio realizado por INIA 2007, indican que efectivamente existía una mayor concentración de hierro en aceitunas, cuyas plantaciones estaban cercanas a la fuente emisora, sin embargo en las muestras analizadas de aceite de oliva, los niveles de hierro se encontraban bajo el máximo permitido.

Para tener como referencia, hay distintas normativas que indican los niveles de hierro máximos que pueden tener los aceites, siendo una de las más importantes la que indica el "Consejo Oleícola Internacional – COI".

La que rige actualmente es: COI/T.15/NC No 3/Rev. 6 November 2011, cuyo nombre oficial es: Trade Standard Applying to Olive Oils and Olive-Pomace Oils. En este documento que rige para todos los aspectos de calidad química y organoléptica del aceite, se menciona que en el aceite de oliva no debe haber más de 3,0 mg/kg de hierro.

Por nuestra parte, al efectuar un lavado tanto en el presente estudio como en el FIC 2011, se determinó la presencia del material particulado en superficie que tienen una alta proporción de Hierro (60%) y adicionalmente se encontraron los elementos Ca, Mg y Al, sin embargo éstos últimos, como se ha mencionado previamente, no serían buenos indicadores del MP emitido por el complejo industrial, dado que son parte importante del material de origen de la zona.

En la prospección inicial realizada en 2012 respecto de los contenidos de Al, Ca, Mg, Fe y adicionalmente Niquel (Ni), elemento que se incorporó en base a las inquietudes de los productores y a los antecedentes presentados previamente por INIA 2007, no se encontraron diferencias respecto de los niveles de estos elementos en aceites de oliva, ni se observó que se sobrepasaran los niveles máximos normados (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de los análisis realizados a aceites de oliva en 2012, provenientes de aceitunas de distintos huertos, lejos y cerca de la fuente de contaminación.

| Elemento (mg/kg) | Copiapó | Huerto lejos (HL) | Huerto cerca (HC) |
|------------------|---------|-------------------|-------------------|
| Al | <1 | <1 | <1 |
| Ca | 20,2 | 22,7 | 31,6 |
| Mg | 8,6 | 3,3 | 4,5 |
| Ni | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Fe | 1,3 | <0,1 | <0,1 |

Por su parte, respecto a los análisis de la pulpa de frutos, tampoco se encontraron evidencias de toxicidad por elementos emitidos por el complejo industrial a lo largo del valle de Huasco.

Esta temporada, uno de los principales objetivos fue realizar un estudio dirigido y estandarizado respecto de las condiciones previas de procesamiento de frutos y aceites, de manera de poder aislar factores distintos de la contaminación atmosférica, en la composición mineral de los productos de la industria y su calidad final. Tal como se describió inicialmente, se realizó un ensayo que comenzó con el proceso de cosecha (de manera de poder estandarizarlo), luego se procedió a realizar un lavado de frutos y posteriormente procesar la fruta para aceituna de mesa y aceite, resultados que serán discutidos más adelante en este capítulo. Adicional al análisis del producto de la industria frutícola, se realizó un análisis previo de la composición mineral de los frutos cosechados (figura 74) y lavados, en base a la hipótesis de que, si los frutos, vale decir, la materia prima de los productos de la industria olivícola presentan niveles tóxicos de elementos minerales asociados a la contaminación ambiental, también se podrían encontrar niveles tóxicos o elevados en el producto final y viceversa.

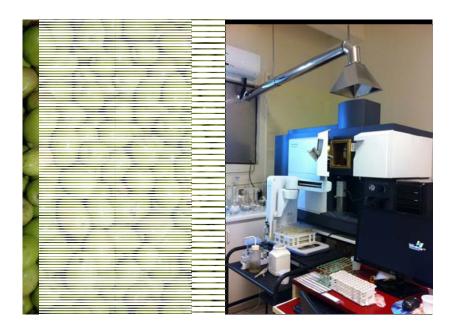


Figura 74. (Izq) fruta evaluada previo al procesamiento para aceite y aceituna de mesa. (Der) Equipo Espectrofotómetro de Emisión Óptica ICP-EOS.

El Consejo Oleícola Internacional (COI) en la norma oficial para Aceituna de Mesa, considera que los niveles de contaminantes minerales deben ser establecidos por el CODEX Alimentarius (CODEX STAN 66-1981) para este producto, el cual establece un límite máximo para gluconato y lactacto de Fe, con niveles máximos de 0.15 g/kg, expresado como Fe total en frutos, lo que equivaldría a un máximo de 15 mg/100g de Fe medido en fruto.

En la figura 75, Se observan los resultados de análisis de pulpa de frutos.

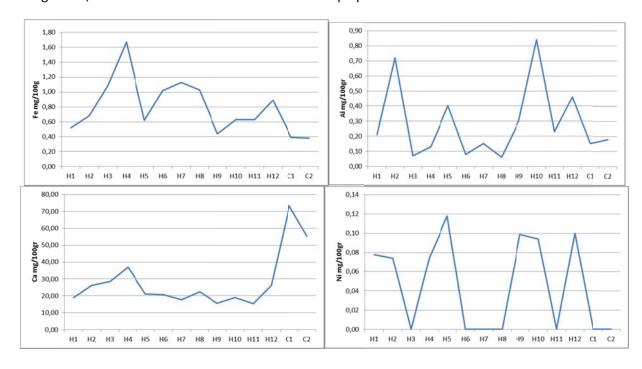


Figura 75. Concentración Fe, Al, Ca y Ni (mg/100g)- pulpa frutos del valle de Huasco (Hx) y Copiapó (Cx).

Se puede observar en la figura 75, que los niveles de Fe se encuentran todos por debajo de la norma del CODEX. Adicionalmente, no se mencionan niveles máximo para Al, Ca y Ni, sin embargo, todos los niveles observados se encuentran dentro de niveles adecuados en tejidos vegetales.

Adicionalmente, se puede observar, que no existe una respuesta a la distancia al complejo industrial Huasco, lo que concuerda con los resultados obtenidos previamente, para niveles de elementos minerales absorbidos por las plantas.

Análisis de Aceituna de mesa

Tal como se describió para el proceso de lavado de MP en frutos, después del ensayo de lavado de frutos, para determinar el MP sobre las aceitunas, la especialista en procesamiento de aceitunas para mesa, Viviana Rojas, Ing. Alimento y su equipo, realizaron los siguientes experimentos, durante el año 2012.

- 1.1 Evaluación aceitunas Variedad "Sevillana", elaboradas al "Estilo Verde Sevillana", en el Valle del Huasco.
- 1.2 Evaluación de aceitunas Variedad "Sevillana", elaboradas al "Estilo Negras Naturales Enteras", en el Valle del Huasco.
- 1.3 Evaluación de Variedad "Sevillana", elaboradas al "Estilo Negras Naturales Sajadas", en el Valle del Huasco.

El objetivo del experimento fue uniformizar el proceso de elaboración de aceitunas, según tipo de producto, con el fin de aislar los factores de manejo y poder identificar el efecto real del material particulado en la calidad de las aceitunas de mesa.

Para cada tipo de procesamiento de las aceitunas, se seleccionaron huertos, en distintas posiciones del Valle (figura 48), que contaran con la variedad adecuada y que se encontraran en el período de cosecha al momento de realizar el ensayo.

Para cada una de las evaluaciones (tipos de procesos) se utilizó un diseño experimental completamente al azar, cuyos tratamientos correspondieron a los distintos predios (3) y lavados (sin lavado y 1 lavado) como se detalla en el Cuadro 7, 8 y 9. La unidad experimental fue un balde de polietileno de alta densidad de 20 L, conteniendo aceitunas, Peso drenado 12 kg y de contenido neto 20-21 kg aprox. (relación 0,7-0,8 L de solución /1 kg de aceitunas), presentando 3 repeticiones por tratamiento.

Para la evaluación de los distintos tipos de aceitunas, se le solicitó al productor Manuel González que facilitara sus instalaciones para elaborar las aceitunas, quien dio todas las facilidades, para instalar los ensayos. Se procedió a diseñar los experimentos que consistieron en 3 tipos de elaboración de aceituna.

1. Aceitunas Variedad "Sevillana", elaboradas al "Estilo Verde Sevillana"

Se utilizó la variedad Arauco o "Sevillana" como se denomina en la zona (Fig. 76).



Figura 76. Variedad Arauco o "Sevillana

Cuadro 7. Matriz de tratamientos aplicados a aceituna de mesa elaborada tipo verde estilo "sevillano" fermentada durante 120 días aproximadamente.

| ENSAYO 1 | Cuadro 1. 1 | ratamientos apli | icados a aceitunas | de mesa varie Sevillana | | o "Sevilla | na" durante 90-120 d | ías "Estilo |
|--------------|--------------|------------------|--|----------------------------|------------|---------------|--|-----------------------------|
| Tratamientos | Lavado m.p. | Predio | Formulación | Repeticiones | Kg/muestra | Total (Kg) | Muestreo salmuera (0,7,14,21,28 y luego quincenal) | Total Bidones 20 L /T |
| T1 | Sin lavado | 1 | S/L, cocido, lavados (2), colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 6 | 18 | 10 a 12 | 3 |
| T2 | 1 lavado | 1 | 1/L, cocido, lavados (2), colocación en salmuera fermentación. | 3 | 6 | 18 | 10 a 12 | 3 |
| Т3 | Sin lavado | 2 | S/L, cocido, lavados (2), colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 6 | 18 | 10 a 12 | 3 |
| T4 | 1 lavado | 2 | 1/L, cocido, lavados (2), colocación en salmuera fermentación. | 3 | 6 | 18 | 10 a 12 | 3 |
| T5 | Sin lavado 3 | | S/L, cocido, lavados (2), colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 6 | 18 | 10 a 12 | 3 |
| T6 | 1 lavado | 3 | 1/L, cocido, lav ados (2), colocación en salmuera fermentación. | 3 | 6 | 18 | 10 a 12 | 3 |
| | | | SUB TOTAL | 18 | | 108 | | 18 |

Procesamiento de la materia prima

- 1. Llenado del recipiente: se recibe la aceituna con agua dura potabilizada (clorada con hipoclorito de sodio al 10%, 2L/10.000L), el tiempo de lavado es de al menos 2-3 min para luego tirar toda el agua rápidamente y llenar con soda.
- 2. Tratamiento con álcali o Sodificación:
 - Preparación con agua DURA.
 - Concentración de soda a 3.0-4.0 ºBé (NaOH)
 - Duración de 8 horas.
 - Penetración de la soda hasta antes de llegar al hueso 2/3 o ¾ de la pulpa como máximo, debe quedar un testigo de 1 mm a lo menos (Fig 77)

• Se verifica que NO exista desprendimiento de la piel o ampollas, tampoco defecto cebolla, si es así, se rebaja la concentración de soda y nunca se usa la soda caliente o recién preparada.



Figura 76. Evaluación de aceitunas estilo verde sevillana.

- 3. Enjuague: Se procede a botar toda la soda y llenar el recipiente con agua Dura potable, luego botar de inmediato.
- 4. Primer lavado: se realiza con agua Dura potable, sin ácido por 2 horas. Se deberá controlar el recocido dejando un testigo de 1 mm antes de llegar al hueso. Si el cocido inicial estuvo largo o enérgico rebajar el tiempo o simplemente saltarlo.
- 5. Segundo lavado: Se realiza por 10-12 horas con los siguientes insumos:
 - Agua Dura potable.
 - Ácido clorhídrico (al 32-33%):1 x 1000 L
 - Si no es potable adicionar Hipoclorito de sodio (al 10%)a 2ppm
- 6. Colocación en salmuera: Pasadas las 10-12 horas del segundo lavado se procede a botar para pasar definitivamente a la salmuera con las siguiente características:
 - Agua Dura potable.

Sal (NaCl) (100%) : 10 °Bé.
Ácido Clorhídrico (32-33%) : 0,6 x 1000 L
Ácido Acético (99%) : 2 x 1000 L

- 7. Tirado de fondo: Se deberá realizar a los 3 días de su colocación en salmuera por 1-2 L del fondo con manguera de muestreo sanitizada.
- 8. Una vez homogeneizado el recipiente, pasado tres días, se debieran presentar las siguientes características químicas:
 - pH: 6-8 (óptimo 7.0) Si el pH está alto y sobre todo el fondo alcalino (café) se deberá corregir con el tirado del fondo
 - Acidez láctica: 0.03 0.1 (óptimo 0.075)
 - °Bé: 6,5 7.0 (óptimo 6,8).

El flujo del procesamiento de aceitunas de mesa verdes estilo sevillano, según el ensayo planteado, se presenta en la figura 77.

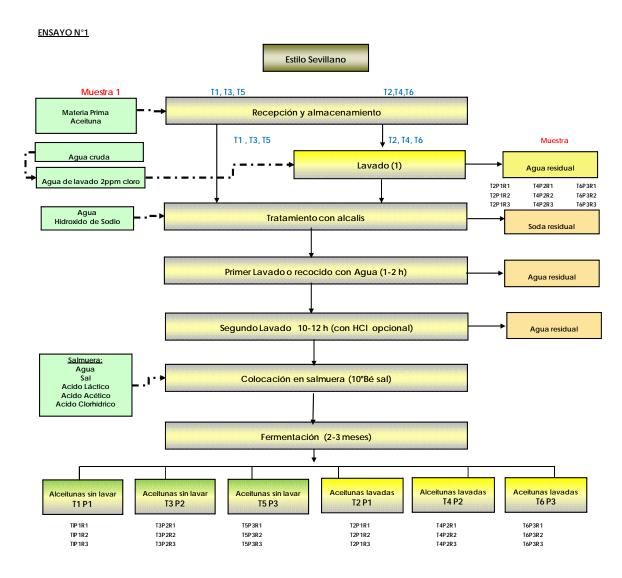


Figura 77. Diagrama de flujo del procesamiento de aceitunas de mesa verdes estilo sevillano.

2. Aceitunas Variedad "Sevillana", sometidas a procesos de elaboración estandarizados al Estilo Negras Naturales Enteras

Se utilizó la variedad Arauco o "Sevillana negra" como se denomina en la zona (Fig. 77).



Figura 78. Aceituna variedad Arauco o Sevillana Negra.

Cuadro 8. Matriz de tratamientos aplicados a aceituna de mesa elaborada tipo negra natural fermentada.

| ENSAYO 2 | Tratamientos aplicados a aceitunas de mesa variedad Arauco o "Sevillana" durante 90-120 días "Estilo Negra Natural" | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|--------|--|--------------|------------|---------------|--|-----------------------------|--|--|--|--|--|
| Tratamientos | Lavado m.p. | Predio | Formulación | Repeticiones | Kg/muestra | Total (Kg) | Muestreo salmuera (0,7,14,21,28 y luego quincenal) | Total Bidones 20 L /T | | | | | |
| T1 | Sin lavado | 1 | S/L, colocación en salmuera, fermentación | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 | | | | | |
| T2 | 1 lavado | 1 | 1/L, colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 | | | | | |
| Т3 | Sin lavado | 2 | S/L, colocación en salmuera, fermentación | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 | | | | | |
| T4 | 1 lavado | 2 | 1/L, colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 | | | | | |
| T5 | Sin lavado | 3 | S/L, colocación en salmuera, fermentación | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 | | | | | |
| T6 | 1 lavado | 3 | 1/L, colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 | | | | | |
| | | | SUB TOTAL | 18 | | 144 | | 18 | | | | | |

Procesamiento de la materia prima

- 1. Recepción de cosecha: Se cosecha la aceituna de los árboles mediante sistema de ordeño. La aceituna se saca negra de la mata con 1 a 2 mm de penetración de la tinta y se considera sobre madura cuando la tinta ha pasado el 50% de la pulpa. Esta llega en bandejas desde el predio y es pesada.
- 2. Llenado del recipiente: En el caso del ensayo "aceitunas lavadas", se recibe la aceituna con agua potable a 2 ppm (se clora con hipoclorito de sodio al 10%), el tiempo de lavado es al menos 2-3 min para luego tirar toda el agua rápidamente. Las aceitunas del ensayo "sin lavado", son colocadas directamente en el recipiente o balde.
- 3. Colocación en salmuera: Se procede a colocar en salmuera de las siguientes características y la preparación en el mismo orden indicado:
 - Agua potable.
 - Sal (NaCl) (100%) : 6 °Bé.
 - Ácido Acético (99%) : 1 x 1000 L (ph ajustado a 4,0 unidades)
- 4. Remontaje de sal: A los 15 días de colocada la aceituna en la salmuera, se remonta la concentración de salmuera sistemáticamente para mantener la concentración de sal a un 7 %, por al menos 2-3 meses.
- 5. Requerido: Se debe requerir o rellenar los baldes sistemáticamente con la misma salmuera de preparación a 7 Bé de sal mientras dure la fermentación. Finalizada esta última subir la sal a 8°Bé.

El remontaje de sal se controla desde los primeros días evaluando la condición y tolerancia de las aceitunas (en los recipientes), es decir evaluar in situ que la presión osmótica no produzca arrugas de sal.

El flujo del procesamiento de aceitunas de mesa elaborada tipo negra natural fermentada, según el ensayo planteado, se presenta en la figura 79.

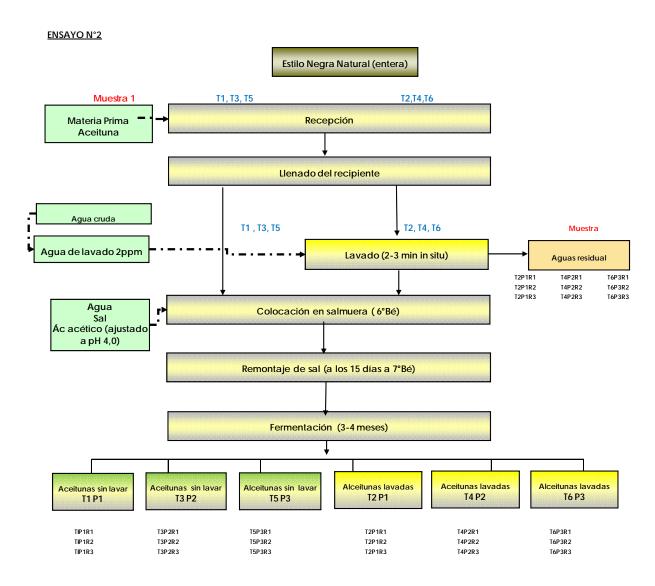


Figura 79. Diagrama de flujo del procesamiento de aceitunas de mesa negras naturales (sin sajar), según el ensayo planteado.

3. Aceitunas Variedad "Sevillana", sometidas a procesos de elaboración estandarizados al Estilo Negras Naturales Sajadas

Se utilizó la variedad Arauco o "Sevillana negra" como la mostrada en el caso anterior.

Cuadro 9. Matriz de tratamientos aplicados a aceituna de mesa elaborada tipo negra natural Sajada.

| ENSAYO 2 | Tratamientos | aplicados a ace | itunas de mesa var | iedad Arauco | o "Sevillana" | durante 9 | 90-120 días "Estilo Ne | gra Natural" |
|--------------|--------------|-----------------|--|--------------|---------------|---------------|--|-----------------------------|
| Tratamientos | Lavado m.p. | Predio | Formulación | Repeticiones | Kg/muestra | Total (Kg) | Muestreo salmuera (0,7,14,21,28 y luego quincenal) | Total Bidones 20 L /T |
| T1 | Sin lavado | 1 | S/L, colocación en salmuera, fermentación | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 |
| T2 | 1 lavado | 1 | 1/L, colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 |
| T3 | Sin lavado | 2 | S/L, colocación en salmuera, fermentación | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 |
| T4 | 1 lavado | 2 | 1/L, colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 |
| T5 | Sin lavado | 3 | S/L, colocación en salmuera, fermentación | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 |
| T6 | 1 lavado | 3 | 1/L, colocación en salmuera, fermentación. | 3 | 8 | 24 | 10 a 12 | 3 |
| | | | SUB TOTAL | 18 | | 144 | | 18 |

Procesamiento de la materia prima

- 1. Recepción de cosecha: Se cosecha de la misma forma indicada para la Negra Natural entera.
- 2. Sajado: Consistió en pasar la aceituna por una sajadora de acero inoxidable de 4 cuchillas. En el caso del ensayo se lavan primero y después son sajadas. Se recibe la aceituna con agua potable a 2 ppm (se clora con hipoclorito de sodio (10%), y el tiempo de lavado es al menos 2-3 min para luego tirar el agua.
- 3. Llenado del recipiente: En el caso del ensayo "aceitunas lavadas" (punto 2) y las aceitunas del ensayo "sin lavado", todas ya sajadas, se colocan directamente en el recipiente o balde.
- 4. Lavados: las aceitunas se colocan en agua potable para eliminación de principio amargo por un tiempo de 4-5 días, después, se retira el agua y se adiciona nueva, donde permanecen por 4-5 días más
- 5. Colocación en salmuera: Se coloca en salmuera de las siguientes características y la preparación en el mismo orden indicado:
 - Agua potable.
 - Sal (NaCl) (100%) : 6 °Bé.
 - Ácido Acético (99%)
 1 x 1000 L (ph ajustado a 4,0 unidades)
 - Si no es potable adicionar Hipoclorito de sodio (al 10%) a 2 ppm.
- 6. Remontaje de sal: A los 15 días de colocada la aceituna en la salmuera, se remonta la concentración de salmuera sistemáticamente para mantener la concentración de sal a un 7 %, por al menos 2-3 meses.
- 7. Requerido: Se debe requerir o rellenar los baldes sistemáticamente con la misma salmuera de preparación a 7 Bé de sal mientras dure la fermentación. Finalizada esta última subir la sal a 8°Bé.

El flujo del procesamiento de aceitunas de mesa elaborada tipo negra natural fermentada, según el ensayo planteado, se presenta en la figura 80.

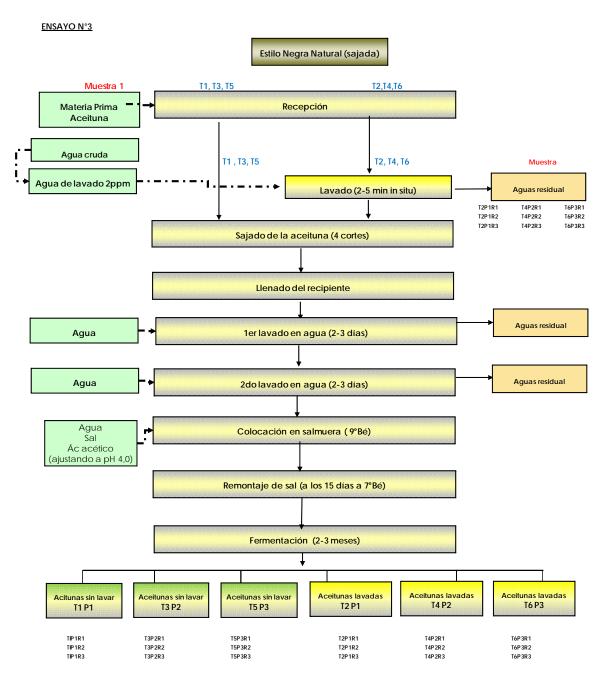


Figura 80. Diagrama de flujo del procesamiento de aceitunas de mesa negras naturales sajadas, según el ensayo planteado.

En la figura 81, se observa el espacio donde se tenían los diferentes tratamientos, que resultaron ser 18 y con las 3 repeticiones de cada uno, fueron 54 las unidades experimentales.



Figura 81. Los baldes (Unidades experimentales) con los distintos tratamientos y repeticiones en el galpón del productor Manuel González.

La elaboración de los diferentes tipos de aceituna, tuvo una duración de alrededor de 150 días, en los cuales se hicieron evaluaciones todas las semanas, de pH, concentración de sal (°Bé) y acidez láctica (mg ác.Láctico /100 ml salmuera).

Resultados elaboración aceitunas verdes estilo sevillano

Para la elaboración de "aceitunas verdes estilo sevillano" se utilizó la fruta de tres huertos, identificados con la letra P, los cuales fueron escogidos por su ubicación geográfica en el Valle del Huasco. Al momento de la cosecha, la fruta fue evaluada en su condición de llegada, por parámetros físicos-organolépticos, que se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Evaluación de parámetros de organolépticos de las aceitunas verdes al momento de la cosecha

| | | | _ | VERDES | < 5% | < 3% | <2% | < 4% | < 4% | < 5% | 0% | 2% | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|-----|------|-------|---------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|---------------------------|----------|---------------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------|---------------------|
| | | PREPA | RACIÓN | CRUDAS | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
| | | | | NEGRAS NAT. | < 7% | < 6% | <6% | < 6% | < 4% | < 6% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
| Pre | edio | KILOS | CALIBRE | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa (1) | Piel afectando pulpa (2) | Arrugados (3) | Blandos o fibrosos (4) | Coloración anormal (5) | INSACTOS | Daño cuidados culturales (7) | Pedúnculos (8) | M.E. Vegetales (9) | M.E. (10) | TOLERANCIA TOTAL |
| F | 21 | 108 | 200/240 | 220 | 12 | 0 | 0 | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 26 |
| F | 2 | 108 | 200/240 | 220 | 5 | 0 | 0 | 10 | 12 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 30 |
| F | -3 | 108 | 200/240 | 200 | 16 | 0 | 0 | 31 | 9 | 22 | 0 | 0 | 1 | 0 | 79 |

La fruta de los tres predios presentaron defectos por sobre la tolerancia parcial y total del 12 %. Los defectos más sobresalientes fueron defecto Piel sin afectar la pulpa conocidas como manchas de la piel relacionadas directamente con el defecto de rameado al ordeñar la aceituna de los árboles, Blandos o fibrosos y coloración anormal ambos defectos están vinculados al avanzado estado de madurez de la fruta al momento de su recolección. Es importante señalar que en el tercer huerto existía un alto porcentaje de aceitunas afectadas por escama, la cual deformaba la fruta.

Se consideró evaluar la curva de comportamiento de cada salmuera como medio de cultivo para lograr una fermentación natural a partir de un proceso estandarizado.

Las mediciones de pH desde el comienzo del proceso hasta el final se muestra en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Evolución del pH, Sevillana Verde "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 9,0 | 9,1 | 9,2 | 9,2 | 9,4 | 9,2 | 7,5 | 6,4 | 8,4 |
| 7 | 6,5 | 5,6 | 6,6 | 6,7 | 6,8 | 7,2 | 6,3 | 6,0 | 6,5 |
| 10 | 7,2 | 6,0 | 6,7 | 7,0 | 7,2 | 6,5 | 6,4 | 6,6 | 6,5 |
| 15 | 6,1 | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,6 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,3 |
| 17 | 6,3 | 6,2 | 6,5 | 6,5 | 6,6 | 6,2 | 6,1 | 6,1 | 6,3 |
| 34 | 6,1 | 6,0 | 5,6 | 6,1 | 6,2 | 5,9 | 5,8 | 5,8 | 6,0 |
| 38 | 6,1 | 5,6 | 5,8 | 5,7 | 5,9 | 5,8 | 5,6 | 5,9 | 5,8 |
| 45 | 5,5 | 5,7 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 5,4 | 5,3 | 5,3 | 5,8 |
| 64 | 5,5 | 5,1 | 5,3 | 5,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,4 |
| 78 | 5,2 | 5,0 | 4,5 | 5,9 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 5,0 |
| 108 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,4 |

Cuadro 12. Evolución del pH, Sevillana Verde "lavada"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 8,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 9,0 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,9 |
| 7 | 5,9 | 5,9 | 6,0 | 6,7 | 7,4 | 6,3 | 6,9 | 6,7 | 6,4 |
| 10 | 6,0 | 5,8 | 6,1 | 7,0 | 7,3 | 6,6 | 6,9 | 7,1 | 6,6 |
| 15 | 5,8 | 5,6 | 6,0 | 6,3 | 6,6 | 6,4 | 6,3 | 6,5 | 6,2 |
| 17 | 6,1 | 5,9 | 6,3 | 6,4 | 6,5 | 6,4 | 6,4 | 6,6 | 6,5 |
| 34 | 6,0 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,1 | 6,0 | 6,0 | 6,2 | 6,2 |
| 38 | 5,5 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 5,9 | 5,9 |
| 45 | 5,5 | 5,3 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 6,0 | 5,7 | 6,2 |
| 64 | 5,1 | 5,0 | 4,9 | 5,0 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,4 | 5,4 |
| 78 | 5,0 | 5,3 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| 108 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,4 |

Para el caso de Aceitunas Sevillanas preparadas verdes sin lavar y lavadas, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento fue el esperado, un aumento inicial del pH producto de la soda residual después de cocido y un descenso paulatino antes el desarrollo, primero de numerosas especies y después

predominantemente por lactobacillus. El pH obtenido al final de la fermentación en ambos casos fue de 4,4, suficiente para asegurar la conservación para alimentos de alta acidez.

Al analizar estadísticamente la información se observa en la figura 82, que en el pH inicial hubo una diferencia entre huertos, siendo menor en el huerto 3, sin embargo, al final del proceso se igualaron.

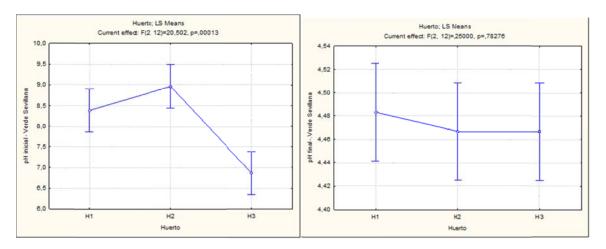


Figura 82. pH inicial y final de las aceitunas verdes, procesadas de tres huertos distintos.

En el caso del tratamiento de sin lavado y lavadas, se ve que también influye en el pH inicial, sin embargo también se igualan al final del proceso (figura 83).

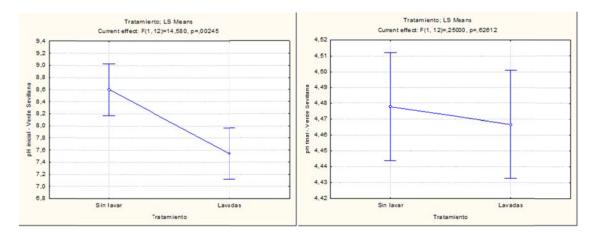


Figura 83. pH inicial y final de las aceitunas verdes, procesadas sin lavar y lavadas.

Al considerar ambos factores Huerto y tratamiento de lavado, no se ve diferencia estadística, en el pH inicial y final (Fig 84).

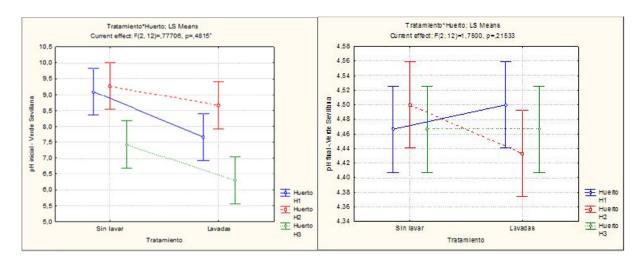


Figura 84. pH inicial y final de las aceitunas verdes de 3 huertos distintos, procesadas sin lavar y lavadas.

Respecto de la concentración de sal (°Bé), los datos se muestran en el cuadro 13 y 14 y al analizar estadísticamente los datos, se observa en la figura 85, que no hay diferencias al comienzo ni al final de la elaboración.

Cuadro 13. Evolución del ° Bé, Sevillana verde "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 6,6 | 6,9 | 6,7 | 7,0 | 6,8 |
| 7 | 7,4 | 7,3 | 7,5 | 7,6 | 7,5 | 7,8 | 7,5 | 7,5 | 7,2 |
| 10 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 7,5 | 7,5 | 7,6 | 7,6 | 7,4 | 7,3 |
| 15 | 6,4 | 6,9 | 7,0 | 6,7 | 6,9 | 7,2 | 6,9 | 7,1 | 6,7 |
| 17 | 6,8 | 7,2 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,2 | 7,0 | 7,1 | 6,7 |
| 34 | 7,0 | 7,1 | 6,9 | 7,4 | 7,3 | 7,5 | 7,1 | 7,4 | 7,2 |
| 38 | 6,9 | 7,0 | 7,1 | 7,2 | 7,2 | 7,4 | 7,1 | 7,3 | 7,1 |
| 45 | 6,8 | 7,2 | 7,1 | 7,3 | 7,3 | 7,4 | 7,1 | 7,5 | 7,2 |
| 64 | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 7,2 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 7,3 | 7,0 |
| 78 | 6,7 | 7,1 | 7,1 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,0 | 7,2 | 7,0 |
| 108 | 6,8 | 7,0 | 6,8 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 7,2 | 7,1 | 6,9 |

Cuadro 14. Evolución del ° Bé, Sevillana verde "lavada"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 6,8 | 7,5 | 6,7 | 6,6 | 6,7 | 6,6 | 7,1 | 6,9 | 7,3 |
| 7 | 7,3 | 7,9 | 7,5 | 7,5 | 7,6 | 7,5 | 7,6 | 7,3 | 7,4 |
| 10 | 7,3 | 7,8 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |
| 15 | 6,2 | 6,8 | 6,7 | 6,4 | 7,0 | 6,8 | 7,3 | 6,8 | 6,7 |
| 17 | 6,8 | 7,1 | 7,0 | 6,6 | 7,0 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,8 |
| 34 | 6,9 | 7,5 | 6,9 | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 6,9 | 7,1 | 7,0 |
| 38 | 6,7 | 7,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,2 | 7,2 | 7,0 |
| 45 | 7,0 | 7,5 | 7,0 | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 7,3 | 7,1 |
| 64 | 6,9 | 7,5 | 6,9 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,1 | 7,2 | 7,0 |
| 78 | 7,0 | 7,5 | 6,9 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| 108 | 6,8 | 7,4 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,8 | 7,0 | 7,0 | 6,8 |

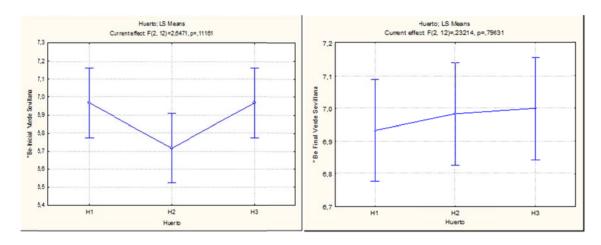


Figura 85. ° Bé inicial y final de las aceitunas verdes, procesadas de tres huertos distintos.

En el caso del tratamiento de sin lavado y lavadas, se ve que tampoco influyó en el ° Bé inicial, ni tampoco en el ° Bé final (Fig. 86).

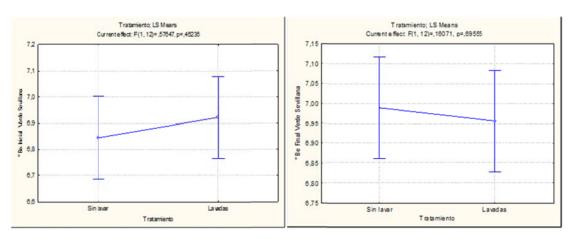


Figura 86. ° Bé inicial y final de las aceitunas verdes, procesadas sin lavar y lavadas.

Al considerar ambos factores Huerto y tratamiento de lavado, no se ve diferencia estadística, en el ° Bé inicial y final (Fig 87).

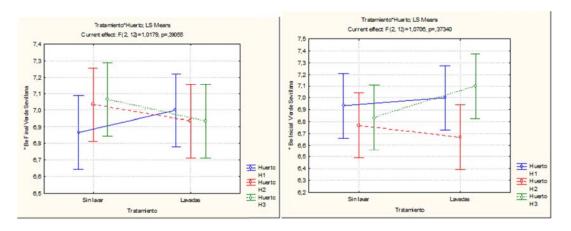


Figura 87. ° Bé inicial y final de las aceitunas verdes de 3 huertos distintos, procesadas sin lavar y lavadas.

Para el caso de Aceitunas Sevillanas preparadas verdes sin lavar y lavadas, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento también fue el esperado, se partió con una sal en torno a 6,5-7.0 que junto con el pH pasarían a generar el caldo de cultivo esperado (según formulación) para asegurar el desarrollo de bacterias lácticas. Al final, conseguida una fermentación parcial, después de la medición, se dejó en una concentración de 8°Bé de sal para asegurar la conservación y evitar fermentaciones posteriores indeseables.

Respecto de la concentración de la acidez láctica, la información se muestra en el cuadro 15 y 16, y los datos analizados estadísticamente, se observan en las figuras 88.

Cuadro 15. Evolución acidez láctica, Sevillana Verde "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | | | | | | | | | |
| 15 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 108 | 0,13 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,22 | 0,25 |

Cuadro 16. Evolución acidez láctica, Sevillana Verde "lavadas"

| ı | DÍΑ | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|---|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Γ | 0 | | | | | | | | | |
| I | 15 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | 108 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,26 | 0,2 | 0,29 | 0,29 | 0,22 | 0,25 |

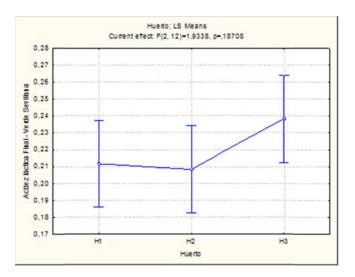


Figura 88. Acidez láctica final de las aceitunas verdes, procesadas de tres huertos distintos.

Se observa que no hubo diferencia entre huertos en cuanto a la acidez láctica, sin embargo, en el caso del tratamiento sin lavado y lavadas, se ve que hubo diferencia estadística, llegando a una acidez láctica mayor, en las aceitunas elaboradas con lavado (Fig. 89).

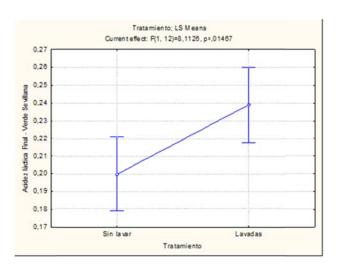


Figura 89. ° Acidez láctica final de las aceitunas verdes, procesadas sin lavar y lavadas.

Al considerar ambos factores Huerto y tratamiento de lavado, no se ve diferencia estadística, en la acidez láctica final (Fig 90).

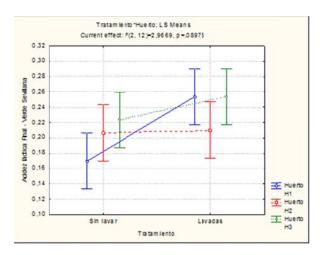


Figura 90. Acidez láctica final de las aceitunas verdes de 3 huertos distintos, procesadas sin lavar y lavadas.

Para el caso de Aceitunas Sevillanas preparadas verdes sin lavar, se llega a una acidez de 0,20 y las lavadas se comportan mejor llegando a 0,24, sin embargo, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento no fue el esperado, se partió con una acidez aportada por la formulación de 0,1% al inicio. El caldo de cultivo o salmuera madre al observase a simple vista se presentaba débil (con tono amarillo muy bajo y poco ligosa) al contrario de lo óptimo que sería una salmuera ligosa algo espesa asociado al desarrollo de bacterias lácticas, no obstante la aceituna logra endulzarse y aumentar su acidez, pero no lo suficiente. Al final, la acidez que se consigue no es más que 0,20-0,30, no obstante en sabor final de la aceituna al degustarla se percibe ácida. Para asegurar su conservación debemos levantar esta acidez con algún ácido orgánico como ác. Acético, ác. Láctico o ác. Cítrico hasta niveles de 0,8-1,0% para asegurar su conservación posterior y evitar deterioros.

Parámetros físicos-organolépticos, evaluados después de la elaboración

Los indicadores organolépticos se observan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Atributos utilizados en el análisis sensorial de las aceitunas de mesa

| Atribu | tos utilizados en el análisis sensorial de las aceitunas de mesa |
|------------------|--|
| ATRIBUTOS | Descripción |
| Apariencia | Observación de la integridad del estrato cuticular del fruto. Uniformidad y homogeneidad del calibre de las aceitunas. |
| Color | Intensidad y uniformidad del color superficial de las aceitunas, según la variedad, el estado de maduración y la tecnología de la transformación. |
| Aroma | Intensidad olfativa del producto. |
| Ácido | Sabor ácido típico de los alimentos fermentados. |
| Salado | Sabor típico de los alimentos en salmuera o salados con cloruro de sodio. |
| Amargo | Sabor típico de la cafeína o de la quinina. |
| Dulce | Sensación extensa de matices amargos. |
| Picante | Sensación agresiva y picante a nivel de la cavidad oral. |
| Dureza | Fuerza requerida para comprimir el fruto entre el pulgar y el índice y para morder el fruto con los incisivos. |
| Crujiente | Fuerza requerida para desmenuzar el futo con los molares. |
| Separación | Facilidad de desprendiemiento de la pulpa del hueso. |
| DEFECTOS | |
| Apariencia | Presencia de manchas superficiales, abrasiones epidérmicas, arrugas, bolsas de gas, picaduras de insecto, color anormal, deformidad y heterogeneidad de las aceitunas. |
| Off-odour | Sensación de olor desagradable o anómalo. |
| Dureza citicular | Sensación de cutícula dura y gruesa. |
| Rancio | Aroma típico de grasa oxidada. |
| Moho | Sensación asociada a los alimentos enmohecidos. |
| Off-flavor | Asociado a los alimentos alterados; putrido, butírico, zapatería, metálico. |
| Textura | Reblandecimiento, pulpa granulosas, leñosa, firbrosa, etc. |

El resultado de la evaluación de los parámetros físicos-organolépticos, para las aceitunas verdes, respecto de cada huerto, se muestra en los cuadros 18, 19 y 20.

Cuadro 18. Evaluación después de su elaboración de aceitunas verdes provenientes del huerto 1.

| | l ímit | es críticos | VERDES | < 5% | <3% | <2% | < 4% | < 4% | < 5% | 0% | 2% | 1 unid./ kg | unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------------|-------------|------------|------|------|-----|-----------|------------|------|------|------------|-------------|--------------|---------------------|
| FECHA | N° de Ensayo | | Unid. / kg | Piel | Piel | | Blandos o | Coloración | | Daño | Pedúnculos | | | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Recepción | | 220 | 12 | 0 | 0 | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 26 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Sin lavado | 203 | 3 | 9 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Sin lavado | 200 | 5 | 7 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Sin lavado | 198 | 7 | 5 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Con lavado | 193 | 7 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 20 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Con lavado | 195 | 4 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 20 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Con lavado | 197 | 8 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 20 |
| | | Promedio | 198 | 5,7 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 10,2 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 4,3 | 0 | 25 |

Cuadro 19. Evaluación después de su elaboración de aceitunas verdes provenientes del huerto 2.

| | Límit | es críticos | VERDES | < 5% | < 3% | <2% | < 4% | < 4% | < 5% | 0% | 2% | 1 unid./ kg | unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------------|-------------|------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-----------|----------------------|
| FECHA | N° de Ensayo | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCI A TOTAL |
| 20-06-2012 | Recepción | | 220 | 5 | 0 | 0 | 10 | 12 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Sin lavado | 222 | 7 | 8 | 0 | 0 | 18 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 40 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Sin lavado | 225 | 4 | 10 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 40 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Sin lavado | 226 | 4 | 10 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 40 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Con lavado | 228 | 6 | 22 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Con lavado | 230 | 5 | 18 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 42 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Con lavado | 229 | 6 | 17 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 46 |
| | | Promedio | 227 | 5,3 | 14,2 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 41 |

Cuadro 20. Evaluación después de su elaboración de aceitunas verdes provenientes del huerto 3.

| | Límit | es críticos | VERDES | < 5% | < 3% | <2% | < 4% | < 4% | < 5% | 0% | 2% | 1 unid./ kg | unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------------|-------------|------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-----------|---------------------|
| FECHA | N° de Ensayo | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Recepción | | 200 | 16 | 0 | 0 | 31 | 9 | 22 | 0 | 0 | 1 | 0 | 79 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Sin lavado | 201 | 5 | 32 | 0 | 0 | 10 | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Sin lavado | 205 | 4 | 30 | 0 | 0 | 16 | 0 | 4 | 0 | 10 | 0 | 64 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Sin lavado | 203 | 5 | 28 | 0 | 0 | 19 | 0 | 6 | 0 | 8 | 0 | 66 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Con lavado | 198 | 5 | 34 | 0 | 0 | 16 | 0 | 10 | 0 | 5 | 0 | 70 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Con lavado | 200 | 8 | 30 | 0 | 0 | 20 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 70 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Con lavado | 201 | 4 | 29 | 0 | 0 | 18 | 0 | 12 | 0 | 7 | 0 | 70 |
| | | Promedio | 201,3 | 5,2 | 30,5 | 0,0 | 0,0 | 16,5 | 0,0 | 7,3 | 0,0 | 7,2 | 0,0 | 67 |

Los defectos evaluados en los distintos Huertos, al final de la elaboración indican que los defectos de entrada pudieron haber disminuido o aumentado en algunos casos, pero respecto del valor inicial se mantuvo, y con la elaboración que se realizó, fue posible no incorporar defectos de fermentación, a pesar del avanzado estado de madurez al momento de la recolección. Se puede inferir que el defecto "piel sin afectar la pulpa" se redujo ya que manchas superficiales muchas veces son borradas si la soda es aplicada en forma oportuna, es decir retrocede, no obstante la coloración anormal aumentó, debido a la condición de elaboración en balde abierto, lo que permitió que la aceituna en la superficie se oxidará. Al observar la aceituna, descartando las más oscuras se percibe de buen color, terminado o verde amarillento, con buena textura, el sabor dulce y muy agradable a pesar del alto contenido de sal necesario.

Resultados elaboración aceitunas negras estilo naturales enteras

Para los ensayos se utilizaron 3 huertos representativos, al igual que en la elaboración de aceitunas verdes. Al momento de la cosecha, la fruta fue evaluada en su condición de llegada, por parámetros físicosorganolépticos, que se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Evaluación de parámetros organolépticos de las aceitunas negras al momento de la cosecha

| | | | | | VERDES | < 5% | < 3% | <2% | < 4% | < 4% | < 5% | 0% | 2% | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------|--------|-------|---------|-------------|----------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| | | | PREP | ARACIÓN | CRUDAS | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
| | | | | | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
| FECHA | PROVEEDOR | Predio | KILOS | CALIBRE | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Llorente | P1 | 288 | | | 0 | 0 | 3 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 20-06-2012 | Irma | P2 | 288 | | | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 20-06-2012 | Sonia | P3 | 288 | | | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |

Para todos los atributos evaluados, los tres predios, presentan defectos por sobre la tolerancia tanto en forma parcial como se indica en los límites críticos, como en la tolerancia total mayor al 12 %. Como defectos más sobresalientes está el defecto "Blandos" y daños por insectos (plagas), este último asociado especialmente a escamas. Es importante señalar que las plagas presentes generan también aceitunas deformes.

Las mediciones de pH desde el comienzo del proceso hasta el final, se muestran en los cuadros 22 y 23.

Cuadro 22. Evolución del pH, de aceitunas negras estilo naturales enteras "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 4,8 | 4,9 | 4,7 |
| 24 | 5 | 5 | 5 | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 4,7 | 4,8 | 4,7 |
| 26 | 5 | 5 | 5 | 4,9 | 4,93 | 4,9 | 4,8 | 4,9 | 4,7 |
| 33 | 5 | 5,2 | 5,4 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 4,8 | 4,6 |
| 52 | 4,7 | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,6 |
| 66 | 4,7 | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 4,6 | 4,7 | 4,6 |
| 78 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 |

Cuadro 23. Evolución del pH, de aceitunas negras estilo naturales enteras "lavadas"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,9 | 4,7 | 4,7 | 4,8 |
| 24 | 4,6 | 4,6 | 4,8 | 4,6 | 4,8 | 4,7 | 4,65 | 4,7 | 4,92 |
| 26 | 4,8 | 4,5 | 4,8 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,65 | 4,8 | 4,9 |
| 33 | 4,9 | 4,6 | 4,5 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,65 | 4,7 | 4,8 |
| 52 | 4,7 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 |
| 66 | 4,7 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,5 | 4,7 | 4,7 | 4,6 | 4,7 |
| 78 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 |

Para el caso de Aceitunas Sevillanas preparadas Negras Naturales enteras sin lavar, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento fue el esperado, un aumento leve del pH inicial del producto de eliminación desde el fruto hacia el medio de cobertura de sales orgánicas propias de las aceitunas. La

fermentación debiera haber sido eminentemente láctica dado que se ajustó la sal a menos de 8°Bé, pero el pH obtenido al final de la fermentación es de 4,6, insuficiente para asegurar la conservación por lo que este deberá ser ajustado con ácido acético de grado alimentario.

Al analizar estadísticamente la información se observa en la figura 91, que no hubo una diferencia entre huertos, en relación al pH.

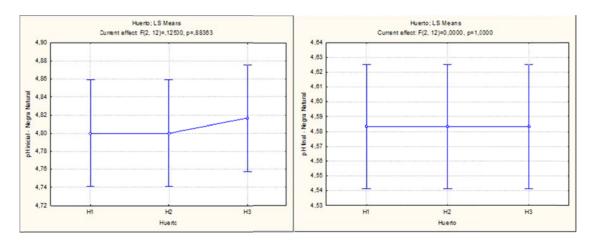


Figura 91. pH inicial y final de las Aceitunas Negras Naturales, procesadas de tres huertos distintos.

En el caso del tratamiento de sin lavado y lavadas, se ve que influyó en el pH inicial, sin embargo, estadísticamente se iguala al final del proceso (Fig 92).

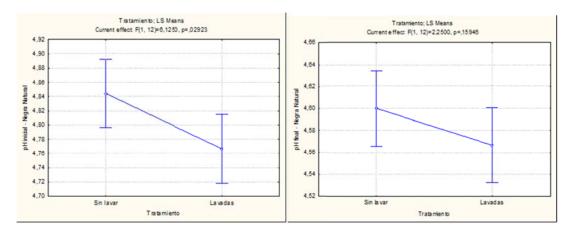


Figura 92. pH inicial y final de Aceitunas Negras Naturales, respecto del tratamiento sin lavar y lavadas.

Considerando factores Huerto y lavados, no se ve diferencia estadística, en pH inicial y final (Fig 93).

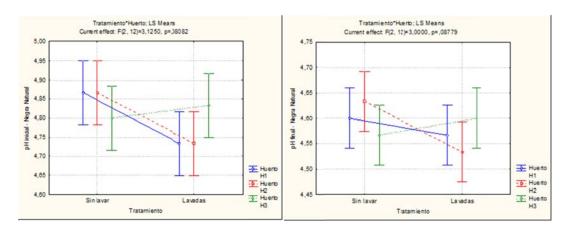


Figura 93. pH inicial y final de Aceitunas Negras Naturales de 3 huertos distintos, procesadas sin lavar y lavadas.

Respecto de la concentración de sal (°Bé), los datos se muestran en el cuadro 23 y 24 y al analizar estadísticamente los datos, se observa en las figuras 94, que no hay diferencias al comienzo ni al final de la elaboración, en cuanto a la concentración de sal ° Bé, al analizarlo por huerto, por tratamiento de lavado (figura 95) y por la interacción de ambos factores (figura 96).

Cuadro 23. Evolución del ° Be, de aceitunas negras estilo naturales enteras "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 5,2 | 5,1 | 5,0 | 5,0 | 6,6 | 5,0 | 6,7 | 5,0 | 5,2 |
| 24 | 5,5 | 5,8 | 5,5 | 4,9 | 7,5 | 5,3 | 7,5 | 5,2 | 5,1 |
| 26 | 6,9 | 7,0 | 6,7 | 6,1 | 7,5 | 6,4 | 7,6 | 6,5 | 6,2 |
| 33 | 6,9 | 7,1 | 6,8 | 6,2 | 6,9 | 6,4 | 6,9 | 6,2 | 6,2 |
| 52 | 7,0 | 7,0 | 6,8 | 6,5 | 7,0 | 6,7 | 7,0 | 6,8 | 6,5 |
| 66 | 7,0 | 7,6 | 6,8 | 7,5 | 7,3 | 6,7 | 7,1 | 6,9 | 6,6 |
| 78 | 8,2 | 8,5 | 8,5 | 8,3 | 7,2 | 8,2 | 7,1 | 8,2 | 8,0 |

Cuadro 24. Evolución del ° Be, de aceitunas negras estilo naturales enteras "lavadas"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 5,1 | 5,0 | 5,1 | 5,0 | 5,0 | 4,8 | 5,0 | 5,0 | 4,8 |
| 24 | 5,5 | 5,5 | 5,8 | 5,1 | 5,0 | 4,7 | 4,9 | 5,2 | 4,8 |
| 26 | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 6,2 | 6,2 | 6,1 | 6,3 | 6,5 | 6,1 |
| 33 | 7,0 | 7,2 | 7,0 | 6,4 | 6,3 | 6,0 | 6,3 | 6,5 | 6,2 |
| 52 | 7,0 | 7,1 | 7,0 | 6,5 | 6,6 | 6,2 | 6,7 | 6,7 | 6,3 |
| 66 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,6 | 6,5 | 6,6 | 6,6 | 6,6 | 6,3 |
| 78 | 8,2 | 8,0 | 8,3 | 8,1 | 8,2 | 8,3 | 8,4 | 8,5 | 8,7 |

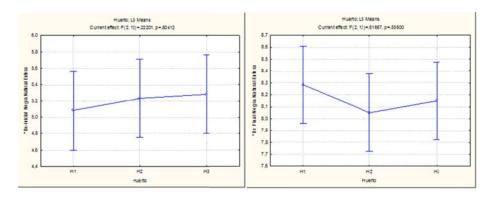


Figura 94. Bé inicial y final de las aceitunas Negras Naturales de 3 huertos distintos.

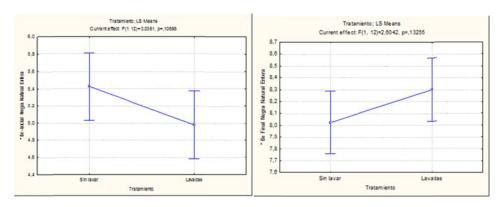


Figura 95. Bé inicial y final de las aceitunas Negras Naturales con tratamientos de sin lavar y lavadas.

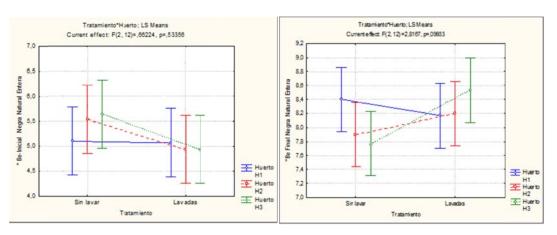


Figura 96. Bé inicial y final de las aceitunas Negras Naturales, de 3 huertos con tratamientos de lavados.

Para el caso de Aceitunas preparadas como negras naturales enteras sin lavar, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento fue el esperado, se partió con una sal en torno a 5,0-6.0. Al terminar la elaboración se dispuso subir la concentración de sal a 8°Bé para mejorar su textura y asegurar la conservación y así evitar fermentaciones posteriores e indeseables.

Respecto de la concentración de la acidez láctica para las aceitunas Negras Naturales Enteras, se muestran los datos en el cuadro 25 y 26 y los análisis estadísticos, se observan en las figuras 97.

Cuadro 25. Evolución acidez láctica, para las aceitunas Negras Naturales Enteras "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | | | | | | | | | |
| 24 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 78 | 0,4 | 0,4 | 0,34 | 0,23 | 0,22 | 0,3 | 0,3 | 0 | 0,25 |

Cuadro 26. Evolución acidez láctica, para las aceitunas Negras Naturales Enteras "lavadas"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | | | | | | | | | |
| 24 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 78 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,25 | 0,25 | 0,31 | 0,29 | 0,32 | 0,29 |

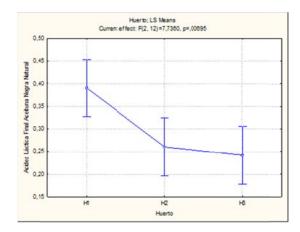


Figura 97. Acidez láctica final de las aceitunas Negras Naturales Enteras, de tres huertos distintos.

Se observa que hubo diferencia entre huertos en cuanto a la acidez láctica, siendo mayor en el huerto 1, sin embargo, en los tratamientos de sin lavar y lavadas, no se encontraron diferencias significativas (fig 98).

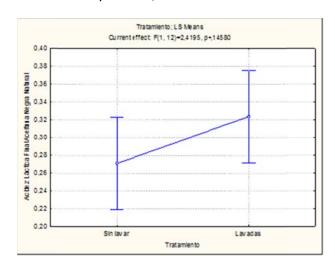


Figura 98. ° Acidez láctica final de las aceitunas Negras Naturales Enteras, procesadas sin lavar y lavadas.

Al considerar ambos factores Huerto y tratamiento de lavado, no se ve diferencia estadística, en la acidez láctica final (Fig 99).

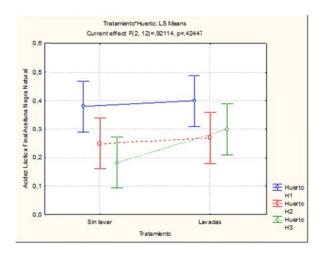


Figura 99. Acidez láctica final, Aceitunas Negras Naturales Enteras, 3 huertos distintos, sin lavar y lavadas.

Para el caso de Aceitunas Sevillanas preparadas negras naturales enteras sin lavar, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento no fue el esperado, se partió con una acidez aportada por la formulación de 0,1% al inicio. Al final, la acidez que se consigue no es más que 0,25-0,4, no obstante en sabor final de la aceituna al degustarla se percibe ácida. Para asegurar su conservación debemos levantar esta acidez con algún ácido orgánico como ác. Acético hasta niveles de 0,8 % para asegurar su conservación posterior y evitar deterioros. El sabor es agradable y el amargo característico al tipo de preparación, es aceptable.

Parámetros físicos-organolépticos, evaluados después de la elaboración.

Se realizó en las aceitunas Negras Naturales Enteras una evaluación después de ser elaboradas, cuyos resultados se presentan en los cuadros 27, 28 y 29.

El resultado de la evaluación de los parámetros físicos-organolépticos, para las aceitunas Negras Naturales, respecto de cada huerto, se muestra en los cuadros 27.

Cuadro 27. Evaluación después de su elaboración, aceitunas Negras Naturales provenientes del huerto 1.

| | | Lími | tes críticos | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------|-----------|--------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|----------------------|
| FECHA | Ensayo | PROVEEDOR | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCI A TOTAL |
| 20-06-2012 | Recepción | Llorente | | | 0 | 0 | 3 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Llorente | Sin lavado | 177 | 2 | 8 | 7 | 14 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Llorente | Sin lavado | 175 | 1 | 11 | 6 | 16 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Llorente | Sin lavado | 175 | 3 | 10 | 9 | 18 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Llorente | Con lavado | 177 | 5 | 7 | 3 | 7 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Llorente | Con lavado | 175 | 3 | 6 | 5 | 4 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Llorente | Con lavado | 173 | 4 | 5 | 7 | 3 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 |
| | | | Promedio | 175 | 3 | 7,8 | 6,2 | 10,3 | 18,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |

Cuadro 28. Evaluación después de su elaboración, aceitunas Negras Naturales provenientes del huerto 2.

| | | | | | Lími | tes críticos | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------|-------|------------------|-----------------|-----------|--------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|----------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| FECHA | VARIEDAD | COLOR | PRESENT ACIÓN | N° de Ensayo | PROVEEDOR | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Sevillana | Negra | Entera | | Irma | Recepción | | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R1 | Irma | Sin lavado | 143 | 3 | 7 | 1 | 19 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R2 | Irma | Sin lavado | 140 | 5 | 9 | 3 | 17 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R3 | Irma | Sin lavado | 141 | 7 | 12 | 5 | 14 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R1 | Irma | Con lavado | 159 | 3 | 6 | 0 | 10 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R2 | Irma | Con lavado | 160 | 1 | 5 | 0 | 12 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R3 | Irma | Con lavado | 163 | 2 | 7 | 0 | 14 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| | | | | | | Promedio | 151 | 3,5 | 7,7 | 1,5 | 14,3 | 15,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |

Cuadro 29. Evaluación después de su elaboración, aceitunas Negras Naturales provenientes del huerto 3.

| | | | | | Lími | tes críticos | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------|-------|------------------|-----------------|-----------|--------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|----------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| FECHA | VARIEDAD | COLOR | PRESENT ACIÓN | N° de Ensayo | PROVEEDOR | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Sevillana | Negra | Entera | Recepción | Sonia | | | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R1 | Sonia | Sin lavado | 143 | 2 | 10 | 3 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R2 | Sonia | Sin lavado | 145 | 4 | 3 | 4 | 6 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R3 | Sonia | Sin lavado | 147 | 1 | 1 | 2 | 8 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R1 | Sonia | Con lavado | 154 | 3 | 5 | 7 | 4 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R2 | Sonia | Con lavado | 155 | 5 | 4 | 3 | 6 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 17-10-2012 | Sevillana | Negra | Entera | T1 P1 R3 | Sonia | Con lavado | 158 | 7 | 7 | 6 | 4 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| | | | | | | Promedio | 150 | 3,7 | 5,0 | 4,2 | 6,8 | 20,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |

Los defectos evaluados en los diferentes huertos se resumen más adelante, en conjunto con las aceitunas negras sajadas

Resultados elaboración aceitunas negras estilo naturales Sajadas

Para los ensayos se utilizaron 3 huertos representativos, al igual que en la elaboración de aceitunas Negras naturales.

Al momento de la cosecha, la fruta fue evaluada en su condición de llegada, por parámetros físicosorganolépticos, que se muestran en el cuadro 30.

Cuadro 30. Evaluación de parámetros de organolépticos d aceitunas negras Sajadas, en la cosecha

| | | | | | VERDES | < 5% | < 3% | <2% | < 4% | < 4% | < 5% | 0% | 2% | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------|--------|-------|---------|-------------|----------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| | | | PREP | ARACIÓN | CRUDAS | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
| | | | | | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0% | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
| FECHA | PROVEEDOR | Predio | KILOS | CALIBRE | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Llorente | P1 | 288 | | | 0 | 0 | 3 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 20-06-2012 | Irma | P2 | 288 | | | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 20-06-2012 | Sonia | P3 | 288 | | | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |

Para todos los atributos evaluados, los tres Huertos presentaron defectos por sobre la tolerancia tanto en forma parcial como se indica en los límites críticos, como en la tolerancia total mayor al 12 %. Como defectos más sobresalientes está el defecto "Blandos" daños por insectos (plagas), este último asociado especialmente a escamas. Es importante señalar que las plagas presentes generan también aceitunas deformes.

Las mediciones de pH desde el comienzo del proceso hasta el final se muestran en los cuadros 31 y 32.

Cuadro 31. Evolución del pH, de aceitunas negras estilo Negras Sajadas "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 4 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 11 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,6 | 4,6 |
| 30 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,7 |
| 44 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,7 |
| 74 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |

Cuadro 32. Evolución del pH, de aceitunas negras estilo Negras Sajadas "lavadas"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 4,6 | 4,7 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,6 |
| 4 | 4,6 | 4,7 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 |
| 11 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 |
| 30 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 |
| 44 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,6 |
| 74 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 |

Para el caso de Aceitunas Negras Sajadas enteras sin lavar, se puede inferir que en todos los predios el comportamiento fue el esperado, un aumento leve del pH inicial del producto de eliminación desde el fruto hacia el medio de cobertura de sales orgánicas propias de las aceitunas. La fermentación debiera haber sido eminentemente láctica dado que se ajustó la sal a menos de 8°Bé, pero el pH obtenido al final de la fermentación es de 4,6, insuficiente para asegurar la conservación por lo que este debió ser ajustado con ácido acético de grado alimentario.

Al analizar estadísticamente la información se observa en la figura 100, que no hubo una diferencia entre huertos, en relación al pH.

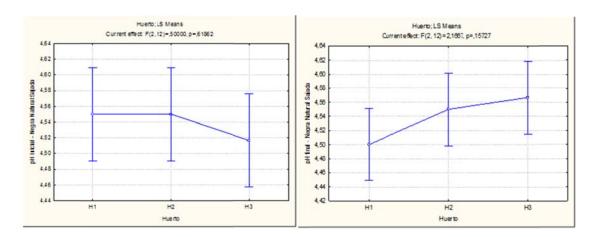


Figura 100. pH inicial y final de las Aceitunas Negras Sajadas, procesadas de tres huertos distintos.

El tratamiento de sin lavado y lavadas, no influyó en el pH inicial, ni pH final del proceso (Fig 101).

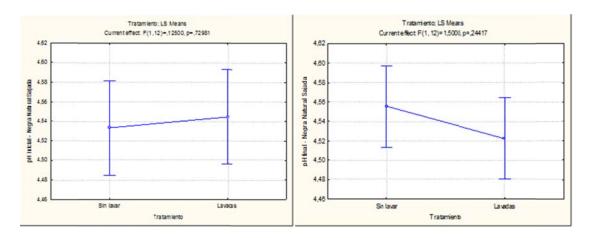


Figura 101. pH inicial y final de las Aceitunas Negras Sajadas, respecto del tratamiento sin lavar y lavadas.

Al considerar ambos factores Huerto y tratamiento de lavado, tampoco se ve diferencia estadística, en el pH inicial y final (Fig 102).

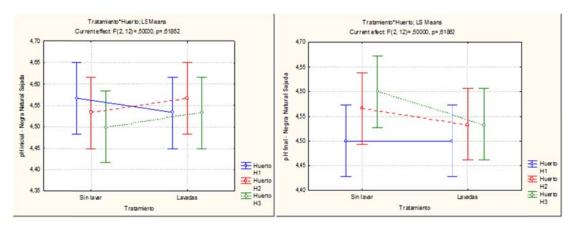


Figura 102. pH inicial y final de las Aceitunas Negras Sajadas de 3 huertos distintos, procesadas sin lavar y lavadas.

Respecto de la concentración de sal (°Bé), los datos se muestran en el cuadro 33 y 34 y al analizar estadísticamente los datos, se observa en las figuras 103, 104 y 105, que no hay diferencias al comienzo ni al final de la elaboración, en cuanto a la concentración de sal ° Bé, al analizarlo por huerto y por la interacción de ambos factores, sin embargo, las lavadas son distintas en ° Bé , al comienzo para igualarse al final del proceso.

Cuadro 33. Evolución del ° Be, de aceitunas negras Sajadas "sin lavar"

| DÍA | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 5,6 | 5,5 | 5,6 | 5,5 | 5,5 | 5,3 | 5,2 | 5,5 | 5,5 |
| 4 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 7,5 | 6,8 | 6,7 | 6,5 | 6,9 |
| 11 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 6,7 | 6,9 | 7,0 |
| 30 | 7,1 | 7,1 | 7,2 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,7 | 6,9 | 7,0 |
| 44 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,0 | 7,3 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 7,0 |
| 74 | 7,6 | 7,6 | 7,9 | 7,7 | 7,2 | 7,8 | 7,8 | 7,9 | 7,6 |

Cuadro 34. Evolución del ° Be, de aceitunas negras estilo Negras Sajadas "lavadas"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 5,3 | 5,0 | 5,4 | 5,3 | 5,5 | 5,3 | 5,1 | 5,0 | 5,2 |
| 4 | 6,7 | 6,4 | 6,8 | 6,5 | 6,1 | 6,1 | 6,9 | 6,5 | 6,8 |
| 11 | 6,8 | 6,6 | 7,1 | 6,7 | 6,1 | 6,4 | 6,8 | 6,6 | 6,8 |
| 30 | 6,8 | 6,7 | 7,0 | 6,9 | 6,6 | 7,0 | 6,9 | 6,7 | 6,8 |
| 44 | 6,9 | 6,7 | 7,0 | 6,9 | 6,8 | 7,2 | 6,9 | 6,7 | 7,0 |
| 74 | 7,4 | 7,3 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 7,9 | 7,7 | 7,4 | 7,9 |

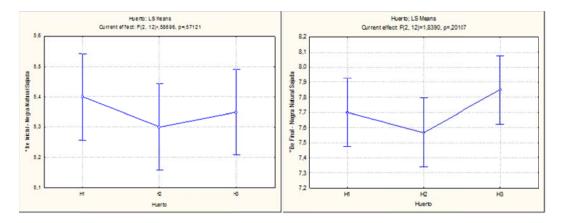


Figura 103. Bé inicial y final de las aceitunas Negras Sajadas de 3 huertos distintos.

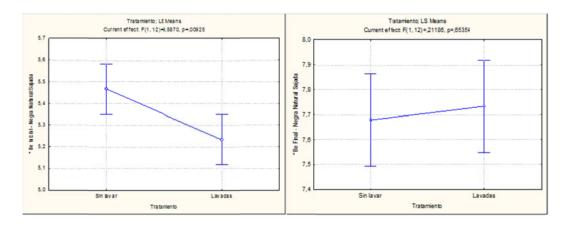


Figura 104. Bé inicial y final de las aceitunas Negras Sajadas con tratamientos de sin lavar y lavadas.

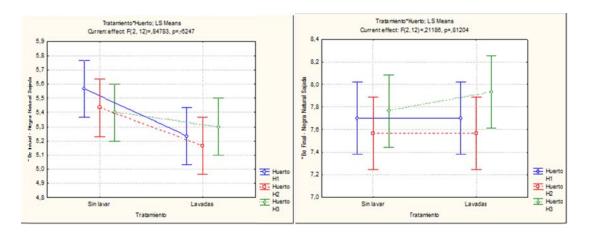


Figura 105. Bé inicial y final de las aceitunas Negras Sajadas, de 3 huertos con tratamientos de sin lavar y lavadas.

Respecto de la concentración de la acidez láctica para las aceitunas Sajadas, la información se muestra en el cuadro 35 y 36 y los datos analizados estadísticamente, se observan en las figuras 106 - 107.

Cuadro 35. Evolución acidez láctica, para las aceitunas Negras Sajadas "sin lavar"

| | DÍΑ | T1P1R1 | T1P1R2 | T1P1R3 | T3P2R1 | T3P2R2 | T3P2R3 | T5P3R1 | T5P3R2 | T5P3R3 |
|---|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Г | 74 | 0,25 | 0,3 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,22 |

Cuadro 36. Evolución acidez láctica, para las aceitunas Negras Sajadas "lavadas"

| DÍA | T2P1R1 | T2P1R2 | T2P1R3 | T4P2R1 | T4P2R2 | T4P2R3 | T6P3R1 | T6P3R2 | T6P3R3 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| C | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 74 | 0,2 | 0,23 | 0,22 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

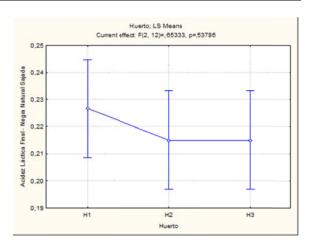


Figura 106. Acidez láctica final de las aceitunas Negras Sajadas, procesadas de tres huertos distintos.

Se observa que no hubo diferencia entre huertos en cuanto a la acidez láctica, sin embargo, entre el tratamiento sin lavar y el lavado si se encontraron diferencias significativas.

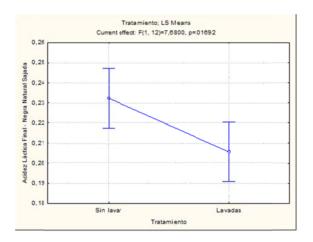


Figura 107. ° Acidez láctica final de las aceitunas Negras Sajadas, procesadas sin lavar y lavadas.

Considerando ambos factores Huerto y lavado, no hay diferencia estadística, en acidez láctica final (Fig 108).

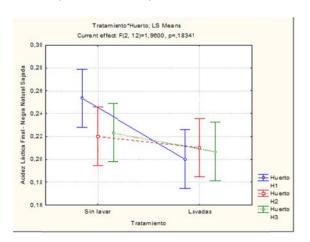


Figura 108. Acidez láctica final de las aceitunas Negras Sajadas de 3 huertos distintos, sin lavar y lavadas.

Parámetros físicos-organolépticos, evaluados después de la elaboración de las aceitunas Negras Sajadas.

El resultado de la evaluación de los parámetros físicos-organolépticos, para las aceitunas Negras Sajadas, respecto de cada huerto, se muestra en los cuadros 37, 38y 39.

Cuadro 37. Evaluación después de su elaboración de aceitunas Negras Sajadas provenientes del huerto 1.

| | | Límit | es críticos | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0 | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| FECHA | N° de Ensayo | PROVEEDOR | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Recepción | Llorente | | | 0 | 0 | 3 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Llorente | Sin lavado | 167 | 4 | 2 | 10 | 7 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Llorente | Sin lavado | 165 | 2 | 3 | 12 | 9 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Llorente | Sin lavado | 166 | 3 | 5 | 13 | 11 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 |
| 17-10-2012 | | | Con lavado | 143 | 2 | 4 | 0 | 6 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | | | Con lavado | 145 | 1 | 5 | 0 | 8 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Llorente | Con lavado | 144 | 5 | 3 | 0 | 10 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| | | | Promedio | 155 | 2,8 | 3,7 | 5,8 | 8,5 | 44,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65,5 |

Cuadro 38. Evaluación después de su elaboración, aceitunas Negras Naturales provenientes del huerto 2.

| | | Lími | tes críticos | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0 | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------------|-----------|--------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|----------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| FECHA | N° de Ensayo | PROVEEDOR | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | | Irma | Recepción | | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Irma | Sin lavado | 148 | 7 | 6 | 10 | 9 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Irma | Sin lavado | 150 | 6 | 4 | 12 | 6 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Irma | Sin lavado | 152 | 5 | 6 | 10 | 3 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Irma | Con lavado | 152 | 8 | 4 | 3 | 18 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Irma | Con lavado | 155 | 3 | 5 | 2 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Irma | Con lavado | 156 | 6 | 3 | 4 | 17 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| | | | Promedio | 152 | 5,8 | 4,7 | 6,8 | 12,2 | 25,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |

Cuadro 39. Evaluación después de su elaboración, aceitunas Negras Naturales provenientes del huerto 3.

| | | Límit | es críticos | NEGRAS NAT. | < 6% | < 3% | <2% | < 6% | < 4% | < 5% | 0 | NA | 1 unid./ kg | 0 unid./ kg | < 12% |
|------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------|-------------------|-------------|---------------------|
| FECHA | N° de Ensayo | PROVEEDOR | Lavado | Unid. / kg | Piel s/afectar pulpa | Piel afectando pulpa | Arrugados | Blandos o fibrosos | Coloración anormal | Daño insectos | Daño cuidados culturales | Pedúnculos | M.E. Vegetales | M.E. | TOLERANCIA TOTAL |
| 20-06-2012 | Recepción | Sonia | | | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Sonia | Sin lavado | 158 | 5 | 7 | 0 | 4 | 33 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R2 | Sonia | Sin lavado | 160 | 8 | 5 | 0 | 6 | 34 | 0 | 4 | 0 | 0 | 3 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Sonia | Sin lavado | 161 | 4 | 5 | 0 | 8 | 26 | 0 | 10 | 0 | 0 | 7 | 60 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R1 | Sonia | Con lavado | 149 | 9 | 1 | 10 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | | | Con lavado | 150 | 7 | 3 | 6 | 6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 17-10-2012 | T1 P1 R3 | Sonia | Con lavado | 151 | 5 | 5 | 8 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| | | | Promedio | 155 | 6,3 | 4,3 | 4,0 | 6,3 | 18,2 | 0 | 3,3 | 0 | 0 | 1,7 | 44 |

Los defectos evaluados en el Huerto 1 al final de la elaboración de las aceitunas negras, indican que los defectos de entrada aumentaron en todos los atributos evaluados, excepto el atributo blando o fibroso que disminuyó dado que al realizar la incorporación de sal mejora la textura de las aceitunas y algunas de ellas pasaron a ser evaluadas en el defecto "piel afectando la pulpa". El aumento de la valoración del atributo piel afectando la pulpa se debe a que las aceitunas que fueron evaluadas inicialmente como Blandas se han roto o magullado. No obstante, si restamos la valoración para el atributo coloración anormal, que está bastante alto para todos los huertos, el % total mejora disminuyendo al 20%, menor que el 28% inicial, esta ponderación se hace según Norma.

Esto indicaría que el manejo que se realizó no incorporó defectos de proceso lo que es positivo, sobre todo considerando la poca uniformidad de madurez y calidad al momento de la recolección, el cual estaba sobre el límite permitido de 12% en total de defectos, contra el 28 % que fue evaluado. Al observar la aceituna, descartando las más defectuosas, se perciben de buen color, terminadas negra o moradas, con una textura delicada, sin embargo algunas aceitunas se perciben poco turgente algo "grumosa", en algunos casos el sabor se percibe con notas de amargo y picante suave, acorde a la condición de negra natural muy agradable a pesar del alto contenido de sal necesario para ser conservadas.

Los defectos evaluados en el Huerto 2 al final de la elaboración, son similares a los del huerto 1, el % total mejora a un 29,5% total contra 48% inicial. El daño por insectos se redujo, probablemente, debido a que los insectos fueron barridos en su mayoría en los lavados y salmuera de preparación. Esto indicaría que no se incorporaron defectos de proceso, encontrándose por sobre el límite permitido de 12% en total, contra el 48 % inicial. Al observar la aceituna, descartando las más defectuosas, se percibe de buen color, con una textura delicada, agradable a pesar del alto contenido de sal. Finalmente, la apreciación de la aceituna del Huerto 2 fue inferior a la del huerto 1, incluso en su tamaño.

Los defectos evaluados en el Huerto 3 al final de la elaboración, también son similares a lo indicado para los demás huertos. El % total mejora a un 25,8% total contra 34% inicial. No se incorporaron defectos de

proceso, quedando sobre el límite permitido de 12% en total, contra el 48 % inicial. Al descartar las más defectuosas, se percibe agradable a pesar del alto contenido de sal.

Conclusiones

Las diferencias encontradas en los huertos estarían asociadas a los manejos culturales, encontrándose algunos problemas fitosanitarios, lo que en parte influyó en la calidad de las aceitunas elaboradas. Adicionalmente, el estado de madurez durante la cosecha, influyó en algunos casos en la calidad final de las aceitunas, obteniéndose una baja concentración de acidez Láctica, debido a que mientras más avanzada la madurez hay menos concentración de azucares disponibles, que además se pierden con el efecto del cocido o sodificación al eliminar el principio amargo o glucósido llamado oleuropeína, y lo que queda no es suficiente para lograr una fermentación total.

A pesar de haber encontrado un alto porcentaje de defectos en las aceitunas de los huertos, de todas maneras fue posible conseguir una elaboración pareja en todas sus repeticiones, el cocido fue óptimo lo que permitió asegurar una correcta fermentación, sin embargo hay que señalar que las aceitunas no siempre poseen las mismas características químicas o físico-organolépticas (aroma, sabor, flavor, etc.) incluso dentro de un mismo tipo de preparación y de una temporada a otra.

Respecto del tratamiento de proceso de aceitunas con y sin lavado, se pudo obtener que en las aceitunas verdes, el pH inicial presenta diferencias (pH más alto sin lavar), pero al final del proceso no hubo diferencias. Adicionalmente no hubo diferencias en concentración salina Bé. Respecto a la acidez láctica, al final del período (día 108) hubo diferencias, siendo mayor en las aceitunas lavadas.

Para el caso de las aceitunas negras enteras, el pH inicial fue mayor en las que no se lavaron, sin embargo al final no hay diferencias. La concentración salina Bé no presenta diferencias y para el caso de la acidez láctica, al final del proceso fue levemente mayor en las aceitunas que fueron lavadas (igual que en las verdes).

Por último para el caso de las aceitunas negra sajadas, el pH en el transcurso de la elaboración es mayor en las sin lavar, sin embargo, al final del proceso se igualan. La concentración salina °Bé al principio es mayor en lavadas, sin embargo después se igualan. Respecto a la acidez láctica, existe una leve diferencia al final del proceso.

En definitiva, incorporar la operación de lavado al inicio resulta totalmente ventajoso dado que, todas las aceitunas lavadas obtienen un mejor pH en la partida (más bajo), y al final del proceso se obtiene un pH más bajo y la acidez es ligeramente más alta, lo que favorecería la estandarización final (se requieren menos insumos para ajustar la acidez).

En el caso de las aceitunas sajadas no lavadas se da la excepción en la acidez láctica, ya que al contrario es más alta, una explicación sería que al no haber sido lavadas, disponían de mayor material fermentable al momento de iniciar la elaboración y el corte permitió que difunda más eficientemente hacia el medio de cobertura.

Se recomienda hacer al menos un lavado antes de la elaboración de las olivas dado que mejora la calidad en dos aspectos fundamentales, sanitariamente disminuye en gran parte la carga bacteriana inicial y remueve el polvillo oscuro o fierrillo contaminante casi en un 100%.

Los lavados se recomiendan hacer siempre, dinámicos o de ducha, en número de uno o dos, dado que más lavados pueden ocasionar el efecto contrario.

La concentración de sal es un parámetro que tendió a ser estable, éste fue corregido durante y/o al final del proceso fermentativo para dejar todos los recipientes homogenizados.

Si bien vemos que el fierrillo presenta una influencia en el pH o desarrollo del tampón o equilibrio inicial en aquellas aceitunas no lavadas, todas las muestras elaboradas llegaron a buen término (lavadas y no lavadas), por lo que no generaría perdidas en la calidad fisca o química, aunque sí impacta en la calidad sanitaria, sobre todo cuando las salmueras de fermentación, luego son reutilizadas para los envasados, por lo que el polvillo en suspensión podría quedar en el envase y llegar de esta forma a los consumidores.

Para los ensayos realizados en el Valle del Huasco en particular la mayor incidencia en la calidad estuvo dada por la heterogeneidad de la materia prima de los predios ensayados.

El efecto de la variable temperatura, debe ser considerado sobre la evolución de la fermentación, las temperaturas logradas en el periodo ensayado fueron siempre bajo los 14°C lo que redundó en una fermentación lenta. La temperatura óptima es de 18-20°C, por lo que incorporar al diseño de planta tecnologías de construcción térmicas o aislantes será un tema a considerar. Como contrapunto, el frío invernal influiría positivamente en las aceitunas de guarda, para salir a proceso en el momento que el productor los necesite, incluso le permite planificar su venta anual sin quiebre de stock. Ambos aspectos pueden ser evaluados.

Al final del proceso se hicieron correcciones con sal y ácido cítrico o acético para levantar en algunos casos los parámetros químicos de modo de homogenizar toda la muestra y asegurar su conservación, todas prácticas habituales según las BPF del COI.

La dinámica del proceso de elaboración de las aceitunas de mesa y sus procesos fermentativos, tanto para aceitunas verdes como negras, debe ser considerado como un proceso eminentemente biológico y con una evolución química como consecuencia de la combinación de varios factores tales como: la variedad, estado de desarrollo del fruto y estado de madurez; como factores secundarios se encuentran el lugar geográfico del cultivo, tipo de cultivo, etc. La aparición de defectos o alteraciones en este estudio estuvo asociada principalmente a la calidad de la materia prima, a la higiene en el proceso y al proceso fermentativo, dado

que son procesos vivos. Alteraciones tales como alambrado, fermentaciones butíricas, zapatería, etc., han sido descritas y pueden ser evitadas con manejo y un control eficiente.

Evaluación de Aceituna de mesa y Aceite (INIA)

Al igual que en el ensayo anterior, el equipo del INIA de Vallenar, llevó a cabo un experimento en que elaboró aceitunas del tipo verde sevillana, en este caso, sometiendo la fruta a tres tratamientos distintos, sin lavar, 1 lavado y 2 lavados antes del procesamiento de la fruta, en huertos de distintas posiciones del valle del Huasco. A diferencia del estudio anterior, el objetivo éste fue evaluar las diferencias con fruta que previo al proceso es sometida a los siguientes tratamientos; T1; se le realiza con un lavado rápido tipo ducha, T2 se le realiza un segundo lavado rápido tipo ducha y T0, no se lava y corresponde al control (cuadro 40).

El proceso se realizó durante la temporada de cosecha 2012, con distintas muestras de olivas provenientes de huertos (H) del área olivícola, procesadas en la almazara piloto del Centro Experimental Huasco perteneciente al Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA) para determinar el efecto del MP y el elemento Fe, en los diferentes procesos industriales de las olivas. En el caso del proceso de las aceitunas se utilizó la fruta de los huertos, H2, H3, H4 y H7 (Fig 109). Para el caso del aceite se recolectaron olivas de los huertos, H1,H5, H6, H8 y H9 (Fig 110).



Figura 109. Olivas cosechadas del sector H2, H3, H4 y H7, para elaboración de aceitunas.



Figura 110.Olivas del sector H1, H6, H8 y H9, para la elaboración de aceite de oliva

Para determinar la presencia de hierro en el fruto, las olivas fueron sometidas a diferentes tratamientos de lavado (figura 111), el cual consistió en aplicar 0,6 litros de agua destilada por kilogramo de olivas en una o dos oportunidades según se indica en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Tratamientos a partidas de olivas provenientes del área olivícola del valle del Huasco.

| TRATAMIENTO | |
|-------------|--|
| T0 | Procesamiento de olivas sin lavado previo al proceso |
| T1 | Procesamiento de olivas con 1 lavado previo al proceso |
| T2 | Procesamiento de olivas con 2 lavados previos al proceso |



Figura 111. Lavado de olivas previo al proceso y botellas con el agua recolectada

Elaboración de Aceitunas de Mesa

En la elaboración de aceitunas de mesa se utilizó el método "Verde Estilo Sevillano", el cual considera como materia prima a olivas de color verde amarillo pajizo (20Kg), realizándose las combinaciones de los tratamientos de lavado con los sitios prospectados.

El método de elaboración se inicia con el endulzamiento de las olivas, neutralización de la oleuropeina con hidróxido de sodio al 3% y luego por tres meses se realiza la fermentación en una solución salina al 10% y pH que debe bajar hasta 3,8-4,2 al final de la fermentación. Para prevenir la oxidación se adiciona ácido cítrico en cantidades del 1% una vez iniciado el proceso fermentativo.

Sodificación: es una etapa clave dentro del proceso, ya que dependiendo de lo bien que ésta resulte, será exitosa la fermentación y posterior conservación. Esta etapa tiene como objetivo eliminar el glucósido que le da el amargor a las olivas, a través de un tratamiento alcalino con soda cáustica a un porcentaje del 3%.

Lavado: como una forma de evitar que la soda cáustica siga avanzando en la pulpa de las olivas, éstas son sometidas a proceso de lavado con agua potable, el primero por 2 hrs y un segundo lavado por 12 hrs.

Inmersión en Salmuera: una vez realizados los lavados, las olivas son sumergidas en la salmuera al 6% para dar inicio al proceso de fermentación.

Fermentación: el desarrollo de esta etapa es fundamental para la adecuada conservación de las aceitunas. Durante esta etapa es necesario realizar los siguientes análisis de manera de evaluar el correcto desarrollo del proceso fermentativo; acidez libre, pH y % sal.De acuerdo a los resultados de los análisis, se realizan las correcciones analíticas correspondientes.

Conservación: una vez finalizada la fermentación, la aceituna puede ser almacenada con pH 3,8-4,0 y concentración salina del 10%. Bajo estas condiciones las aceitunas se han conservado ya por 1 año, teniendo presente la realización del seguimiento de las características químicas de cada recipiente de almacenaje. Semanalmente se realizaron correcciones, midiendo la concentración salina y pH. En la figura 112, se muestra parte del proceso realizado en la elaboración de las aceitunas.



Figura 112. Partes del proceso de elaboración de las aceitunas.

Extracción de aceite de oliva

Para el caso del aceite, luego de aplicar los tratamientos de lavado (Cuadro 40), se extrajo el aceite para lo cual se utilizó una maquina extractora de aceite de oliva por centrifugación, de material de acero inoxidable de calidad alimentaria (Fig 113), luego se filtró (Fig 114) y finalmente se obtuvo 1 litro por partida, los que fueron enviadas a los laboratorios de la universidad Católica de Chile.



Figura 113. Proceso de extracción de aceite de oliva.

La etapa de filtrado tuvo como finalidad eliminar las impurezas del aceite de oliva. Para este efecto se utilizó un filtro de algodón, luego se envasó y rotularon las botellas (figura 115).





Figura 114. Aceite extraído de los diferentes huertos y tratamientos, envasado y rotulado de las botellas..

Los resultados del proceso de elaboración de aceitunas verdes estilo sevillano, se presentan a continuación

En la figura 115 se observa el análisis estadístico tanto de la comparación de huertos como de los tratamientos de lavado, respecto del pH alcanzado después de terminar la elaboración de las aceitunas. En cuanto al pH inicial para todos los tratamientos, estaría asociado a una condición de huerto, más que a una posición dentro del valle, siendo el H7, el huerto más alejado, y que además presentó los niveles de pH notoriamente más bajos al inicio del proceso.

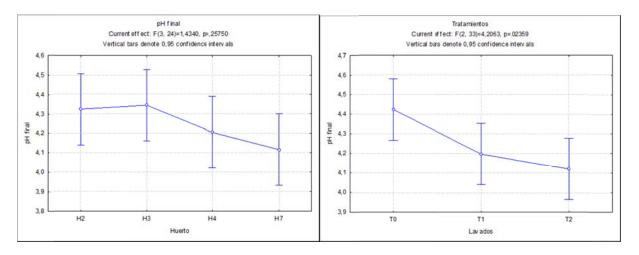
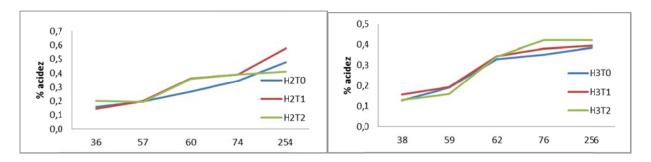


Figura 115. pH inicial y final entre huerto H2, H3, H4 y H7 y entre tratamientos de lavado.

Como se puede observar en la figura 115, si se evalúa el pH final del proceso de elaboración de aceitunas alcanzado con olivas de los diferentes huertos, se observa que no hay diferencia significativa entre huertos; sin embargo, (cuadro 41), si existe diferencia con los tratamientos de lavados, en que al someter las olivas a lavado se alcanza un pH menor (entre 4,1 y 4,2), quedando el tratamiento sin lavado con 4,4. La situación más favorable será llegar a un pH final menor, es decir una mayor acidez, lo que se lograría lavando, ya sea una o dos veces.

Otro indicador de calidad de las aceitunas, en cuanto al proceso de elaboración es la acidez libre, la cual debe ir aumentando en la medida que pasa el tiempo. En la figura 116 se observa la evolución de la Acidez libre en los tres tratamientos de lavado TO; sin lavado, T1; con 1 lavado y T2 con dos lavados, analizados por huerto



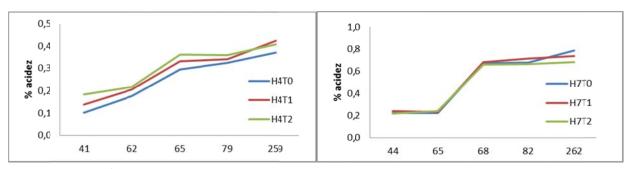


Figura 116. Evolución de la Acidez libre en los tres tratamientos de lavado TO; sin lavado, T1; con 1 lavado y T2 con dos lavados, analizados por huerto (Hx).

La evolución de la acidez libre evaluada dentro de cada huerto, presenta leves diferencias al final al comparar entre tratamientos, sin embargo, los resultados no son consistentes entre huertos, en el sentido que en algunos huertos termina con más acidez el tratamiento 0 en otros el 1 y en otros el 2.

Para ver el efecto entre los huertos, en la figura 117 se muestran los resultados de acidez libre inicial y final, donde se evidencia que en ambos casos existen diferencias significativas, utilizando los datos de todos los tratamientos.

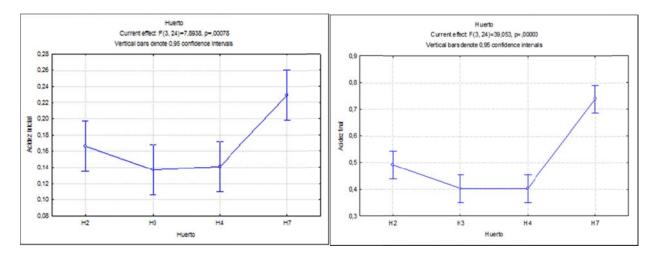


Figura 117. Acidez libre inicial y final analizada por huerto (Hx).

En el cuadro 41. Se muestra la comparación de medias de los resultados de acidez libre.

Prueba de comparación múltiple para Ac Láctico por Huerto Cuadro 41. Comparación de medias LSD (0,05) de la Acidez libre de la solución salina en fermentaciones de olivas, según.

Method: 95.0 percent LSD

| Sitio | Count | LS Mean | LS Sigma | Homogeneous Groups |
|-------|-------|---------|----------|--------------------|
| H4 | 12 | 0.254 | 0.04889 | X |
| H3 | 12 | 0.2603 | 0.04889 | X |
| H2 | 12 | 0.2674 | 0.04889 | X |
| H7 | 15 | 0.5114 | 0.04373 | Х |

Como se puede ver el huerto 7 presenta mayor acidez que los demás huertos.

En la figura 118 se puede observar la evolución en el tiempo de la acidez libre al ser evaluada dentro de cada tratamiento.

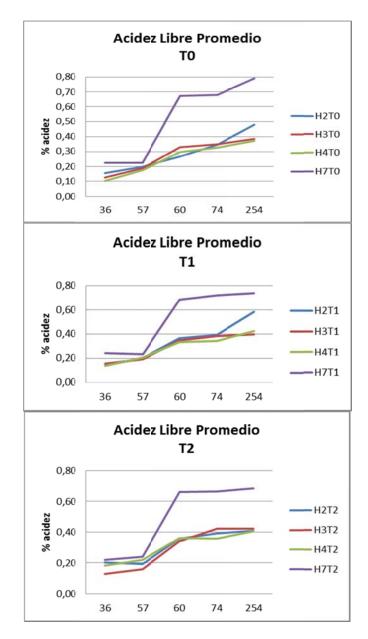


Figura 118. Evolución de la acidez libre de los diferentes huertos (H2, H3, H4 y H7), para los diferentes tratamientos en estudio.

Como se ve en la figura 118, se ve que se obtiene una acidez de alrededor de 0,4% con la fruta de los distintos huertos, sin embargo en el huerto 7 se obtiene alrededor de 0,7%.

Respecto al contenido de sal (°Boumé, Bé) analizado por huerto (Fig 119), se puede ver que existe diferencia en el principio y en el final en las aceitunas, al analizarlas entre huertos, siendo para el caso del H2, una solución que termina más salina que el H7, ambos entre 9 y 10 °Be.

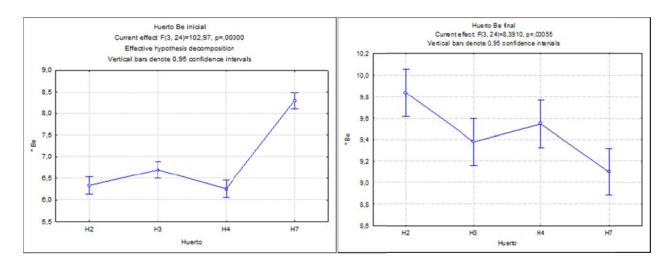


Figura 119. Evolución del contenido de sal (°Boumé, Bé) entre los huertos, inicial (Izq) y final (der).

Sin embargo se puede ver que las diferencias estadísticas están dadas por el huerto y no por la cantidad de lavados (figura 120).

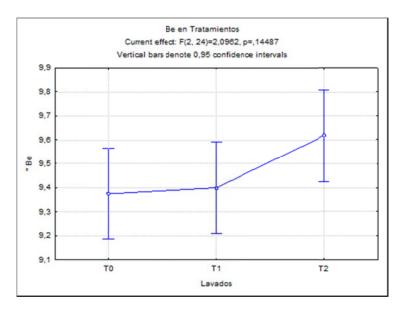


Figura 120. Contenido de sal (°Boumé, Bé) entre tratamientos.

La concentración de la solución salina fue significativamente diferente en los 4 huertos evaluados, donde en el sitio H7, fue el menor de los 4 y contrariamente el sitio H2 presentó los mayores niveles de sal, medidos en grados Boumé, al final del proceso.

En la figura 121 se muestra la evolución del contenido de sal, en dos Huertos con comportamiento diferente, H2 y H7.

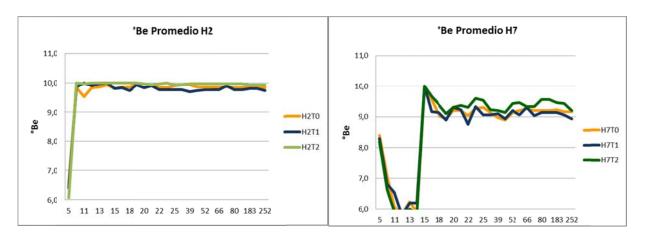


Figura 121. Evolución del contenido de sal (°Boumé, Bé) entre tratamientos en los huertos H2 y H7.

Respecto a la evaluación sensorial de las aceitunas, en la figura 122 se muestra la evaluación Sensorial para los diferentes huertos en estudio

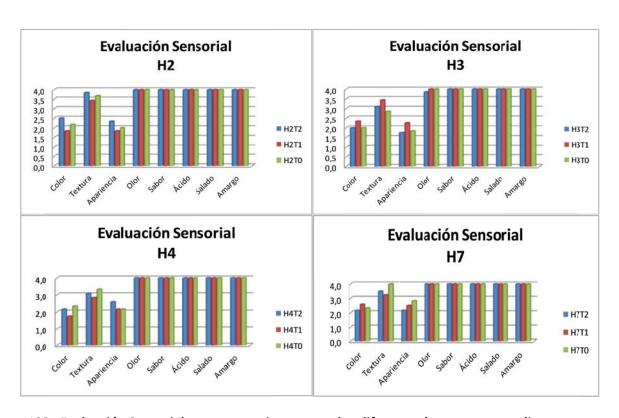


Figura 122. Evaluación Sensorial entre tratamientos para los diferentes huertos en estudio.

El sector que presentó un mejor color y apariencia fue el H7 y el peor color y apariencia fueron el H4 y H3. Respecto a la textura el sector que presentó mejor textura es el H7 y H2, y el peor fue el H4 y H3. Adicionalmente si se compara por huerto, se puede ver que no existen diferencias importante en la fruta no lavada y aquella lavada con uno o dos lavados en la mayoría de las características sensoriales.

Adicionalmente, en aquellos parámetros en los cuales se logra distinguir diferencias, aunque leves, éstas no son consistentes entre huertos.

Se destaca que para el caso del color, característica que podría verse afectada por la presencia de hierro en exceso, en todos los huertos el color es uno de los parámetros más castigados, lo que podría indicar por una parte, que el momento de cosecha (dado que todos los huertos fueron cosechados dentro del mismo período) haya afectado el color de la fruta al encontrarse levemente sobremadura, y por otra parte, que el color se ve afectado en todos los huertos del valle. Adicionalmente, al evaluar dentro de cada huerto la característica del color, el lavado no tendría un resultado consistente, ya que para los huertos H2 y H4, la fruta que tuvo dos lavados presenta mejor evaluación de color, sin embargo, el H3 y H7 presentan un comportamiento inverso.

En la figura 123 se muestra la evaluación sensorial para los diferentes huertos, por tratamiento, donde se puede observar, que para las características de color, textura y apariencia, existen leves diferencias entre huertos, las que son más marcadas que al evaluar entre tratamientos, dentro de un mismo huerto.

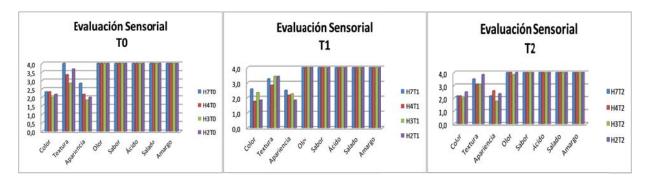


Figura 123. Evaluación Sensorial para los diferentes tratamientos de lavado.

Con respecto al pH, y analizando los huertos en estudio, el sitio H2 presenta niveles de pH fuera de los estándares definidos, para desarrollar un correcto proceso de fermentación. Los tres restantes se ajustan a los estándares antes indicados. Sin embargo, al analizar el pH en los diferentes tratamientos, éstos serían indiferentes para obtener el pH según los estándares establecidos para el proceso fermentativo. Se destaca que los niveles de pH tendrían relación principalmente con la madurez de la fruta, siendo el H7 el huerto que presentó una mejor condición de fruta al momento de cosecha, por su grado de madurez y por el calibre, no pudiendo atribuirse esta condición al MP.

Al analizar los tratamientos, si bien existen leves diferencias, entre las aceitunas que fueron o no lavadas, desde el punto de vista de los valores definidos en la metodología de fermentación de la aceituna de mesa, los valores alcanzados en ellos, permiten un buen control microbiano para asegurar una fermentación deseada.

Al analizar los datos de la evolución de la acidez libre, los resultados indican que existe diferencia entre el sitio H7 y los demás sectores en estudio, esta diferencia puede deberse a que las olivas de este sector contienen un mayor contenido de azúcares reductores, dado que eran frutos con un mejor grado de

madurez y adicionalmente un mayor contenido de pulpa, por lo tanto, mayor contenido materia fermentable, lo que se refleja en un comportamiento similar al comportamiento ideal. Los demás huertos en cambio, se observa que presentan una condición inicial de la fruta de menor calidad, lo que se puede atribuir a un mayor grado de madurez de los frutos (retraso en la cosecha) y menor calibre.

En cuanto a la evaluación sensorial del producto terminado, el sector que presenta mejor puntuación al analizar color y apariencia es el sector H7, sin embargo, es importante considerar que la materia prima de este sector es la que presentó las mejores características de color y apariencia al momento de ser recepcionada. Por otra parte, el sector H3 es el que presenta peores características de color, apariencia y textura en el producto terminado, lo que está directamente correlacionado con la calidad de la materia prima recepcionada.

Al evaluar sensorialmente los tratamientos en estudio, estos presentan valores similares por lo que no habría diferencias entre los distintos tratamientos.

Al correlacionar los resultados de la evaluación química y sensorial, éstos no presentan el comportamiento esperado. Si bien el sector H7, sector más alejado de la planta emisora, es el que presenta un comportamiento distinto respecto de los demás huertos, este presenta mejor condición de la fruta y la calidad de llegada de la materia prima, fue evidentemente mejor, principalmente por la madurez de la fruta y por el calibre.

Por su parte, no existiría relación con los elementos traza, dado que éstos no presentaron diferencias significativas tanto en la pulpa de los frutos, como en los tratamientos de lavados.

Por último, cabe destacar que a pesar de que no existen diferencias marcadas entre tratamientos, en términos de apreciación visual, la calidad de la aceituna que no fue lavada inicialmente, presenta una peor apariencia en algunos frutos producto del fierrillo adherido al fruto. En la fruta que no fue lavada, las lenticelas parecen marcarse en mayor medida, respecto de las aceitunas lavadas (figura 124). En el caso de las olivas lavadas su apariencia es mejor y no se observa residuo en la fruta.



Figura 124. Frutos de aceituna con lenticelas marcadas y fierrillo adherido.

Elaboración de los Aceites de Oliva

En paralelo a la evaluación de aceitunas para mesa, luego de dos tratamientos de lavados + un control sin lavado (cuadro 40), se procedió a elaborar el aceite según lo descrito anteriormente.

Como antecedente, el aceite de oliva es el aceite procedente únicamente del fruto del olivo (*Olea europea L.*), con exclusión de los aceite obtenidos por disolventes o por procedimientos de reesterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza. Los aceites de oliva llamados vírgenes, son los aceites obtenidos del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros medios físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no hayan tenido más tratamiento que lavado, la decantación, centrifugación y el filtrado.

Actualmente, existe una norma internacional, elaborada por el Consejo Oléico Internacional, que define cuáles son los principales parámetros de calidad que nos permiten seleccionar los aceites según su calidad.

Cuadro 42. Parámetros de calidad del aceite de oliva, según el Consejo Oléico Internacional (COI).

| Parámetro | Aceite de oliva virgen extra | Aceite de oliva virgen | Aceite de oliva virgen corriente |
|--|------------------------------|--|----------------------------------|
| 1.Características organolépticas | | | |
| Mediana del defecto | Me=0 | 0 <me≤3.5< td=""><td>3.5<me≤6.00< td=""></me≤6.00<></td></me≤3.5<> | 3.5 <me≤6.00< td=""></me≤6.00<> |
| Mediana del frutado | Me>0 | Me>0 | |
| 2. Acidez libre%m/m expresada en ácido oléico3. Índice de peróxidos | ≤0.8 | ≤2.0 | ≤3.3 |
| En meq. De oxígeno de los peróxidos por Kg de aceite. 4. Absorbancia en UV(K ^{1%} _{1cm} | ≤20 | ≤20 | ≤20 |
| 270nm (ciclohexano) | | | |
| | ≤0.22 | ≤0.25 | ≤0.30 |
| 232nm* | ≤2.50** | ≤2.60** | |
| ΔΚ | ≤0.01 | ≤0.01 | ≤0.01 |

^{*}Determinación destinada a ser aplicada únicamente por los socios comerciales y con carácter facultativo.

Entre las categorías se distinguen:

El aceite de oliva virgen extra: aceite de oliva cuya acidez libre se expresa en ácido oleico es como máximo de 0.8 gramos por 100 gramos

^{**} Los socios comerciales del país en que se venda al por menor podrán exigir que se respeten estos límites cuando el aceite se ponga a disposición del consumidor final. (Fuente: Consejo Oleícola Internacional, 2012)

El aceite de oliva virgen aceite cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 2 gramos por 100 gramos

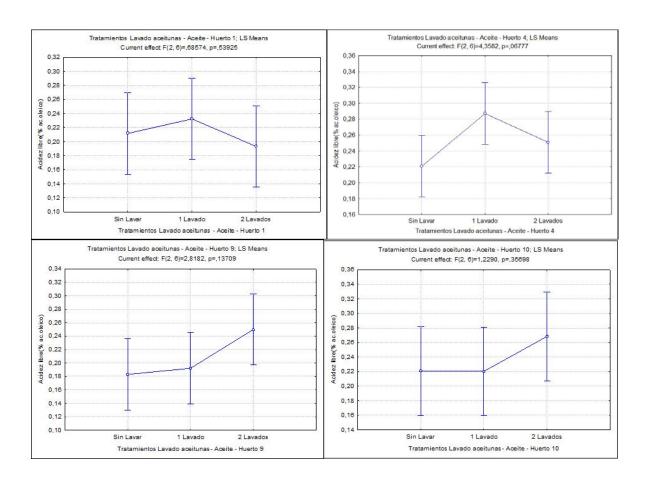
El aceite de oliva corriente cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo 3.3 gramos por 100 gramos (Consejo Oleícola internacional, 2012)

En este estudio, se buscaba verificar si existe efecto en la calidad del aceite elaborado en el Valle de Huasco que pudiese atribuirse al complejo industrial de Huasco, lo que se puede verificar mediante dos análisis. El primero, es el análisis de las diferencias que se puedan encontrar en la calidad de los aceites (que no presentan diferencias en el proceso), en relación a la distancia al complejo industrial, y el segundo, mediante el análisis de calidad de aceite, en aceites provenientes de fruta lavada y no lavada. Adicionalmente, se buscaba determinar si el proceso de lavado puede afectar la calidad de los aceites, al realizarlo mediante un proceso de ducha (no sumergir la fruta).

Por lo tanto, una vez elaborados los aceites por el INIA Intihuasi, Vallenar, se llevaron al laboratorio de servicios de la UC, para hacer los análisis químicos de calidad. Entre las características evaluadas se encuentran;

% de acidez libre (%m/m): mide el contenido de ácidos grasos libres presentes en un aceite de oliva virgen, en porcentaje de ácido oleico libre. El aceite está compuesto en un 98% por los Tri Acil Gliceridos. De estos TAG, un 50-83% corresponde a ácido oleico acompañado de palmítico, linoléico o linolénico, que se van hidrolizando por lipolisis y oxidación, liberan ácidos grasos al sistema, especialmente ácido oleico.

En los aceites elaborados con los tratamientos en las olivas de sin lavado, 1 lavado y 2 lavados, los resultados respecto al % de acidez libre fueron los que se muestran en la figura 125.



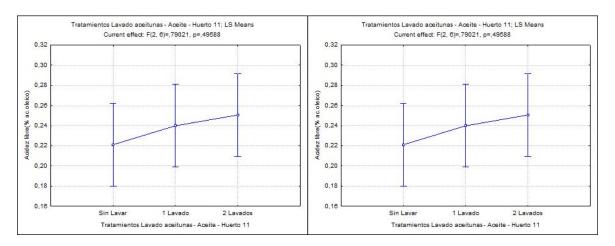


Figura 125. Acidez libre (% de ácido oleico) en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, huertos 1, 4, 9, 10, 11 y 12.

En cuanto a la acidez libre medida en los aceites se observa que en todos los huertos el rango se encuentra entre 0,19 y 0,28 %, lo cual cae en el rango de lo denominado aceite de oliva virgen extra (<0,8%), sin encontrarse diferencias significativas, en cuanto a los tratamientos. En cuanto a la posición de los huertos respecto del complejo industrial, se observa que el huerto más cercano tuvo un rango entre 0,21 y 0,23% y

el más lejano entre 0,22 y 0,25%, indicando que la cercanía no produce diferencias en cuanto a la acidez libre del aceite. En la figura 126, se observa el análisis al incorporar todos los huertos y tratamientos de lavados (54 muestras), encontrándose en un rango de 0,22 y 0,24%, sin existir diferencias significativas.

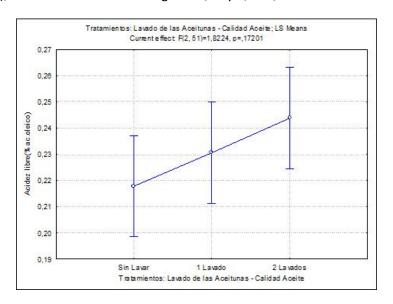


Figura 126. Acidez libre (% de ácido oleico) en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, con un total de 54 muestras.

Otro indicador de la calidad de los aceites de olivas, es el Índice de peróxidos en meq. Los peróxidos son productos de oxidación existentes en una muestra, en un momento determinado. Mide el grado de oxidación primaria de un aceite de oliva. Se expresa en miliequivalentes de oxigeno activo por kg de grasa. Indica cuan avanzada está la degradación del aceite: fase de propagación de las reacciones de liberación de radicales libre, formación de radicales peróxidos. En la figura 127, se observan los resultados de este indicador en distintos huertos del Valle de Huasco, que abarcan los que estaban cerca y lejos del complejo industrial, cuyas olivas se sometieron a los tratamientos T0, T1 y T2, antes de la elaboración de los aceites.

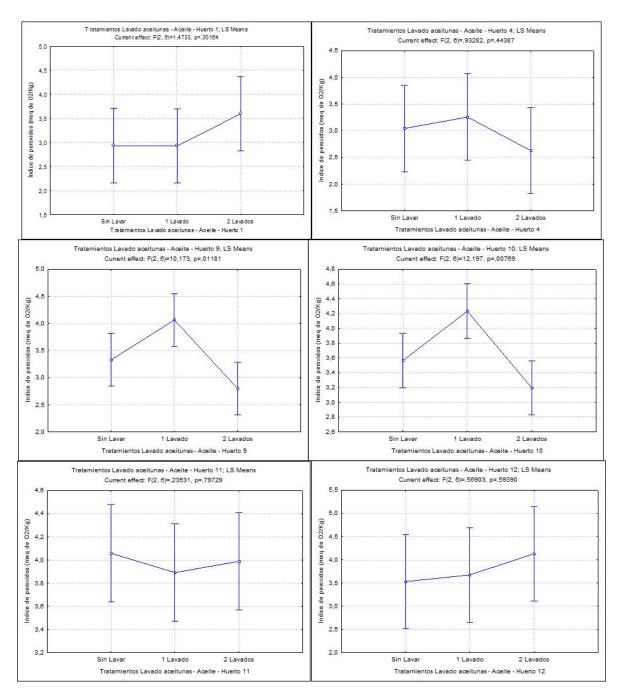


Figura 127. Índice de peróxidos (meq de O_2 / kg) en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, huertos 1, 4, 9, 10, 11 y 12.

Se observa que el índice de peróxidos (meq de O_2 / kg) de los distintos huertos abarcó un rango entre 2,5 y 4,2 meq de O_2 / kg, lo cual cae dentro de aceites de oliva virgen extra, cuyo valor debe ser <20. Entre los distintos tratamientos no hubo diferencias significativas, siendo todos ellos desde el punto de vista de este indicador, de excelente calidad. Respecto de la ubicación de los huertos en el valle, los aceites de la fruta del huerto más cercano al complejo industrial, tuvo un rango entre 3 y 3,5 meq de O_2 / kg y el más lejano entre 3,5 y 4,0 meq de O_2 / kg, quedando todos en el rango adecuado.

Al analizar todos los datos juntos, es decir, todos los huertos y tratamientos juntos, se observa en la figura 128, que no existieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de lavados, en cuanto al índice de peróxido.

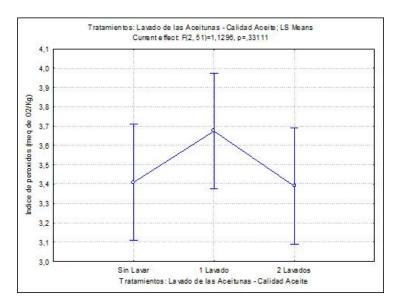


Figura 128. Índice de peróxidos (meq de O2/ kg), en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, con un total de 54 muestras.

Con un total de 54 muestras de aceites provenientes de los distintos huertos, el rango del índice de peróxido fue entre 3,4 y 3,7 meq de O_2 / kg, sin manifestarse el efecto de someter a la fruta a distintos lavados.

Otro indicador de calidad, que dice relación con el nivel de deterioro del aceite, asociado a la rancidez que se pueda producir en el tiempo, se encuentra el coeficiente de extinción o absorbancia en UV K270nm (ciclohexano) que mide la presencia de compuestos oxidados anormales que alteran la calidad del aceite (aldehídos, cetonas). Este indicador estaría asociado a los niveles de peróxidos en tanto que un aceite que parte con bajos niveles de peroxidos y absorbancia (K270) tendría una mayor viabilidad, y por el contrario, niveles altos de peroxidos y absorbancia (K270), indicaría un mayor deterioro del aceite y menor durabilidad. Estos indicadores estarían asociados a la calidad de la materia prima, y sería más desfavorable con frutos degradados y/o sobremaduros. En este estudio se midió este indicador lo que se ve para los distintos huertos en la figura 129.

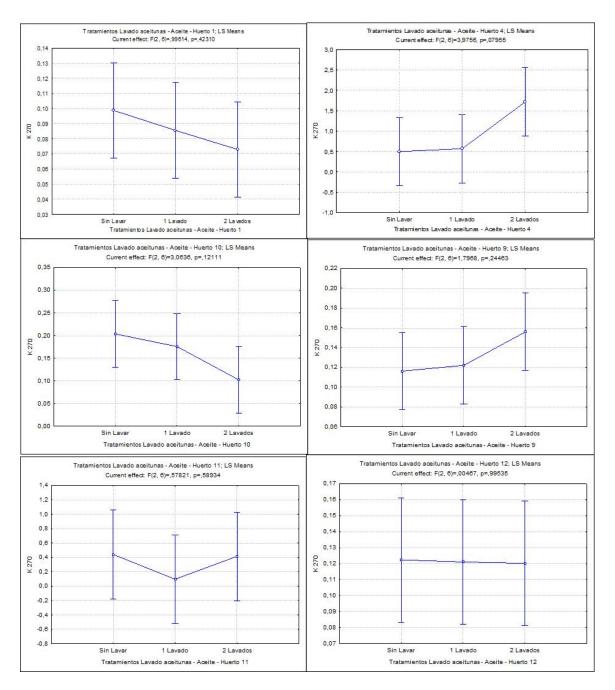


Figura 129. Absorbancia en UV K270nm en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, huertos 1, 4, 9, 10, 11 y 12.

En la figura donde se grafican los datos de la absorbancia en UV K270nm, de los distintos huertos se puede ver que en general todos fluctúan entre 0,07 y 0,3, lo cual se encuentra en el rango aceptado como aceite de oliva virgen corriente (<0,3). En el caso del huerto 1, 9, 10 y 12 varían en una categoría mejor aún, alcanzando el rango de extra (<0,22). En el caso del huerto 4, se sale del rango quedando entre 0,5 y 1,6, lo cual queda fuera de cualquier categoría. En el caso del huerto 11, aunque a menor escala que el huerto anterior, también sale del rango alcanzando un valor de 0,4. Cabe destacar que fueron los huertos en que la

fruta recolectada presentaba un nivel más avanzado de madurez, que para el caso de los aceites, la madurez de cosecha es idealmente antes de lo que se considera óptimo para las aceitunas. Dado que toda la fruta se cosechó en un mismo período, para el caso del aceite, pudo tener un efecto en la calidad de la fruta procesada. Cabe destacar que ese resultado no se relacionó con los tratamientos de lavados y tampoco se relacionó con la cercanía al complejo industrial.

En la figura 130, se observa que al graficar todos los huertos con todos los tratamientos y sus repeticiones el valor de la absorbancia en UV K270nm, queda entre 0,12 y 0,20, lo que caería en la categoría de aceite de oliva extra.

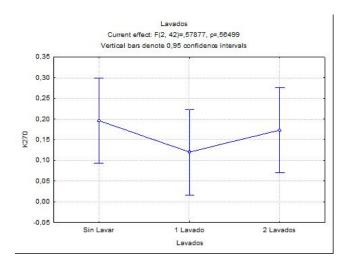


Figura 130. Absorbancia en UV K270nm, en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos.

Otro indicador del nivel de rancidez corresponde a la absorbancia en UV K232nm, que se espera que sea bajo 2.5 nm inicialmente, ya que irá aumentando en la medida que pasa el tiempo. En este sentido, los aceites evaluados no mostraron diferencias significativas al ser tratados con diferentes lavados como se indica en la figura 131. Adicionalmente, todos los valores se encuentran bajo el rango máximo establecido.

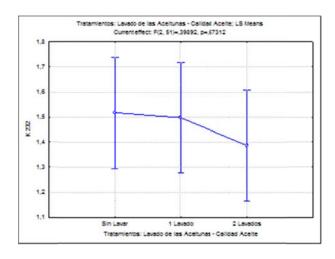


Figura 131. Absorbancia en UV K232nm, en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, con un total de 54 muestras.

Al referirse al delta K (K270 – K232), usado también como indicador de calidad de aceite, en el cual se espera que los niveles sean negativos, se puede ver que existen huertos que cumplen con esta condición (figura 132). Por otra parte, no hay diferencias significativas entre tratamientos de lavado de las olivascon este indicador, en ninguno de los huertos.

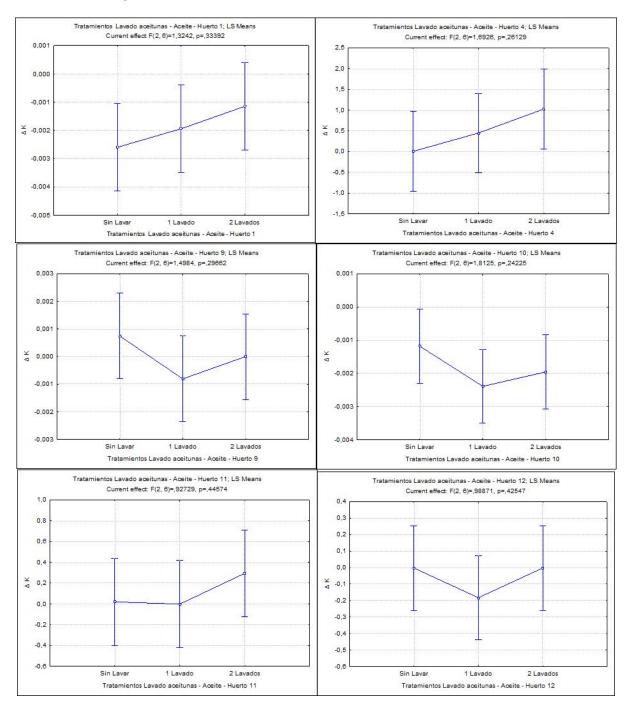


Figura 132. Delta K (diferencia entre K270nm y 232 nm), en aceites provenientes de distintos tratamientos de las olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, huertos 1, 4, 9, 10, 11 y 12.

En cuanto al indicador Delta K, cuando el análisis se realizó por huerto, resultó ser estadísticamente diferente (figura 133), siendo H4 el mayor.

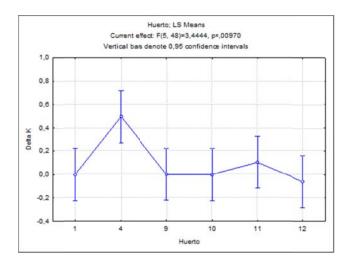


Figura 133. Delta K, en aceites provenientes de distintos huertos del valle.

La diferencia observada en H4, no responde a su posición en el valle, y por lo tanto a la cercanía al complejo industrial. Al evaluar los resultados de los estudios previos respecto a la pulpa, se observa una consistencia con los resultados en tanto que el H4, que se encuentra en el sector norte de Huasco Bajo, presenta niveles elevados de varios elementos minerales y una peor calidad de fruta. Sin embargo, las características que lo distinguen del resto de los huertos, no tienen relación al MP o condición superficial de la fruta, sino que a los contenidos elementales en el fruto. Uno de los factores que podrían explicar una diferencia en la concentración mineral, es la diferencia en la relación alometrica dentro del fruto, vale decir la relación pulpa/semilla, ya que era fruta pequeña, que presentaría un menor contenido de pulpa y menor relación pulpa/semilla, con un contenido de materia seca mayor, lo que determina la concentración de elementos minerales en el fruto, al ser expresados en términos de mg/100g de fruto fresco.

Se destaca que en ninguno de los huertos, al evaluar el Delta K, se encontraron diferencias en los aceites, respecto de los tratamientos de lavado. (figura 134).

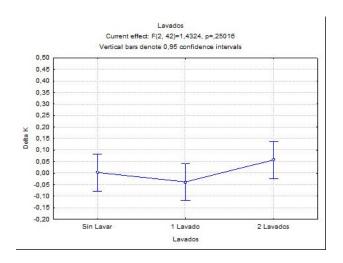


Figura 134. Delta K, en aceites, con olivas, sin lavar, 1 lavado y con 2 lavados en distintos huertos.

Respecto a los polifenoles, estos no forman parte de la fracción saponificable ni la insaponificable, y corresponde a sustancias fenólicas que van a afectar su estabilidad, sabor y aroma. Dado que son solubles en agua, pasan en su mayoría al alpechín en el proceso de obtención de aceite. La presencia de estas sustancias tiene relación con la vida del aceite, dado que ayudan a retrasar considerablemente el índice de oxidación de los triglicéridos del aceite, ayudando también a mantener las características organolépticas.

Dado que los polifenoles son solubles en agua, el sistema de extracción que se utilice en el proceso de elaboración puede influir en la cantidad de éstos. El sistema de dos fases permite conservar en mayor medida los polifenoles, siendo la concentración más alta tanto al inicio como después de guarda, con aceites que son más estables en el tiempo.

Por lo anterior, y por la posibilidad de afectar la calidad del aceite, o más bien su conservación en el proceso de lavado, es que se evaluaron también los niveles de polifenoles en los aceites, después de un período de 10 meses de guarda, con el objeto de comparar entre tratamientos de 1 lavado, 2 lavados y el control sin lavar (figura 135).

Se puede observar que existe una tendencia a un menor contenido de polifenoles en la medida que existe un mayor número de lavados, a pesar de que éstos fueron realizados como sistema de ducha. Sin embargo al realizar el análisis estadístico, las diferencias no son significativas.

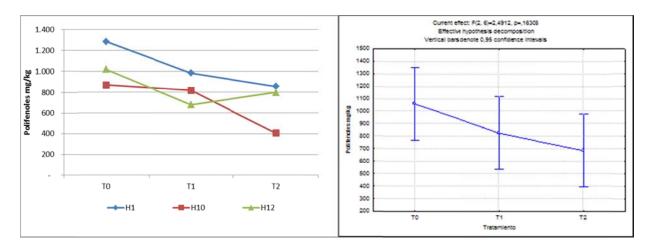


Figura 135. Polifenoles totales (ppm) en aceites. (izq) Comparación entre huertos H1, H10 y H12 y niveles de lavado. (der) Análisis estadístico de todos los huertos para diferentes tratamientos de lavados.

Adicionalmente, se puede ver que los niveles de polifenoles no responden a la cercanía a la planta contaminante (H1 cerca; H10 sector medio; H12 lejos). En la figura 136, se puede ver la evaluación por huerto de niveles de polifenoles en aceites recién elaborados y aceites guardados por 1 año. En el resultado obtenido se puede ver que dentro del Huerto los niveles de polifenoles varían de un año a otro, lo que es un resultado esperable como ocurre en el caso del H10 en que los niveles de polifenoles son más altos en aceites nuevos que en aceites de guarda. Sin embargo, este resultado no es consistente en los aceites de H1 y H12, lo que indicaría que en este caso, los polifenoles estarían más asociados a la calidad de la fruta que entra al proceso.

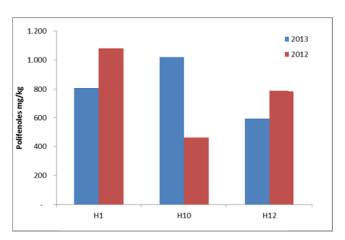


Figura 136. Polifenoles totales (ppm) en aceites. Comparación entre huertos H1, H10 y H12, en aceites del año 2013 (azul) y año 2012 (rojo).

Según la literatura, la variedad o las condiciones edáficas, tienen una influencia neta sobre la calidad reglamentada, tal como ha sido definida. Cualquier variedad y medio pueden proporcionar aceites clasificados en la categoría de Virgen extra, siempre que procedan de aceitunas sanas, recogidas en el momento oportuno, de una forma adecuada y elaborado correctamente. Sin embargo, el medio agrológico presenta una clara influencia sobre los polifenoles, fracción que le da las características sensoriales al aceite, lo que se traduce en aceites de diferentes caracteres sensoriales. Por ejemplo, se describe que el riego, no

influye sobre las características físico químicas del aceite, sino más bien en el contenido de polifenoles de los aceites, lo que origina un sabor más amargo de los aceites procedentes de secano.

Por otra parte, la fecha de cosecha tiene una gran influencia sobre la composición de los aceites. En el proceso de elaboración, durante la etapa de maduración una vez acabada la lipogénesis, se producen cambios en la composición acídica, como la disminución de porcentaje de ácido palmítico y el aumento del ácido linoleico, se mantiene el oleico, disminuyendo en consecuencia la relación monoinsaturados/poliinsaturados, lo que influye en la calidad del aceite.

En este estudio se pudo concluir, que las diferencias encontradas en la calidad del aceite se pueden atribuir a la condición de la fruta en sus parámetros de madurez y calidad, más que a un efecto de la contaminación o el MP sobre la materia prima. Tal como se indica en la literatura, los factores que pueden afectar la calidad de un aceite extra virgen se relacionan a las prácticas culturales como la recolección, la cual debe hacerse con sistemas que no produzcan daño a la aceitunas, como heridas, magullamientos, roturas de ramas o de brotes tiernos. El momento de recolección sería uno de los principales factores, y su elaboración en la almazara, para evitar periodos prolongados de almacenamiento de las aceitunas, ya que pueden producirse procesos de fermentación de la oliva, lipólisis enzimática, lipólisis microbiana y la oxidación del aceite iniciada en los ácidos insaturados con la formación de peróxidos. Este último factor explica en gran medida las diferencias observadas entre huertos y la calidad del aceite obtenido.

En el mismo sentido, para poder obtener aceites de calidad y evitar la interferencia de productos propios de la cosecha como tierra, piedras, hojas, maderas, hierbas, y en este contexto, el MP que pueda estar presente sobre los frutos es importante eliminar estos cuerpos con limpiadores, idealmente aquellos que utilizan el aire para la separación de los objetos pesados y con lavadoras que utilizan el agua como medio de solubilización y eliminación de los cuerpos más pesados. En este estudio se puede ver que no existen diferencias significativas respecto de la aplicación de lavados, salvo en el índice de peróxidos de los huertos H9 y H10 con p<0,05, sin embargo, el comportamiento no sería consistente al evaluar todos los huertos en conjunto. Por último, a pesar de que las diferencias al evaluar todos los huertos no son significativas, se observa una tendencia en disminuir los indicadores de deterioro (K270nm; K232nm y Delta K) con un lavado, por lo que ésta práctica se puede considerar como favorable, al igual que en la elaboración de las aceitunas.