

Calidad del agua en balsas de volcado de fruta con el sistema de filtrado llerdagua

El objetivo del estudio fue verificar el nivel de contaminación microbiológica y química en el agua de balsas de vaciado de palots, y su repercusión en la calidad de la fruta, en 2 empresas de la zona de Lleida (AF y LC) que disponen del sistema de filtrado llerdagua, durante un periodo de tiempo de 2 meses (julio-septiembre de 2022).



Fotografías 1 y 2. Balsa de volcado de palots de la empresa AF (izda) y de LC (dcha) en las que se realizó el estudio

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA

Se determinó la temperatura del agua, el pH, el nivel de cloro libre, la turbidez, la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el Total de Sólidos Disueltos (Tds), la Conductividad y el Potencial Redox del agua, dos veces por semana y empresa, a lo largo de las 9 semanas de estudio, periodo de tiempo en el que el agua de las balsas se estuvo reutilizando y filtrando con el sistema llerdagua (en el caso de la empresa LC se reutilizó la misma agua de la semana 5 a la 9).

En primer lugar, es necesario conocer las condiciones de trabajo de ambas empresas, para contextualizar los resultados. Así, el volumen de fruta procesada fue 10 veces mayor en LC (promedio de 1.000.000 kg/semana, 90% fruta de hueso y 10% fruta pepita) en comparación con AF (promedio de 100.000 kg/semana, 15% fruta de hueso y 85% fruta de pepita), ya que la empresa AF dispone del sistema llerdagua de filtrado independiente para una sola línea de confección mientras que en la empresa LC, con 4 líneas de confección con balsa de volcado en agua, el sistema llerdagua es una planta de filtrado común para las 4 líneas, por ello la gran diferencia entre los kg de fruta procesado.

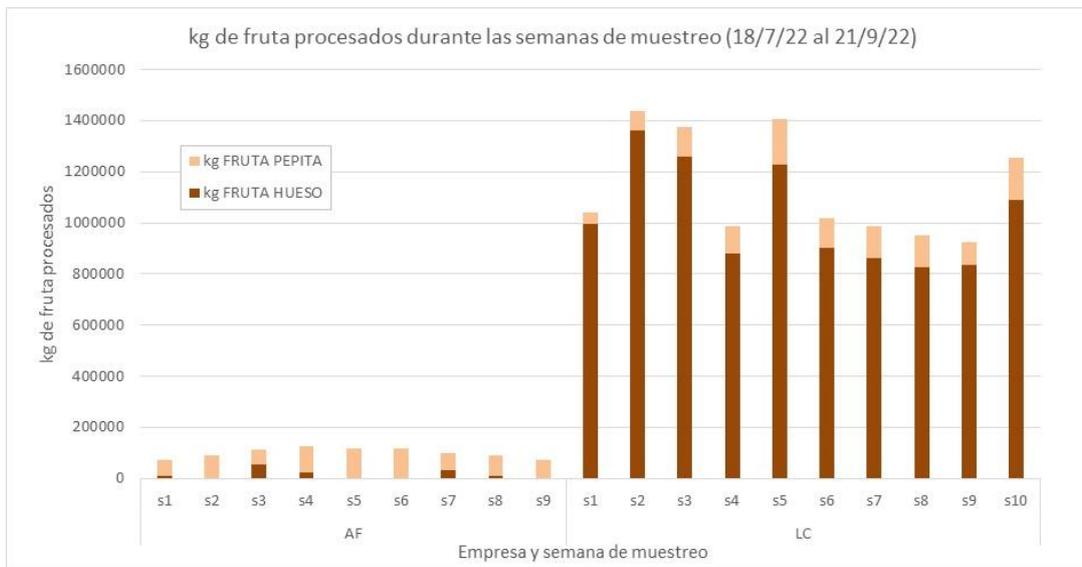


Figura 1. Kg de fruta procesados en la empresa AF y LC durante las semanas de estudio, diferenciando entre fruta de hueso y fruta de pepita

La temperatura del agua osciló entre 15-18°C con un pH de 6.6 en AF y ligeramente más altos, entre 19-21°C con un pH de 7.6 en LC. La turbidez, uno de los parámetros que mejor reflejan la eficacia del filtrado, fue inferior a 10 NTU en AF e inferior a los 20 NTU en LC, cuando en balsas en las que no se filtra el agua este valor puede alcanzar los 200 NTU dependiendo de los kg volcados, la presencia de tierra en los palots o el tipo de producto (melocotón/paraguayo, manzana, pera, etc.) procesado. Además, cabe destacar que este valor bajo de turbidez se mantuvo muy estable durante las 9 semanas en que duró el estudio y más teniendo en cuenta el gran volumen de kg procesados en contacto con el agua, especialmente en la empresa LC.



Figura 2. Turbidez (NTU) en el agua de las balsas de la empresa AF y LC durante las semanas de estudio.

Los resultados obtenidos en la DQO y el TdS presentan un perfil totalmente diferente en ambas empresas, como se observa en la Figura 3, en la que AF tiene niveles mucho más elevados de estos parámetros, probablemente muy relacionado con el origen del agua utilizada en estas balsas.

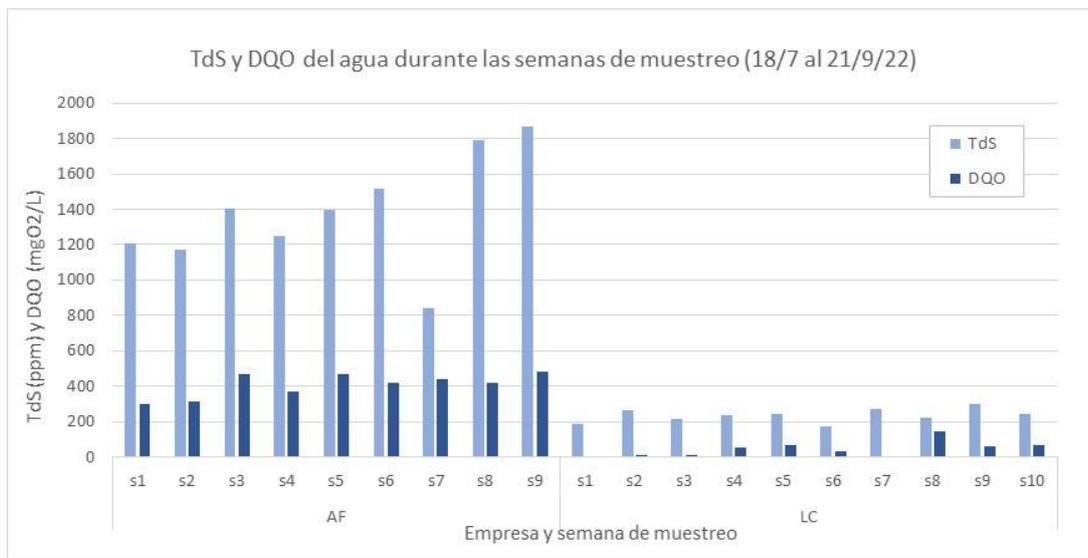


Figura 3. Sólidos Disueltos Totales (TdS) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el agua de las balsas de la empresa AF y LC durante las semanas de estudio

CONTAMINACIÓN FÚNGICA DEL AGUA Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LA FRUTA

En la Figura 4 se muestra la población fúngica, en ufc/mL, detectada en todos los muestreos realizados en ambas empresas.

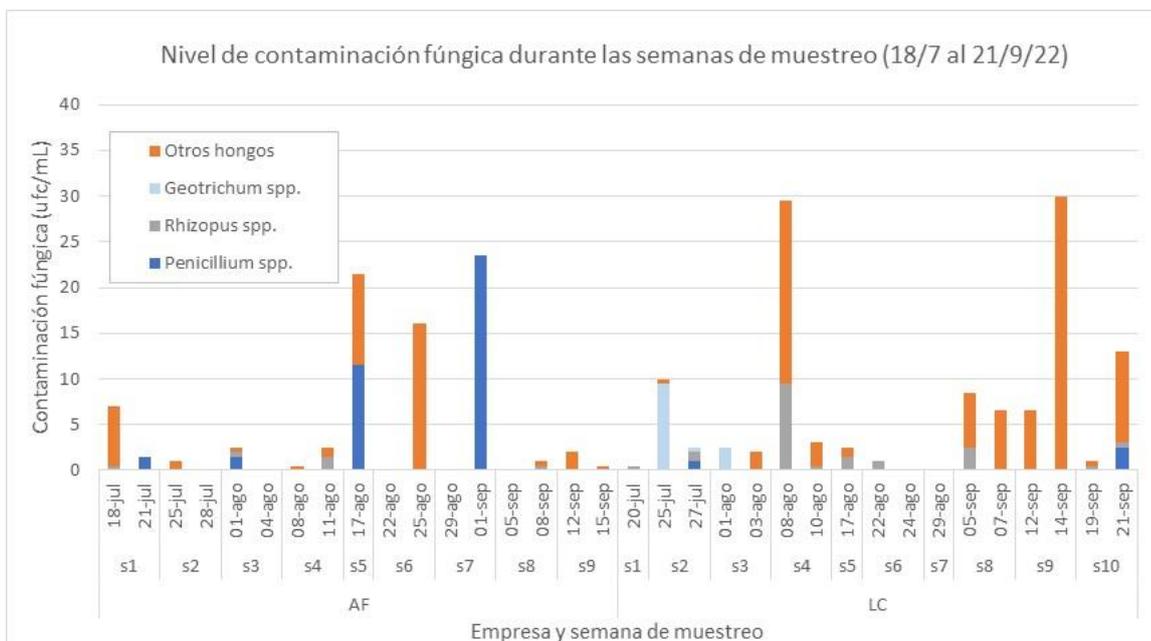
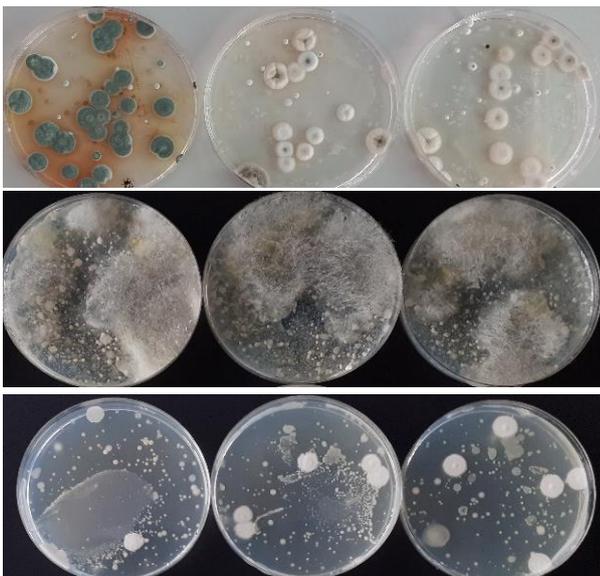


Figura 4. Nivel de contaminación fúngica (ufc/mL) en el agua de las balsas de la empresa AF y LC durante las 9 semanas de seguimiento

El nivel de contaminación fúngica detectada en los distintos controles se considera baja, con un promedio de 2.2 ufc/mL de especies fúngicas que son patógenas de fruta de hueso y pepita, es decir, *Penicillium* spp, *Monilinia* spp, *Geotrichum* spp o *Rhizopus* spp. Sin embargo, en momentos puntuales este nivel aumentó hasta niveles de 10-20 ufc/mL de *Penicillium* spp en la empresa AF en los muestreos del 17-agosto y 1-septiembre; y hasta las 10 ufc/mL de *Geotrichum* spp y *Rhizopus* spp en la empresa LC en los muestreos del 25-julio y 8-agosto, respectivamente.

Hay que tener en cuenta que la empresa AF procesó principalmente manzana y pera (85% del total de kg volcados en el agua), mientras que en la empresa LC trabajó mayoritariamente fruta de hueso (90% de los kg volcados), por esta razón se detecta un perfil fúngico muy distinto entre ellas, con una mayor población de *Penicillium* spp en la empresa AF ya que es un patógeno típico de fruta de pepita, mientras que en LC se ha detectado *Rhizopus* spp y *Geotrichum* spp, típicos de fruta de hueso.

En cualquier caso, no se observa un incremento en el nivel de contaminación a medida que van pasando las semanas reutilizándose la misma agua, dato sumamente importante ya el volumen de fruta procesada, especialmente en la empresa LC fue muy elevado (más de 7 millones de kg en el periodo del 15-agosto hasta el final del estudio en que no se vaciaron las balsas y se reutilizó la misma agua).



Fotografía 3. Detalle de las siembras de agua en las que se detectó una concentración más alta de *Penicillium* spp, *Rhizopus* spp y *Geotrichum* spp (de arriba abajo)

La concentración de desinfectante se mantuvo en niveles alrededor de los 2 ppm de cloro libre, excepto algún caso puntual en que aumentó a 5-7 ppm en AF los días 4-agosto y 29-agosto, muestreos en los que no se detectó ninguna colonia fúngica en el agua (Figura 4).

Otro parámetro relacionado con la capacidad desinfectante es el potencial Redox, que se mantuvo estable durante las semanas de estudio alrededor de 600 mV en AF y de 440 mV en LC (± 100 mV).



Figura 5. Nivel de cloro libre (ppm) en el agua de las balsas de la empresa AF y LC durante las 9 semanas de seguimiento

Sin embargo, y aunque los niveles de contaminación fúngica en el agua detectados se consideran bajos, era necesario comprobar el riesgo real de infección que suponen para la fruta con la que entra en contacto durante el volcado de los palots.

Para ello se realizó un estudio en laboratorio que consistió en preparar distintas soluciones de esporas de los patógenos que habían sido detectados en las muestras de agua analizadas, es decir, *Penicillium expansum*, *Geotrichum candidum* y *Rhizopus stolonifer*, y se ajustaron a las concentraciones de 0, 10, 10² y 10³ esp/mL. En estas soluciones de esporas se sumergieron lotes de manzana, pera, melocotón y ciruela durante 30 segundos simulando el tiempo de contacto medio de la fruta en el volcador de las líneas de confección. La fruta se había limpiado y desinfectado previamente (para eliminar el inóculo superficial) y se le había hecho 1 o varias heridas con un punzón, en función de la variedad y del calibre de la fruta (Tabla 1).

Tras la inmersión, la fruta se incubó a 20°C en cajas de plástico para mantener las condiciones de asepsia necesaria y a los 8 días se realizó el recuento de heridas que habían desarrollado podrido. En la siguiente tabla se muestran las variedades utilizadas en el ensayo y las características.

Tabla 1. Variedades utilizadas en el ensayo y características del mismo.

Especie	Variedad	Patógeno	N heridas/fruto	Total frutos ¹	Total heridas ¹
Melocotón	Sweet Dream	<i>Geotrichum candidum</i>	4	20	80
		<i>Rhizopus stolonifer</i>	2	15	30
Ciruela	Angeleno	<i>Geotrichum candidum</i>	1	15	15
		<i>Rhizopus stolonifer</i>	2	20	40
Pera	Conferencia	<i>Penicillium expansum</i>	3	20	60
		<i>Rhizopus stolonifer</i>	2	20	40
	Ercolini	<i>Penicillium expansum</i>	2	20	40
Manzana	Pink Lady	<i>Penicillium expansum</i>	4	20	80

¹ Total frutos y total heridas por cada concentración de esporas evaluada



Fotografías 4 a 6. Detalle del estudio realizado en el laboratorio sumergiendo durante 30 segundos fruta previamente desinfectada y con herida, en distintas concentraciones de esporas de *Penicillium spp*, *Rhizopus spp* y *Geotrichum spp*

Los resultados indican que, como era de esperar, la incidencia de podridos aumenta de forma exponencial a medida que la concentración de esporas en el agua de la balsa es mayor, con diferencias importantes entre las especies de fruta utilizada, probablemente relacionada con las características de la epidermis del fruto (cerosa en la ciruela, pilosa en el melocotón, con *russeting* en la pera Conference, etc.), el estado de madurez del mismo, los tratamientos fitosanitarios que habría recibido ese lote, etc.

Sin embargo, es importante remarcar que incluso los **niveles de contaminación considerados bajos (10 ufc/mL) pueden provocar un porcentaje de podridos de hasta el 10%**, siempre dependiendo de las características del lote de fruta con la que entran en contacto. Por lo tanto, consideramos que es imprescindible que el nivel de desinfectante en el agua de la balsa sea el necesario para asegurar que su nivel de contaminación siempre sea inferior a 10 ufc/mL.

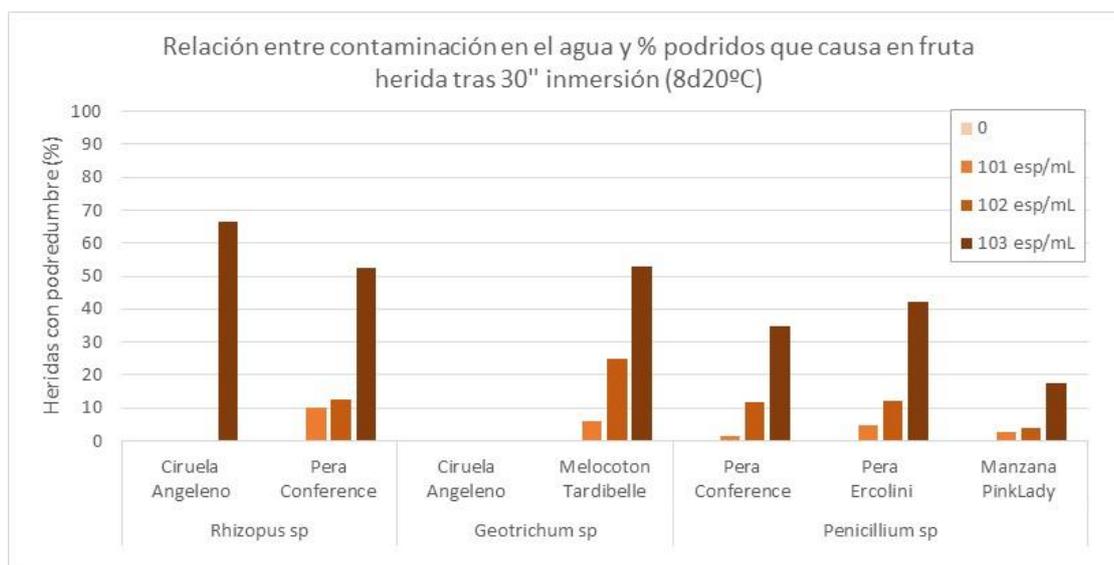


Figura 6. Incidencia de podridos (%) en los distintos lotes de fruta tras su inmersión de 30 segundos en las soluciones con 0, 10¹, 10² y 10³ esp/mL de *Rhizopus stolonifer*, *Geotrichum candidum* y *Penicillium expansum*



Fotografia 7. Aspecto de la pera Conferencia, melocotón Tardibelle y pera Ercolini tras su inmersión de 30'' en agua con 0, 10¹, 10² y 10³ esp/mL de *Rhizopus spp*, *Geotrichum spp* y *Penicillium spp* (de izda a dcha)

CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AGUA Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN CRUZADA PARA LA FRUTA

Al inicio y al final del estudio se analizó el agua de ambas balsas para determinar el nivel de residuos químicos presentes en la misma y, además, se analizó la fruta que en ese momento se estaba procesando, antes y después de su paso por la balsa de volcado para determinar si los posibles residuos detectados en el agua eran retenidos por la fruta.

Tabla 2. Número total de residuos detectados en el agua de las empresas AF y LC, al inicio y al final del estudio (S1 y s9) y detalle de los que superaban la concentración de 1 ppm

Empresa	N residuos detectados	Residuos detectados > 1ppm
AF		
S1	9	Tebuconazol 20 ppm, Difoconazol 1.3 ppm
S9	9	Captan 1.3 ppm
LC		
S1	7	Fludioxonil 14.0 ppm, Tebuconazol 7.5 ppm, Difenconazol 1.2 ppm
S9	6	0

Los resultados indican que, aunque en el agua se detecten distintos residuos de productos químicos (Tabla 2), la mayoría se encuentran en concentraciones extremadamente bajas como para poder contaminar la fruta. Ni tan siquiera las dos materias activas que se han encontrado en una concentración mayor, el Tebuconazol en AF y LC y el Fludioxonil en LC, están en niveles suficientemente altos como para provocar una contaminación en la fruta con la que han entrado en contacto.

Por lo tanto, parece que el hecho de reutilizar la misma agua durante varias semanas, aunque en ella puedan acumularse residuos químicos, no lo harían a un nivel lo suficientemente elevado como para causar contaminación cruzada a la fruta que se procesa.

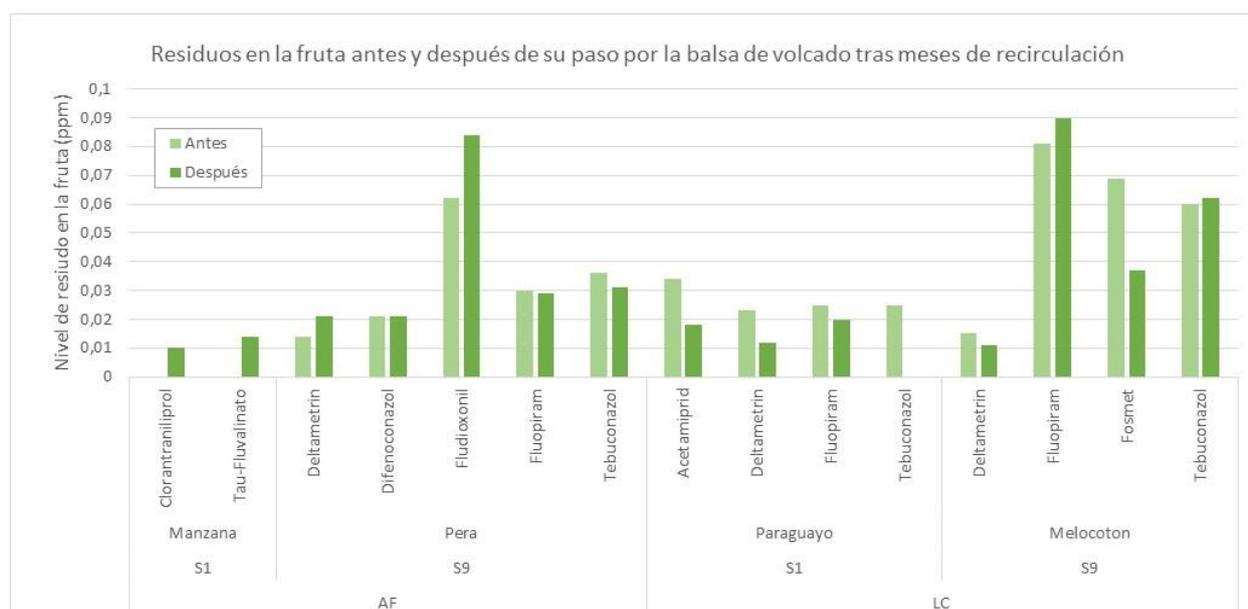


Figura 7. Nivel de residuo químico en fruta antes y después de su paso por la balsa de volcado en ambas empresas (AF y LC) al inicio y al final del estudio (Semana 1 y 9: S1 y S9)

CONCLUSIONES

El sistema llerdagua de filtrado y desinfección permite reutilizar el agua de balsas de volcado de fruta durante varias semanas sin que ello suponga un riesgo de contaminación fúngica ni de contaminación química para la fruta que se esté procesando, siendo el sistema de gestión más sostenible medioambientalmente y suponiendo un ahorro de agua considerable para la empresa.

Sin embargo, se recomienda que el nivel de desinfectante en el agua de la balsa sea el necesario para asegurar que la población fúngica siempre sea inferior a 10 ufc/mL, ya que, valores superiores pueden contaminar la fruta y, dependiendo de la variedad, calidad sanitaria, etc., provocar un porcentaje de podridos de hasta el 10%.